

# Tecnología de los Lacteos

Compendio bibliográfico

Mario E. Aguilera Merlo



Universidad  
Nacional  
de San Luis

**neu**  
NUEVA EDITORIAL  
UNIVERSITARIA



**Mario E. Aguilera Merlo**

# **Tecnología de los Lácteos**

---

COMPENDIO BIBLIOGRÁFICO

**FICA**

Facultad de  
Ingeniería y  
Ciencias Agropecuarias



Universidad  
Nacional  
de San Luis

Tecnología de los lácteos / Mario Eduardo Aguilera Merlo  
1a ed. - San Luis: Nueva Editorial Universitaria - UNSL,  
2026 Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online  
ISBN 978-987-733-506-4

1. Tecnología de los Alimentos. 2. Lácteos. I. Título.  
CDD 641.37

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS

---

**Rector:** Dr. Raúl Andrés GIL

**Vicerrectora:** Mgtr. María Claudia BRUSASCA

**Secretario de Imágen y Comunicación Institucional:** Téc. Ramiro Gabriel REZZANO KLEMENT

### **Nueva Editorial Universitaria**

Avda. Ejército de los Andes 950 Edificio Rectorado - 2º piso - Pasillo A.

D5700HHW Tel. (+54) 0266-4520300 int. 5197

[www.neu.unsl.edu.ar](http://www.neu.unsl.edu.ar) / [unslneu@gmail.com](mailto:unslneu@gmail.com)

### **Coordinación General:**

Lic. Mariano Daniel PEREZ

### **Dpto. Administrativo:**

Tec. Silvia GARRO

### **Dpto. Edición:**

Tec. Enrique SILVAGE

Lic. Cecilia RODONI

Impreso en Argentina - Printed in Argentina

ISBN 978-987-733-506-4

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723.

Prohibida la reproducción total o parcial de este material sin permiso expreso de NEU

© 2026 Nueva Editorial Universitaria

---

**Sobre el autor**

Mario Eduardo Aguilera Merlo es Ingeniero Químico, Magíster en Gestión de Medio Ambiente y Magíster en Inocuidad y Calidad de los Alimentos. Se desempeña como docente en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis, en el área de Tecnología de los Alimentos.

Cuenta además con una extensa trayectoria profesional en la industria alimentaria, vinculada a la gestión de la calidad y la inocuidad de los alimentos.

Su actividad académica se orienta a la docencia y a la elaboración de materiales didácticos relacionados con los procesos industriales de alimentos, la gestión ambiental y los sistemas de calidad e inocuidad.

---

**Presentación del Compendio Bibliográfico  
Tecnología de los Lácteos**

El presente compendio bibliográfico fue elaborado como material de apoyo para la asignatura Tecnología de los Lácteos de la carrera de Ingeniería en Alimentos.

Su objetivo es organizar y sintetizar contenidos provenientes de distintas fuentes bibliográficas utilizadas en el dictado de la materia, facilitando el estudio de los fundamentos físicoquímicos, microbiológicos y tecnológicos de la leche y sus principales productos derivados.

El material acompaña el desarrollo del programa de la asignatura y pretende servir como guía de estudio para los estudiantes, sin reemplazar la consulta de la bibliografía original.

## **Unidad 1: LA LECHE, COMPOSICIÓN, PROPIEDADES, ESTRUCTURA Y VALOR NUTRITIVO**

Universidad Nacional de San Luis Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias  
Departamento: Ingeniería de Procesos  
Área: Tecnología en Alimentos  
Asignatura: Tecnología de los Lácteos  
Carrera: Ingeniería en Alimentos – Ingeniería Química

### **ÍNDICE DE CONTENIDO**

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1 Definición Bromatológica .....                                                  | 2  |
| 1.2 Descripción .....                                                               | 2  |
| 1.3 Composición .....                                                               | 3  |
| 1.4 Variación de sus componentes .....                                              | 4  |
| 1.4.1 Calostro .....                                                                | 4  |
| 1.5 Propiedades físico químicas .....                                               | 5  |
| 1.6 Proteínas .....                                                                 | 6  |
| 1.6.1 Caseínas .....                                                                | 8  |
| 1.6.2 Albúminas y las globulinas .....                                              | 9  |
| 1.7 Materias Grasas de la Leche .....                                               | 9  |
| 1.7.1 Glicéridos .....                                                              | 10 |
| 1.7.2 Ácidos grasos .....                                                           | 10 |
| 1.7.2.1 Reseña de los ácidos grasos en la salud .....                               | 12 |
| 1.7.3 Fosfolípidos .....                                                            | 13 |
| 1.8 Hidratos de Carbono .....                                                       | 14 |
| 1.9 Sales Minerales .....                                                           | 15 |
| 1.10 Vitaminas .....                                                                | 17 |
| 1.12 Presencia de antibióticos, pesticidas, detergentes y otros contaminantes. .... | 19 |
| 1.13 Valor Nutritivo de la leche y derivados .....                                  | 20 |
| 1.14 Razas Bovinas Utilizadas. ....                                                 | 22 |
| 1.14.1 Holando o Holstein .....                                                     | 23 |
| 1.14.2 Jersey .....                                                                 | 23 |
| 1.14.3 Pardo Suizo .....                                                            | 23 |
| Referencias: .....                                                                  | 25 |

# Unidad 1: LA LECHE, COMPOSICION, PROPIEDADES, ESTRUCTURA Y VALOR NUTRITIVO.

Versión 13MAR24



## 1.1 Definición Bromatológica

CAA - Art 554 - (Res 22, 30.01.95), Capítulo VIII. Con la denominación de Leche sin calificativo alguno, se entiende el producto obtenido por el ordeño total e ininterrumpido, en condiciones de higiene, de la vaca lechera en buen estado de salud y alimentación, proveniente de tambos inscriptos y habilitados por la Autoridad Sanitaria Bromatológica Jurisdiccional y sin aditivos de ninguna especie.

La leche proveniente de otros animales, deberá denominarse con el nombre de la especie productora.

## 1.2 Descripción

El estudio completo de la leche ha sido elevado a la categoría de ciencia por algunos autores (lactología o galactología). Abarca un campo cuya extensión es extraordinaria, ya que se relaciona con numerosas y variadas disciplinas. Su plan podría establecerse como sigue:

- 1.- Secreción de la leche en la mama (histología, fisiología, patología)
- 2.- Constitución de la leche (física, química, bioquímica, análisis)
- 3.- Variación de la producción y composición de la leche (etnología, alimentación, zootecnia);
- 4.- Microbiología de la leche y de los productos lácteos,
- 5.- Higiene;
- 6.- La leche como alimento (nutrición, pediatra)
- 7.- Tecnología de la leche y sus derivados
- 8.- Producción higiénica y económica de la leche
- 9.- Leches de consumo
- 10.- Productos derivados de la leche

Las características esenciales de la leche se resumen en:

**Complejidad.** La leche es un líquido secretado por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos, tras el nacimiento de la cría. Es un líquido de composición compleja, blanco y opaco; de sabor dulce y reacción iónica (pH) próxima a la neutralidad. La función natural de la leche es la de ser el alimento exclusivo de los mamíferos jóvenes

durante el periodo crítico de su existencia, tras el nacimiento, cuando el desarrollo es rápido y no puede ser sustituida por otros alimentos.

**Heterogeneidad.** La leche es una emulsión de materia grasa, en forma globular, en un líquido que muestra analogías con el plasma sanguíneo. Este líquido es asimismo una suspensión de materias proteicas en un suero constituido por una solución neutra que contiene, principalmente, lactosa y sales minerales.

**Variabilidad de la composición.** La composición de la leche varía en el transcurso del ciclo de la lactación. En la época del nacimiento, la mama segrega el calostro, líquido que se diferencia principalmente de la leche en su composición proteica y salina. El estado de salud influye en la conformación de la leche. La composición de la leche normal varía sensiblemente de una especie animal a otra.

**Alterabilidad.** La leche es un producto que se altera muy fácilmente. El calor la modifica. Numerosos microorganismos pueden proliferar en ella, en especial aquellos que degradan la lactosa con producción de ácido, ocasionando, como consecuencia, la floculación de una parte de las proteínas.

**Características Legales.** De una manera general, las diferentes legislaciones toman como base las disposiciones establecidas en el primer Congreso Internacional de la Represión de los Fraudes Alimentarios (Ginebra, 1908)

a) La Leche es el producto íntegro procedente del ordeño completo, ininterrumpido de una hembra lechera en buen estado de salud, bien alimentada y no cansada. Por consiguiente, se consideran impropias para el consumo humano las leches procedentes de animales enfermos y mal nutridos, así como las que contengan calostros (ordeñadas antes de transcurrir 7 días después del parto).

b) La leche debe ser recogida con toda limpieza; no debe ser coloreada ni maloliente; no debe contener gérmenes patógenos.

### 1.3 Composición

La leche es un sistema coloidal constituido por una solución acuosa de: lactosa (5%), sales (0.7%) y muchos otros elementos en estado de disolución, en donde se encuentran las proteínas (3.2%) en estado suspensión.

#### Componentes mayoritarios

|                                                        |       |
|--------------------------------------------------------|-------|
| Agua .....                                             | 86.9% |
| Materias grasas .....                                  | 3.9%  |
| Proteínas y sustancias nitrogenadas no proteicas ..... | 3.2%  |
| Carbohidratos .....                                    | 5.1%  |
| Sales .....                                            | 0.9%  |

#### Componentes minoritarios

Enzimas  
Vitaminas  
Pigmentos (carotenos, xantofilas, riboflavina)  
Células diversas (células epiteliales, leucocitos, bacterias, levaduras, mohos)  
Otros elementos (dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno y otros gases)  
Sustancias extrañas

## 1.4 Variación de sus componentes

Hay una relación general entre el contenido en extracto seco magro de la leche y su contenido en materia grasa. La relación expresada por la fórmula de Jacobson

$$\% \text{ extracto seco magro} = 8.27 + 0.4 (\% \text{ materia grasa} - 3)$$

Esta relación ha sido obtenida a partir de 100.000 muestras y resulta muy útil para el cálculo de mezclas en las industrias lecheras. Por lo tanto, los factores que modifican el contenido en la materia grasa afectan también al de extracto seco desengrasado. En la tabla 1.4, se presentan los factores que influyen en el contenido en materia grasa de la leche. Hay que señalar que las principales variaciones se deben a las características individuales de cada vaca.

| Factor                               | Variación                                                                                   |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Características individuales         | 1-2% (máximo 6% en una semana)                                                              |
| Raza. Aumenta en el siguiente orden: | Holstein, Ayrshire, Canadiense, Guernsey, Jersey                                            |
| Periodo de lactación                 | Disminuye durante los dos primeros meses y después aumenta gradualmente                     |
| Gestación                            | Aumenta hacia el final de la lactación                                                      |
| Alimentación                         | Según la composición de la ración. El contenido aumenta con tiroxina y lípidos encapsulados |
| Temperatura                          | Inversamente proporcional                                                                   |
| Estación                             | Máximo en invierno debido a la temperatura, tipo de alimentación periodo de lactación       |
| Salud                                | Disminuye durante los estados patológicos                                                   |
| Edad                                 | Disminuye con la edad                                                                       |
| Ejercicio                            | Aumenta del 0.2 – 0.3%                                                                      |
| Cuarterón de la ubre                 | Puede variar hasta un 1%                                                                    |
| Ordeño                               | La leche de tarde es más rica (0.4)                                                         |
| Ambiente                             | Disminuye con los cambios (ordeño, excitación, etc)                                         |

Tabla 1.4 – Factores que influyen en el contenido de la materia grasa en la leche

### 1.4.1 Calostro

El calostro constituye el primer alimento a consumir por el recién nacido y es de primordial importancia para su supervivencia, este se produce en la ubre de la madre, en el último tercio de la gestación y constituye la primera secreción pos parto. Los terneros que por cualquier razón no consumen calostro suelen enfermarse con facilidad y se desarrollan con dificultades.

El calostro a pesar de que no se comercializa constituye un excelente reemplazante de la leche y posee cualidades excepcionales desde el punto de vista nutricional. Sin embargo, lo más importante es que contiene la fracción inmune de las globulinas del suero para prevenir ciertas enfermedades neonatales.

El calostro debe ser el alimento básico del ternero durante los primeros días de nacido. En este período tiene que aprender a beber en bebederos, cuando la crianza es artificial o continuar mamando cuando la crianza es con amamantamiento.

Conforme avanza al número de ordeños, las proteínas e inmunoglobulinas van descendiendo hasta llegar a cantidades estables en la leche entera. Caso contrario ocurre con la lactosa que a nivel del primer ordeño del calostro es bajo, pero a medida que aumentan los ordeños va incrementándose hasta llegar a un valor alto y estable en la leche entera de vaca. Estos valores se demuestran en la tabla 1.4.1

| Componentes             | N° de ordeños post parto |       |       |      |      | Leche entera |
|-------------------------|--------------------------|-------|-------|------|------|--------------|
|                         | 1                        | 2     | 3     | 4    | 5    |              |
| Sólidos totales         | 23,9                     | 17,9  | 14,1  | 13,9 | 13,6 | 12,9         |
| Proteínas totales       | 14,0                     | 8,4   | 5,1   | 4,2  | 4,1  | 3,1          |
| Inmunoglobulinas        | 6,0                      | 4,2   | 2,4   |      |      | 0,1          |
| Lípidos                 | 6,7                      | 5,4   | 4,9   | 4,4  | 4,3  | 4,0          |
| Lactosa                 | 2,7                      | 3,9   | 4,4   | 4,6  | 4,7  | 5,0          |
| Ceniza                  | 1,1                      | 0,9   | 0,9   | 0,8  | 0,8  | 0,9          |
| Calcio                  | 0,3                      | 0,2   | 0,2   | 0,2  | 0,2  | 0,1          |
| Vitamina A (mg/100 ml)  | 295,0                    | 190,0 | 113,0 | 76,0 | 74,0 | 34,0         |
| Vitamina D (mg/g grasa) | 1,8                      |       |       |      |      | 0,4          |
| Vitamina E (mg/g grasa) | 84,0                     | 76,0  | 56,0  | 44,0 | 31,0 | 15,0         |

Tabla 1.4.1 – Composición nutricional del calostro

## 1.5 Propiedades físico químicas

Los componentes de la leche se encuentran en diferentes formas físicas. El estado físico depende principalmente del grado de dispersión. Las soluciones verdaderas son las que están constituidas por sustancias en estado ionizado o por moléculas individuales dispersas en un solvente. Estas partículas tienen un diámetro inferior a 1 nm y pueden atravesar las membranas semi-permeables (ultrafiltración)

**El gusto de la leche.** Normalmente un sabor suave, agradable y ligeramente dulce.

**Color de la leche.** Se considera indicativo de su riqueza en grasa. La reflexión de la luz sobre las partículas opacas en suspensión da a la leche su color blanco. El grado de blancura varía con el número y tamaño de las partículas en suspensión.

**Acidez de la leche.** Sin ninguna duda, la valoración de la acidez es la determinación analítica más frecuente en tecnología lechera. Es un parámetro bastante constante en la leche y su aumento indica una anomalía.

**El pH.** Varía entre 6.2 y 6.8, pero la mayoría de las leches tienen un pH comprendido entre 6.4 y 6.6.

**Punto de congelación.** El punto de congelación es una de las constantes físicas más estables de la leche. Esta invariabilidad se debe a que la presión osmótica de la leche se mantiene en equilibrio con la de la sangre. El descenso del punto de congelación está en relación directa con la concentración de solutos en una solución, por lo tanto, es una medida del número de moléculas o de iones que se encuentran en solución en la fase acuosa de la leche. Este oscila entre -0.52 y -0.56°C. Las variaciones superiores a -0.52°C indican aguado

**Punto de ebullición.** A la presión atmosférica normal, el punto de ebullición es de 100.5°C. Igual que el punto de congelación, el de ebullición es función del número de partículas en solución y consecuentemente, aumenta con la concentración de la leche y disminuye con la presión.

**Densidad de la leche.** El valor de 1.028 – 1.035 g/cm<sup>3</sup>, es la resultante de la densidad intrínseca de cada uno de sus componentes. La densidad de los componentes de la leche a

30°C es la siguiente: materia grasa, 0.913 g/cm<sup>3</sup>; sólidos no grasos, 1.529 g/cm<sup>3</sup>; lactosa, 1.63 g/cm<sup>3</sup>; proteínas, 1.35 g/cm<sup>3</sup>; cenizas, 5.5 g/cm<sup>3</sup>.

**Calor específico.** Según su contenido graso varía entre 0.93 caloría/°C g, para leche entera, 0.95 0.93 caloría/°C g, para desnatada y de 0.68 0.93 caloría/°C g, para una nata con un 40% de materia grasa.

**Tensión superficial.** La materia grasa ejerce un efecto depresivo sobre la tensión superficial, que disminuye proporcionalmente a la riqueza en grasa de la nata. A 20°C es de 73 dinas/cm, disminuye al aumentar la temperatura.

**Viscosidad de la leche.** En la leche, es función del número y tamaño de sus partículas y también de la temperatura. Sobre este parámetro influyen principalmente las proteínas y la materia grasa; el efecto de la lactosa y de las sales es menos importante. A 20°C la viscosidad de la leche entera es del orden de 2.1 centiPoise, y la de la desnatada, 1.8 cP.

**Conductividad eléctrica.** Los iones que contribuyen en mayor parte a la conductividad son los más móviles y más libres (Na, K, Cl). Normalmente la leche a 25°C, presenta una conductividad eléctrica del orden de 0.005 ohm<sup>-1</sup> (2000 μS). El aguado de la leche, hace disminuir esta propiedad.

**Índice de refracción de la leche.** A 20°C es del orden de 1.34209. Disminuye si la leche está aguada. Se usa mucho el IR para determinar el grado de concentración de la leche en los procesos de evaporación, ultrafiltración y ósmosis inversa.

**Presión osmótica de la leche.** Al igual que el punto de congelación, la presión osmótica disminuye con la dilución y aumenta con la concentración. Manejar criterios de presión osmótica permite herramientas para inhibir el crecimiento bacteriano.

**Potencial de óxido-reducción de la leche.** Las sustancias en la leche tienen una mayor o menor capacidad de liberar electrones en el caso de un agente reductor, o de absorber electrones en el caso de un agente oxidante. El potencial medio de la leche normal es de +0.25 volt. El potencial de óxido-reducción disminuye al consumir los microorganismos parte del oxígeno disuelto o al liberarse grupos sulfhídricos por acción del calor

## 1.6 Proteínas

Las proteínas son los elementos constitutivos esenciales de toda célula viviente y tienen una gran importancia en la leche y los productos lácteos. Contiene como término medio un 3.2% de proteínas de las que el 80% son caseínas. Normalmente se distingue entre la caseína, que precipita a pH 4.6 y las otras proteínas que se denominan proteína del lactosuero y que no precipitan con las caseínas a menos que previamente hayan sido desnaturalizadas por el calor u otros tratamientos.

Las proteínas son polímeros de aminoácido y algunas contienen además otros componentes. Los aminoácidos son sustancias orgánicas nitrogenadas de carácter anfótero, ya que poseen a la vez un grupo carboxílico (ácido) y un grupo amino (básico). En las proteínas, los aminoácidos están unidos cabeza con cola, interaccionado el grupo amino de un aminoácido con el grupo carboxilo del siguiente. Este enlace se llama peptídico.

Además, según la configuración de las moléculas de proteína hay numerosas posibilidades para enlaces secundarios y terciarios tanto dentro de una misma molécula como entre las distintas moléculas de proteínas. Las proteínas que sólo están constituidas por aminoácidos se llaman proteínas simples. El resto pueden contener componentes distintos a los aminoácidos y se llaman proteínas conjugadas. No obstante, las albúminas y globulinas se consideran generalmente proteínas simples a pesar de que se ha demostrado que contienen grupos glucídicos o lipídicos. La caseína son fosfoproteínas.

Desde un punto de vista práctico, hay que tener en cuenta que las caseínas precipitan por acidificación a pH 4.6, mientras que las albúminas y globulinas deben ser desestabilizadas

por el calor antes de coagular por acidificación. Las albúminas se diferencian de las globulinas porque son solubles en el agua, en una solución saturada de  $\text{SO}_4\text{Mg}$  o en una solución semi-saturada de  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ .

La composición en aminoácidos de las proteínas de la leche se presenta en la tabla 1.6. Hay que señalar que las proteínas del lactosuero son más ricas que la caseína en los tres aminoácidos más importantes en la alimentación humana: lisina, metionina y triptófano. También son más ricas en aminoácidos sulfurados, lo que influye en su estabilidad frente al calor.

|                                             |                            |        |                  |
|---------------------------------------------|----------------------------|--------|------------------|
| <i>Proteínas</i>                            |                            |        |                  |
| 1.- Caseínas                                |                            |        | 2.56%            |
|                                             | a. Caseína $\alpha^1$      | 1.08 % |                  |
|                                             | b. Caseína $\alpha^2$      | 0.25 % |                  |
|                                             | c. Caseína $\beta$         | 0.79 % |                  |
|                                             | d. Caseína $\kappa$        | 0.31 % |                  |
|                                             | e. Caseína $\lambda$       | 0.13 % |                  |
| 2. Lactoalbúminas                           |                            |        | 0.52%            |
|                                             | a. $\alpha$ -Lactoalbúmina | 0.15 % |                  |
|                                             | b. $\beta$ -Lactoglobulina | 0.34 % |                  |
|                                             | c. Albúmina sérica         | 0.03 % |                  |
| 3. Lactoglobulinas                          |                            |        | 0.12%            |
|                                             | a. Euglobulina             | 0.07 % |                  |
|                                             | b. Pseudoglobulina         | 0.05 % |                  |
| 4. Proteínas minoritarias                   |                            |        | 0.03%            |
| <i>Compuestos nitrogenados no proteicos</i> |                            |        |                  |
| 1. Proteosas y peptonas                     |                            |        | 18 mg N/100 ml   |
| 2. Urea                                     |                            |        | 14 mg N/100 ml   |
| 3. Creatina                                 |                            |        | 3 mg N/100 ml    |
| 4. Creatinina                               |                            |        | 1 mg N/100 ml    |
| 5. Ácido úrico                              |                            |        | 1.5 mg N/100 ml  |
| 6. Amoníaco                                 |                            |        | 0.7 mg N/100 ml  |
| 7. Aminoácidos                              |                            |        | 4.5 mg N/100 ml  |
| 8. Indicán                                  |                            |        | 0.12 mg N/100 ml |
| 9. Adeína                                   |                            |        |                  |
| 10. Guanina                                 |                            |        |                  |
| 11. Metiel guanidina                        |                            |        |                  |
| 12. Xantina                                 |                            |        |                  |
| 13. Hipoxantina                             |                            |        |                  |
| 14. Ácido orótico                           |                            |        |                  |

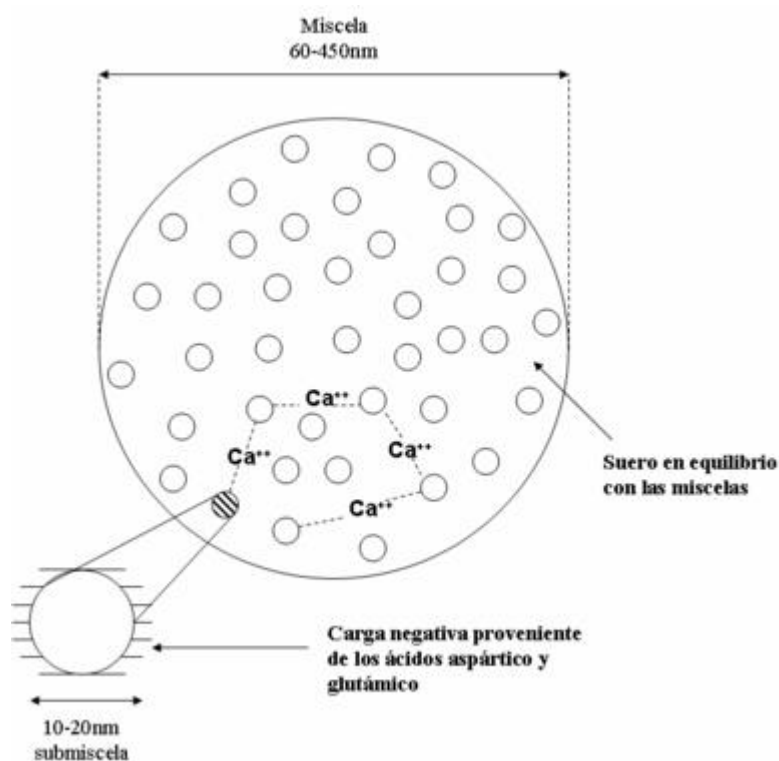
Tabla 1.6 – Composición nitrogenada de la leche; aminoácidos en las proteínas de la leche

### 1.6.1 Caseínas.

Las caseínas de la leche están en forma de fofa-caseinato cálcico. Precipitan por acidificación a su punto isoelectrico medio, pH 4.6. La caseína natural puede obtenerse por ultracentrifugación o por precipitación salina (CINa).

Las caseínas  $\alpha$  y  $\beta$  son sensibles al ión calcio, mientras que las caseínas  $\kappa$  tienen un papel estabilizante de las micelas de caseína frente al ión calcio

El conocimiento de la micela de caseína tiene una gran importancia práctica, ya que muchos de los tratamientos en tecnología lechera influyen en uno u otro sentido sobre la estabilidad de las micelas en la leche. La estructura de las micelas de caseína no se conoce bien todavía y los modelos micelares son puramente hipotéticos (ver Fig. 1.6.1). Se puede suponer con una cierta lógica que la micela de caseína tiene una forma más o menos esférica. Estaría formada por un gran número de subunidades unidas entre ellas.



1.6.1-Estructura propuesta para una micela de caseína

Se le atribuye una estructura esponjosa no rígida en donde las caseínas  $\alpha$  y  $\beta$  formarían cadenas de copolímeros unidos por la caseína  $\kappa$  como si se tratara de una cadena. Las cadenas además estarían unidas entre ellas por muchos puentes  $\text{PO}_4$  y  $\text{Ca}$ .

Las micelas retienen de 2.5 a 3.5 veces su peso en forma de agua de hidratación. Esta agua contribuye también de forma importante a la estabilidad de las micelas. Existe un equilibrio bien establecido entre el calcio coloidal y el calcio soluble. Cuando aumenta el  $\text{Cl}_2\text{Ca}$  en la leche, por adición o por concentración de la leche, el equilibrio se desplaza hacia la forma coloidal y el calcio en solución pasa a estado micelar. Como consecuencia de esta modificación aumenta el tamaño de las micelas

**Coagulación de la leche por el cuajo.** La adición de cuajo a la leche templada, provoca su coagulación en un tiempo variable según la temperatura, la acidez, el contenido en calcio, la cantidad de cuajo y la concentración de la leche. El cuajo es una peptidasa (quimosina) que actúa en primer lugar hidrolizando la caseína  $\kappa$ . La ruptura se produce a nivel del enlace

fenilalanina-metionina formándose para-caseína k y glicomacropéptido (como algunas caseínas k no tienen carbohidratos, es más correcta la denominación de caseinomacropéptido). La pérdida del fragmento hidrófilo de la caseína k le impide mantener la estabilidad de la caseína micelar. La reacción secundaria consiste en la formación de un gel continuo resultante de la estabilización de las micelas. El fosfato cálcico desempeña aquí un papel esencial en la formación de los enlaces entre las micelas, condición indispensable para la firmeza del gel.

*Efecto de la acidificación.* La acidificación hasta el punto isoelectrico desestabiliza las micelas de caseínas al neutralizar las cargas negativas. También favorece su desmineralización y hace a las proteínas más inestables al calor. A temperatura normal, la coagulación puede comenzar a pH 5.0.

*Efecto de las sales.* El equilibrio salino de la leche tiene una enorme importancia en tecnología lechera. El equilibrio entre los iones positivos polivalentes ( $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ ) y los iones negativos polivalentes ( $\text{PO}_4^{---}$  y Citratos $^{---}$ ) afecta directamente la estabilidad de las proteínas, principalmente en virtud del principio de las cargas eléctricas.

*Efecto del calor.* En los tratamientos térmicos de la leche, debe tenerse en cuenta el efecto del calor sobre las proteínas. El calor altera el equilibrio salino de la leche; tratamientos superiores a las temperaturas de pasteurización pueden coagular las albúminas y las globulinas; los tratamientos térmicos aumentan la capacidad de retención de agua de las proteínas a temperaturas normales.

#### 1.6.2 Albúminas y las globulinas.

Están en el lactosuero y son muy diferentes a las caseínas. Son “emulsoides” verdaderos en el sentido de que presentan una fuerte afinidad por el agua. Para coagular estas proteínas no basta con neutralizar sus cargas, es necesario disminuir su grado de hidratación, bien por el calor o con alcohol.

Son proteínas termosensibles y se desnaturalizan por el calor a temperaturas superiores a los tratamientos de pasteurización. La determinación de proteínas insolubilizadas permite diferenciar entre las leches en polvo de alta y baja temperatura (high heat, low heat).

La  $\alpha$ -albúmina representa el 23% de las proteínas del suero. La  $\beta$ -albúmina es la más importante de las proteínas del suero. Las albúminas séricas representan el 5% del suero y es exactamente igual que la albúmina del suero sanguíneo. Por último, las lactoglobulinas de la leche, representan el 20% de las proteínas del suero. Tienen el más alto peso molecular pues contienen una parte glucídica, su importancia es por sus propiedades inmunológicas. Su presencia en gran proporción en el calostro es esencial para transmitir al animal joven, los anticuerpos necesarios para luchar contra las infecciones.

### 1.7 Materias Grasas de la Leche

Las sustancias que pueden extraerse de la leche con solventes orgánicos no polares como el éter, son las grasas de leche. Principalmente están compuestas por glicéridos (99%), pero también contienen lípidos complejos de gran importancia en lechería, como fosfolípidos y cerebrosidos (Ver tabla 1.7).

|                |                   |         |
|----------------|-------------------|---------|
| 1 Glicéridos   |                   | 3.85%   |
| 2 Fosfolípidos |                   | 0.035%  |
|                | a Lecitinas       | 0.021 % |
|                | b Cefalinas       | 0.011 % |
|                | c Esfingomielinas | 0.003 % |
| 3 Cerebrósidos |                   | 0.002%  |
| 4 Colesteroles |                   | 0.015%  |
| 5 Carotenoides |                   | -       |

Tabla 1.7 – Composición lipídica de la leche

### 1.7.1 Glicéridos

Puesto que los glicéridos constituyen casi la totalidad de las sustancias grasas de la leche, es importante conocer su estructura, su comportamiento durante los tratamientos tecnológicos y las características relacionadas con las propiedades nutritivas de la leche y los productos lácteos (Ver Fig. 1.7.1).

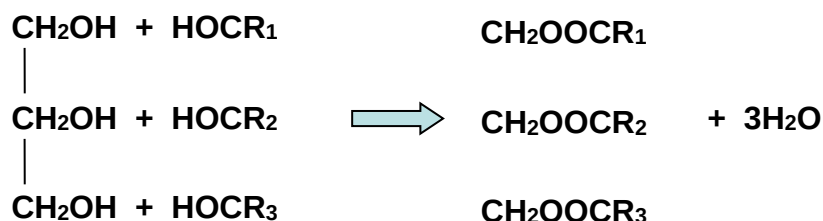


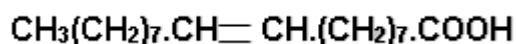
Figura 1.7.1 – Estructura de los Triglicéridos

Los triglicéridos son ésteres de glicerol y ácidos grasos. El glicerol es un alcohol de función triple, es decir, un triol capaz de esterificar tres ácidos grasos. Según haya uno, dos o tres ácidos grasos esterificados en una molecular de glicerol, se tratará de un mono, di o tri-glicérido.

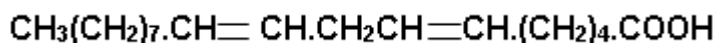
### 1.7.2 Ácidos grasos

Los ácidos grasos son cadenas más o menos largas de hidrocarburos que terminan en un grupo carboxilo.

Hay importantes diferencias entre los ácidos grasos saturados y los insaturados. El grado de insaturación varía según el número de dobles enlaces que contiene la molécula. En una cadena de un hidrocarburo, hay un doble enlace cuando dos de las cuatro valencias sirven para unir dos carbonos vecinos (Ver Fig. 1.7.2).



ácido oleico (mono-insaturado)



ácido linoleico (di-insaturado)

Figura 1.7.2 – Ejemplos de ácidos grasos mono-insaturados y di-insaturados

La posición de los dobles enlaces en la molécula influye en sus propiedades, pero éstas dependen más de la forma isomérica, es decir, de la orientación molecular en los dobles enlaces.

Así, el ácido graso mono-insaturado es el ácido oleico cuando está en forma *cis* o replegado y se convierte en ácido elaídico cuando está en forma *trans* o lineal (ácido oleico funde a 14°C, ácido elaídico, a 45°C).

Los ácidos grasos di-insaturados tienen cuatro posibilidades isométricas *cis-cis*; *cis-trans*; *trans-cis* y *trans-trans*. Un ácido graso tri-insaturado tendrá pues ocho posibilidades isométricas. El número de ácidos grasos identificados en las grasas naturales es de unos 150, pero de ellos, los que son cuantitativamente significativos se limitan a una quincena. La grasa de la leche es la más compleja de todas las grasas conocidas. En ella se encuentran dieciséis ácidos grasos en cantidades fácilmente mensurables: ácidos grasos con dos, tres, cuatro y hasta cinco dobles enlaces; ácidos grasos con cadenas laterales; ácidos grasos con un número impar de átomos de carbono y ácidos grasos isoméricos en relación con la posición de los dobles enlaces en la cadena o con orientación espacial *cis* o *trans*. (Ver tabla 1.7.3).

| Ácidos grasos                         | Númer<br>o de<br>carbonos | Conteni<br>dos medios<br>% en peso |
|---------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| <i>Ácidos grasos saturados</i>        |                           |                                    |
| Ácido butírico                        | 4                         | 3.4                                |
| Ácido caproico                        | 6                         | 1.3                                |
| Ácido caprílico                       | 8                         | 1.2                                |
| Ácido caprílico                       | 10                        | 2.2                                |
| Ácido láurico                         | 12                        | 3.9                                |
| <b>Ácido mirístico</b>                | <b>14</b>                 | <b>13.1</b>                        |
| <b>Ácido palmítico</b>                | <b>16</b>                 | <b>25.3</b>                        |
| <b>Ácido esteárico</b>                | <b>18</b>                 | <b>10.6</b>                        |
| Ácido araquidónico                    | 20                        | 1.3                                |
| Ácido behénico                        | 22                        | Tr                                 |
| <i>Ácidos grasos mono-insaturados</i> |                           |                                    |
| Ácidos caproleico                     | 10                        | 0.2                                |
| Ácido lauroleico                      | 12                        | 0.3                                |
| Ácido miristoleico                    | 14                        | 1.3                                |
| Ácido palmitoleico                    | 16                        | 3.7                                |
| <b>Ácido oleico</b>                   | <b>18</b>                 | <b>30.8</b>                        |
| Ácido vecénico, gadoleico             | 18                        | 0.7                                |
| <i>Ácidos grasos poli-insaturados</i> |                           |                                    |

|                        |           |            |
|------------------------|-----------|------------|
| <b>Ácido linoleico</b> | <b>18</b> | <b>3.2</b> |
| Ácido araquidónico     | 20        | 1.1        |
| Ácido de 22C           | 22        | tr         |

Tabla 1.7.3 - Principales ácidos grasos de los glicéridos de la leche

#### 1.7.2.1 Reseña de los ácidos grasos en la salud

Los ácidos grasos *trans* (en inglés *trans fatty acids*, TFA) son un tipo de ácido graso insaturado que se encuentra principalmente en alimentos industrializados que han sido sometidos a hidrogenación como la margarina o al horneado como los pasteles, entre otros. También se encuentran de forma natural en pequeñas cantidades en la leche y la grasa corporal de los rumiantes. Los ácidos grasos *trans* no sólo aumentan la concentración de lipoproteínas de baja densidad (LDL) en la sangre, sino que disminuyen las lipoproteínas de alta densidad (HDL, responsables de transportar lo que llamamos el "colesterol bueno"), provocando un mayor riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares.

Los ácidos grasos *trans* se forman en el proceso de hidrogenación que se realiza sobre las grasas con el fin de solidificarlas, para utilizarlas en diferentes alimentos. Un ejemplo de ello es la solidificación del aceite vegetal, líquido, para la fabricación de margarina. Además, promueve la frescura, le da textura y mejora la estabilidad.

Estos ácidos grasos pueden ser particularmente peligrosos para el corazón y se asocian con el mayor riesgo de desarrollo de algunos cánceres. Los estudios más recientes demuestran que las concentraciones más altas de ácidos grasos *trans* pueden incrementar el riesgo de diabetes de tipo II. Las grasas hidrogenadas se utilizan en margarina, comidas rápidas, productos comerciales de pastelería, alimentos procesados y fritos.

Estructura. Dado que los dobles enlaces son estructuras rígidas, las moléculas que los contienen pueden presentarse en dos formas: *cis* y *trans*. En los isómeros *trans*, los grupos semejantes o idénticos se encuentran en el lado opuesto de un doble enlace, mientras que, en los *cis*, están en el mismo lado (ver Fig. 1.7.2.1).

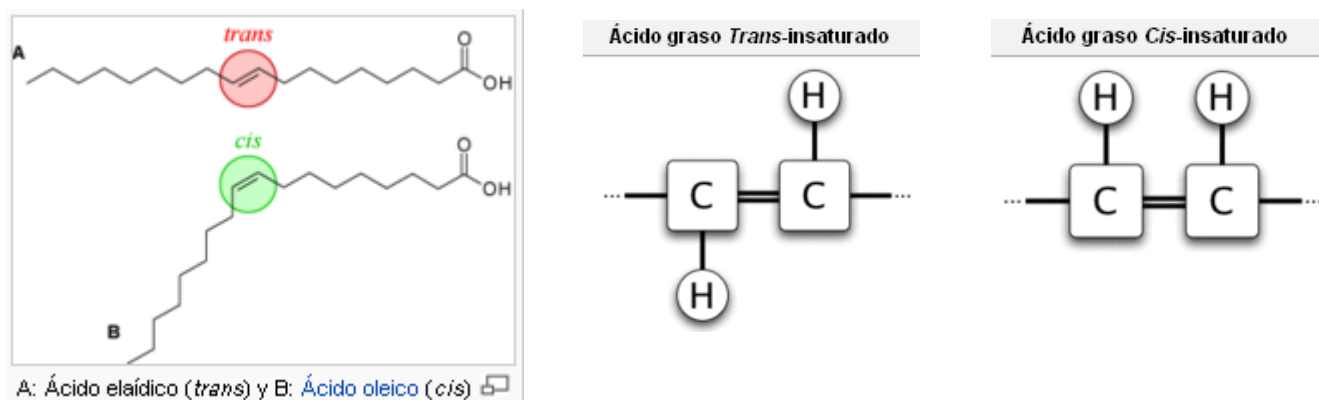


Figura 1.7.2.1 – Estructuras de ácidos *cis* y *trans*

<sup>1</sup> El **colesterol** es un esteroide (lípidos) que se encuentra en los tejidos corporales y en el plasma sanguíneo de los vertebrados. Se presenta en altas concentraciones en el hígado, médula espinal, páncreas y cerebro. Pese a tener consecuencias perjudiciales en altas concentraciones, es esencial para crear la membrana plasmática que regula la entrada y salida de sustancias que atraviesan la célula. Son esteroides ciclo pentano hidro fenantreno

### 1.7.3 Fosfolípidos.

Los fosfolípidos son un grupo de lípidos complejos que además de un alcohol y ácidos grasos, contienen ácido fosfórico y una base nitrogenada. La leche contiene lecitina, cefalinas y esfingomielinas.

Los ácidos grasos que forman parte de los fosfolípidos y de los cerebrósidos son ácidos insaturados de cadenas largas lo que, unido a la presencia del grupo fosfórico, les hace muy sensibles a la oxidación. Los fosfolípidos son el origen del gusto a oxidado que aparece frecuentemente en la leche y productos lácteos. Estos son de gran interés en la industria alimentaria a causa de su doble carácter hidrófilo y lipófilo, que los convierte en eficaces agentes emulsionantes.

Los solventes orgánicos extraen con los lípidos sustancias no saponificables, que suponen alrededor del 0.4% del peso de la materia grasa. Estas sustancias son esteroides, carotenoides, xantofilas, las vitaminas liposolubles A, D, E y K, el escualeno y también compuestos aromáticos naturales o adquiridos. Desde el punto de vista cuantitativo, los más importantes son los esteroides, principalmente el colesterol ( $C_{27}H_{46}O$ ) y sus precursores, el ergosterol ( $C_{28}H_{44}O$ ) entre otros. La exposición de la leche a los rayos ultravioleta, transforma estos últimos compuestos en vitaminas del grupo D.

Dada la complejidad de la materia grasa de la leche, resulta muy práctica su descripción mediante índices y constantes (ver tabla 1.7.3).

La materia grasa se encuentra en la leche en forma de glóbulos esféricos suspendidos en la fase acuosa del suero. El diámetro de estos glóbulos varía normalmente entre 2 y 10  $\mu m$ . En el tamaño influyen la especie, la raza y el periodo de lactación. Los glóbulos grasos son más pequeños en la leche de cabra que en la de vaca y entre éstas, las de raza Holstein los producen de menor tamaño que las vacas Ayrshire y Jersey.

|                                           |                    |
|-------------------------------------------|--------------------|
| Calor específico                          | 527.4 Julios       |
| Densidad a 15°C/15°C                      | 0.936-0.942        |
| Punto de fusión                           | 28-35°C            |
| Punto de solidificación                   | 25-30°C            |
| Índice de refracción a 40°C               | 1.45419            |
| Calor latente de fusión                   | 37 023.5<br>julios |
| Índice de Reichert-Meissl                 | 27.8               |
| Índice de Kirschner                       | 19-24              |
| Índice butírico                           | 10.2 moles<br>%    |
| Índice de Polenske                        | 2.0                |
| Índice de Hehner                          | 86.5-90%           |
| Índice de saponificación                  | 220-241            |
| Índice de acetilo                         | 1.9-8.6            |
| Índice de iodo                            | 26-45              |
| Índice tiocianógeno                       | 24-38              |
| Índice de tocoferol                       | 30 mmg/g           |
| Temperatura crítica de disolución         | 42-53°C            |
| Punto de fusión del acetato de colesterol | 114°C              |
| Índice de acidez                          | Menos de<br>0.3    |

Tabla 1.7.3 - Constantes e índices de la materia grasa de la leche

Simplificando, un glóbulo graso es una masa de triglicéridos envuelta en una membrana lipoproteica. Se ha demostrado que los triglicéridos más insaturados y los que tienen un peso molecular más bajo, están situados en el centro del glóbulo, probablemente porque son líquidos y así quedan retenidos por los glicéridos más sólidos que se localizan en la periferia (Ver Fig. 7.3.1.).

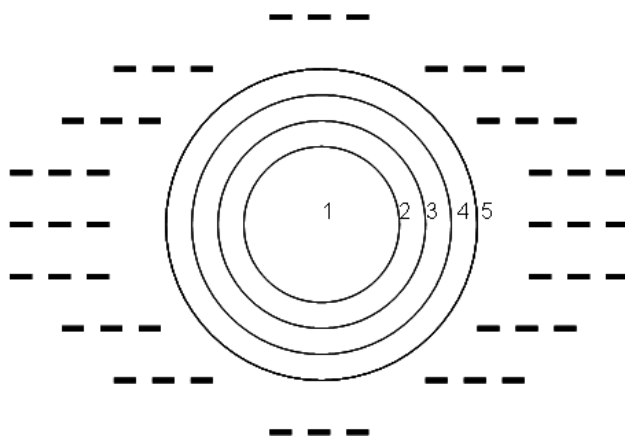


Figura 7.3.1 - Estructura de un glóbulo graso  
1: triglicéridos insaturados y de bajo peso molecular; 2: triglicéridos sólidos; 3: fosfolípidos; 4: lipoproteínas, enzimas, aglutininas; 5: cargas eléctricas

## 1.8 Hidratos de Carbono

Los glúcidos de la leche están compuestos esencialmente por lactosa y algunos otros azúcares en pequeñas cantidades, como la glucosa (0.1%) y la galactosa. La lactosa es el componente cuantitativamente más importante de los sólidos no grasos. Las leches contienen alrededor de un 5%, la leche en polvo desnatada contiene un 52% y el lactosuero en polvo un 70%.

La lactosa es un disacárido formado por  $\alpha$ -glucosa,  $\beta$ -glucosa y  $\beta$ -galactosa.

Pueden encontrarse en dos formas isoméricas:  $\alpha$  o  $\beta$  (ver Fig. 1.8). Este concepto de isomería es importante, ya que estas dos formas tienen propiedades muy diferentes de solubilidad, cristalización y de rotación. Además, la lactosa puede hallarse en forma anhidra o en forma mono-hidratada.

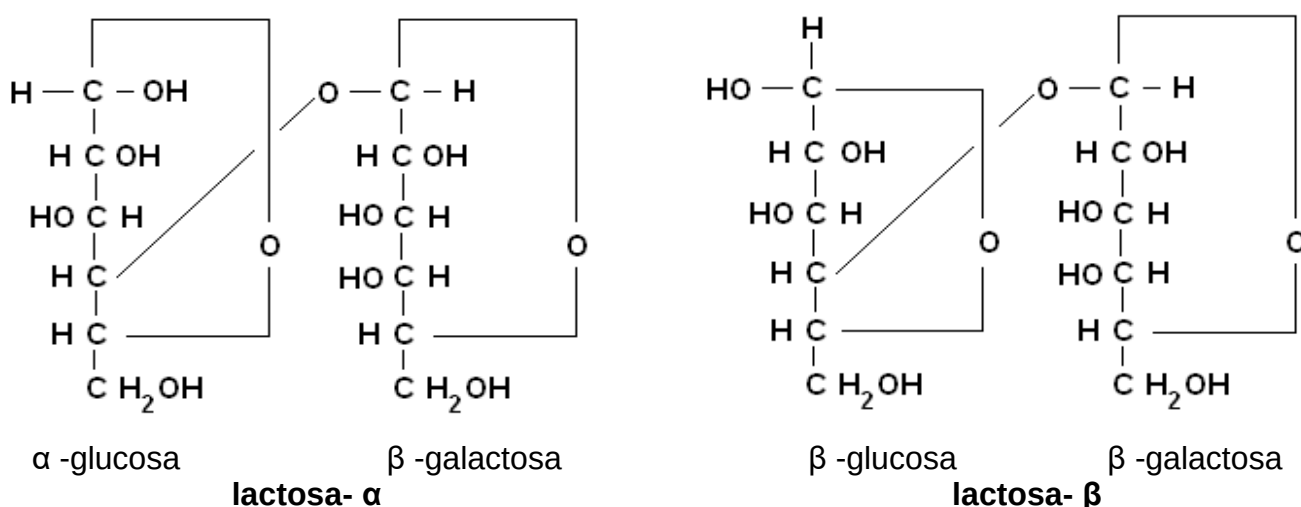


Figura 1.8 - Estructura de los azúcares en la leche

**Cristalización.** En las condiciones de tratamiento más frecuentes, es decir, a temperaturas inferiores a 93.5°C, si la lactosa está en solución sobresaturada, cristaliza en forma de  $\alpha$ -monohidratada. A temperaturas superiores a 93.5°C la lactosa  $\alpha$  es más soluble que la lactosa  $\beta$  y en consecuencia, es ésta última la que cristaliza en forma  $\beta$ -anhidra.

La lactosa es un azúcar relativamente poco soluble si la comparamos con el azúcar de mesa. Su solubilidad aumenta con la temperatura y es del orden del 22% a 25°C; del 44% a 50°C y 99% a 75°C.

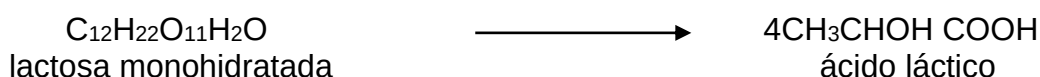
El tamaño de los cristales de lactosa depende de la velocidad de cristalización. Una cristalización lenta conduce a la formación de grandes cristales que dan al producto una textura arenosa. Con el propósito de obtener una textura suave, se puede acelerar la cristalización si en el momento en que la viscosidad es la adecuada, se siembra la masa con lactosa finamente pulverizada o con leche en polvo y se agita.

La lactosa comercial ( $\alpha$ ) tiene un poder edulcorante cuatro veces menor que el azúcar de mesa (sacarosa). Comparativamente, la lactosa  $\beta$  tiene un poder edulcorante más elevado, además de ser más soluble que la lactosa  $\alpha$ . La lactosa  $\beta$  podría incluso reemplazar a la sacarosa como azúcar de mesa.

En su hidrólisis, la lactosa origina azúcares simples: glucosa y galactosa. Se puede llevar a cabo con ácidos fuertes o enzimas. Se prefiere recurrir a la hidrólisis enzimática pues es menos agresiva. Esto se lleva a cabo con la enzima específica lactasa ( $\beta$ -D-galactosidasa). Es una endo-enzima producida por algunos mohos, levaduras y bacterias (*Streptococcus thermophilus*, *Saccharomyces fragilis*, *Candida utilis*, *Torulopsis sphaerica*, etc.). La lactasa se encuentra también en la pared intestinal de los mamíferos y en las almendras amargas.

**Efectos del calentamiento.** El emparedamiento de la leche durante el calentamiento se debe a la reacción entre el grupo aldehído de la lactosa y el grupo amino de las proteínas (reacción de Maillard) o la polimerización (caramelización) de las moléculas de lactosa. La reacción de Maillard, que algunas veces se busca para obtener un color dorado (panadería, pastelería), disminuye el valor nutritivo de las proteínas ya que el grupo amino libre de la lisina está directamente implicado en la reacción.

**Fermentos lácticos.** La transformación de la leche por fermentación es una de las actividades biotecnológicas más antiguas. Se basa en la formación de ácido láctico, que es la reacción fundamental en los productos lácteos fermentados. La formación de ácido láctico, se acompaña generalmente de la de productos secundarios que son característicos de los microorganismos implicados.



## 1.9 Sales Minerales

Las sustancias salinas se determinan generalmente a partir de las cenizas. En la composición salina de la leche se producen variaciones importantes que contribuyen a explicar las diferencias estacionarias y regionales en el comportamiento de la leche. En general, la composición de la leche de las vacas enfermas tiende a parecerse a la de la sangre. Por esta razón, las leches mamíticas son más saladas (cloro, sodio) y más pobres en calcio, magnesio, fósforo y potasio que las leches normales. Los componentes minerales de la leche se encuentran en su mayoría, en forma de sales solubles. Los principales elementos básicos, como el calcio, potasio, magnesio y sodio, forman sales con los elementos ácidos: proteínas, ácido cítrico, fosfatos y cloro. Una parte de los minerales se

encuentra en forma coloidal asociada con las caseínas; éste es el caso de los fosfatos y citratos de calcio y magnesio

|   |                                                                                                                                                                                                                          |                                  |       |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------|
| · | ·                                                                                                                                                                                                                        | Compuestos básicos               |       |
| · | a.                                                                                                                                                                                                                       | Óxido potasio, $K_2O$            | 0.175 |
|   | b.                                                                                                                                                                                                                       | Óxido sódico, $Na_2O$            | 0.070 |
|   | c.                                                                                                                                                                                                                       | Óxido cálcico, $CaO$             | 0.170 |
|   | d.                                                                                                                                                                                                                       | Óxido magnésico, $MgO$           | 0.017 |
| · | ·                                                                                                                                                                                                                        | Compuestos ácidos                |       |
| · | a.                                                                                                                                                                                                                       | Pentóxido de fósforo, $P_2O_5$   | 0.147 |
|   | b.                                                                                                                                                                                                                       | Cloro, $Cl$                      | 1.100 |
|   | c.                                                                                                                                                                                                                       | Ácido Cítrico                    | 0.200 |
|   | d.                                                                                                                                                                                                                       | Bicarbonatos, sulfatos, lactatos |       |
| · | ·                                                                                                                                                                                                                        | Oligoelementos                   |       |
| · | Hierro; cobre; zinc; manganeso; boro; silicio; níquel; yodo; flúor; bromo; molibdeno; cobalto; trazas de bario, aluminio, titanio, vanadio, rubidio, litio, estroncio, rutecio, cromo, plomo, planta, estaño entre otros |                                  |       |
|   | Además, encontramos azufre (0.039% $SO_2$ ) formando parte de las proteínas y fósforo (0.048% $P_2O_3$ ) en                                                                                                              |                                  |       |
| · | · combinaciones orgánicas en las caseínas y los fosfolípidos                                                                                                                                                             |                                  |       |

Tabla 1.9 - Composición salina de la Leche

## 1.10 Vitaminas

Las vitaminas son sustancias orgánicas que se encuentran en la leche en pequeña cantidad pero que tienen una gran importancia nutritiva y algunas, contribuyen también al color de la leche y los productos lácteos (ver tabla 1.10).

Es importante tener en cuenta que las vitaminas son liposolubles y por lo tanto, se encuentran en la nata y en la mantequilla, mientras que el resto, son vitaminas hidrosolubles y están en el suero de la leche.

En general, son resistentes a los tratamientos térmicos más frecuentes. La más lábil es la vitamina C, aunque su inestabilización requiere la presencia de oxígeno y agentes oxidantes. La tiamina es relativamente termoestable y en los tratamientos de pasteurización se destruye solo un 2-10%. Los agentes oxidantes como el cobre y el hierro, incrementan el porcentaje de pérdidas de las vitaminas, pero la utilización del acero inoxidable en la industria lechera, ha contribuido mucho a la protección de los nutrientes de la leche.

La vitamina A es muy estable al calor, pero susceptible a la oxidación, especialmente cuando hay formación de peróxidos. La vitamina E (tocoferoles) de la leche es un antioxidante natural de las sustancias grasas y por lo tanto está expuesta a las reacciones de oxidación.

A la luz, la vitamina más sensible es la riboflavina (B<sub>2</sub>). Su destrucción puede ser total y rápida en la leche directamente expuesta al sol.

Los carotenos y la riboflavina influyen sobre el color de la leche y los productos lácteos. Los carotenos (provitaminas A) dan a la grasa su color amarillo. Sin embargo, no se puede juzgar la riqueza en vitamina A de una leche por el color de su grasa, ya que la proporción de vitamina A (incolores) en forma de caroteno varía con la alimentación y la raza del animal.

|    |                                  |                                          |
|----|----------------------------------|------------------------------------------|
| 1. | Liposolubles                     | 27 (invierno) – 60 (verano) mmg/100 ml   |
|    | a. Vitamina A (+carotenos)       | 0.1 (invierno) – 1.4 (verano) mmg/100 ml |
|    | b. Vitamina D                    | 120 mmg/100 ml                           |
|    | c. Vitamina E                    | 200 unidades DamGlavind                  |
|    | d. Vitamina K                    |                                          |
| 2. | Hidrosolubles                    |                                          |
|    | a. Ácido ascórbico (Vitamina C)  | 1.7 mg/100 ml                            |
|    | b. Tiamina (B <sub>1</sub> )     | 40 mmg/100 ml                            |
|    | c. Riboflavina (B <sub>2</sub> ) | 163 mmg/100 ml                           |
|    | d. Niacina y niacinamida (PP)    | 76 mmg/100 ml                            |
|    | e. Ácido pantoténico             | 350 mmg/100 ml                           |
|    | f. Piridoxina (B <sub>6</sub> )  | 35 mmg/100 ml                            |
|    | g. Ácido fólico                  | 0.7 mmg/100 ml                           |
|    | h. Biotina (H)                   | 2.6 mmg/100 ml                           |
|    | i. Inositol                      | 12 mmg/100 ml                            |
|    | j. Colina                        | 12 mmg/100 ml                            |
|    | k. Ácido para-aminobenzoico      |                                          |
|    | l. Vitamina B <sub>12</sub>      | 0.42 mmg/100 ml                          |
|    | m. Vitamina P                    |                                          |

Tabla 1.10 - Composición vitamínica de la leche

### 1.11 Enzimas.

Las enzimas o diastasas son biocatalizadores secretados por las células vivas. Químicamente son proteínas de distinto punto isoeléctrico y con diferente vulnerabilidad frente a los agentes desnaturalizantes: calor, sales, alcohol, etc. La mayor parte de las enzimas de la leche son hidrolasas, deshidrogenasas y oxigenasas (ver tabla 1.11).

| Grupos          | Sub-Grupos   | Enzimas                                          |
|-----------------|--------------|--------------------------------------------------|
| Hidrolasas      |              | Lipasas<br>Fosfatasa                             |
|                 | Esterasas    | Oleinasa<br>Butirinasas<br>Salolasa              |
|                 | Proteasas    | Peptidasa<br>Galactasa                           |
|                 | Glucosidasas | Lactasa<br>Amilasa<br>Aldolasa<br>Xantín oxidasa |
| Deshidrogenasas |              |                                                  |
| Oxigenasas      |              | Peroxidasa<br>Catalasa                           |

Tabla 1.11 - Clasificación de las enzimas de la leche

*Lipasas*, actúan hidrolizando las grasas a nivel de los enlaces ésteres. Se produce la liberación de ácidos grasos y glicéridos parciales (mono o di) o en último término, de glicerol.

*Salolasa*, es capaz de hidrolizar el fenil salicilato. La importancia de esta enzima en la leche no se conoce. Podría utilizarse como indicador del tratamiento térmico de la leche.

*Fosfatasas*, son enzimas que catalizan la hidrólisis de los ésteres glicerofosfóricos. En la leche hay dos, una alcalina y otra ácida, pero la más importante es la alcalina. Aumenta su concentración desde el principio de la lactación. Se desestabiliza con las temperaturas de pasteurización, por eso representa un buen indicador para comprobar el tratamiento de la leche.

*Proteasa*, son enzimas que hidrolizan las proteínas en péptidos más simples o en último término, en aminoácidos. Es muy termoestable, actúa preferentemente hidrolizando las caseínas  $\alpha$  y  $\beta$ .

*Lactasa*, hidroliza la lactosa en glucosa y galactosa.

*Amilasa*, capaz de hidrolizar el almidón en dextrina. Se conoce una alfa-amilasa (licuefaciente) y una beta-amilasa (sacarificante)

*Aldolasa*. Su presencia en la leche no causa ningún problema, interviene en el metabolismo de los carbohidratos hidrolizando la fructosa difosfato en cetonas y aldehídos.

*Xantín oxidasa*, es una deshidrogenasa o reductasa que se pone en evidencia por la decoloración del azul de metileno en presencia de formol. No se conoce su papel en la leche.

*Peroxidasa*, cataliza la oxidación de una serie de sustancias aromáticas.

*Catalasa*, descompone el peróxido de hidrógeno en oxígeno molecular y agua. Como su contenido está ligado a la presencia de leucocitos y células epiteliales en la leche, su

cuantificación se ha propuesto como un método para identificar las leches mamíticas y calostrales.

### 1.12 Presencia de antibióticos, pesticidas, detergentes y otros contaminantes.

Las sustancias potencialmente peligrosas pueden pasar a la leche a partir de la alimentación de las vacas, del ambiente y en el caso de algunos antibióticos y sustancias antimicrobianas, a través de la terapia intra-mamaria.

*Antibióticos:* una parte de los antibióticos utilizados para tratar las mastitis u otras enfermedades infecciosas, pasa siempre a la secreción láctea cualquiera que sea la vía de administración (canal del pezón o inyección en la circulación sanguínea). Por lo tanto, se debe desechar la leche producida durante las 72 horas siguientes al tratamiento o durante el tiempo de eliminación indicado en el envase del producto.

*Pesticidas:* existe una preocupación especial respecto a dos tipos de contaminantes, los productos agroquímicos y los bifenilos policlorados (PCB). Se debe controlar estrictamente el uso de productos agroquímicos, como herbicidas y pesticidas, para evitar la contaminación del entorno de los rebaños lecheros. El descuido o el uso irresponsable (incluyendo el vertido de residuos a los cauces) representan un riesgo y es una de las causas de contaminación de leche.

*Micotoxinas:* entre otros contaminantes, se encuentran las micotoxinas. Son metabolitos tóxicos producidos por numerosos mohos. Incluyen una amplia variedad de compuestos químicos, que van desde los aromáticos simples a los complejos poli-cíclicos y los péptidos tóxicos. Las micotoxinas pueden llegar a la leche indirectamente a través del consumo de alimentos infectados por hongos. Las que aparecen en la leche con mayor frecuencia son las aflatoxinas producidas por algunas cepas de *aspergillus flavus*. La aflatoxina M<sub>1</sub> se excreta en la leche. En general son tóxicas para el hígado y, en diversos animales y posiblemente también en el hombre, son carcinogénicas para el hígado. En EEUU se ha establecido un nivel de tolerancia en la leche de 0.05 ppb para la aflatoxina M<sub>1</sub>.

*Material Radiactivo:* después del accidente nuclear de 1952 en Windscale (extremo norte de Inglaterra), se vio que el material radiactivo contaminante del pasto pasaba a la leche. El grave accidente nuclear de Chernobyl, en la Unión Soviética, causó la contaminación de los pastos en amplias áreas de Europa, y por consiguiente la contaminación de la leche. La presencia de yodo radiactivo entre los isótopos que se encuentra en la leche, constituye un alto factor de riesgo de aparición de cáncer de tiroides en los niños.

*Detergentes:* el uso de detergentes y desinfectantes se ha hecho imprescindible en las explotaciones lecheras para evitar la proliferación de microorganismos en las superficies que entran en contacto directo con la leche, en las operaciones de ordeño, manipulación y almacenamiento de la misma, y es por ello que los compuestos usados tienen la oportunidad de llegar indirectamente a la leche. Los detergentes pueden ser empleados solos o combinados con un desinfectante. Los ingredientes que por lo general, forman parte de los detergentes, pueden clasificarse como:

Alcalinos. Hidróxido de sodio, carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, fosfato trisódico y meta-, bi- o tetrasilicato sódico;

Ácidos. Ácido clorhídrico, cítrico, fosfórico, acético, tartárico, fórmico, glucónico y sulfámico;

Agentes tensoactivos. Alquilarilsulfonatos, compuestos de óxido de polietileno, compuestos cuaternarios de amonio y ácidos alquilamino carboxilos;

Agentes secuestradores. Bifosfato tetrasódico, trifosfato pentasódico, tetrafosfato hexasódico, polifosfato sódico, tartrato sódico, ácido glucónico y sus sales, ácido cítrico y sus sales, ácido acético, etielendiaminotetracético (EDTA) y ácido nitrilacético (NTA).

Los detergentes destinados al lavado manual deben contener una gran proporción de álcalis suaves, con una pequeña cantidad de agentes humectantes y ablandadores de agua. Para la limpieza en circuito cerrado son necesarios detergentes con álcalis más fuertes, que compensen de esta manera la acción del cepillo en el lavado manual. Además, deben incluir agentes ablandadores de agua, pero no agentes humectantes que provoquen mucha espuma, debido a que dificultarían la circulación y enjuague. Es recomendable el uso de ácidos solamente en forma periódica, con el objeto de prevenir o eliminar la "piedra de leche" (capa formada por calcio y magnesio principalmente). Estos ácidos deben manejarse con mucho cuidado ya que tienen acción corrosiva sobre metales como aluminio, estaño y los galvanizados.

*Desinfectantes:* los desinfectantes resultan elementos imprescindibles para el control de la contaminación microbiana de equipos de ordeño y estanques de almacenamiento.

Los desinfectantes pueden clasificarse en:

a) hipoclorito de sodio o cálcico; ortofosfato trisódico clorado y ácido tricloroisocianúrico; todos ellos liberan cloro y generalmente se emplean asociados con un detergente alcalino

b) compuestos de amonio cuaternario; son variados y su alta producción de espuma impide su uso en circuitos cerrados

c) anfóliticos; el más característico es el dodecil-diamino-etilglicina,

d) yodóforos; complejos de yodo que se unen generalmente con ácido fosfórico y agentes tensoactivos,

e) agentes humectantes; que constan de ácido fosfórico o agentes humectantes aniónicos, y

d) peróxido de hidrógeno que generalmente suele combinarse con el ácido peracético.

### **1.13 Valor Nutritivo de la leche y derivados.**

La leche es el primer alimento del hombre, su única fuente de nutrientes en el momento del nacimiento. Es el mejor alimento natural porque contiene cantidades relativamente importante de unos 55 nutrientes esenciales para el hombre. Sin embargo, no es un alimento completo; todas las leches son deficitarias en vitamina D y en hierro. Las grandes diferencias que se pueden observar, indican que las necesidades nutritivas y el desarrollo de los recién nacidos, son distintos para cada especie.

| Especie | Días necesarios<br>para duplicar el<br>peso de<br>nacimiento | Composición de la leche (g/100 ml) |           |         |         |
|---------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------|---------|---------|
|         |                                                              | Grasas                             | Proteínas | Lactosa | Cenizas |
| Hombre  | 140                                                          | 3.8                                | 1.0       | 7.0     | 0.2     |
| Camello | 65                                                           | 2.0                                | 3.0       | 3.0     | < 5     |
| Caballo | 60                                                           | 1.9                                | 2.5       | 6.2     | 0.5     |
| Bovino  | 47                                                           | 3.7                                | 3.4       | 4.8     | 0.7     |
| Caprino | 19                                                           | 4.5                                | 2.9       | 4.1     | 0.8     |
| Ovino   | 10                                                           | 7.4                                | 5.3       | 4.8     | 1.0     |
| Rata    | 6                                                            | 10.3                               | 8.4       | 2.6     | 1.3     |
| Conejo  | 6                                                            | 18.3                               | 13.9      | 2.1     | 1.8     |

Tabla 1.13 - Composición de la leche y velocidad de crecimiento de las crías.  
Fontaine, 1982

Las *proteínas* de la leche tienen una doble importancia nutritiva. Suponen más del 22% de las sustancias proteicas recomendadas, y por otra, como su composición es muy equilibrada, son una excelente fuente de aminoácidos esenciales: isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano, fenilalanina y valina. Cuando a través de la circulación sanguínea llegan cantidades y proporciones adecuadas de todos los aminoácidos (unos 20 aminoácidos componen todas las proteínas del organismo) a los lugares de síntesis de proteína, que se localizan a nivel de los ribosomas en el retículo endoplásmico del citoplasma de las células de los diferentes tejidos, se produce la síntesis de la proteína necesaria para el funcionamiento de este tejido o del organismo en general.

La *lactosa*, que es el principal glúcido de la leche, se hidroliza en el sistema digestivo en glucosa y galactosa. La glucosa se utiliza esencialmente como fuente de energía; bien directamente (glucólisis aerobia, ciclo de Krebs); o almacenada en forma de glicógeno en el hígado y los músculos, e incluso en forma de lípidos por la síntesis de triglicéridos a partir de intermediarios producidos en el metabolismo de la glucosa.

Los *triglicéridos* de la leche, que en el sistema digestivo son hidrolizados en glicerol y ácidos grasos, pueden servir directamente como fuente energética, o ser almacenados en los tejidos grasos. Al igual que los aminoácidos, hay algunos ácidos grasos poliinsaturados que son esenciales, como el linoleico, linolénico y araquidónico.

*Los minerales.* La contribución nutritiva más importante de la leche y los productos lácteos se debe a su elevado contenido en elementos minerales, principalmente en calcio, fósforo y magnesio. El cuerpo humano contiene unos 1200 g de calcio, de los que el 99% se encuentra en los huesos como fosfato de calcio cristalizado y no cristalizado. Cada día, 700 mg se intercambian y reabsorben por los huesos. Además, el Calcio, participa en el control de la excitabilidad nerviosa y de la contracción muscular; en la coagulación de la sangre y en la regulación de sistemas enzimáticos.

El fósforo, aproximadamente el 80% de los 600 a 900 g de fósforo que contiene el cuerpo humano, está combinado con el calcio en los huesos. Además de su papel de soporte, el fósforo interviene en distintas reacciones metabólicas, principalmente como acumulador de energía (ATP, piridoxal fosfato, cofactor enzimático).

Magnesio. Después del fósforo, el magnesio es el catión cuantitativamente más importante en las células del organismo. Desempeña un importante papel en la transmisión

eléctrica en las células nerviosas y en las membranas musculares. El magnesio también como activador enzimático.

La leche contiene además una veintena de oligoelementos, incluyendo hierro, azufre, cobre, zinc, manganeso, fluor, cobalto, yodo, molibdeno.

En el término *vitamina* se incluyen una serie de nutrientes orgánicos que forman parte de la composición del organismo. Como los aminoácidos y los ácidos grasos esenciales, las vitaminas proceden directamente de la alimentación; el organismo no puede producirlas en las cantidades necesarias.

Queso, yogur, co-precipitados, leche ultra-filtrada, etc.

Durante la fabricación del queso se pierde una importante cantidad de los nutrientes solubles de la leche, inclusive las proteínas (caseína) retenidas en la cuajada tienen un valor biológico menor que las del lactosuero. Los productos fermentados como el yogur, tienen una composición en nutrientes similar a la de la leche; sin embargo, la fermentación origina un aumento del 7 al 12% de aminoácidos libres y consecuentemente, la digestibilidad proteica es algo mejor.

Los tratamientos de ultrafiltración de la leche producen importantes pérdidas de muchas sustancias nutritivas solubles. La ósmosis inversa, implica evidentemente una gran retención de los nutrientes de la leche. Por el contrario, la ultrafiltración del suero de quesería permite conservar en él, proteínas que tienen un alto valor nutritivo.

El valor nutritivo de la mantequilla, leche en polvo, leche concentrada esterilizada, queso y caseinatos, es sensiblemente inferior al de la leche, pero hay que tener en cuenta que estos productos permiten la conservación de la leche durante más tiempo.

### 1.14 Razas Bovinas Utilizadas.

El conocimiento de los diferentes grupos raciales de la especie bovina es fundamental. Muchos errores se han cometido en el pasado y siguen repitiéndose en la actualidad por un saber muy limitado de las razas, especialmente de los aspectos funcionales y capacidad de adaptación.

Los animales de cualquier raza son unidades de producción que funcionan mejor o peor, según se adapten o no a una circunstancia ambiental. El hombre no puede por simple capricho o arrogancia técnica, hacer que un animal de clima frío se adapte al clima cálido. Tiene que entender al animal, no sólo por sus características físicas, sino también por sus características funcionales y de adaptación.

El concepto de raza se define como aquel grupo de animales con características comunes que se transmiten sin variación de una generación a otra. Las razas de ganado bovino se clasifican en dos grupos: 1. Grupo europeo o *bos taurus*, y 2. Grupo indopaquistano o *bos indicus*.

Las razas del grupo europeo son numerosas y se distinguen claramente las de orientación cárnica y las de orientación lechera. También son las más productivas del mundo, debido a la mayor aplicación de ciencia y técnica en su crianza, aunado al clima favorable en que se desarrollan y, desde luego, a una mejor alimentación y manejo.

Las razas o biotipos con aptitud lechera son: Holando o Holstein; Sueca Rojo y Blanca; Pardo Suiza; Ayrshire; Jersey; Guernesey; como así también las razas Shorton Lechero, Normando y Devon lechero para sistemas de producción de doble propósito (carne y leche)

En nuestro país las razas que más se destacan son: Holando argentino, Jersey con sus respectivas cruces (animal cruce: animal precedente del apareamiento entre dos razas, que no es puro, pero que presenta las características principales de una de las razas.) y Pardo

Suizo. Las tres razas (ver Fig. 1.14), tienen características diferentes tanto en el fenotipo como a nivel productivo y composición de la leche.



Figura 1.14 - Razas más utilizadas para la producción lechera. a.-) Holando o Holstein Frisia; b.-) Jersey; d.-) Pardo Suiza

#### 1.14.1 Holando o Holstein

Raza originaria del norte de Holanda. Su leche fue destinada a la producción de quesos (alta demanda en litros de leche).

La leche de las vacas Holstein es elogiada por su superioridad en componentes y el equilibrio de los mismos. Son las mejores productoras de leche, pero no soportan bien los climas tropicales. Por esta razón, se les cruza con la raza Cebú para que se adapten a los climas cálidos.

Se caracteriza por tener un gran tamaño, con un peso que ronda en los 675 kg de PV (peso vivo). Poseen manchas bien delimitadas negras en un manto blanco. Es una raza poco precoz y sus terneros son de gran tamaño 35-40 kg al nacimiento, aproximadamente. Se destacan por producir altos volúmenes de leche (20-25 litros por ordeño, 8100 kg en 305 días de lactancia) con un mínimo porcentaje de grasa y sólidos no grasos.

#### 1.14.2 Jersey

Su origen es Francia e Inglaterra, su leche es rica en caseína; se destina la producción de queso, crema y manteca por su alto contenido en grasa y sólidos no grasos.

Es la raza productora de leche de menor tamaño, su peso ronda en los 450- 500 kg de PV. Se caracteriza por su color tostado. Es una raza precoz. Sus terneros pesan entre 25 y 30 kg al nacer.

Su producción se destaca por el alto contenido en grasa butirosa y proteínas y su menor volumen en comparación con la raza Holando argentino. El promedio de la raza es de 5 300 kg de leche por ciclo de lactancia.

#### 1.14.3 Pardo Suizo

Su origen queda confinado a lo que es la parte media oriental del país Helvético. La raza pardo suizo es famosa en todo el mundo y es la segunda raza por su rendimiento lechero, aunque no ha podido desplazar a la raza holandesa en ningún país. En Suiza compite con la Simental en el suministro de leche y carne para el pequeño mercado suizo.

La leche se caracteriza por un mayor contenido de grasas y proteínas, lo que la hace especialmente adecuada para la producción de queso.

La raza pardo suizo moderna se caracteriza entre otras cosas por su talla mediana; su capa es de un solo color "café-gris" el cual varía en tono

Los pesos de los animales adultos son fuertes y de buen peso, las vacas pueden pesar de 600 a 700 kg, y de 950 a 1 000 kg los toros, pero hay ejemplares de ambos sexos con más

peso. Por lo que respecta a su rendimiento lechero, la raza suiza es la segunda del mundo. El promedio a los 6 años de edad para la raza es de 6 800 kg de leche, con 4% de grasa

## Referencias:

Amiot Jean. **“Ciencia y Tecnología de la Leche”**. Editorial Acribia, S.A. Editores: la fundación de tecnología Lechera de Quebec, Canada. I.S.B.N.: 84-200-0713-7. Zaragoza, España (1991)

Madrid Vicente, Antonio Vicente **“Curso de Industrias Lácteas”**. ISBN:84-87440-82-7. Munci-Prensa Libreos S.A. Madrid, España (1996)

Varnam, Alan H. Sutherland Jane P. **“Leche y Productos Lácteos – Tecnología, Química y Microbiología”**. Editorial Acribia S. A. I.S.B.N.: 84-200-0794-3. España (1994)

Alais, Charles **“Ciencia de la Leche”**. Editorial Reverte. ISBN:8429118152 84-291-1815-2. Madrid, España (1985)

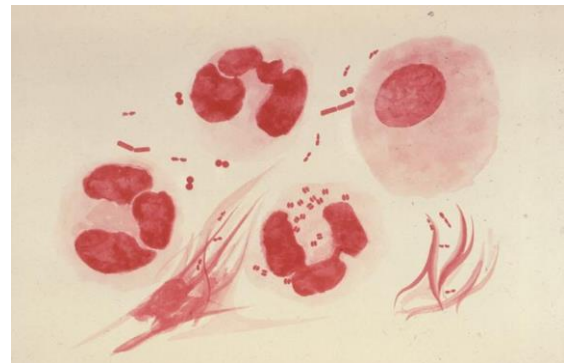
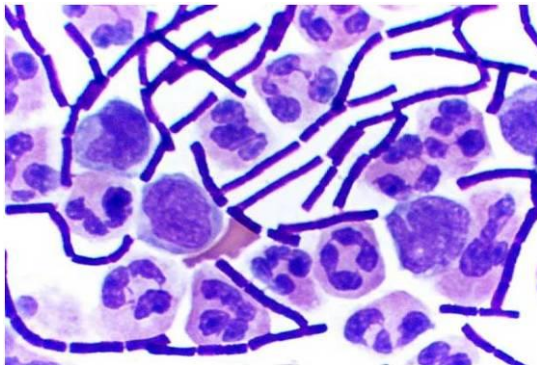
**Unidad 2: MICROBIOLOGÍA DE LA LECHE Y DE LOS PRODUCTOS LÁCTEOS**  
 Universidad Nacional de San Luis Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias  
 Departamento: Ingeniería de Procesos  
 Área: Tecnología en Alimentos  
 Asignatura: Tecnología de los Lácteos  
 Carrera: Ingeniería en Alimentos – Ingeniería Química

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Introducción: .....                                                  | 2  |
| 2.2 Clasificación de los microorganismos asociados.....                  | 2  |
| 2.3 Pruebas Bioquímicas.....                                             | 3  |
| 2.3.1 Tinción gram .....                                                 | 3  |
| 2.3.2 Determinación de Catalasa (peroxidasa) .....                       | 4  |
| 2.3.3 Determinación de la Oxidasa .....                                  | 5  |
| 2.3.4 Fermentación de los azúcares .....                                 | 5  |
| 2.3.5 Esporulación .....                                                 | 6  |
| 2.4 Bacterias más comunes .....                                          | 7  |
| 2.5 Procedencia y características de los microorganismos asociados ..... | 9  |
| 2.6 El medio.....                                                        | 10 |
| 2.7 Levaduras. Mohos .....                                               | 11 |
| 2.8 Virus .....                                                          | 11 |
| 2.9 Valoración del desarrollo microbiano.....                            | 11 |
| 2.10 Sustancias antimicrobianas .....                                    | 12 |
| 2.11 Efecto de la temperatura y de la actividad del agua .....           | 12 |
| 2.12 Asociaciones bacterianas .....                                      | 14 |
| 2.13 Transformaciones de la leche por acción bacteriana. ....            | 15 |
| 2.13.1 Acidificación .....                                               | 15 |
| 2.13.2 Proteólisis .....                                                 | 15 |
| 2.13.3 Producción de gas .....                                           | 15 |
| 2.13.4 Viscosidad.....                                                   | 15 |
| 2.13.5 Lipólisis .....                                                   | 16 |
| 2.13.6 Olores y sabores .....                                            | 16 |
| 2.14 Bacteriófagos.....                                                  | 16 |
| Referencias Bibliográficas .....                                         | 17 |

## Unidad 2: MICROBIOLOGÍA DE LA LECHE Y DE LOS PRODUCTOS LÁCTEOS

Versión 02SET19



### 2.1 Introducción:

La microbiología está estrechamente relacionada con todos los sectores de la industria lechera. Los principios microbiológicos son la base de las técnicas de producción higiénica de la leche, dirige muchos de los tratamientos para su transformación industrial y son el fundamento de los métodos de conservación de los productos lácteos.

En lactología, se aplican los conocimientos microbiológicos con tres finalidades:

- 1) prevenir e impedir la transmisión de bacterias patógenas vehiculadas por la leche y los productos lácteos para proteger la salud de los consumidores
- 2) prevenir y reducir el desarrollo de las bacterias indeseables en la leche y los productos lácteos para impedir su alteración; y
- 3) favorecer y dirigir el desarrollo de las bacterias útiles en algunos productos lácteos como los fermentados.

### 2.2 Clasificación de los microorganismos asociados

Con el fin de clasificar los distintos tipos de bacterias que existen, fueron previamente divididas en familias, géneros y especies de la misma forma que los animales y plantas superiores. En zoología y botánica la clasificación se hace según las características externas del individuo (apariencia). El mismo principio fue originalmente aplicado a la clasificación de bacterias, pero pronto se comprobó que no era suficiente agrupar las bacterias simplemente por su tamaño, forma, apariencia y movilidad. Aparte de estas características externas fue necesario considerar su metabolismo (su relación con los distintos hidratos de carbono, proteínas, grasas, etc.) y las características de las cepas. Con la información obtenida sobre estas materias fue posible agrupar a los organismos similares en un sistema bacteriano de taxonomía.

Los nombres en latín de las bacterias según este sistema son actualmente utilizados a nivel internacional. Cada bacteria tiene dos nombres. El primero representa el género y el segundo la especie, que a menudo hace referencia a cierta propiedad o a su origen. La identificación de las bacterias a nivel de género se hace mediante una combinación de tests morfológicos y sobre todo bioquímicos. A los fines de información, el sistema bacteriano abarca 10 órdenes, 47 familias, 190 géneros y unas 1800 especies

Como solamente una pequeña parte de las innumerables especies microbianas existentes es capaz de desarrollarse en la leche, se puede establecer una clave de identificación que permita reconocer los microorganismos que con más frecuencia se encuentran en ella. El

sistema de identificación utilizado se basa principalmente en las pruebas de tinción gram<sup>1</sup>; catalasa; oxidasa; fermentación de los azúcares y esporulación.

## 2.3 Pruebas Bioquímicas

### 2.3.1 Tinción gram

Las bacterias gram-positivas y gram-negativas tiñen de forma distinta debido a las diferencias constitutivas en la estructura de sus paredes celulares. La pared de la célula bacteriana sirve para dar su tamaño y forma al organismo así como para prevenir la lisis osmótica. El material de la pared celular bacteriana que confiere rigidez es el peptidoglicano. La pared de la célula gram-positiva es gruesa y consiste en varias capas interconectadas de peptidoglicano así como algo de ácido teicoico. Generalmente, 80%-90% de la pared de la célula gram-positiva es peptidoglicano. La pared de la célula gram-negativa, por otro lado, contiene una capa mucho más delgada, únicamente de peptidoglicano y está rodeada por una membrana exterior compuesta de fosfolípidos, lipopolisacáridos, y lipoproteínas. Sólo 10% - 20% de la pared de la célula gram-negativa es peptidoglicano. Ver figura 2.3.1.

Debido a su importancia en taxonomía bacteriana y a que indica diferencias fundamentales de la pared celular de las distintas bacterias, se describe a continuación con algún detalle la tinción de Gram.

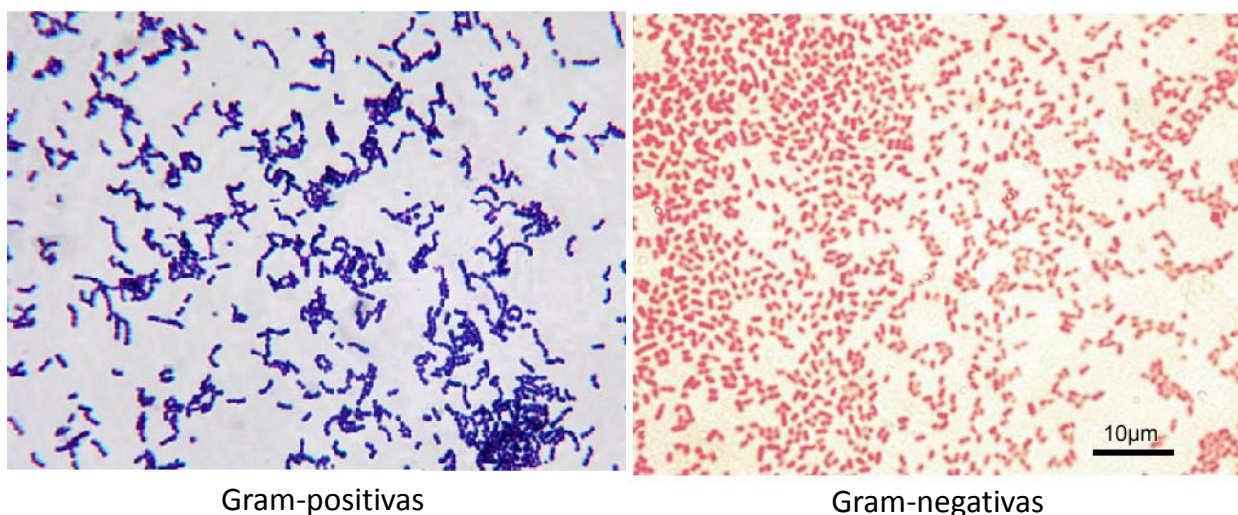


Fig. 2.3.1 - Placas resultado de tinción gram

Las células fijadas al calor sobre un portaobjetos se tiñen, primero con una solución de cristal violeta y son lavadas después para quitar el exceso de colorante. En este estado, todas las células, tanto las gram-positivas como las gram-negativas, están teñidas de azul.

El portaobjetos se cubre entonces con una solución de yodo-yoduro potásico. El ingrediente activo es aquí el I<sub>2</sub>; el KI simplemente hace soluble el I<sub>2</sub> en agua. El I<sub>2</sub> entra en las células y forma un complejo insoluble en agua con el cristal violeta. De nuevo tanto las células grampositivas como las gramnegativas se encuentran en la misma situación.

Se lleva a cabo después la decoloración, usando una mezcla de alcohol-acetona, sustancias en las que es soluble el complejo I<sub>2</sub>-cristal violeta. Algunos organismos (gram-positivos) no se decoloran, mientras que otros (gram-negativos) lo hacen. La diferencia esencial entre esos dos tipos de células está por tanto en su resistencia a la decoloración; esta resistencia se debe probablemente al hecho de que en el caso de bacterias gram-negativas, la mezcla de alcohol/acetona es un solvente lipídico y disuelve la membrana

<sup>1</sup> Reacción a la safranina – Rojo básico

exterior de la pared de la célula (y también puede dañar la membrana citoplásmica a la que se une peptidoglicano). La delgada capa de peptidoglicano es incapaz de retener el complejo cristal violeta-yodo y la célula se decolora. Las células gram-positivas, a causa de sus paredes celulares más espesas (tienen más peptidoglicano y menos lípido), no son permeables al disolvente ya que éste deshidrata la pared celular y cierra los poros, disminuyendo así el espacio entre las moléculas y provocando que el de complejo cristal violeta-yodo quede atrapado dentro de la pared celular. Después de la decoloración las células gram-positivas son todavía azules, pero las gram-negativas son incolores.

Para poner de manifiesto las células gram-negativas se utiliza una coloración de contraste. Habitualmente es un colorante de color rojo, como la safranina o la fucsina básica. Después de la coloración de contraste las células gram-negativas son rojas, mientras que las grampositivas permanecen azules.

Debe destacarse que el carácter de gram-positivo no es siempre un fenómeno del todo o nada. Algunos organismos son más gram-positivos que otros y algunos son gram-variables, es decir, unas veces gram-positivos y otras gram-negativos.

### 2.3.2 Determinación de Catalasa (peroxidasa)

La determinación de presencia de catalasa sirve para conocer el estado de conservación de la leche, pues con el número de gérmenes aumentan también las catalasas que ellos producen. La acumulación del peróxido es muy tóxica por lo que la mayoría de las bacterias aerobias y anaerobias facultativas producen una enzima llamada catalasa que degrada el peróxido de hidrógeno obteniendo agua y oxígeno gas.

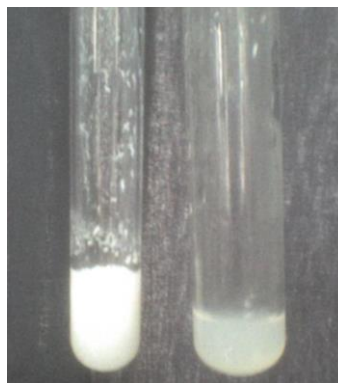


Fig. 2.3.2 - Resultado positivo de catalasa

Una prueba de rutina de la catalasa a temperatura ambiente puede hacerse siguiendo dos técnicas:

Método del portaobjetos (recomendado)

- 1) Con el asa de siembra recoge el centro de una colonia pura de 18-24 horas y colocar sobre un portaobjetos limpio de vidrio.
- 2) Agrega con gotero o pipeta Pasteur una gota de  $H_2O_2$  al 30% sobre el microorganismo sin mezclarlo con el cultivo.
- 3) Observa la formación inmediata de burbujas (resultado positivo).
- 4) Desecha el portaobjetos en un recipiente con desinfectante.
- 5) Si se invierte el orden del método (extiende la colonia sobre el agua oxigenada) pueden producirse falsos positivos.

Método del tubo de ensayo

- 1) Agrega 1ml de  $H_2O_2$  al 3% directamente a un cultivo puro de agar en slant (inclinado) densamente inoculado.

2) Observa la formación inmediata de burbujas de  $O_2$ (resultado positivo). Ver figura 2.3.2

### 2.3.3 Determinación de la Oxidasa

La prueba separa en las posibles cepas oxidasa positiva u oxidasa negativa. En la leche su presencia en abundancia es la causa de producir reacciones óxido reducción generando mal sabores. Básicamente es la detección de la enzima oxidasa, muy útil en la identificación de bacterias Gram (-).

Oxidasa positiva significa que la bacteria posee citocromo c oxidasa, por lo que puede usar oxígeno en la producción de energía con una cadena de transporte de electrones. Muchos gram-negativos son oxidasa positiva.

Las enterobacterias son las típicas oxidasas negativa. El que no la poseen significa que no pueden usar el oxígeno en la cadena de transferencia de electrones o aplican un citocromo diferente para transferir electrones al oxígeno.



Fig. 2.3.3 - Resultado Oxidasa Positivo

Un resultado positivo a la oxidasa consiste en una serie de reacciones en las cuales un componente auto-oxidable del sistema de citocromo es al final catalizado. Utilizando una solución acuosa al 1% de diclorhidrato de tetrametil-*p*-fenilendiamina (reactivo de Kovacs), se adiciona una pequeña cantidad a un cultivo bacteriano colocado sobre un papel filtro y se obtienen las siguientes reacciones: una reacción positiva (presencia de oxidasa) se indica por la aparición de un color púrpura oscuro en el papel, en menos de 10 segundos; al contrario una reacción negativa, que consiste en una ausencia de color púrpura (Ver Figura 2.3.3)

### 2.3.4 Fermentación de los azúcares

Se determina si la bacteria es capaz de fermentar un carbohidrato particular (producción de ácidos acompañados o no de gases). Se aplica a bacterias con metabolismo fermentador, ensayándose por separado diferentes carbohidratos.

La producción de ácidos se pone de manifiesto con un indicador ácido-base (púrpura de bromocresol) y la de gases con una campana de Durham (tubo cerrado por uno de sus extremos que se coloca invertido en medio de cultivo).

El método consiste en suspender el inóculo en el medio de cultivo Medio base (agua de peptona; NaCl; púrpura de bromocresol solución alcohólica; agua destilada; lactosa; pH: 7,2); agitar; e incubar a 37 °C durante 24 horas. Para inocular un medio líquido con cultivos sobre medio sólido se toma una pequeña cantidad de bacterias y se suspenden en el líquido. Un viraje del indicador indica producción de ácidos, fermentación de azúcares positivo, mientras que la presencia de burbujas en la campana Durham confirma la producción de gases.



Fig. 2.3.4 - Resultado negativo y positivo fermentador de azúcar

### 2.3.5 Esporulación

Algunas especies de bacterias Gram positivas disponen de una notable estrategia adaptativa cuando se ven sometidas a circunstancias medioambientales adversas, como falta de disponibilidad de nutrientes, privación de nutrientes en su medio ambiente o temperaturas extremas. Entonces, la célula se implica en una serie de complejos cambios genéticos, metabólicos, estructurales, etc. (proceso de esporulación o esporogénesis), que conducen a la diferenciación, en el interior de la célula vegetativa original, de una célula durmiente (la endospora).

La célula-madre (o sea, la célula vegetativa original que generó la endospora) finalmente se autolisa, liberando la espora, que es capaz de permanecer en estado criptobiótico, durmiente, varios decenios, incluso siglos.

Las esporas son fácilmente diseminadas por el aire; cuando caen en medios ricos en nutrientes, se desencadena su germinación, se reinicia la actividad metabólica, de modo que cada espora genera una nueva célula vegetativa, capaz de división binaria, etc. (ver figura 2.3.5).

La técnica para determinar la capacidad de esporular, consiste en realizar un recuento del número de colonias de bacterias u hongos esporulados, luego de habérseles practicado un golpe térmico.

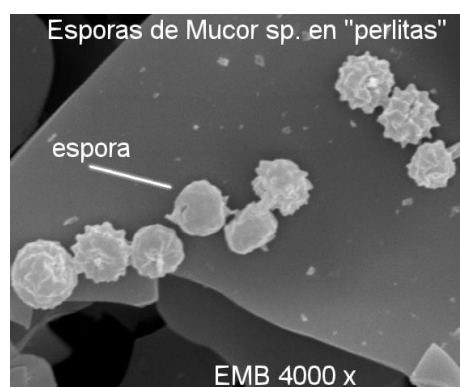


Fig. 2.3.5 – Microscopía Electrónica de Barrido - Esporas de Mucor Spp

La metodología consiste básicamente en la preparación de la muestra; realizar diluciones seriadas hasta  $10^{-2}$  bajo cabina de flujo laminar. Pipetear 1 ml de cada una de las diluciones en tubos estériles; colocar los tubos en baño de María a  $80^{\circ}\text{C}$  durante 10 minutos. Enfriar rápidamente en agua corriente; verter en él un caldo de cultivo selectivo, por ejemplo 9 ml del Agar SPS en los tubos mediante siembra en profundidad (el SPS Agar – Sulfito Polimixina Sulfaiazina - es un medio selectivo utilizado en el aislamiento selectivo de

Clostridium, especialmente diseñado para la detección y conteo de Clostridium perfringens y Clostridium botulinum en muestras de alimentos);. Agitar y dejar solidificar; adicionar una segunda capa de medio; dejar solidificar; para este caso, colocar las cajas en cámara de anaerobiosis e incubar a 35°C +/-1 durante 72 horas.

## 2.4 Bacterias más comunes

El siguiente cuadro es una clasificación simple, donde solo se incluyen los principales grupos microbianos de la leche

Clasificación de algunas bacterias asociadas a la leche

|                     |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                      |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1- GRAM (+)         |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                      |
| 1.1 Cocos           |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                      |
| 1.1.1               | Catalasa (+)                                                                                                                                                                                        | En aglomerados o racimos                                                                                                             |
|                     | 1.1.1.1                                                                                                                                                                                             | Fermentan la lactosa con producción de ácido en condiciones anaeróbicas<br><i>Staphylococcus</i> (-) <i>S. aureus</i> es coagulasa + |
|                     | 1.1.1.2                                                                                                                                                                                             | No fermentan la glucosa. <i>Micrococcus</i>                                                                                          |
| 1.1.2               | Catalasa (-)                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                      |
|                     | 1.1.2.1                                                                                                                                                                                             | Homofermentativos. <i>Streptococcus</i> ,<br><i>Pediococcus</i>                                                                      |
|                     | 1.1.2.2                                                                                                                                                                                             | Heterofermentativos. <i>Leuconostoc</i>                                                                                              |
| 1.2 Bacilos         |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                      |
| 1.2.1               | Esporulados                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                      |
|                     | 1.2.1.1                                                                                                                                                                                             | Aerobios. <i>Bacillus</i>                                                                                                            |
|                     | 1.2.1.2                                                                                                                                                                                             | Anaerobios. <i>Clostridium</i>                                                                                                       |
| 1.2.2               | No esporulados. <i>Lactobacillus</i>                                                                                                                                                                |                                                                                                                                      |
| 2- GRAM (-) Bacilos |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                      |
| 2.1. Oxidasa (+)    | Saprófitos, frecuentemente psicrótrofos; <i>Pseudomonas</i> ,<br><i>Alcaligenes</i> , <i>Flavobacterium</i>                                                                                         |                                                                                                                                      |
| 2.2. Oxidasa (-)    |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                      |
| 2.2.1               | Fermenta la glucosa con producción de ácido.<br>Enterobacterias: <i>Escherichia</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Citrobacter</i> ,<br><i>Klebsiella</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> y otros |                                                                                                                                      |
| 2.2.2               | No fermentan la glucosa. <i>Xanthomonas</i>                                                                                                                                                         |                                                                                                                                      |

Los gérmenes de la leche son de cuatro tipos: bacterias no patógenas, bacterias fermentadoras de ácido láctico, bacterias de putrefacción y bacterias patógenas, siendo estas últimas las peligrosas para la salud del consumidor por provocar enfermedades infecciosas. alguna de las principales enfermedades que pueden contaminar a la leche cruda se detalla a continuación:

.- Shigelosis (Disenteria bacilar). Infección alimentaria típica provocada por las shigelas, gérmenes que pueden ser transmitidos por la leche. Los brotes por lo general aparecen en instituciones o colectividades pequeñas. Las shigelas que contaminan la leche proceden de las manos de los operadores o bien de las heces, siendo transportadas por el agua y las moscas.

.- Brucelosis. Constituye un ejemplo clásico de zoonosis transmitida por la leche. El hombre puede contraer esta enfermedad a través del consumo de leche cruda. Además de esta vía puede contraerla directamente por el contacto con tejido y secreciones de animales infectados o por la inhalación de productos secos infectados. Cualquiera de los tres tipos de brucelas (*melitensis*, *abortus* y *suis*) puede provocar la infección en el hombre, resultándole a la *melitensis* la más virulenta para el ser humano.

.- Cólera. La leche puede actuar como vehículo del vibrión colérico. Este germen puede llegar a ella por las manos sucias de un enfermo o de un portador convaleciente, aunque es más frecuente que llegue a través de aguas contaminadas. El vibrión se mantiene viable en la leche durante 1 a 3 días en condiciones normales,

.- Difteria. Los brotes de difteria son comunes en colectividades que consumen leche sin pasteurizar. La contaminación de la leche puede proceder de la ubre o de los portadores humanos, pero casi siempre parte de estos últimos (estornudos, tos o dedos sucios de secreciones nasales).

.- Fiebre Tifoidea y Paratifoidea. Después del agua, la leche constituye probablemente el principal vehículo de esas infecciones, sobre todo en las zonas donde no se somete este producto a un tratamiento térmico eficaz. El origen de la infección suele ser un portador humano o un enfermo ambulatorio, que trabaja posiblemente en una lechería o planta elaboradora de productos lácteos. Los bacilos tífico y paratífico A (*S. typhosa* y *paratyphi*) no son patógenos naturales del ganado lechero; en cambio, la *S. schottmuelleri* ha sido aislada en vacas portadoras de infección natural.

.- Salmonelosis. La leche es un buen medio de cultivo para las salmonelas procedentes del ganado o de portadores humanos y constituye un excelente vehículo de transmisión en que los organismos, en presencia de ciertas combinaciones de tiempo y temperatura, alcanzan con rapidez el número indicado para provocar una infección. Produce diarrea y dolor abdominal, fiebre entérica con un periodo de incubación de 7 a 28 días, causante de dolor de cabeza, fiebre, dolor abdominal y diarrea, erupción máculo-papulosa en pecho y espalda.

.- Estreptococias. Los estreptococos del grupo A pueden provocar en el hombre diversas enfermedades agudas: anginas, otitis media, escarlatina, erisipela, etc. La leche puede contaminarse con gérmenes procedentes de personas que se encuentran en el periodo de incubación de una infección estreptocócica, así como de convalecientes y de portadores asintomáticos. En algunos casos, las personas que diseminan el microorganismo infectan al ganado lechero provocando en él mastitis subclínicas o clínicas que determinan el paso a la leche de gran número de estreptococos.

.- Tuberculosis. El consumo de leche cruda representa el vehículo principal por el que los bacilos tuberculosos pasan del animal al hombre. Las vacas lecheras infectadas son con mucho el reservorio más importante de bacilos tuberculosos. La incidencia de tuberculosis bovina en el hombre depende sobre todo de su presencia en el ganado vacuno y de la cantidad de leche cruda o insuficientemente tratada que consume la población.

.- Hepatitis infecciosa. Esta infección debe considerarse como una de las virosis más graves que puede transmitir la leche. Ni siquiera el agua clorada puede frenar la proliferación del virus.

.- Fiebre Q. Enfermedad producida por una rickettsia, la *Coxiella burnetii*. En lo que a la infección humana se refiere, los principales reservorios se encuentran principalmente en tres especies de animales lecheros: la vaca, la oveja y la cabra. La infección humana se produce por la ingestión de leche cruda contaminada. La *Coxiella burnetii* pasa de la leche cruda a los productos lácteos, si antes no se efectúa una pasteurización adecuada.

.- Encefalitis transmitida por las garrapatas. En sus focos naturales, el virus encefalítico pasa de unos vertebrados a otros a través de garrapatas y de los ácaros; las infecciones del

hombre pueden producirse por la ingestión de leche no tratada y procedente de animales infectados.

.- Gastroenteritis enterotóxica estafilocócica. El peligro mayor que tiene la contaminación de la leche con estafilococos reside en que algunas cepas de estos microorganismos pueden producir una enterotoxina capaz de causar en el hombre gastroenteritis agudas. Esta enterotoxina es termoestable y los estafilococos que la producen se encuentran con mucha frecuencia en operarios aparentemente sanos y en el ganado lechero.

.- Infección por *Clostridium perfringens*. Este aparece con mucha frecuencia en las heces de las personas, animales e insectos. Sus esporas son muy resistentes y se encuentran muy difundidas en los establos y granjas.

.- Infección por gérmenes coliformes. Se han atribuido no pocos trastornos gastrointestinales a la acción de bacterias coliformes de los géneros *Escherichia*, *Pseudomonas*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Proteus*, generalmente sobre la base de información heterogénea e insuficiente. En las mastitis del ganado vacuno, se encuentran a veces *E. coli* enteropatógenos de los tipos que provocan con frecuencia gastroenteritis infantiles.

En la actualidad se han encontrado *Escherichia coli* O157:H7 y la *Escherichia coli* O104:H4, responsables de graves contaminaciones en alimentos de origen vacuno, provocando enfermedades que llevaron a la muerte de sus consumidores.

Causan intoxicaciones alimentarias debido a la producción de verotoxina. La infección conduce frecuentemente a una diarrea hemorrágica y ocasionalmente a una falla renal (Síndrome urémico hemolítico), esto especialmente en infantes y ancianos. Se transmiten al hombre principalmente por el consumo de alimentos contaminados, como productos de carne picada cruda o poco cocida y leche cruda.

## 2.5 Procedencia y características de los microorganismos asociados

Un aspecto fundamental de la calidad de la leche es su flora microbiana. Desde el punto de vista cuantitativo, se considera que las leches con bajos niveles de población son de mejor calidad. Cuando se trata de microorganismos patógenos como *Salmonella*, su presencia, incluso si se encuentran en pequeñas cantidad, es absolutamente indeseable. La calidad real de un producto lácteo, es el resultado directo de la calidad bacteriológica de la leche de la que procede; por este motivo, los organismos gubernamentales establecen normas que señalan el número de microorganismos que se considera aceptable en la leche.

Contaminación de la leche en la granja

| Origen                  | Número de bacterias/ml |
|-------------------------|------------------------|
| Salida del pezón        | 500 – 1 000            |
| Equipo de ordeño        | 1 000 – 10 000         |
| Tanque de refrigeración | 5 000 – 20 000         |

*Vaca sana.* Aunque teóricamente la leche al salir del pezón debería ser estéril, siempre contiene de 100 a 10 000 bacterias/ml. Durante el ordeño, las primeras fracciones de leche están generalmente más contaminadas que el resto. La mayor parte de los microorganismos de la ubre entran por el canal del pezón. La leche procedente de animales con deformaciones de pezón o con un esfínter que cierra mal, contiene un elevado número de microorganismos. Normalmente son micrococcos y corinebacterias termolábiles.

Desde el exterior del pezón o de la ubre puede llegar a la leche un gran número de microorganismos. La siguiente tabla muestra la calidad microbiológica de la leche obtenida entre un ordeño ordinario y otro donde se han tomado todos los recaudos.

### Contaminación microbiana de la leche por la ubre

| Origen de las Muestras | Número de microorganismos por ml |                   |                       |                     |
|------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|
|                        | Flora total                      | Flora psicrótrofa | Flora Termoresistente |                     |
|                        |                                  |                   | Total                 | Esporas de Bacillus |
| Ordeño cuidadoso       | 5 200                            | 450               | 135                   | 24                  |
| Ordeño ordinario       | 42 100                           | 12 500            | 4 900                 | 92                  |

Según Chatelin y Richard, 1981

Como se ilustra en la tabla, los pezones constituyen una fuente importante de esporas bacterianas. Actualmente es un grave problema la presencia de algunas especies psicrótrofas de *Bacillus* que originan la alteración de las leches pasteurizadas ya comercializadas. Por otra parte, las esporas de *Clostridium* causan serios defectos en la fabricación de quesos de tipo suizo. Los *Clostridium* provienen de las mismas fuentes que los *Bacillus* (suelo, paja, heno) y además del ensilado que puede estar en contacto con el pezón.

*Vaca Enferma.* Son muy diversas las infecciones que pueden afectar a la vaca, pero la más frecuente es la mastitis o mamitis, que es una importante fuente de contaminación de la leche además de disminuir considerablemente la rentabilidad del rebaño afectado.

En las Leches mamíticas se han aislado muy frecuentemente tres especies de estreptococos: *Streptococcus agalactiae*, *Str. Dysgalactiae* y *Str. Uberis*. Con la abundante administración de tratamientos contra las mamitis, parece que actualmente el *Staphylococcus aureus*, es el agente etiológico más frecuente de esta enfermedad porque es más resistente a los antibióticos que los estreptococos. Los *Staphylococcus* pueden desarrollarse en los quesos que no son muy ácidos; es muy importante para combatir estos microorganismos y eliminarlos durante la maduración. Las mamitis producidas por los estreptococos, estafilococos y coliformes, se deben a una infección localizada en la ubre como consecuencia de una contaminación exógena.

## 2.6 El medio

*Aire.* En el aire hay muchas partículas finas que pueden contribuir a la contaminación de la leche. Estas partículas de polvo transportan esporas de mohos, bacterias esporuladas, micrococos y estreptococos. Entre las bacterias esporuladas se encuentra el *Bacillus cereus*.

*Estiércol.* Es la principal fuente de enterobacterias que contaminan la leche. Este grupo incluye bacterias generalmente inofensivas como los coliformes (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Enterobacter*), pero puede también contener cepas patógenas de *E Coli* y de *Klebsiella pneumoniae*, responsables de producir gastroenteritis en sus consumidores.

*Paja y Ensilado.* La paja utilizada como cama por los animales está contaminada por microorganismos que proceden del suelo: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Streptococcus*, *Lactobacillus* y *Clostridium*. En cuanto al ensilado, es el resultado de la fermentación de productos vegetales almacenados en los silos, principalmente el maíz. Si el silo es hermético, pueden producirse fermentaciones anaeróbicas provocadas por los estreptococos y después por los lactobacilos.

*El ordeñador.* En general, el personal responsable del ordeño no constituye desde el punto de vista cuantitativo una fuente importante de contaminación de la leche. Sin embargo,

cualitativamente esta posibilidad de contaminación puede tener importancia. Se han encontrado en la leche muchas bacterias patógenas procedentes del ordeñador, como *Corynebacterium diphtheriae* (difteria), *Mycobacterium tuberculosis* (tuberculosis), *Streptococcus pyogenes* (escarlatina, infecciones de la garganta), *Salmonella* (tifus, infecciones intestinales) entre otras.

*El equipo lechero.* Generalmente, el contacto con el material utilizado en el ordeño, el paso de la leche a través de las conducciones y su permanencia en el taque de refrigeración, multiplican por un factor de 2 a 50, según la limpieza de las superficies, el número de bacterias en la leche cruda. Las bacterias procedentes del equipo que no han sido suficientemente lavado y desinfectado, son las siguientes: a) bacilos gram negativos termolábiles, como *Pseudomonas*, *Archomobacter*, *Alcalígenes*, *Flavobacterium*, *Enterobacteriaceae*; b) Bacterias lácticas termosensibles; *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris* y *lactobacilos*; c) bacterias termo-resistentes.

## 2.7 Levaduras. Mohos

Las levaduras y los mohos, no intervienen normalmente en la alteración de la leche cruda. Como su tiempo de generación es de 5 a 8 veces más largo que el de las bacterias lácticas, éstas se desarrollan mucho antes. Ocasionalmente, se encuentran en la leche algunas especies de levaduras de los géneros *Candida* y *Kluyveroyces*. Esta última especie se utiliza en la fermentación de lactosuero. De ocurrir, el origen de la contaminación de la leche por estos microorganismos, puede ser en la ubre o el ambiente.

## 2.8 Virus

Algunos virus que infectan la vaca pueden llegar a la leche y originar cuadros patológicos en el hombre. Se han provocado infecciones experimentales de la ubre con el virus de la poliomiелitis y de la influenza tipo A, lo que hace suponer que las contaminaciones de la leche por estos virus son posibles vía mamaria. Como los microorganismos patógeno no esporulados, la mayor parte de los virus se destruyen en la pasteurización. Quizá la única excepción sería el virus de la fiebre aftosa.

## 2.9 Valoración del desarrollo microbiano

Para valorar el crecimiento de microorganismos en la leche se pueden utilizar diversas técnicas. El método más simple es el recuento microscópico directo (DMC). Aunque este método no distingue entre las bacterias muertas y las vivas, tiene la ventaja de que permite la identificación de las especies presentes.

Es un hecho bien conocido que la cantidad de oxígeno consumido en la leche guarda una estrecha correlación con el número de bacterias presentes. Las pruebas del azul de metileno y de la resazurina, se basan en este principio y se aplican para la detección de leches con un elevado contenido microbiano ( $> 10^6/\text{ml}$ ). La presencia de microorganismos en la leche y por su acción reductora, se produce una modificación del color del azul de metileno, pasando de color azul intenso a azul claro, pudiendo desahacerse totalmente de acuerdo a la carga microbiana presente. Una leche con un contenido bajo en microorganismos, no modifica el tinte azul del colorante o tarda mucho tiempo en modificarlo. Se puede calcular aproximadamente los resultados de la prueba del azul de metileno según la tabla 2.8

Las técnicas oficiales para calcular el número de microorganismos en la leche y productos lácteos, consisten en su cultivo sobre agar y el recuento de las colonias después de la incubación.

El número y la actividad de las bacterias lácticas se pueden calcular también midiendo la acidez desarrollada en el producto. La acidez se determina por el método de titulación o midiendo el pH.

| Calidad de la leche | Tiempo de decoloración | Número estimado de bacterias por ml |
|---------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Buena               | 5 horas                | 100.000 a 200.000                   |
| Regular a buena     | 2 – 4 horas            | 200.000 a 2.000.000                 |
| Mala                | ≤ 2 horas              | 2 – 10 millones                     |

Tabla 2.8 – Clasificación de la calidad de la leche en función del tiempo de decoloración del azul de metileno

## 2.10 Sustancias antimicrobianas

La leche contiene sustancias más o menos específicas, que inhiben el desarrollo de las bacterias.

**Inmunoglobulinas.** Normalmente llamadas “anticuerpos” o “aglutininas”. La producción de anticuerpos puede generarse localmente a nivel del foco infeccioso. En efecto, se ha comprobado que una parte de los anticuerpos se sintetiza a nivel de la glándula mamaria y a continuación son excretados a la leche. Como consecuencia de una infección bucal de los terneros por *Salmonella pullorum* y *Escherichia coli*, han aparecido anticuerpos en la leche de la madre, a pesar de su ausencia en el calostro o en el suero sanguíneo. Las inmunoglobulinas son proteínas que facilitan la fagocitosis, neutralizan las toxinas y los virus, permiten la fijación del complemento y reducen la adhesión a las paredes de las células epiteliales. Las inmunoglobulinas se pueden inactivar en la homogeneización y calentado de la leche a 70°C durante 30 minutos.

**Leucocitos.** En la leche hay distintos tipos de glóbulos blancos, entre ellos, los linfocitos B que sintetizan anticuerpos y los linfocitos T que producen linfocinas tóxicas para las bacterias.

**Lactoperoxidasa.** Como la catalasa, la lactoperoxidasa es una enzima que degrada el peróxido. Sin embargo, al contrario de la catalasa, sus productos de degradación no son H<sub>2</sub>O y O<sub>2</sub>. Este sistema produce la oxidación de una sustancia intermedia presente en la leche, en este caso el tiocianato (SCN<sup>-</sup>). Este inhibe el desarrollo de muchas bacterias.

**Lisozima.** Esta enzima ataca la pared de diversas bacterias hidrolizando los mucopéptidos. El contenido de la leche en lisozima es de unos 0.13 mg/l. Las células con la pared celular lesionadas se debilitan, su crecimiento se modera y algunas mueren.

**Lactoferrina y transferrina (transferrina).** Son proteínas fijadoras de hierro que tienen una acción bacteriostática, principalmente sobre los microorganismos que necesitan mucho hierro para su desarrollo (*Coliformes*, *Salmonellas*, *Pseudomonas*).

## 2.11 Efecto de la temperatura y de la actividad del agua

La refrigeración de la leche frena el crecimiento de los microorganismos, pero favorece el predominio de algunos tipos de bacterias psicrótrofas.

Pueden utilizarse temperaturas sub-óptimas para controlar el crecimiento bacteriano. Los queseros aplican temperaturas de cocción para controlar la actividad de los fermentos.

En el caso de los estreptococos mesófilos, las temperaturas entre 37° y 39°C detienen su crecimiento, permitiendo que la acidificación continúe. Manteniendo las temperaturas a este nivel, se provoca el desacoplamiento entre la multiplicación celular y la acidificación. Algunos cultivos se multiplican incluso durante el calentamiento y pueden ser la causa de una maduración acelerada; frecuentemente producen defectos del sabor, especialmente amargor.

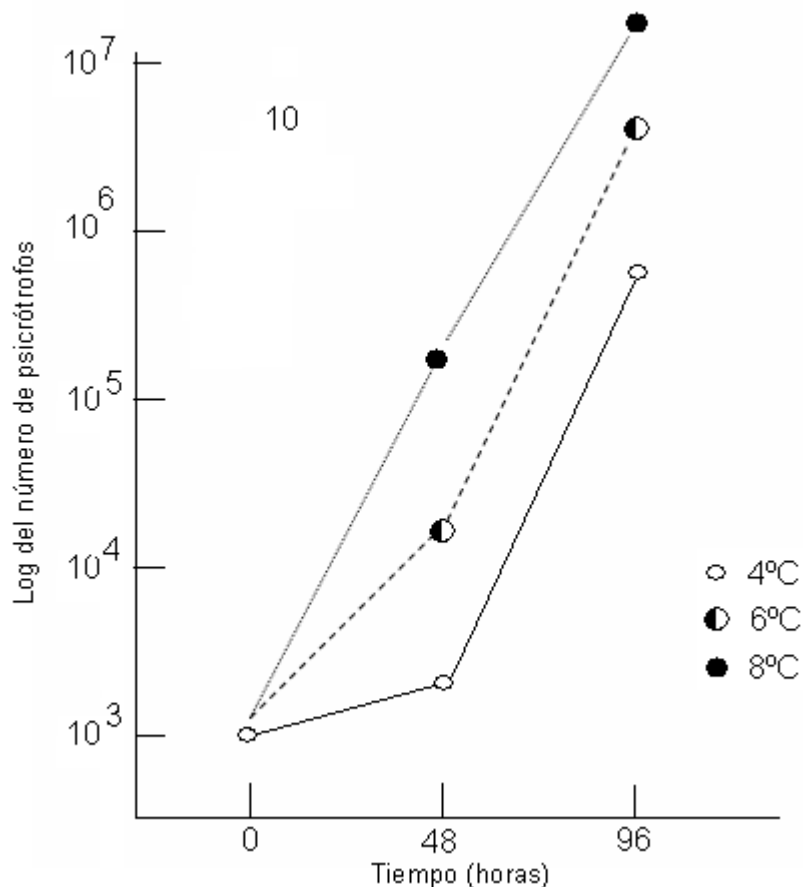


Figura. Efecto de la temperatura sobre el crecimiento de los gérmenes psicrótrofos en la leche cruda. (Muir et al., 1978)

Actividad del Agua ( $a_w$ ). Variable crítica para la conservación. Se define como la relación que existe entre la presión de vapor de un alimento dado en relación con la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura.

Es una premisa que la estabilidad de los alimentos depende del contenido de agua libre, en función de su mayor disponibilidad se desarrollan microorganismos como reacciones enzimáticas y químicas, produciendo deterioros en la calidad e inocuidad de los productos.

En la figura “cambios que ocurren en alimentos en función del contenido de agua”, se muestran los límites del comportamiento de los eventos enunciados.

La  $a_w$  entre 0 y 0,2, es agua que está fuertemente ligada en el alimento. Esta agua forma una capa monomolecular sobre solutos del alimento por lo que se le suele llamar agua monocapa o constitucional. Es agua prácticamente imposible de extraer si no se desnaturaliza el alimento, no es congelable ni siquiera a temperaturas de -40°C y no está disponible para las reacciones químicas ni como reactivo, ni como disolvente. Representa en los alimentos en torno al 0,5%. Suele ser, por ejemplo, el agua que forma puentes de hidrógeno con proteínas o con los grupos hidroxilo de los glúcidos.

La  $a_w$  entre 0,2 y 0,8, es agua débilmente ligada. Está interactuando con el agua monocapa por puentes de hidrógeno. Igualmente se considera agua débilmente ligada a la que se encuentra condensada en los poros capilares de los alimentos. Esta agua está disponible para reacciones químicas, pero no para los microorganismos. Representa al 5% del agua presente en un alimento incluyendo el agua monocapa.

La  $a_w$  superior a 0,8, es agua que no presenta ningún tipo de influencia por parte de los solutos. Es agua disponible y de gran movilidad. Esta agua se puede intercambiar con el agua multicapa (Ponce Alquicira, 2005).

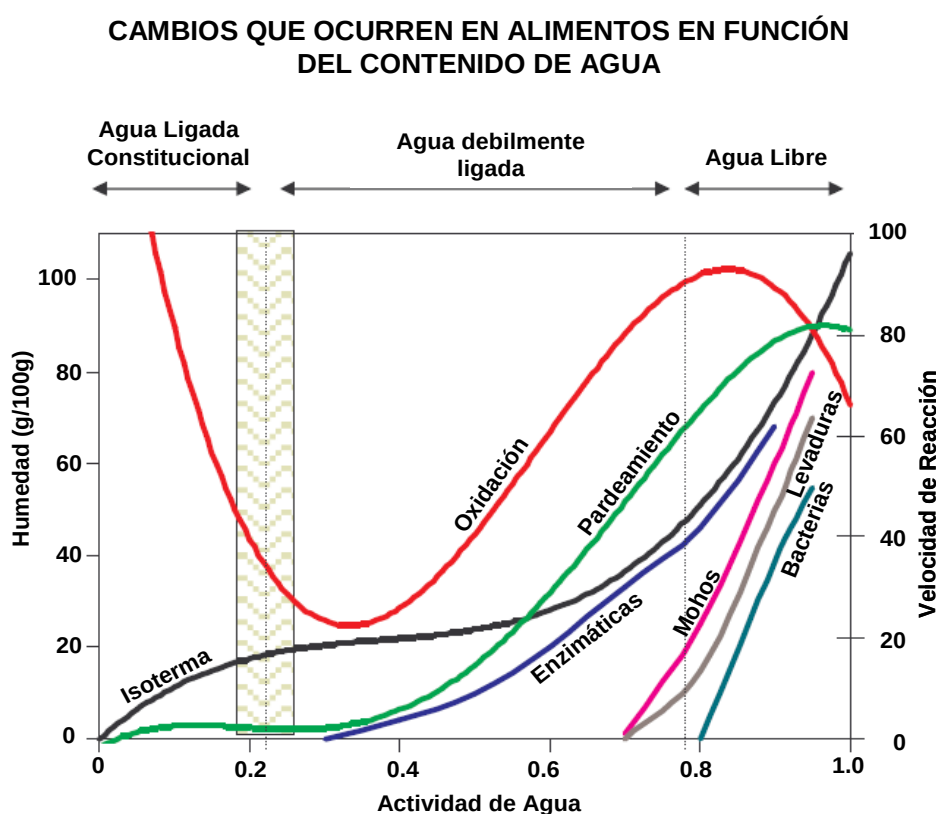


Figura 3.0

La  $a_w$  mínima para permitir el crecimiento de las bacterias lácticas es de 0.93 cuando el agua libre se controla adicionando glicerol. Sin embargo cuando se utiliza sal, la mayor parte de las cepas no se desarrollan a menos de 0.97 (4.3% de sal). El efecto de la sal se acentúa en determinadas ocasiones, por ejemplo, cuando se añade a una cuajada muy desuerada (queso de pasta dura). Los cultivos lácticos que están en condiciones de baja  $a_w$  tienden a producir una mayor cantidad de diacetilo.

## 2.12 Asociaciones bacterianas

Hay muchos ejemplos de asociaciones bacterianas en los productos lácteos. El más clásico es la simbiosis que se da en el yogur entre *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. La producción de ácido es mucho más elevada cuando estas bacterias crecen juntas que si lo hacen por separado. Se sabe que *L. bulgaricus* actúa proteolizando la caseína y liberando aminoácidos que estimulan el crecimiento de *Streptococcus thermophilus*.

Los fermentos mixtos de quesería son otro ejemplo de asociación. Están compuestos por varias cepas de *Str. Lactis*, *Str. Cremoris*, *Str. Diacetylactis* y *Leuconostoc*, incluyendo algunas cepas de las llamadas “lentas” y otras llamadas “rápidas”. Los aminoácidos y los

péptidos liberados por las cepas rápidas estimulan el crecimiento de las cepas lentas, caracterizadas por un exceso poder proteolítico. Este sistema tiene la ventaja de evitar la acumulación de péptidos que originan la aparición de sabores amargos.

## 2.13 Transformaciones de la leche por acción bacteriana.

### 2.13.1 Acidificación

A temperaturas entre 10° y 36°C, en condiciones normales, la fermentación ácida es la que tiene más posibilidades de producirse. La molécula de lactosa se convierte casi exclusivamente en ácido láctico por la vía homofermentativa<sup>2</sup>. La refrigeración de la leche cruda a 4°C impide esta fermentación. En la fabricación del queso, se favorece la acidificación por inoculación de un fermento láctico compuesto por diversas cepas de *Streptococcus lactis* y *Streptococcus cremoris*.

Las fermentaciones llamadas termófilas las realizan cepas cuya temperatura óptima de crecimiento y de acidificación es de alrededor de 40°C.

Hay también otras bacterias que pueden producir ácido. Los coliformes forman ácido láctico, acético y fórmico, mientras que las del género *Clostridium*, producen ácido butírico

### 2.13.2 Proteólisis

En la Leche y los productos lácteos pueden tener lugar diversos tipos de proteólisis. Por una parte, se puede producir la proteólisis acompañada de la producción de ácido (ver asociación). En la leche cruda, este fenómeno puede deberse al crecimiento de *Micrococcus* que liberan aminoácidos que estimulan el desarrollo de las bacterias lácticas.

La leche también puede sufrir una proteólisis neutra o alcalina. Generalmente, los microorganismos que la producen no fermentan la lactosa. El medio incluso se puede volver alcalino debido a la liberación de amoníaco durante la degradación de los aminoácidos o péptidos originados en la proteólisis. Las bacterias muy proteolíticas pertenecen a las especies de *Alcaligene*, *Pseudomonas*, *Proteus* y *Bacillus*. El desarrollo de estos microorganismos se debe frecuentemente a defectos de fabricación, que suponen la destrucción o la inhibición de las bacterias lácticas.

### 2.13.3 Producción de gas

La producción de gas se acompaña generalmente de la formación de ácido. Los principales organismos productores de gas son los coliformes, *clostridium* y algunas especies de *bacillus*, que originan CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> y *propionibacterium*, heterofermentativos lácticos y *levaduras*, que producen CO<sub>2</sub>. En algunos quesos, el desarrollo de *Leuconostoc* y/o de lactobacilos heterofermentativos origina la aparición de pequeños ojos en las pasta.

### 2.13.4 Viscosidad

Algunas cepas bacterianas de los géneros *Alcalígenes* y *Enterobacter* producen durante su crecimiento en la leche cápsulas constituidas por gomas, que dan al producto una apariencia viscosa.

---

<sup>2</sup> Las bacterias lácticas pueden exhibir dos tipos de metabolismo respecto a las hexosas: homofermentativo y heterofermentativo. El metabolismo homofermentativo se caracteriza porque las hexosas son fermentadas vía Embden-Meyerhof, dando lugar, exclusivamente, a dos moles de ácido láctico por cada mol de hexosa metabolizada. El metabolismo heterofermentativo se lleva a cabo mediante la vía del 6-fosfogluconato y origina por cada mol de hexosa consumida, 1 mol de CO<sub>2</sub>, 1 mol de etanol (o ácido acético) y 1 mol de ácido láctico. Las bacterias lácticas que sólo poseen esta vía para fermentar los azúcares se denominan heterofermentativas estrictas.

En ambas vías metabólicas, el piruvato es un intermediario común y puede tener varios destinos, como la síntesis de compuestos aromáticos (diacetilo o acetoina) o la de ácido acético. En condiciones de limitación de hexosas, la síntesis de ácido acético puede llegar a ser dominante, de forma que un microorganismo homofermentativo puede mostrarse como heterofermentativo produciendo ácido acético, etanol y ácido fórmico como productos finales del metabolismo. En este caso se trataría de un heterofermentativo facultativo

### 2.13.5 Lipólisis

Se debe fundamentalmente a la acción de la lipasa natural de la leche sobre los glóbulos grasos. Algunos microorganismos sintetizan lipasas que son más resistentes al calor y pueden soportar los tratamientos de pasteurización e incluso de esterilización UHT.

### 2.13.6 Olores y sabores

Son muchos los factores que pueden alterar el delicado sabor de la leche. Entre los más frecuentes se encuentran el calor, la luz, la lipólisis microbiana (rancidez), la oxidación, la proteólisis (amargos) y la alimentación del animal.

El sabor a malta, que algunas veces se confunde con el gusto a cocido, aparece por el desarrollo de una cepa concreta de *Str. Lactis* (var. Maltigenes).

El sabor de la mantequilla (diacetilo) que se debe principalmente a la acción de las bacterias lácticas *Str. Diacetilactis* y *Leuconostoc citrovorum*.

El sabor típico de yogur, que se debe a la producción de acetaldehído principalmente por *L. bulgaricus*.

## 2.14 Bacteriófagos.

Los bacteriófagos o fagos son virus capaces de infectar una célula bacteriana. Son parásitos obligados que sólo se multiplican en el interior de una célula viva. Son de pequeño tamaño y no pueden verse más que con el microscopio electrónico.

El proceso de multiplicación de los bacteriófagos pasa por diversas etapas sucesivas. En primer lugar el virus debe fijarse sobre la bacteria antes de inyectar su ADN en el interior de la célula, para lo que es necesaria la presencia de  $\text{Ca}^{++}$ , por lo tanto se puede limitar el efecto de los bacteriófagos cultivando los fermentos en medios pobres en  $\text{Ca}^{++}$ .

El siguiente paso es la síntesis de muchas copias del ADN viral de las cápsides<sup>3</sup> y del resto de los componentes del fago. Después del acoplamiento de estos componentes, los virus se liberan en la lisis de la célula y entonces pueden infectar otras células.

Como el fago destruye las bacterias, los fermentos lácticos pueden perder totalmente su poder acidificante.

Aunque las fuentes de contaminación por fagos pueden ser tan diversas como las de bacterias, se cree que los principales causantes de la contaminación en las fábricas son el lactosuero, la leche y los cultivos lácticos.

Aunque la pasteurización destruye las células bacterianas, los fagos de los estreptococos presentan una termo-resistencia relativamente elevada

---

<sup>3</sup> La **cápsida vírica** o **cápside vírica** es una estructura **proteica** formada por una serie de monómeros llamados **capsómeros**. En el interior de esta cápside se encuentra siempre el material genético del **virus**. Puede estar rodeada por una **envoltura**. Cada capsómero puede estar constituido por una o varias proteínas distintas. El término **nucleocápside** se refiere al material genético envuelto en su cápside.

## Referencias Bibliográficas

- .- Amiot Jean. **“Ciencia y Tecnología de la Leche”**. Editorial Acribia, S.A. Editores: la fundación de tecnología Lechera de Quebec, Canadá. I.S.B.N.: 84-200-0713-7. Zaragoza, España (1991)
- .- Madrid Vicente, Antonio Vicente **“Curso de Industrias Lácteas”**. ISBN:84-87440-82-7. Munci-Prensa Libreos S.A. Madrid, España (1996)
- .- Garrido, María G., Gonzalez, Valentina; Rhona Mirabal; Lemus, Andrea. **“Enfermedades infecciosas transmitidas por la Leche contaminada”**. Facultad de Medicina, Escuela de Nutrición y Dietética. Cátedra de Microbiología. Link <http://es.slideshare.net/magabygm/enfermedades-transmitidas-por-la-leche>
- .- Tetra Pak Processing Systems. **“Manual de Industrias Lácteas”**. Ediciones A. Madrid. Vicente. ISBN 84-87440-90-8. España. 1996

## Unidad 3: PRODUCCIÓN Y RECOGIDA DE LA LECHE

Universidad Nacional de San Luis Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias  
Departamento: Ingeniería de Procesos  
Área: Tecnología en Alimentos  
Asignatura: Tecnología de los Lácteos  
Carrera: Ingeniería en Alimentos – Ingeniería Química

### ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| 3.1 Ciclo de Producción de la leche .....                       | 2  |
| 3.2 Vacas sanas .....                                           | 4  |
| 3.3 Mastitis .....                                              | 4  |
| 3.4 Recogida de la leche .....                                  | 5  |
| 3.5 Evaluación sensorial: Olor y sabor .....                    | 5  |
| 3.5.1 Olor y sabor .....                                        | 5  |
| 3.5.2 Olor y gusto a forraje u otros alimentos .....            | 5  |
| 3.5.3 Olor a establo.....                                       | 5  |
| 3.5.4 Sabores de origen microbiano .....                        | 5  |
| 3.6 Análisis rápidos de calidad.....                            | 5  |
| 3.7 El ordeño mecánico .....                                    | 6  |
| 3.8 Fases del ordeño .....                                      | 6  |
| 3.9 Registro automatizado de la producción .....                | 7  |
| 3.10 Locales y equipamiento: El establo y salas de ordeño ..... | 7  |
| 3.11 Sistemas de refrigeración .....                            | 8  |
| 3.12 Temperatura de conservación. ....                          | 8  |
| 3.13 Duración del almacenamiento .....                          | 10 |
| 3.14 Contaminación inicial.....                                 | 10 |
| 3.15 Velocidad de enfriamiento .....                            | 11 |
| 3.16 Sistemas de enfriamiento utilizados .....                  | 11 |
| 3.17 Ventajas comparativas entre ellos .....                    | 12 |
| 3.18 Tanques refrigerantes.....                                 | 12 |
| 3.19 Normas técnicas y ensayos.....                             | 13 |
| 3.20 Higiene de la explotación lechera. ....                    | 13 |
| 3.21 Referencias: .....                                         | 15 |
| 3.22 Imágenes: .....                                            | 16 |

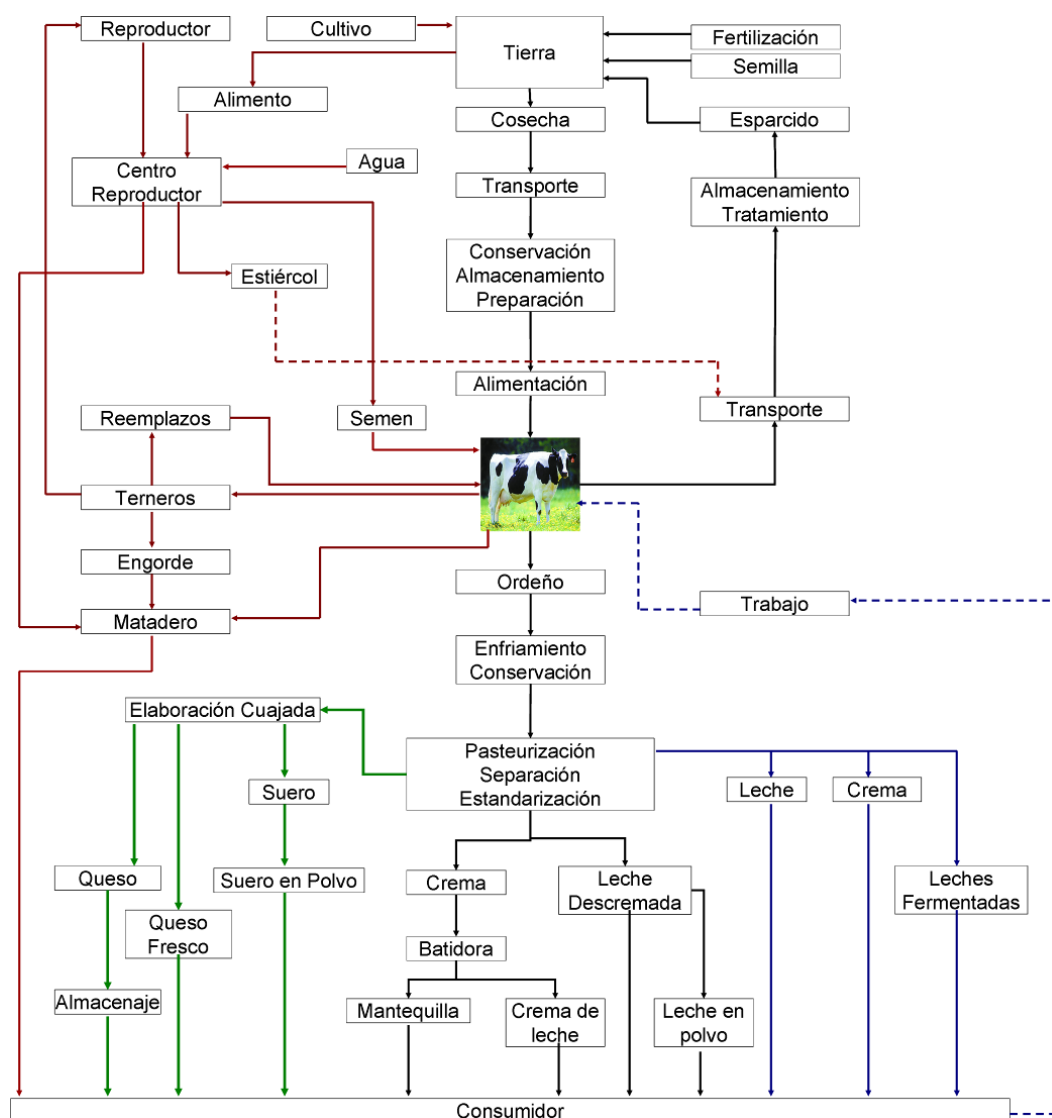
## Unidad 3: PRODUCCIÓN Y RECOGIDA DE LA LECHE

Versión 10SET19



### 3.1 Ciclo de Producción de la leche

En el siguiente esquema, cuyo elemento central es la vaca, nos presenta el ciclo completo de producción de la leche y otros productos lácteos, partiendo de elementos básicos, como son la tierra cultivada y fertilizada, cuyas cosechas dan grano y productos verdes para la alimentación de las vacas. A su vez, del animal, por ordeño se obtiene la leche que debidamente tratada, pasa a las centrales lechera y fábricas de productos lácteos, de donde sale como leche pasteurizada, leche estéril, queso, manteca, etc., después de haber sufrido diversos tratamientos.



Para producir leche de buena calidad, una explotación de vacas lecheras deber reunir una serie de requisitos indispensables. Generalmente la leche recién ordeñada es de buena calidad. Para mantener esta calidad original, que es irrecuperable una vez perdidas y es fundamental para la fabricación de buenos productos lácteos, hay que manejar la leche adecuadamente y utilizar métodos de conservación.

La leche es la secreción producida por la glándula mamaria de la vaca según un mecanismo fisiológico determinado.

El tejido de esta glándula está constituido por alvéolos contenidos en lóbulos, en donde la leche se secreta de forma continua pero no constante (ver Fig. 3.1.1). Entre los ordeños, la producción disminuye conforme disminuye la presión en el interior de la ubre y prácticamente se detiene cuando esta presión es más o menos igual a la presión arterial. Al final del periodo de lactación, la secreción de leche cesa por efecto de un mecanismo hormonal.

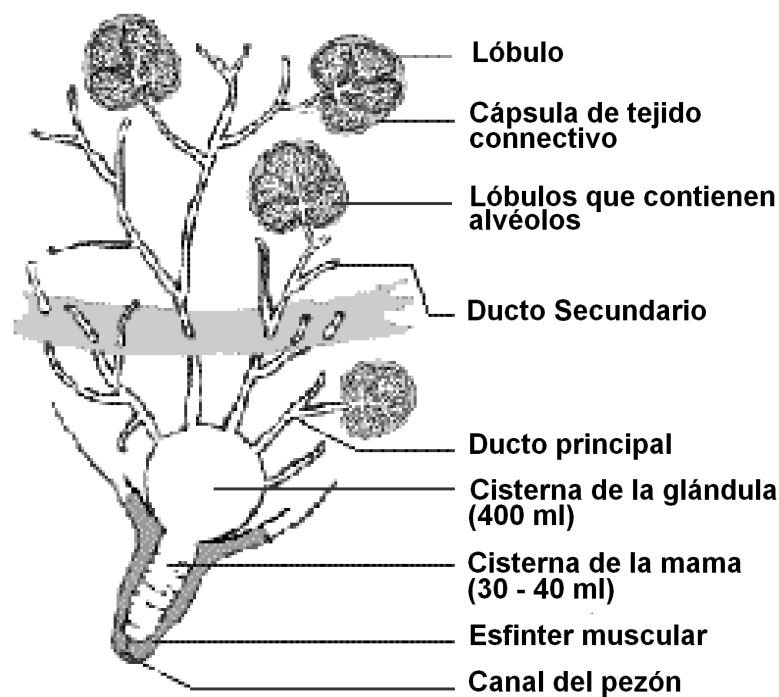


Figura 3.1.1 Anatomía de la Ubre

Los componentes de la leche se sintetizan a partir de los elementos nutritivos que aporta la sangre y que llegan a la mama a través de los capilares que rodean los alvéolos. Por los conductos sanguíneos que irrigan la ubre pueden circular unos 30 000 litros de sangre al día. Así, el corazón de una vaca que en el máximo de su periodo de lactación produce 50 litros de leche por día, debe bombear un volumen de unos 600 litros de sangre por cada litro de leche secretada.

La secreción de la leche comienza poco después del nacimiento del ternero. Durante los primeros días de lactación, la vaca produce calostro, que tiene una composición diferente de la leche normal; no sirve para el consumo humano y debe reservarse para la cría porque contiene anticuerpos específicos que son necesarios para prevenir las infecciones. Por lo tanto, conviene dejar el ternero con su madre durante la primera semana. Después de este

tiempo, la leche se vuelve gradualmente normal y ya puede ser recogida y expedida a la centran lechera. El periodo de lactación es de unos 300 días.

La curva de producción de la leche asciende rápidamente durante las primeras semanas de lactación, alcanza una cima alrededor de las ocho semanas y seguidamente desciende de forma progresiva hasta el agotamiento o secado.

Aproximadamente a los dos meses del parto, la vaca puede ser servida de nuevo. Durante la gestación, las necesidades nutritivas aumentan con el crecimiento y el desarrollo del feto y la producción de la leche va disminuyendo hasta interrumpirse de seis a nueve semanas antes del nacimiento del ternero. Entonces comienza un nuevo ciclo de lactación. Las vacas tienen por término medio cinco o seis lactaciones.

Antes del ordeño, el masaje de la ubre estimula la glándula pituitaria que secreta una hormona llamada oxitocina. A través de la circulación sanguínea, aproximadamente en un minuto, la oxitocina llega a la ubre y provoca la contracción de los alvéolos con la consiguiente expulsión de la leche acumulada hacia la cisterna de cada cuarterón. Este fenómeno se llama descenso de la leche. La hormona oxitocina actúa durante los cinco a ocho minutos que está presente en la sangre.

Cuando la vaca se sobresalta o siente dolor por cualquier razón, se produce la secreción de adrenalina, hormona secretada por las glándulas suprarrenales. La adrenalina neutraliza o contrarresta el efecto de la oxitocina y entonces la vaca retiene su leche.

### 3.2 Vacas sanas

Las enfermedades graves como la tuberculosis y la brucelosis casi han sido desterradas de los rebaños lechero. A pesar de ello, es necesario mantener un programa de vigilancia y control para evitar la reaparición o la propagación de estas zoonosis. Otras enfermedades que pueden afectar a los animales y al hombre, como la salmonelosis y las infestaciones parasitarias, también deben ser controladas. Por eso es necesario mantener las condiciones higiénicas tanto en los establos como en el exterior, es decir, en todos los lugares donde están las vacas. Ninguna persona que padezca una enfermedad contagiosa susceptible de transmisión o que sea portadora de gérmenes patógenos, debe trabajar ni en el ordeño de las vacas ni en el manejo de la leche obtenida

### 3.3 Mastitis

La enfermedad infecciosa más frecuente en las vacas lecheras es la mastitis, término genérico en el que se incluyen muchos tipos de infecciones específicas de la glándula mamaria.

La infección o inflamación de la ubre altera generalmente la producción de la leche. La filtración selectiva a través de las membranas de los alvéolos no se realiza normalmente y los componentes sanguíneos como las sales, azúcares o proteínas solubles del suero sanguíneo, pasan a la leche. Asimismo la síntesis de caseínas, lactosa y materias grasas está alterada, lo que da lugar a una leche de composición más o menos anormal según el grado de avance de la enfermedad.

Las especies bacterianas que pueden provocar mastitis son muy numerosas, entre ellas, *Streptococcus agalactiae* es el agente etiológico más frecuente de la mastitis crónica, aunque afortunadamente no tienen efecto sobre salud humana. Por el contrario, las mastitis estafilocócicas que aparecen cada vez con más frecuencia, presentan un cierto peligro para los consumidores por las toxinas de los microorganismos.

Los casos graves de mastitis se manifiestan por la inflamación de la ubre y la aparición de grumos e incluso de sangre en la leche. La mastitis no siempre se pueden detectar por

inspección visual y palpación; las formas subclínicas deben diagnosticarse mediante pruebas de laboratorio.

### **3.4 Recogida de la leche**

Para salvaguardar la calidad de la leche, su recogida en las granjas y su transporte a las fábricas deben realizarse en condiciones determinadas por la reglamentación vigente local. El conductor del camión cisterna que colecta la leche en las granjas tiene muchas responsabilidades: clasificar y juzgar la calidad sensorial de la leche; tomar, siguiendo las normas legales, las muestras representativas necesarias para los análisis químicos y microbiológicos; y determinar con la mayor precisión el volumen de la leche que hay en el tanque.

También debe verificar la temperatura de la leche, las condiciones higiénicas de la lechería y del equipo, y una vez en la fábrica, debe ocuparse de efectuar la limpieza, tanto interior como exterior, de su camión cisterna.

Dada la importancia de sus funciones, el personal que realiza la recogida de la leche debe poseer un permiso otorgado por el organismo competente y un certificado de estudios emitidos por la institución encargada de la formación de este tipo de técnicos.

### **3.5 Evaluación sensorial: Olor y sabor**

Los primeros puntos a valorar en la leche son su color y su apariencia. Cuando se detecte cualquier anomalía en estos aspectos, debe notificarse al productor para que tome las medidas necesarias para corregirla.

El consumidor juzga la calidad de la leche principalmente por su sabor y por su tiempo de conservación.

#### **3.5.1 Olor y sabor**

La leche no es insípida aunque no tiene un gusto muy pronunciado. Su sabor es difícil de describir, es ligeramente azucarado y no deja en la boca una sensación determinada. El olor de la leche refleja generalmente su sabor y por lo tanto es suficiente con comprobar si es normal.

##### **3.5.2 Olor y gusto a forraje u otros alimentos**

Son los defectos del sabor que se presentan en la leche con más frecuencia. Aparecen cuando las vacas comen forrajes o alimentos con sabor fuerte o respiran olores penetrantes. La forma de prevenir este defecto es ordeñar las vacas antes de alimentarlas si están en estabulación; cuando están en pastoreo, alejarlas de las hierbas de sabor fuerte al menos dos horas antes del ordeño.

##### **3.5.3 Olor a establo**

Los establos mal ventilados tienen un aire viciado por los olores a forraje, a vaca y a estiércol, principalmente en invierno.

##### **3.5.4 Sabores de origen microbiano**

La contaminación excesiva de la leche, la refrigeración lenta o insuficiente o una larga conservación, pueden dar lugar a alteraciones originadas principalmente por las bacterias psicrotóficas. Su acción proteolítica y lipolítica, produce la aparición en la leche de sabores amargos, a rancio, a malta u otros aromas extraños difíciles de definir.

#### **3.6 Análisis rápidos de calidad.**

La calidad de la leche puede ser valorada de forma aproximada por diversos métodos. Muchos de los análisis utilizados ponen en evidencia el crecimiento excesivo de las bacterias detectando las alteraciones de las propiedades o de la composición que producen

en la leche. La acidez titulable y los indicadores de pH son dos ejemplos de ello. En el momento de la recogida de la leche se efectúa la prueba del alcohol con un reactivo compuesto por un indicador y alcohol. La leche se mezcla con 5 ml de reactivo y si es normal da un color rojo cereza, mientras que si es anormalmente ácida tomará un color naranja. Cuando una muestra coagula por acción del alcohol, quiere decir que es una leche anormal por la presencia de calostro, leche mamítica, leche del final de lactación de muchas vacas del rebaño, o incluso a que se hayan producido fermentaciones importantes.

Un programa de control de calidad debe también incluir ocasionalmente la prueba de la lactofiltración o de sedimentación, que permite detectar la presencia de sólidos extraños y demostrar al productor en qué medida está limpia la leche.

### 3.7 El ordeño mecánico

El ordeño de la vaca se puede hacer a mano o con ordenadoras mecánicas. Estas últimas por vacío succionan la leche de la ubre. Constan de los siguientes elementos: (1) *Copa de ordeño*; (2) *Pulsador*; (3) *Vacuómetro*; (4) *Depósito* y el (5) *Equipo de vacío*.

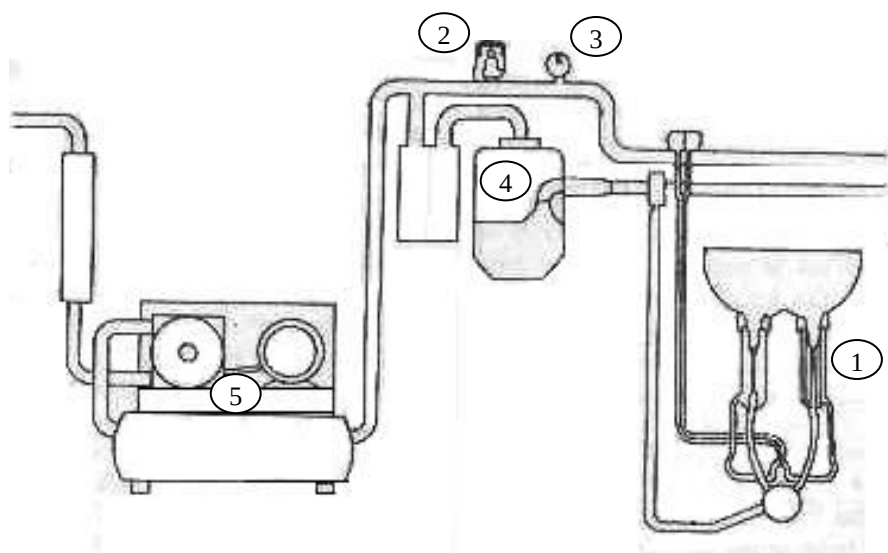


Figura 3.7.1. Instalaciones del Equipo de Ordeño

### 3.8 Fases del ordeño

El ordeño se realiza en tres fases (ver Fig. 3.8.1), que son:

**Fase de estimulación**, donde trabajando a un nivel bajo de vacío (250 mm Hg) y a unas pulsaciones lentas (48 p/min) se consigue estimular suavemente los pezones. En la curva que sigue, se ve claramente esta primera fase. Cuando el flujo de leche recién iniciado pasa de 0.2 l/minuto, el equipo cambia a la fase siguiente.

**Fase Ordeño**, con un nivel normal de vacío (380 mm Hg) y a unas sesentas pulsaciones por minuto se procede a la extracción de la mayor parte de la leche.

**Fase de apurado**, donde nuevamente a un nivel bajo de vacío (250 mm Hg) y a unas 48 p/min y durante un periodo de unos veinte segundos se procede al apurado, cuando el caudal de leche ha vuelto a bajar por debajo de 0.2 litros por minutos.

Como se ve en el esquema, la estimulación dura unos cincuenta a sesentas segundos, el ordeño propiamente dicho de cinco a seis minutos y la fase de apurado unos 20 segundos.

Curva del ordeño de las vacas mostrando las tres fases de estimulación, ordeño y apurado

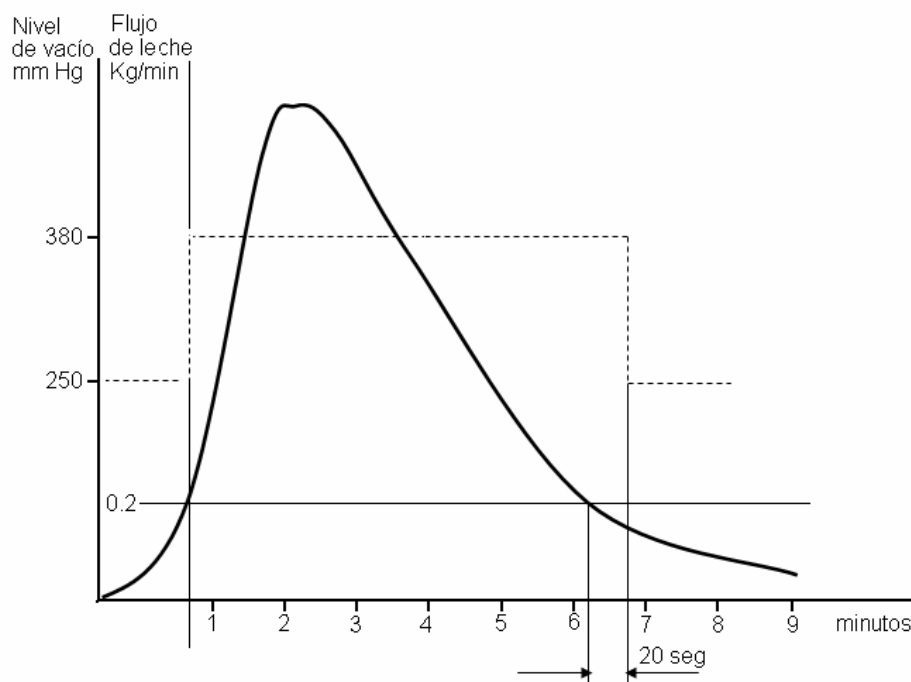


Figura 3.8.1. Fases de Ordeño

### 3.9 Registro automatizado de la producción

En las granjas de producción de leche es necesario conocer una serie de factores muy importantes para la buena marcha de la explotación.

Entre estos factores tenemos: producción de leche por vaca, estado sanitario de los animales, etc.

En la actualidad existen equipos que nos dan con gran exactitud la cantidad de leche producida independientemente de la espuma, contenido en aire o contenido en grasa. Para ello se dispone de un equipo que pesa la leche de cada vaca, que queda registrada en un procesador de diseño especial para trabajar en granjas.

### 3.10 Locales y equipamiento: El establo y salas de ordeño

Los locales donde se recoge y se conserva la leche deben estar limpios e higiénicos. Su construcción y su disposición tienen que permitir el mantenimiento y la realización de las operaciones necesarias durante la producción de leche. A este respecto, existe una normativa concreta en cada país.

El establo debe servir únicamente para alojar a las vacas, ya que la presencia de otras especies animales puede ser una fuente de contaminación y de propagación de enfermedades. El establo debe tener una sección reservada para el alojamiento de los animales que presenten signos de enfermedad, así se evitará el contagio de los otros miembros del rebaño.

Si por razones climatológicas las vacas lecheras tienen que permanecer durante algunos meses en estabulación, los establos tienen que reunir las condiciones apropiadas para los animales. Durante el invierno, el calor animal es suficiente para mantener una temperatura adecuada, siempre que los edificios estén convenientemente aislados. Si por el contrario, el calor se pierde a través de las paredes exteriores, la vaquería será húmeda, fría y difícil de ventilar.

Para mantener el establo en buenas condiciones higiénicas, los principales requisitos son los siguientes: las plataformas de los compartimentos, los regueros y los pasillos serán de hormigón o de otros materiales impermeables, preferiblemente reforzados para evitar la formación de grietas. Las zonas de paso tendrán un espacio suficiente para facilitar el trabajo. El establo estará suficientemente iluminado y dispondrá de un buen sistema de ventilación forzada para eliminar la humedad y los malos olores.

La sala de ordeño es un local ajeno al establo o situado en un edificio separado que se reserva exclusivamente para el ordeño de las vacas. La instalación independiente es imprescindible cuando los animales están sueltos en el establo, pero también puede adaptarse a un establo convencional con compartimentos.

Las zonas de paso tendrán una anchura mínima de 1.20 m y lo mismo que los compartimentos para los animales, serán de hormigón armado u otros materiales impermeables y estarán contruidos en pendiente hacia los sumideros cubiertos y sifonados.

### **3.11 Sistemas de refrigeración**

A continuación se analiza el papel que la refrigeración de la leche tiene en una granja, con el fin de obtener un producto de buena calidad bacteriológica, así como los principales factores que intervienen para realizar correctamente la operación de enfriamiento y almacenamiento de la leche. Si bien estos aspectos se refieren específicamente a la leche de vaca, aunque la mayoría de las consideraciones pueden aplicarse a la de oveja y cabra, teniendo en cuenta las particularidades de la producción y comercialización de estas últimas.

### **3.12 Temperatura de conservación.**

Enfriar la leche a una temperatura entre 3° y 4°C retarda el crecimiento de los gérmenes, tal y como se puede observar en el cuadro de la siguiente página (3.12.1).

A 4°C, prácticamente el número de bacterias de la leche cruda se mantiene estable durante 24 horas y todavía a 6°C el crecimiento se puede considerar discreto. A partir de esa temperatura, el desarrollo se incrementa rápidamente, así como el número total presente al final de periodo. Actualmente se recomienda en la mayoría de las reglamentaciones, una temperatura de conservación de la leche de 4°C, como la más eficaz para controlar el número total de gérmenes. Una temperatura inferior a 3°C, puede dar lugar a fenómenos de congelación que deben ser evitados, pues pueden alterar la composición y calidad de la leche.

| Leche almacenada durante 24 h a la temperatura de: | Bacterias/ml   |
|----------------------------------------------------|----------------|
| 0°C                                                | 2 400          |
| 4°C                                                | 2 500          |
| 5°C                                                | 2 600          |
| 6°C                                                | 3 100          |
| 10 °C                                              | 11 600         |
| 13°C                                               | 18 800         |
| 16°C                                               | 180 000        |
| 20°C                                               | 450 000        |
| 30°C                                               | 1 400 000 000  |
| 35°C                                               | 25 000 000 000 |

Figura 3.12.1. Efecto de la temperatura de conservación en el crecimiento bacteriano en leche cruda almacenada en la granja

Es interesante analizar el período de tiempo que la leche realmente permanece en la granja desde que se ordeña hasta que es recogida por la central lechera. En el gráfico se ha reflejado el número de horas que la leche de cada ordeño está en la granja, suponiendo una explotación con la recogida cada dos días a las 11 de la mañana, y ordeños a las 7 de la mañana y 4 de la tarde (ver Fig. 3.12.2).

Se puede comprobar que solo aproximadamente un 20% del volumen total de la leche (primer ordeño que corresponde al de la tarde) va a estar almacenada durante un periodo de más de 40 horas y que un 50% lo estará menos de 20 horas. Por otra parte, la temperatura media en el intervalo entre ordeños, no debería subir por encima de 5°C, y en ningún punto del volumen de leche se debería llegar a más de 9°C; esto se logra con un aislamiento eficaz del tanque, el uso de la agitación periódica del volumen de leche y la puesta en funcionamiento del tanque mediante un termostato, cuando la temperatura sube de un nivel prefijado.

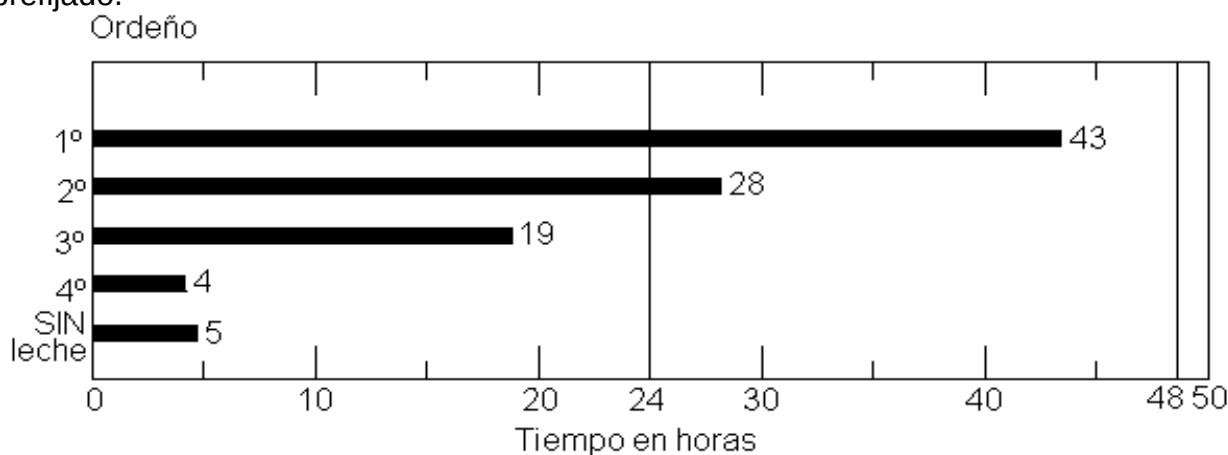


Fig. 3.12.2 Periodo de tiempo de permanencia en tanque de almacenaje para 48 horas

### 3.13 Duración del almacenamiento

Con independencia de la temperatura de conservación, cuanto más largo es el periodo de almacenamiento, mayor es el crecimiento bacteriano. Este hecho se puede comprobar prácticamente en el gráfico siguiente, en el que se presenta esquemáticamente (ver Fig. 3.13.1) como aumenta el contenido en gérmenes a lo largo del tiempo, en leche conservada a tres temperaturas diferentes (0°, 4° y 6°C)

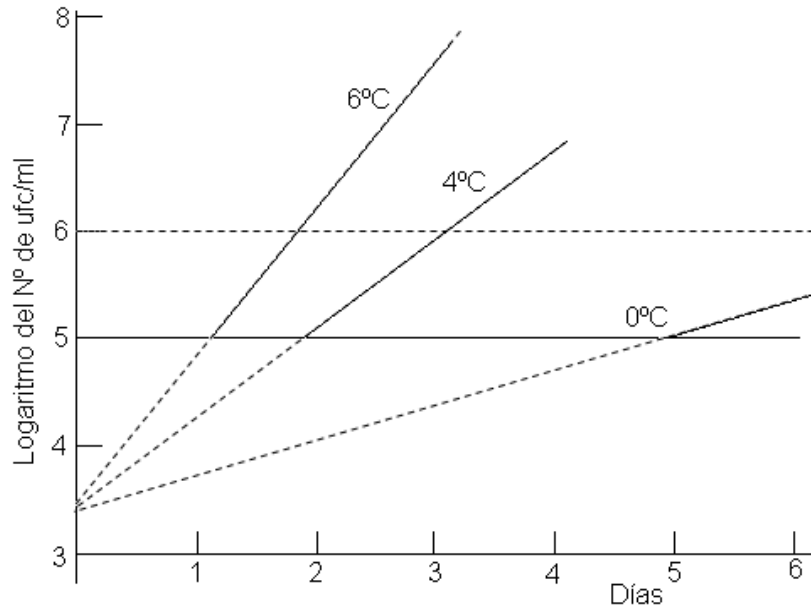


Figura 3.13.1 - Dependencia de la temperatura de Conservación

### 3.14 Contaminación inicial

El número de gérmenes que ya están presentes en la leche cuando empieza el enfriamiento es un factor que muchas veces se pasa por alto, pero que es muy importante para obtener buenos resultados.

En el cuadro siguiente se ve cómo evoluciona la calidad bacteriológica de la leche durante un periodo de 72 horas, en función de la contaminación inicial (4.295 o 136.533 ufc/ml) y tres temperaturas de conservación diferentes (4.4°, 10°, y 15.5°C)

Evolución del contenido de gérmenes en la leche durante un periodo de almacenamiento de 72 horas, en función de la contaminación inicial y de la temperatura de conservación

| Condiciones de producción              | Temperatura de almacenaje, °C | Recuento estándar por milímetro después de |            |             |               |
|----------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|------------|-------------|---------------|
|                                        |                               | Recién ordeñada                            | 24 h       | 48 h        | 72 h          |
| Vaca y equipos de ordeño limpios       | 1.4                           | 4.295                                      | 4.138      | 4.566       | 8.427         |
|                                        | 10.0                          | 4.295                                      | 13.961     | 127.727     | 5.725 277     |
|                                        | 15.5                          | 4.295                                      | 1.587.333  | 33.011.111  | 326.500.000   |
| Vacas y equipos de ordeño poco limpios | 1.4                           | 136.533                                    | 281.646    | 538.775     | 749.030       |
|                                        | 10.0                          | 136.533                                    | 1.170.546  | 13.662.115  | 25.687.541    |
|                                        | 15.5                          | 136.533                                    | 24.673.571 | 639.884.615 | 2.407.033.333 |

Lo expuesto demuestra que para obtener leche de buena calidad bacteriológica no basta con mantenerla fría, sino que también hay que realizar todo el proceso de ordeño y almacenamiento con una higiene rigurosa

### 3.15 Velocidad de enfriamiento

La velocidad del enfriamiento inicial de la leche es otro de los factores que influyen en el número total de gérmenes, ya que no es lo mismo un enfriamiento prácticamente instantáneo que uno que dure 2 horas o más.

Durante unas 2 horas después del ordeño el crecimiento de la bacterias es muy lento (fase bacteriostática), para ir posteriormente aumentado rápidamente. Por ello, hay que aprovechar este periodo para enfriar la leche hasta la temperatura de conservación.

En el siguiente cuadro se puede ver cómo evoluciona el número total de gérmenes en la leche conservada a 4°C, en función del periodo de almacenamiento (24 – 48 horas), de la contaminación inicial (25.000, 75.000 y 125.000 germ/ml) y con tres velocidades de enfriamiento diferentes que se exponen a continuación:

- a = enfriamiento prácticamente instantáneo
- b = enfriamiento estándar (<3 h)
- c = enfriamiento lento (5 h).

En este cuadro se puede comprobar que en todos los casos analizados, cuando más rápido se enfría la leche, menor es el número de gérmenes presentes.

Evolución del contenido de gérmenes en la leche durante un período de 48 horas con una temperatura de 4°C, en función de la contaminación inicial y de la velocidad de enfriamiento

|                          | Temperatura de conservación: 4°C      |        |                                       |         |                                        |         |
|--------------------------|---------------------------------------|--------|---------------------------------------|---------|----------------------------------------|---------|
|                          | Contaminación inicial<br>2.500 ufc/ml |        | Contaminación inicial<br>7.500 ufc/ml |         | Contaminación inicial<br>12.500 ufc/ml |         |
|                          | 24 h                                  | 48 h   | 24 h                                  | 48 h    | 24 h                                   | 48 h    |
| Enfriamiento instantáneo | 22.000                                | 23.500 | 79.500                                | 87.750  | 132.500                                | 188.250 |
| Enfriamiento en 3 horas  | 23.000                                | 25.500 | 87.000                                | 101.250 | 212.500                                | 496.250 |
| Enfriamiento en 5 horas  | 25.250                                | 30.200 | 115.500                               | 237.750 | 273.400                                | 613.800 |

Luquet, 1985; tomado de Alonso, 1996

### 3.16 Sistemas de enfriamiento utilizados

Actualmente, se utilizan para el enfriamiento de la leche en granja los siguientes sistemas:

- .- Enfriamiento en cántaras
- .- Enfriamiento por inmersión
- .- Sistema de enfriamiento instantáneo
- .- Tanque refrigerante

El enfriamiento de la leche en cántaras es un sistema que se ha utilizado mucho hace años, sobre todo cuando todavía no se había generalizado la recogida de la leche por cisternas. El enfriamiento de la leche se realiza dentro de una cántara de recogida, normalmente por inmersión en agua fría.

El enfriamiento por inmersión consiste en refrigerar la leche dentro de unos recipientes aislados y móviles, introduciendo el dispositivo de refrigeración dentro del recipiente por una

apertura de la parte superior. En la parte interior del recipiente quedan situados el evaporador y un dispositivo de agitación de la leche. El condensador y el resto del equipo frigorífico se monta fijo en una pared de la lechería.

Los sistemas de enfriamiento instantáneo de caracterizan por producir un enfriamiento rapidísimo de la leche, con tiempos que se sitúan en el entorno de 1 minuto, y están constituidos principalmente por: un equipo acumulador de hielo (productor de agua helada); un intercambiador de calor de placas para enfriamiento de la leche; y, uno o varios tanques isotermos.

Frente a las ventajas del enfriamiento instantáneo, el sistema ha presentado tradicionalmente tres inconvenientes principales: bajo rendimiento del equipo frigorífico debido al efecto aislante producido por el hielo depositado sobre el serpentín-evaporador; dificultad para mantener la temperatura de conservación de la leche durante periodos de almacenaje en la explotación ganadera superiores a 24 horas; y baja velocidad en la fusión del hielo que limita la capacidad de enfriamiento de leche u obliga a utilizar equipos acumuladores de grandes dimensiones para aumentar la superficie de contacto entre el hielo y el agua.

Finalmente, también se ha resuelto el problema de mantenimiento de la temperatura de conservación, utilizando tanques isotermos similares a los frigoríficos que tienen una cámara en el fondo por donde circula agua helada, mediante una bomba gobernada temostáticamente, en caso de elevación de la temperatura de la leche.

### 3.17 Ventajas comparativas entre ellos

El enfriamiento instantáneo en general provee: leche de mejor calidad, detiene el crecimiento bacteriano, elimina la rancidez y el mal sabor y olor, reduce la actividad de la enzima natural lipasa, eliminación de los problemas provocados por la mezcla de leche caliente y fría, reducción del agitado al mínimo requerido para prevenir el cuajado o coagulación de la grasa, sin batidos ni daños mecánicos.

### 3.18 Tanques refrigerantes

El tanque refrigerante de la leche está normalizado en la mayoría de los países. Es un equipo destinado a asegurar el enfriamiento y conservación de la leche contenida.

Los principales elementos del tanque son los siguientes:

**CUBA:** recipiente interior de acero inoxidable que contiene la leche. Está aislada total o parcialmente. Tiene un orificio con tapa en la parte superior y otros de evacuación en la parte inferior.

**AGITADOR:** dispositivo (eje, paleta y moto-reductor) que agita la leche para favorecer el intercambio térmico y asegurar una distribución homogénea de la materia grasa.

**SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:** equipo frigorífico que se encarga de enfriamiento de la leche, bien directamente cuando el evaporador se encuentra en el fondo y paredes de la cuba (enfriamiento directo) o bien realizando la transferencia de calor mediante agua helada (enfriamiento indirecto por acumulación de hielo).

**CONTROL AUTOMÁTICO:** conjunto de elementos (termómetro, termostato, temporizador, etc.) mediante los cuales el tanque funciona, en condiciones normales de uso, sin intervención del operario.

**VOLUMEN NOMINAL:** es la capacidad realmente útil del tanque, declarada por el fabricante y que tienen en consideración la capacidad frigorífica del tanque en cuanto a la velocidad de enfriamiento, así como el nivel máximo que se puede alcanzar para que el funcionamiento del agitador no derrame la leche.

TIPO: en cuanto a su tipo, los tanques se pueden dividir en:

- tanques de dos ordeños, destinado a ser vaciado por recogidas diarias de la leche, enfría en menos de 3 horas y conserva en cada ordeño una cantidad de leche igual a la mitad de su volumen nominal;
- tanques de cuatro ordeños, destinado a ser vaciado cada dos días, diseñado para enfriar en menos de 3 horas y conservar en cada ordeño una cantidad de leche igual a la cuarta parte de su volumen nominal.

### 3.19 Normas técnicas y ensayos

Para comprobar que los tanques refrigerantes de leche cumplen una serie de características mínimas que garantizan un enfriamiento y almacenamiento correcto de la leche, hay publicadas diversas normas técnicas de ensayo de laboratorio.

Los principales ensayo se pueden resumir en el siguiente cuadro:

Principales ensayos aplicables a los tanques refrigerantes de leche

| Ensayos                                    | Especificaciones                                                                                                                         |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a) Evacuación de la leche                  | Caudal mínimo de salida de la leche por gravedad de 39.8 l/min                                                                           |
| b) Regulación y medición de la temperatura | Termostato: temperatura diferencial, fidelidad de corte y conexión.<br>Termómetro: el error no debe ser más de 1°C; entre $\pm 2$ y 12°C |
| c) Capacidad frigorífica                   | Enfriamiento de la leche de cualquier ordeño en un máximo de 3 horas a temperatura ambiente de 35°C                                      |
| d) Temperatura de seguridad.               | El tanque debe funcionar correctamente a una temperatura ambiente de 38°C                                                                |
| e) Aislamiento térmico                     | Temperatura de la leche inicialmente a 4°C, en reposo no debe exceder en 1°C en 4 horas, a una temperatura ambiente de 32°C              |
| f) Congelación de la leche                 | Con el 10% de volumen nominal, enfriando la leche desde 35° a 4°C, con temperatura ambiente de 5°C, comprobar que no se forma hielo      |

### 3.20 Higiene de la explotación lechera.

La Unión Europea ha dictado normas de higiene en las explotaciones lecheras con objeto de conseguir una leche de alta calidad, asimismo, también se ha publicado la "Guía de buenas prácticas en explotaciones lecheras; una publicación conjunta de la Federación Internacional de Lechería y de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

En Argentina, en el Código Alimentario Argentino (C.A.A.) incluye en el Capítulo Nº II, la obligación de aplicar las BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA DE ALIMENTOS (BPM), junto con la Resolución 80/96 del Reglamento del Mercosur. Indica la aplicación de las BPM para establecimiento elaboradores de alimentos que comercializan sus productos en dicho mercado.

También existen aplicaciones específicas como lo ha hecho Asuntos Agrarios y Producción de la Provincia de Buenos Aires, publicando las buenas prácticas de manufacturas en establecimiento lácteos.

A continuación se presenta un resumen de los principios comunes de estas normas:

1.- La leche curada deberá proceder de explotaciones producción registradas y controladas. Los locales utilizados de este modo deberán ser diseñados construidos, mantenidos y administrados de modo que garanticen:

- i) buenas condiciones de alojamiento, de higiene, de limpieza y de salud de las vacas
- ii) condiciones higiénicas satisfactorias para el ordeño, la manipulación y el almacenamiento de la leche.

Los locales utilizados para fines específicos deberán cumplir las condiciones de los números siguientes:

2.- Los locales en los que se realice el ordeño de las vacas o en los que la leche sea almacenada, manipulada o enfriada deberán estar situados y construirse de modo que se evite todo riesgo de contaminación de la leche. Deberán ser fáciles de lavar y de desinfectar y disponer al menos:

a) de paredes y de un suelo que puedan limpiarse fácilmente en los lugares que puedan ensuciarse e infectarse

b) de un sistema de drenaje satisfactorio, dispuesto de modo que permita el desagüe fácil de los líquidos, y de medios satisfactorios de evacuación de los desechos

c) de una ventilación y una iluminación satisfactorios

d) de un abastecimiento apropiado y satisfactorio de agua potable con arreglo a lo dispuesto en la vigente reglamentación técnico sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público, para las operaciones de ordeño, de limpieza y de enfriamiento

e) una separación adecuada de toda fuente de contaminación, tal como los lavabos y los estercoleros.

f) de utensilios y de un equipamiento, fáciles de lavar, limpiar y desinfectar. Además los locales para el almacenamiento de la leche deberán disponer de un equipamiento de refrigeración y deberán estar protegidos contra los parásitos y disponer de una separación adecuada de los locales en los que se alberguen animales

3.- Cuando se utilice un sistema de ordeño móvil bajo techado deberán cumplirse los requisitos de las letras d) y f) del número 2 y, además, el techado deberá:

a) estar situado sobre un suelo libre de toda acumulación de excrementos o de otros desechos

b) garantizar una protección de la leche durante el período en el que es utilizado

c) estar construido y acabado de modo que permita su mantenimiento en buen estado de limpieza

4. Cuando las vacas estén en libertad, se requerirá un área o una sala de ordeño separada de modo adecuado.

5.- Deberá poderse garantizar de modo eficaz el aislamiento de los animales afectados, o que se sospeche que sean afectados por una de las enfermedades contempladas en la letra b) del número 1 de la parte A, o la separación de los animales contemplados en la letra c) del número 1 de la parte A del resto del rebaño.

6.- Los animales deberán permanecer separados de los locales y lugares en los que se almacene, manipule o enfríe la leche.

### 3.21 Referencias:

Amiot Jean. **“Ciencia y Tecnología de la Leche”**. Editorial Acribia, S.A. Editores: la fundación de tecnología Lechera de Quebec, Canada. I.S.B.N.: 84-200-0713-7. Zaragoza, España (1991)

Madrid Vicente, Antonio Vicente **“Curso de Industrias Lácteas”**. ISBN:84-87440-82-7. Munci-Prensa Libreos S.A. Madrid, España (1996)

Alais, Charles **“Ciencia de la Leche”**. Editorial Reverte. ISBN:8429118152 84-291-1815-2. Madrid, España (1985)

## Unidad 4: INDUSTRIALIZACIÓN DE LA LECHE

Universidad Nacional de San Luis Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias  
Departamento: Ingeniería de Procesos  
Área: Tecnología en Alimentos  
Asignatura: Tecnología de los Lácteos  
Carrera: Ingeniería en Alimentos – Ingeniería Química

### ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                  |          |
|------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Unidad 4: INDUSTRIALIZACIÓN DE LA LECHE .....</b>             | <b>2</b> |
| 4.1 Esquema general de instalación de una central lechera: ..... | 2        |
| 4.2 Transporte de la leche hasta la central.....                 | 3        |
| 4.3 Recepción de la leche.....                                   | 4        |
| 4.4 Termización de la leche .....                                | 4        |
| 4.5 Clarificación.....                                           | 4        |
| 4.6 Almacenamiento .....                                         | 5        |
| 4.7 Estandarización e higienización de la leche .....            | 5        |
| 4.8 Estandarización del contenido en proteínas.....              | 8        |
| 4.9 Pasterización: Instalaciones .....                           | 8        |
| 4.10 Homogeneización de la leche .....                           | 9        |
| 4.11 Refrigeración.....                                          | 10       |
| 4.12 Envasado. ....                                              | 11       |
| 4.13 Tipos de envases.....                                       | 11       |
| 4.13.1 El envase de cartón .....                                 | 11       |
| 4.13.2 El envase plástico.....                                   | 11       |
| 4.13.3 El envase de vidrio .....                                 | 11       |
| 4.13.4 Envase tetrabrick.....                                    | 11       |
| 4.14 Envasadoras.....                                            | 11       |
| 4.15 Almacenamiento del producto.....                            | 12       |
| 4.16 Rotación de los productos .....                             | 12       |
| 4.17 Control de Inventario.....                                  | 12       |
| 4.18 Defectos de la leche de consumo.....                        | 12       |
| 4.18.1 Gusto a quemado, a cocido o a caramelo.....               | 13       |
| 4.18.2 Sabor originado por la acción de los rayos de luz.....    | 13       |
| 4.18.3 Sabores de oxidación .....                                | 13       |
| 4.18.4 Rancidez.....                                             | 13       |
| 4.18.5 Sabores originados en las fermentaciones .....            | 13       |
| 4.19 Leche pasteurizada.....                                     | 13       |
| 4.20 Leche esterilizada .....                                    | 14       |
| 4.21 Leche esterilizada y envasada asépticamente (UHT) .....     | 15       |
| 4.22 Aspectos físico-químicos del tratamiento UHT .....          | 15       |
| 4.23 Ventajas del proceso .....                                  | 17       |
| Referencias Bibliográficas .....                                 | 18       |
| Imágenes .....                                                   | 19       |

## Unidad 4: INDUSTRIALIZACIÓN DE LA LECHE



Versión 06MAY24

### 4.1 Esquema general de instalación de una central lechera:

En la Fig. 4.1, se presenta una moderna instalación lechera, donde se elaboran diversos productos lácteos tales como:

- Leche pasteurizada
- Leche esterilizada envasada asépticamente
- Nata y manteca
- Leche en polvo
- Queso
- Yogur
- Aprovechamiento del suero

Como se ven en dicho esquema, la central tiene una serie de equipos para:

- Recepción, pesado y enfriamiento de la leche que se recibe en cisternas
- Depósitos de almacenamiento de la leche recibida
- Estandarización e higienización de la leche
- Líneas de fabricación de leche pasteurizada, leche esterilizada, etc
- Línea de fabricación de nata, leche en polvo, manteca, etc.
- Línea de fabricación de queso y de tratamiento del suero
- Línea de fabricación de yogur
- Procesos de desaireación, homogeneización, ultra filtración, evaporación, secado, etc.
- Procesos de limpieza de equipos e instalaciones
- Equipos de control de los procesos
- Servicios auxiliares: agua, vapor, frío, electricidad y aire comprimido.

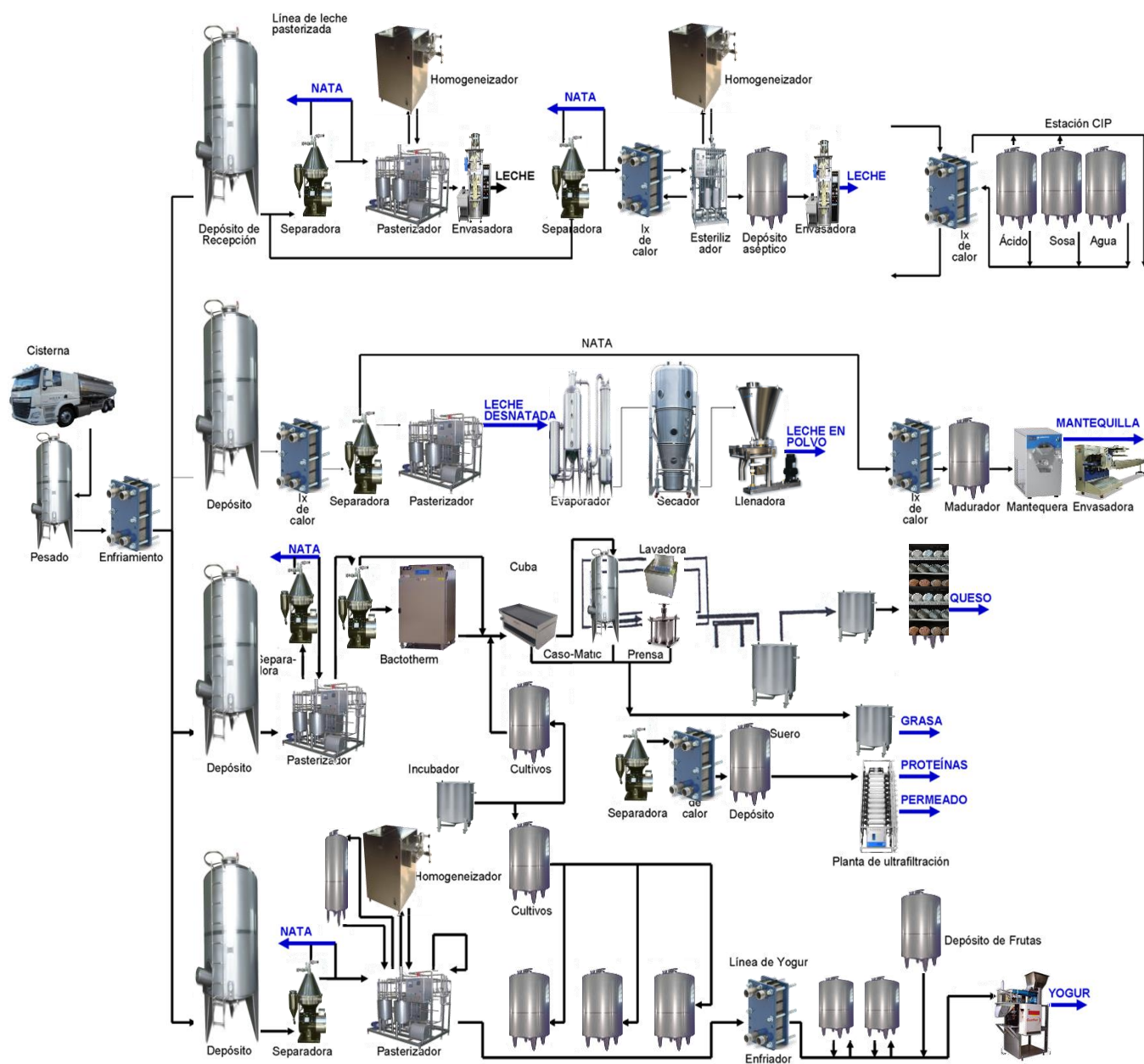


Fig. 4.1 Esquema general de una instalación lechera

Fig. 4.1 Esquema general de una instalación lechera

## 4.2 Transporte de la leche hasta la central

La leche se transporta a la central en cisternas de acero inoxidable, isotérmicas o refrigeradas, con un alto nivel de automatización en la actualidad, y que pueden tomar muestras, rechazar leche en malas condiciones, etc. Llevan también un contador volumétrico para conocer los litros que se cargan en cada granja, así como una bomba de aspiración que toma la leche de los depósitos.

El sistema de recepción lleva una bomba-positiva auto-aspirante y un desgaseificador. De esta forma se consigue un tratamiento suave de la leche y una medición correcta.

La cisterna se caracteriza por tener las paredes suavemente redondeadas y por estar dividida en cámaras. De esta forma la leche es tratada suavemente durante el transporte y

se mueve menos. La grasa no se deteriora y llega en buenas condiciones a la industria. El sistema de cámaras tiene también la ventaja de poder separar calidades distintas de leche. Cada cámara puede llenarse o vaciarse independientemente por medio de válvulas.

### 4.3 Recepción de la leche

La cisterna es descargada pasando en primer lugar la leche por un tamiz, donde se separan las impurezas más groseras que pudiese llevar. Inmediatamente después pasa a un pequeño depósito de desaireación sometido a la acción de vacío para eliminar el oxígeno oculto.

Normalmente, la leche contiene un 4% de aire que se encuentra disuelto o en forma de burbujas. Por otra parte, la leche absorbe más aire a temperaturas bajas, por lo que es especialmente importante evitar la mezcla con aire cuando la leche se encuentra entre 3-8°C.

Los tratamientos mecánicos, como bombeo, agitación, etc., a que tan frecuentemente es sometida la leche, incorporan aún más aire, que tiene malas consecuencias sobre la calidad: formación de espuma y fraccionamiento de materia grasa.

La formación de espuma acarrea problemas tales como errores volumétricos en la medición, pérdida de eficacia en la pasteurización, etc.

Se recomienda el uso de bombas de desplazamiento positivo (lobulares) a temperaturas inferiores a 40°C, ya que entonces la emulsión de grasa está parcialmente fundida y cristalizada, siendo especialmente sensible.

### 4.4 Termización de la leche

La termización es el calentamiento de la leche cruda, durante 15 segundos como mínimo, a una temperatura comprendida entre 57 y 68°C, de forma que la leche, después de dicho tratamiento, reaccione positivamente a la prueba de la fosfatasa. Este es un proceso térmico que se hace en algunos centros de recogida e industrias cuando la leche va a permanecer más de 24 horas dentro de depósitos de almacenamiento. Se ha visto que, si la leche debe esperar mucho tiempo, antes de su pasteurización o esterilización y envasado, no basta con mantenerla refrigerada a 3/6°C; y dado que la doble pasteurización está prohibida en muchos países, se recurre a un tratamiento térmico más suave (57/68°C durante 15/20 segundos) que reduce considerablemente el número total de microorganismos. Es condición indispensable que la leche sea enfriada inmediatamente a 3-4°C.

Se ha comprobado que la termización de la leche tiene un efecto beneficioso cuando se destina a la elaboración de quesos. Efectivamente, mediante este calentamiento suave, muchas esporas de bacterias pasan a su fase vegetativa, pudiendo ser destruidas posteriormente con más facilidad en el proceso normal de pasteurización. Las bacterias formadoras de esporas se suelen desarrollar durante el proceso de maduración del queso, produciendo malos olores y sabores.

### 4.5 Clarificación

La clarificación consiste en aplicar sobre la leche una fuerza centrífuga para eliminar las partículas más densas, como restos celulares, leucocitos y sustancias extrañas. Sin este tratamiento, las partículas formarían un sedimento en la leche homogeneizada que incluso sería visible en el fondo de las botellas de vidrio transparente. La clarificación se realiza en una de las siguientes etapas: en el momento de la recepción de la leche cruda; antes de su almacenamiento en los tanques; entre el almacenamiento y la estandarización; entre la estandarización y la entrada al pasteurizador; entre la sección de recuperación y la de

calentamiento del pasteurizador de placas; en este caso se trata generalmente de un separador-clarificador

## 4.6 Almacenamiento

Las industrias lácteas deben disponer básicamente de tres tipos de cisternas de almacenamiento de la leche:

- 1º.- Depósitos de recepción de la leche cruda
- 2º.- Depósitos de tratamiento, normalización y mezcla.
- 3º.- Depósitos de regulación entre etapas de los procesos de fabricación.

El acero inoxidable es el material preferentemente utilizado por sus indudables cualidades higiénicas, reúne ventajas tales como:

- Pueden construirse los depósitos de acero inoxidable en volúmenes que oscilan desde unos pocos litros hasta más de un millón.
- Pueden aislarse, permitiendo mantener la leche a la temperatura deseada.
- Pueden encamisarse para efectuar toda clase de tratamientos térmicos (enfriamiento, calentamiento), haciendo pasar fluidos frigorígenos o calefactores por los circuitos.
- Los depósitos de acero inoxidable se amoldan muy bien a los sistemas automáticos de limpieza.
- Pueden ser de diseño horizontal o vertical, cerrados o abiertos, de diseño higiénico, etc.
- No transmiten olores ni sabores extraños a la leche.
- Se les pueden incorporar toda clase de accesorios (boca de hombre, termómetros, indicadores de nivel, válvulas toma-muestras).
- Pueden construirse depósitos asépticos para conservación de la leche UHT y otros productos lácteos.

Los depósitos de las industrias lácteas se construyen principalmente en acero inoxidable AISI 304 o AISI 316. Este último lleva una pequeña proporción de Molibdeno (2-3%), que le da más resistencia a la corrosión.

## 4.7 Estandarización e higienización de la leche

La figura 4.2 nos presenta los tratamientos a que es sometida la leche en las centrales lecheras después de acabada la recepción y control de calidad.

En primer lugar, la leche refrigerada a 4°C procedente del depósito de almacenamiento pasa al depósito de regulación (1). Una bomba la envía a las dos primeras secciones del pasteurizador (2), donde se precalienta a unos 65°C, para pasar a esta temperatura a la centrifugadora desnatadora donde se hace la separación de la nata de la leche. La nata se pasteriza en el aparato de placas (8). Parte de la nata se mezcla nuevamente con la leche para dar leche estandarizada en su porcentaje de grasa, que se homogeniza en el aparato (6), volviendo a la última sección del pasteurizador (2), donde se procede al calentamiento final, a 72-75°C, durante quince a veinte segundos, gracias a la retención en el depósito (3). De dicho depósito la leche pasterizada vuelve a pasar por las dos primeras secciones del pasteurizador (2), donde cede calor a la leche entrante, enfriándose hasta 4-6°C. El densímetro (7) sirve para regular el contenido de grasa de la nata, aunque se produzcan variaciones en la alimentación

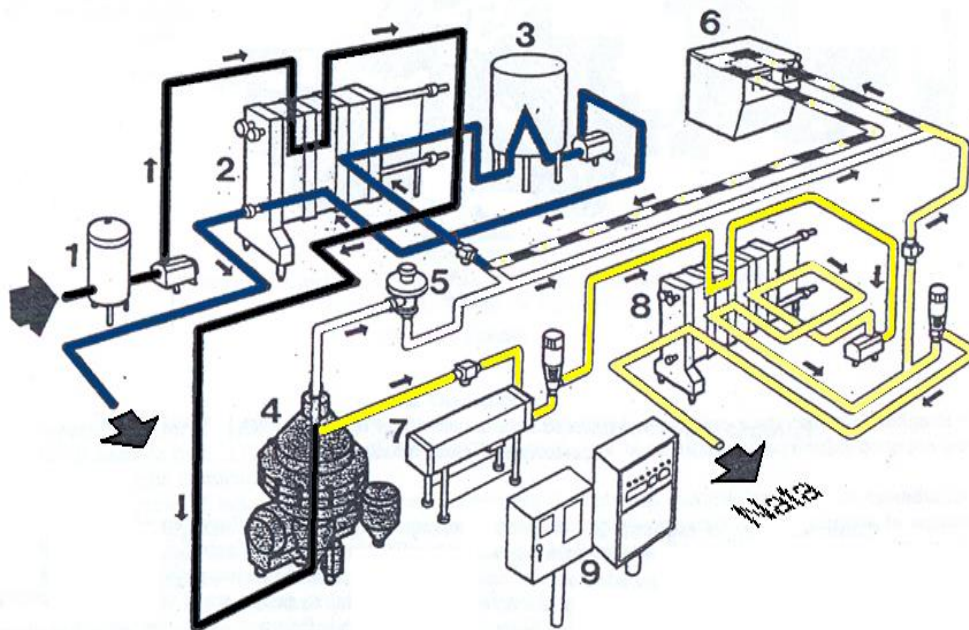


Figura 4.2 - Tratamiento de la leche en la central  
 1. Depósito regulador; 2. Pasteurizador de la leche; 3. Depósito de retención  
 4. Centrífuga desnatadora; 5. Válvula modulante; 6. Homogeneizador; 7.  
 Densímetro; 8. Pasteurizador de la nata; 9. Panel de estandarización

El proceso de higienización de la leche con centrífugas de alta velocidad, tiene como principio que la leche en un recipiente, la nata asciende por su menor peso, formando una capa en la parte superior. Si la leche se somete a centrifugación en una máquina como la que se ven en el esquema, que gira a miles de veces la fuerza de la gravedad, la separación es mucho más rápida y el caudal horario también. De hecho, las modernas centrífugas trabajan de 10 000 a 14 000 veces la fuerza de la gravedad, con lo que su eficiencia es también del mismo orden.

Observando el esquema 4.3, la leche entra por abajo y se distribuye en el cuerpo de la máquina, que lleva un paquete de discos para aumentar la eficacia de la separación. Las impurezas sólidas que aún contenga, al ser más pesadas, se van hacia la periferia, siendo descargadas a intervalos reguladores sin necesidad de parar la máquina. La nata, menos pesada, se queda en el centro y es descargada por arriba, mientras la leche lo hace por la boca inmediatamente inferior.

El uso de la centrífuga cumple con dos funciones: eliminar impurezas de la leche, y además, estandarizar el contenido en grasas de la leche por separación de la nata.

Para la estandarización del contenido graso de la leche y la nata se puede proceder de varias formas: la leche contenida en un depósito se agita, se toma una muestra, se analiza el contenido graso y, en función del resultado, se añade o quita nata; la leche se estandariza en forma automática en modernas líneas de funcionamiento continuo.

Existen numerosas variantes que se pueden presentar en la práctica diaria de una industria:

- Estandarización de nata y leche partiendo de leche entera, que tiene un mayor contenido graso que el final buscado.
- Estandarización de nata y leche partiendo de leche entera, que tiene menos contenido graso que el final buscado.

- Estandarización de nata y leche con la posibilidad de añadir otro producto a la leche (nata, suero de nata u otra sustancia grasa). A veces sólo se desnata una parte de la leche entera en centrífuga, y a su salida de la máquina se vuelve a reunir con el resto de la leche entera que no ha sido centrifugada. Este sistema tiene la ventaja de permitir el uso de una máquina de menor capacidad que la de la línea de tratamiento.
- Estandarización de nata y leche partiendo de leche entera con un contenido graso mayor que el que se pretende alcanzar, pero con la opción de estandarizar la proporción: contenido en grasa/materia seca de la leche.
- Estandarización de nata y leche partiendo de una leche entera con un contenido en grasa que puede ser mayor o menor que el final que deseamos alcanzar, pero con la opción de estandarizar la proporción: contenido en grasa/materia seca de la leche.
- Estandarización de nata y leche con la opción de estandarizar la relación “contenido en grasa/contenido en materia seca” y adicionando otro producto a la leche (nata, suero, leche entera, etc.)

Los sistemas de estandarización modernos, funcionan midiendo las densidades y caudales de los productos. En función de las medidas obtenidas y de los resultados que se pretenden obtener, se producen ajustes de los caudales. Para poder hacer esas mediciones, el sistema lleva una serie de transmisores de caudal, válvulas modulantes y un panel de control. Este último contiene un ordenador, con un módulo de control y un módulo de operación para alcanzar resultados.

Normalmente estos sistemas pueden estandarizar el contenido graso en la leche entre 1 y 5% de grasa, dependiendo del contenido graso de la leche entrante, con una desviación de  $\pm 0.03\%$ . El contenido graso de la leche debe ser como mínimo 0.2% superior al requerido en la leche estandarizada.

La nata se puede estandarizar con un contenido graso del 18 al 50% y con una desviación del  $\pm 0.2\%$  de grasa.

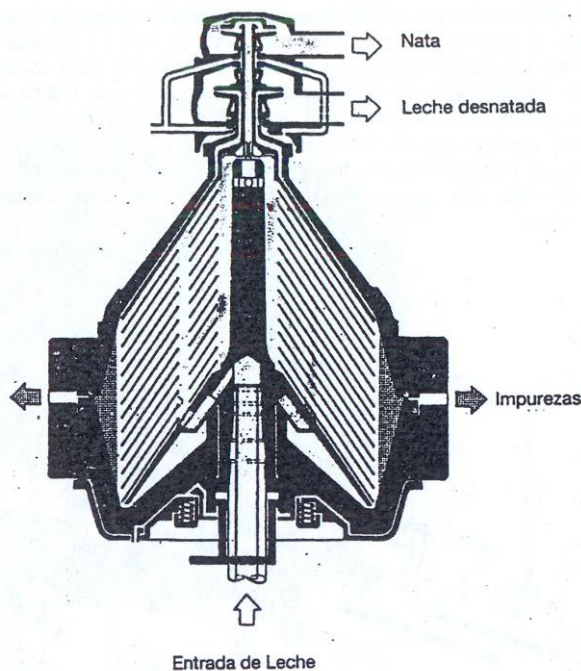


Figura 4.3 – Esquema de una centrífuga desnatadora

## 4.8 Estandarización del contenido en proteínas.

El contenido en proteínas de la leche varía con la alimentación del ganado, las estaciones del año, raza, etc. De acuerdo a lo ya estudiado, el contenido puede oscilar entre 2.8 y 4.9 por ciento. Esas variaciones en el contenido proteínico afectan al rendimiento en la fabricación de quesos. Para mejorar las condiciones de fabricación y la calidad de los quesos es interesante estandarizar el contenido proteico de la leche.

Tradicionalmente, se conseguía la estandarización del porcentaje en proteínas de la leche u otros productos lácteos mediante la adición de caseína o leche en polvo. En la actualidad se emplea también leche concentrada por ultra filtración, con 74 a 86 gramos de proteínas por litro, que se mezcla con la leche en la proporción adecuada para conseguir la estandarización deseada.

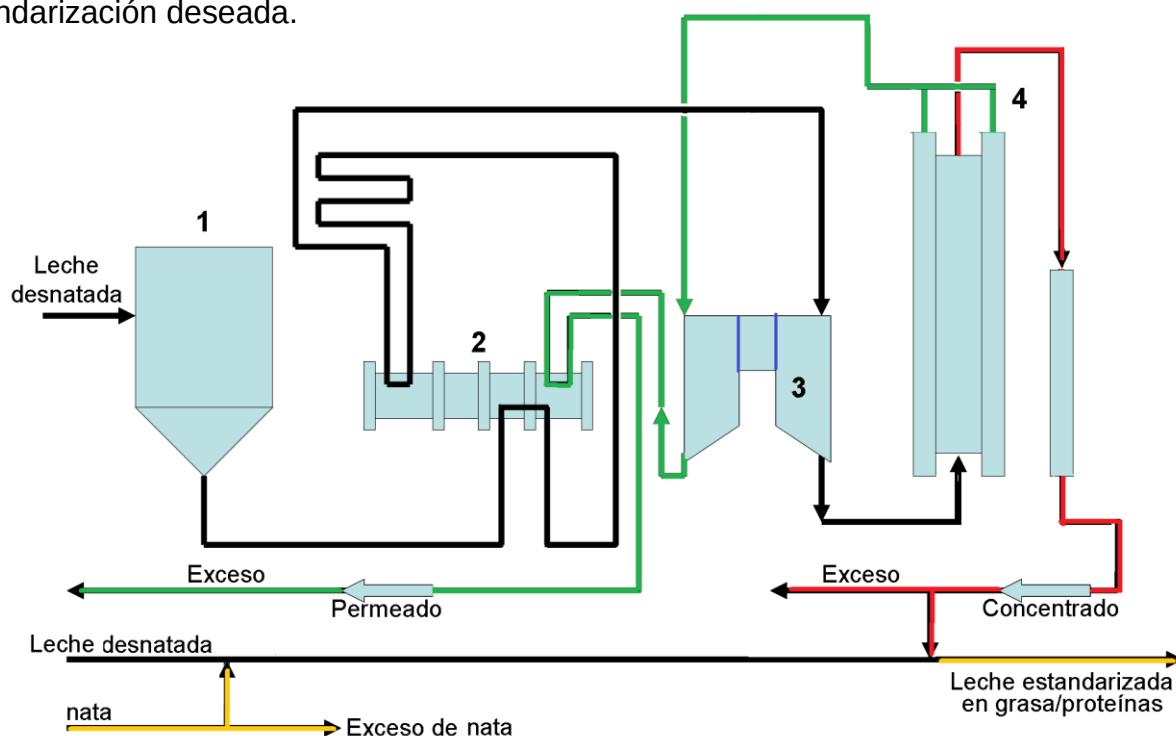


Figura 4.8 - Instalación para la estandarización del contenido proteínico de la leche  
1. Depósito de regulación; 2. Intercambiador de calor de varias secciones; 3. Mezclador;  
4. Instalación de ultrafiltración

En la Fig. 4.8 vemos cómo se desarrolla el proceso. En primer lugar, se calienta la leche y se envía a una centrífuga, que separa dos productos: leche desnatada y Nata. Parte de la leche desnatada se envía a una instalación de ultrafiltración, donde se concentra hasta alcanzar el contenido en proteínas deseado.

El concentrado proteínico producido se almacena hasta su utilización. Frecuentemente la estandarización proteínica y grasa se combina, obteniéndose un producto final normalizado en ambos componentes.

## 4.9 Pasterización: Instalaciones

La pasterización tiene como objetivo primordial la destrucción de microorganismos patógenos que pueden transmitir enfermedades al consumidor. Desde tiempo inmemorial,

una de las formas en que el hombre ha conservado sus alimentos ha sido por el uso del calor, eliminando, gracias a ello, y aún sin saberlo, los microorganismos presentes en los mismos. Pasteur, basándose en este hecho, desarrolló una técnica conocida en todo el mundo como pasteurización, nombre dado en su honor, para la eliminación de microorganismos presentes en los alimentos.

En principio se aplicó a la leche, y consistía en calentarla a 60°C durante aproximadamente treinta minutos. Posteriormente, la industria alimentaria en general aceptó esta técnica en la elaboración de los más diversos alimentos, tales como jugos de frutas, yogur, nata, etc., por las innegables ventajas de higiene para el consumo humano que reporta. La industria del mundo entero, sea a un nivel artesanal o industrial, aplica esta técnica, ya que la leche es un excelente caldo de cultivo para todo tipo de microorganismos. Otros objetivos de la pasteurización son: destrucción de cierto tipo de microorganismos que pueden producir olores o sabores desagradables; conseguir una completa disolución de los ingredientes de la mezcla en el caso de leches especiales (batido, leches gelificadas, helados, etc.)

El efecto destructor de gérmenes patógenos se consigue por la combinación de temperatura y tiempo de mantenimiento de dichas temperaturas. Tres son las combinaciones más utilizadas a nivel industrial:

-Pasteurización **Baja**, la que fue la aplicada Pasteur (60°C mantenidos durante treinta minutos).

- Pasteurización **Intermedia**, a una temperatura de 70–72 °C durante 15 a 30 segundos.

- Pasteurización **Alta**, de 83 – 85 °C durante quince-veinte segundos.

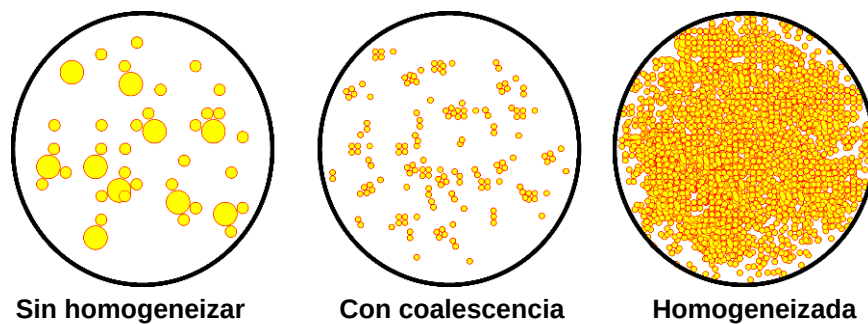
Actualmente se tiende a la pasteurización intermedia durante quince segundos, ya que presenta ventajas claras: procesos muy rápido, lo que significa más capacidad productiva; temperatura suficiente que asegura la destrucción de todos los microorganismos patógenos; ahorro energético.

Proceso: la leche llega al un tanque pulmón, desde donde una bomba la envía al pasteurizador de placa, donde se calienta en contracorriente con leche que ya sale pasteurizada. En la última sección se produce el salto térmico hasta 70–72°C, en circulación alternativa con agua caliente a 78-80°C, que es calentada por vapor en un calderín, siendo impulsada por bombeo. En la penúltima sección del pasteurizador se mantiene la temperatura de 70-72°C durante unos quince a veinte segundos. Sale nuevamente la leche, que se va enfriando.

## 4.10 Homogeneización de la leche

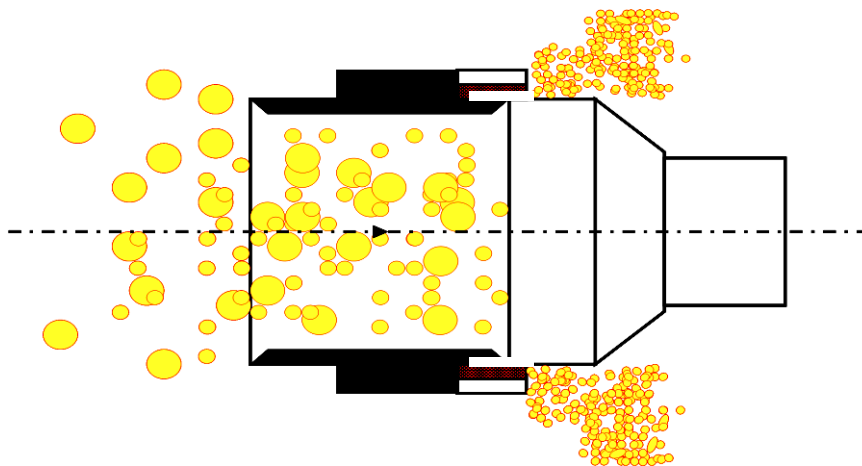
El propósito de la homogeneización es desintegrar y dividir finamente los glóbulos de grasa en la leche con objeto de conseguir una suspensión permanente, evitando que la grasa se separe del resto de los componentes y ascienda hacia la superficie por su menor peso.

La Fig. 4.10, nos presenta tres muestras de leche vistas al microscopio. La vista de la izquierda no ha sido homogeneizada, y presenta glóbulos de grasa enteros, con un diámetro medio de 3–4 micras, aunque puede haber glóbulos de grasa de 0.1 a 20  $\mu\text{m}$ . La figura de la derecha presenta una mezcla homogeneizada, donde se ve que los glóbulos han sido finamente divididos hasta reducirlos a un diámetro de 0.3 – 0.4  $\mu\text{m}$ . Es decir, con el tratamiento de homogeneización reducimos el diámetro de los glóbulos a un décimo de su diámetro inicial.



Esquema 4.10.1 - Muestras de leche al microscopio

La forma de trabajar del homogeneizador se ve en el esquema 4.10.2, donde se presenta el cabezal de homogenización. Por medio de alta presión se hace pasar a la leche a través de las pequeñas ranuras existentes entre la válvula y el asiento, lo que produce la rotura de los glóbulos. El efecto final de homogeneización es el resultado de la conjugación de tres factores: paso por una estrecha ranura a una alta velocidad, lo que somete a los glóbulos de grasa a poderosas fuerzas de rozamiento, que los deforman y rompen; la aceleración que sufre el líquido a su paso por esa estrecha franja va acompañada por una caída de presión, lo que crea un fenómeno de cavitación, en el que los glóbulos de grasa se ven sometidos a poderosas fuerzas de implosión; y, al chocar los glóbulos de grasa contra las paredes del cabezal de homogeneización, en el impacto, se rompen y dividen.



Esquema 4.10.2 - Principio de funcionamiento del cabezal de homogeneización  
Los glóbulos de grasa de la izquierda salen reducidos de diámetro al pasar por el homogeneizador

## 4.11 Refrigeración.

Después de la pasteurización, la refrigeración de la leche a una temperatura próxima a su punto de congelación prolonga su tiempo de conservación. En las fases de post-pasteurización y de envasado, es también muy importante evitar cualquier contaminación, especialmente por bacterias psicrótrofas, que son las principales responsables de la posterior alteración de los productos pasteurizados.

## 4.12 Envasado.

El envase está destinado a contener los productos lácteos en las redes de producción y distribución y debe reunir unas determinadas características: ser atractivo por su forma y presentación; proteger eficazmente al producto frente a las agresiones físicas, la luz y el calor; ser fácil de abrir; preservar el contenido de olores o sabores extraños; manipularse fácilmente; ser económico y adaptarse a las necesidades de la producción moderna. Con el tiempo, el envase recuperable ha sido sustituido por el desechable por diversas razones: es más barato; contamina menos el ambiente; resulta más cómodo para el fabricante, el distribuidor y el consumidor; permite la total automatización de las líneas de producción, etc.

## 4.13 Tipos de envases.

### 4.13.1 El envase de cartón

A pesar de su escasa resistencia, es muy apreciado por los consumidores por su aspecto, su forma y su comodidad, además de asegurar una buena protección al producto. Está compuesto por cartón forrado de polietileno y generalmente se pre-forma en la fábrica. Algunas veces su fabricación es más sofisticada para responder a necesidades específicas: por ejemplo, puede estar recubierto de una fina capa de aluminio por su cara interior, constituyendo así una eficaz barrera contra la penetración del oxígeno y conservado mejor el producto.

### 4.13.2 El envase plástico

Este puede ser rígido o flexible, se utiliza mucho en la industria lechera. Las principales ventajas del plástico flexible son que cuesta menos, permite fabricar o ensamblar directamente los envases en la línea de llenado, se necesita menos espacio para el almacenamiento, las dosificadoras utilizadas son más baratas, etc.

### 4.13.3 El envase de vidrio

Prácticamente ha desaparecido de casi todos los mercados. La rigidez de este envase protege eficazmente al producto frente a las agresiones físicas y lo hace más atractivo. Las principales razones por las que se ha dejado de utilizar son la inversión que requiere, la creciente popularidad de los envases desechables y los métodos de distribución utilizados por los supermercados.

### 4.13.4 Envase tetrabrick

Llamados también tetrabrick o brick. Es un envase de cartón, plástico polietileno y aluminio, Producido por la Empresa sueca Tetra Pak. Tiene forma de paralelepípedo y está compuesto por diferentes capas. El envase Tetra Brick puede encontrarse tanto para productos refrigerados como productos UHT bajo la denominación de Tetra Brick Aseptic. El cartón es lo que le proporciona rigidez al envase y se imprime el nombre de la firma, con datos sobre el producto, y gráfica; el Aluminio sirve como barrera eficaz contra el oxígeno y la luz y las capas de polietileno dan estanqueidad, y contacto inocuo con las paredes, permitiendo además efectuar un buen cierre del envase.

## 4.14 Envasadoras.

Es muy conveniente disponer de tanques elevados para alimentar las llenadoras por gravedad. El funcionamiento sin necesidad de bombeo, evita la incorporación de aire en el producto, facilita la precisión en el llenado, el vaciado y el lavado utilizando un sistema CIP.

Los equipos utilizados para el envasado de los productos lácteos fluidos son diferentes según el tipo de envase empleado y la velocidad de la operación. Esencialmente son de dos tipos, los que funcionan por gravedad y los llamados volumétricos; ambos tienen que cumplir las normas higiénicas de fabricación. Generalmente, las partes que están en contacto con el producto son de acero inoxidable y el equipo tiene un sistema de limpieza por recirculación.

Las envasadoras para recipientes de cartón tienen una capacidad que puede llegar a superar las 250 unidades por minuto y se suelen adaptar fácilmente a diferentes formatos con el mismo perímetro de base.

#### **4.15 Almacenamiento del producto.**

La cámara fría se considera un lugar de transición en donde por razones de economía y de frescura, el producto terminado debe pasar el menor tiempo posible antes de su distribución. Este local debe reunir las condiciones necesarias para preservar la calidad de los productos y no puede constituir un paliativo a la falta de refrigeración en otras etapas de la producción. Su capacidad depende de las necesidades de la fábrica y de otros factores como el sistema de almacenamiento utilizado, la variedad de los formatos o de los productos que se ofrecen, las diferentes marcas y el número de subproductos lácteos y otros productos que se van a distribuir. La temperatura de almacenamiento de los productos lácteos debe mantenerse aproximadamente a 1°C. La cámara fría, que es un eslabón en la cadena de producción, debe mantenerse en perfectas condiciones higiénicas para evitar que la calidad inicial de los productos se altere en la propia industria.

#### **4.16 Rotación de los productos**

Es importante que todos los envases estén codificados de forma visible y que los métodos de almacenamiento se adapten al sistema de expedición. En muchas fábricas, se utiliza un código de envasado diferente para cada equipo de fabricación, lo que permite un mejor control de la producción y suministra una información adicional al responsable de los productos en la cámara fría.

Las leches y las natas higienizadas, se consideran productos frescos y, por lo tanto, cuando los adquiere, el consumidor busca que tengan la fecha de caducidad lo más lejana posible.

#### **4.17 Control de Inventario.**

El control de inventario de los productos lácteos almacenados en la fábrica resulta muy complicado por diversas razones entre las que se pueden señalar: la gran variedad de productos y formatos; el valor de las mercancías; el gran número de unidades que se manipulan y el hecho de que su periodo de conservación es limitado.

No sirve de nada controlar el resto de las etapas de fabricación si esta operación no se vigila o si los productos del almacén no están convenientemente protegidos. En cualquier empresa es imprescindible que todos los movimientos de las mercancías queden registrados para disponer de la información necesaria para una buena gestión de los stocks.

#### **4.18 Defectos de la leche de consumo**

La calidad y el tiempo de conservación de la leche pasteurizada dependen de la calidad de la leche original, de su flora microbiana, de la higiene preventiva en la granja y en la fábrica, de las técnicas de fabricación y de la temperatura de conservación.

Las alteraciones que se producen en la leche modifican su sabor, característica fundamental en una leche de consumo.

#### 4.18.1 Gusto a quemado, a cocido o a caramelo

Este tipo de sabor aparece en la leche que ha sido sometida a una pasteurización superior a 79°C o que ha sufrido un sobrecalentamiento al permanecer durante demasiado tiempo en el pasteurizador de placas. Un sabor a quemado más intenso, puede ser el resultado de una acumulación de depósitos sobre las placas de la sección de calentamiento del aparato.

#### 4.18.2 Sabor originado por la acción de los rayos de luz

Las radiaciones del espectro visible (fluorescente u otras luces difusas) pueden ser la causa de la aparición de malos sabores que con frecuencia se asocian al gusto a quemado, a luz o típicamente oxidado.

#### 4.18.3 Sabores de oxidación

La oxidación de la materia grasa, catalizada por algunos metales (Fe, Cu), es el origen de diversos sabores descritos como insípidos, metálico, a papel a aceite o a sebo. La fracción nitrogenada de la leche también puede sufrir esta reacción de oxidación.

#### 4.18.4 Rancidez

Es la hidrólisis de la materia grasa por acción de las lipasas se liberan ácidos grasos de fuerte olor, como el butírico, que dan a la leche un sabor muy desagradable.

Una leche cruda normal tiene un índice de ácidos grasos libres entre 0.25 y 0.40. Cuando el índice es alrededor de 1.5, el consumidor detecta fácilmente esta alteración.

#### 4.18.5 Sabores originados en las fermentaciones

En general, la correcta refrigeración de la leche a baja temperatura y su conservación en la granja durante un máximo de dos días, evitan las fermentaciones bacterianas antes de la pasteurización. En la leche pasteurizada, el riesgo de fermentación aumenta gradualmente con el tiempo, dependiendo de la población bacteriana y de la temperatura de conservación. Los sabores anormales que se desarrollan con más frecuencia tienen su origen en las modificaciones bioquímicas de las proteínas y de las grasas, dando sabores amargos y a veces afrutados.

### 4.19 Leche pasteurizada

Se entiende por leche pasteurizada a la leche natural, entera o desnatada, sometida a un calentamiento uniforme a una temperatura comprendida entre 72 y 78°C durante no menos de quince segundos, que asegura la destrucción de los gérmenes patógenos y la casi totalidad de la flora microbiana sin modificación sensible de la naturaleza fisicoquímica, características y cualidades nutritivas de la leche. La definición oficial que la Unión Europea hace de la leche pasteurizada es que debe haberse obtenido mediante un tratamiento que utilice una temperatura llevada durante un corto lapso de tiempo (como mínimo 71.7°C durante 15 segundos) o un procedimiento térmico que utilice diferentes combinaciones de tiempos y temperaturas para conseguir un efecto equivalente.

La leche pasteurizada debe tener las siguientes características:

1º- Reaccionar negativamente a la prueba de la fosfatasa y positivamente a la de la peroxidasa.

2º- Enfriarse inmediatamente después de la pasteurización y alcanzar lo antes posible una temperatura que no exceda de 6°C.

3º- No contendrá sustancias farmacológicamente activas en cantidades superiores a los límites establecidos por las autoridades.

Según su contenido en grasa, la leche pasteurizada se puede clasificar en:

1º- Leche pasteurizada entera, que debe contener un mínimo de 3.2% de materia grasa y un mínimo de 8.2% de extracto seco magro.

2º- Leche pasteurizada parcialmente desnatada, con un contenido en grasa que suele fijarse en el 1.5%, aunque también se pueden fijar otras cifras.

## 4.20 Leche esterilizada

Leche esterilizada, entera o desnatada, es la que se somete después de su envasado a un proceso de calentamiento de 110-120°C durante veinte minutos, que asegura la destrucción de todos los microorganismos y esporas presentes.

Según las normas fijadas por la Unión Europea, la leche esterilizada debe cumplir los siguientes requisitos:

- 1) Haber sido calentada y esterilizada en envases o recipientes herméticamente cerrados, permaneciendo intacto el dispositivo de cierre.

- 2) Tener, en caso de controles aleatorios, una conservabilidad tal que no sea perceptible ninguna alteración después de una permanencia de 15 días en un envase cerrado a una temperatura de 30°C. Siempre que resulte necesario también podrá preverse una permanencia de 7 días en un envase cerrado a una temperatura de 55°C.

- 3) La producción de leche esterilizada podrá llevarse a cabo a partir de la leche cruda que haya sido sometida en otro establecimiento a una termización o un tratamiento térmico.

- 4) No contendrá sustancias farmacológicamente activas en cantidades superiores a los límites establecidos por las autoridades.

En cuanto a controles microbiológicos, la leche esterilizada debe cumplir lo siguiente: después de incubación a 30°C durante quince días: gérmenes < 10, control organoléptico: normal

Al igual que ocurre con la leche pasteurizada, según el contenido graso tendremos leche esterilizada entera, desnatada o semi-desnatadas.

El proceso de elaboración de la leche esterilizada comprende las siguientes fases:

- a) Eliminación de impurezas por centrifugación
- b) Precalentamiento a unos 70°C en flujo continuo.
- c) Homogeneización de la grasa para que quede en suspensión, evitando que ascienda hacia el cuello de las botellas
- d) Envasado en recipientes herméticamente cerrados, estancos a los líquidos y a los microorganismos, para asegurar la ausencia de infecciones externas.
- e) Esterilización en los equipos correspondientes a una temperatura de 110-120°C durante veinte minutos
- f) Enfriamiento a 20-35°C. Almacenamiento y distribución.

El precalentamiento antes citado puede ser sustituido por una pre-esterilización a no menos de 135°C durante dos segundos como mínimo, seguida de enfriamiento hasta la temperatura de envasado.

Las torres de esterilización funcionan de la siguiente manera: las botellas con leche, cerradas debidamente, entran en la torre pasando por diversas zonas, de modo que su temperatura vaya subiendo paulatinamente hasta llegar a la zona central calentada por vapor a 120°C, donde la leche alcanza los 110 – 118°C, manteniéndose esta temperatura unos veinte minutos. Después las botellas pasan por diversas zonas de enfriamiento, incluido un baño final de agua a 20°C. Con este intenso tratamiento térmico la leche sufre un cierto pardeamiento y caramelización de la lactosa

#### 4.21 Leche esterilizada y envasada asépticamente (UHT)

Este tipo de leche, conocida más comúnmente como leche UHT, es la leche natural, entera o desnatada, sometida a un proceso de calentamiento a una temperatura de 135-150°C durante dos a ocho segundos, que asegura la destrucción de todos los microorganismos y la inactividad de sus formas de resistencia (esporas), siendo envasada posteriormente en condiciones asépticas.

Los fines que se persiguen son los siguientes: asegurar su estabilidad y su larga conservación para satisfacer las exigencias comerciales; eliminar los microorganismos patógenos que puedan alterar la salud del consumidor y sus toxinas; destruir todos los microorganismos capaces de proliferar durante el almacenamiento.

El envasado aséptico es una técnica de llenado de productos estériles (leche tras el tratamiento UHT) en envases estériles en condiciones asépticas, es realizado en la leche esterilizada que quiere tener una larga vida útil.

Uno de los formatos más utilizados para el envasado de la leche UHT es el envase de cartón tetrabrick (Tetra Pak, 1994).

El proceso de envasado aséptico, se observa en la Fig. 4.21.1, donde el rollo o bovina de cartón laminado, previamente es esterilizado químicamente mediante  $H_2O_2$  al 17%. Luego el exceso de agua oxigenada es eliminado con aire. El rollo entra a la cámara aséptica, donde se introduce el producto mediante una tubería a la cámara. El envase se forma mediante láminas formadoras, se introduce el producto (llenado) y seguidamente se hace el sellado del mismo, para finalizar con el corte del envase.

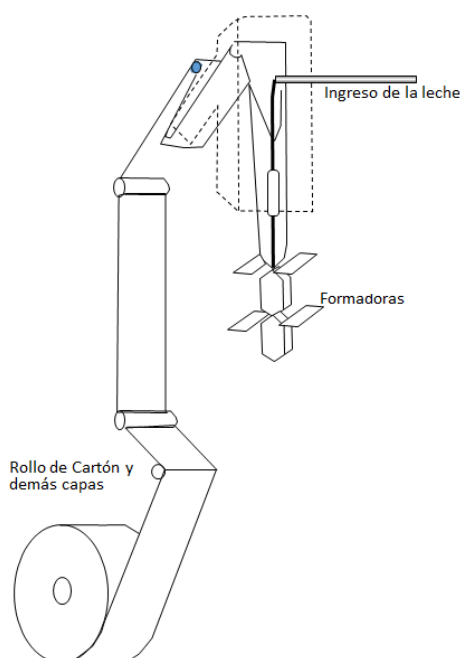


Figura 4.21.1 – Máquina envasadora aséptica en tetrabrick

#### 4.22 Aspectos físico-químicos del tratamiento UHT

Los tratamientos térmicos que se aplican para destruir los microorganismos desencadenan reacciones químicas o físico-químicas que generalmente son indeseables. Al aumentar la temperatura de tratamiento, estas reacciones se aceleran, pero el coeficiente de

destrucción bacteriana es considerablemente más elevado que la velocidad de las reacciones químicas. Es decir que la tasa de destrucción de microorganismo es proporcional a la temperatura, mientras que la velocidad de las reacciones químicas está relacionada principalmente con la duración del tratamiento. Este hecho se ilustra en la tabla 4.21.2, donde se muestran las relaciones tiempo/temperatura para un mismo valor de esterilización y el aumento de los cambios químicos por unidad de tiempo en función del aumento de la temperatura. Por ejemplo, suponiendo que el  $\Delta$  inicial es de 115°C y que el tiempo de tratamiento es de 30 minutos, los datos de la tabla 4.21.2 indican que elevando la temperatura a 145°C, el tiempo de tratamiento puede reducirse a 2 segundos. La tercera columna indica que entonces se producirá el 2.7% de los cambios químicos del tratamiento inicial de 30 minutos. Este es el principio básico que ha contribuido al desarrollo del tratamiento U.H.T y a su utilización industrial.

| Temperatura       | Tiempo necesario para producir el mismo efecto<br>A | Relación de los cambios químicos por unidad de tiempo<br>B | % de los cambios en el tiempo bactericida<br>$A \times B \times 100$ |
|-------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| $\Delta$ inicial  | 1                                                   | 1                                                          | 100                                                                  |
| $\Delta$ , + 10°C | 0.1                                                 | 3                                                          | 30                                                                   |
| $\Delta$ , + 20°C | 0.01                                                | 9                                                          | 9                                                                    |
| $\Delta$ , + 30°C | 0.001                                               | 27                                                         | 2.7                                                                  |

Tabla 4.21.2 - Efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento sobre las reacciones químicas

La elaboración de la leche U.H.T, comprende dos fases: la esterilización y el envasado aséptico.

El tratamiento térmico se aplica de dos maneras:

*tratamiento directo*, consiste en la inyección de vapor en la leche (uperizado) o la dispersión de la leche en una cámara de vapor; tanto en un caso como en el otro, el diagrama del tratamiento será el mismo

*tratamiento indirecto*, se suministra en un sistema de placas, un sistema tubular o la combinación de ambos; también en este caso el diagrama es más o menos igual, utilizando el mismo principio de regeneración que el de la leche pasteurizada.

Una vez esterilizada, la leche debe mantenerse en un estado de asepsia total; el sistema de tratamiento puede conectarse directamente a uno o más envasadoras, o bien a un tanque de almacenamiento aséptico, según el procedimiento. La envasadora aséptica tiene que asegurar la esterilización del envase y disponer de una zona estéril para el llenado. Generalmente el envase se esteriliza con peróxido de hidrógeno a una concentración del 30-35%, que seguidamente se evapora a una temperatura superior a 100°C, necesaria para la esterilización del papel. En los sistemas más sencillos, el material del envasado se compone de polietileno, aluminio y papel laminado. Este tipo de material protege adecuadamente al producto frente a la luz y el aire.

**Cambios químicos.** A pesar de las mejoras que supone, el tratamiento térmico U.H.T mínimo necesario para destruir las bacterias produce la desnaturalización de la  $\beta$ -lacto globulina, lo que implica una liberación de grupos sulfhídricos (SH-), que tienen un efecto determinante sobre el sabor del producto. Estos grupos son los responsables del pronunciado sabor a cocido de la leche recién tratada. Las propiedades reductoras de estos grupos retrasan las reacciones de oxidación de la leche durante el almacenamiento.

### 4.23 Ventajas del proceso

El tratamiento U.H.T. (ultra high temperature) se considera como la revolución más importante en tecnología lechera desde la pasteurización H.T.S.T (high temperature short time). Este procedimiento ofrece la doble ventaja de una larga conservación de la leche de consumo sin necesidad de refrigeración. De esta forma, la distribución resulta más económica porque se puede llevar a cabo, por ejemplo, semanalmente y sin límite de recorrido. Debido a su larga conservación, las devoluciones son muy escasas y se producen principalmente por la incorrecta manipulación del producto.

La elaboración de leche esterilizada U.H.T. permite una gran automatización. En este sentido, es importante que el equipo utilizado en este proceso disponga de un sistema automático de limpieza y desinfección (CIP, Clearing in place)

## Referencias Bibliográficas

Amiot Jean. **“Ciencia y Tecnología de la Leche”**. Editorial Acribia, S.A. Editores: la fundación de tecnología Lechera de Quebec, Canada. I.S.B.N.: 84-200-0713-7. Zaragoza, España (1991)

Madrid Vicente, Antonio Vicente **“Curso de Industrias Lácteas”**. ISBN:84-87440-82-7. Munci-Prensa Libreos S.A. Madrid, España (1996)

Alais, **Charles “Ciencia de la Leche”**. Editorial Reverte. ISBN:8429118152 84-291-1815-2. Madrid, España (1985)

## **Unidad 4: CREMA Y MANTECA**

Universidad Nacional de San Luis Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias  
Departamento: Ingeniería de Procesos  
Área: Tecnología en Alimentos  
Asignatura: Tecnología de los Lácteos  
Carrera: Ingeniería en Alimentos – Ingeniería Química

### **ÍNDICE DE CONTENIDO**

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 5.1 Crema de Leche .....                                  | 2  |
| 5.1.1 Definición Bromatológica de Crema .....             | 2  |
| 5.1.2 Composición, propiedades y elaboración .....        | 2  |
| 5.1.3 Crema en polvo .....                                | 4  |
| 5.2 Manteca.....                                          | 4  |
| 5.2.1 Definición Bromatológica .....                      | 4  |
| 5.2.2 Manteca: Proceso discontinuo.....                   | 4  |
| 5.2.2.1 Desacidificación de la Crema.....                 | 6  |
| 5.2.2.2 Pasterización y refrigeración.....                | 6  |
| 5.2.2.3 Maduración física de la crema.....                | 6  |
| 5.2.2.4 Batido .....                                      | 6  |
| 5.2.2.4.1 Consideraciones técnicas acerca del batido..... | 7  |
| 5.2.2.4.2 Temperatura de batido .....                     | 7  |
| 5.2.2.5 Salado .....                                      | 7  |
| 5.2.2.6 Amasado .....                                     | 7  |
| 5.2.3 Proceso continuo de fabricación.....                | 8  |
| 5.2.3.1 Flotación o aglomeración .....                    | 8  |
| 5.2.3.2 Concentración .....                               | 8  |
| 5.2.3.3 Emulsión o combinación .....                      | 8  |
| 5.2.4 Ventajas del proceso continuo.....                  | 9  |
| 5.2.5 Envasado y almacenamiento de la manteca .....       | 10 |
| 5.2.6 Calidad de la manteca .....                         | 10 |
| 5.2.7 Defectos.....                                       | 11 |
| 5.3 Mantecas especiales y productos asociados .....       | 12 |
| Referencias: .....                                        | 14 |

## Unidad 5: CREMA Y MANTECA



Versión 20MAY24

### 5.1 Crema de Leche

#### 5.1.1 Definición Bromatológica de Crema

Según el Código alimentario en su Artículo 585, derogado por la Resolución Conjunta SPRyRS (Secretaría de Política y Regulación de Salud) y SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos) N° 33/2006 y N° 563/2006; sustituido por la Resolución Conjunta SAGyP (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca) y SCS (Secretaría de Calidad en Salud) N° 12/2023 REGLAMENTO TÉCNICO MERCOSUR DE IDENTIDAD Y CALIDAD DE CREMA DE LECHE, define:

- Con el nombre de crema de leche se entiende el producto lácteo relativamente rico en grasa separada de la leche por procedimientos tecnológicamente adecuados, que adopta la forma de una emulsión de grasa en agua.

#### 5.1.2 Composición, propiedades y elaboración

Se entiende por nata el producto lácteo rico en materia grasa separado de la leche por decantación o centrifugación, que toma la forma de una emulsión del tipo de grasa en agua.

El porcentaje graso de la nata puede variar bastante, por lo que se establece la siguiente clasificación:

- .- crema doble, que contiene un mínimo de 40% de materia grasa
- .- crema para batir, que contiene un mínimo del 35% y menos del 40%
- .- crema de bajo tenor graso o liviana o semicrema, que contiene un mínimo de 12% y un máximo del 35%.

Con el objeto de evitar el crecimiento de microorganismos patógenos, la crema debe ser sometida a tratamiento térmico. Así tendremos:

- .- Crema pasteurizada: la que se somete a un tratamiento térmico de 80 – 90°C durante quince-veinte segundos, que asegura la total destrucción de los gérmenes patógenos y la casi totalidad de la flora banal. Dada la suavidad del tratamiento, apenas si hay modificaciones sensibles de naturaleza fisicoquímica y de sus cualidades nutritivas.

- .- Crema esterilizada: es la sometida, en el mismo envase en que se suministra al consumidor, a un calentamiento de 108 – 116°C durante veinte a cuarenta y cinco minutos,

que asegura la destrucción de todos los microorganismos y la inactividad de sus formas de resistencias.

.- Crema UHT: es sometida, en proceso continuo, a tratamiento térmico de 132°C durante dos segundos, que asegura la destrucción de los gérmenes y la inactividad de sus formas de resistencia, siendo posteriormente envasada en condiciones asépticas. La crema pasteurizada puede ser congelada posteriormente entre -18 y -30°C en el centro de su masa, pudiéndose conservar así hasta seis meses.

A las cremas esterilizadas y UHT se les da un periodo de vida de hasta doce meses. Las pasteurizadas es de veinticinco días.

La crema se puede clasificar también según las sustancias que se le incorporan. Así tenemos:

.- Crema batida o montada: es la sometida a una agitación mecánica con gases inocuos tales como nitrógeno, dióxido de carbono, óxido nitroso o aire. Cuando mayor sea el contenido en grasa, más fácil será batir la crema.

.- Crema azucarada: es la que se le ha agregado sacarosa o glucosa, o ambas, en una proporción total no superior al 15% en masa con respecto al producto terminado. *(Art 589 - Con la denominación de Crema Chantilly para uso en pastelería y/o repostería, se entiende el producto elaborado con crema que responda a las exigencias establecidas en el presente capítulo para crema de Leche pasteurizada, adicionada de azúcar y sometida a un proceso de incorporación de aire).*

.- Cremas aromatizadas: existen con sustancias naturales, crema con frutas u otros alimentos.

.- Crema ácida o acidificada: con la adición de fermentos lácticos. Esta es la crema sometida a proceso de maduración por fermentos tales como *Streptococcus lactis cremoris*. *(Art 588 - Con la denominación de Crema Ácida, Crema Cultivada Ácida o Crema Cultivada, se entiende el producto obtenido por la acidificación biológica de cremas de leche homogeneizadas o no, previamente pasteurizadas, mediante el empleo de cultivos de bacterias lácticas seleccionadas).*

La crema se obtiene por centrifugación de la leche, a una temperatura de 62 – 65°C, evitando la aparición de grasa libre. La crema procedente de los diversos procesos de elaboración de productos lácteos se va acumulando en un depósito. En este se mantiene la crema entre treinta minutos hasta tres horas, de forma que pierda más del 50% de aire.

Además, desaparecen también aromas volátiles extrañas y se inactivan las enzimas al estar la crema a una temperatura de 60 – 62°C.

Una bomba envía la crema normalizada a la sección regenerativa de un intercambiador de placas. En esta sección se calienta en contracorriente con crema saliente. Después, mediante otra bomba, pasa a las secciones de calentamiento y de mantenimiento de la temperatura. La pasteurización de la crema se hace normalmente a una temperatura de 80-90°C, que se mantiene entre diez y cuarenta segundos. La crema pasa después a las etapas regenerativa y de enfriamiento, hasta alcanzar una temperatura de 6 - 8°C.

Desde el pasteurizador la crema se envía a los depósitos de maduración. Para esto no se deben usar bombas debido a que podrían producirse turbulencias en los glóbulos de grasa recién enfriados.

Durante la maduración se pretende conseguir que parte de la crema cristalice, para lograr después su posterior batido y montado. Cuando la crema está caliente, la proporción de grasa líquida es demasiada alta para poder batirla en condiciones apropiadas. Por ello se almacena la crema en depósitos maduradores durante varias horas y a baja temperatura. La crema debe mantenerse fría en dichos depósitos, con agitación suave. Pasado el periodo de

cristalización, la crema debe batirse rápidamente a 5-6°C. La rapidez es importante para evitar que suba la temperatura de la crema durante el proceso, lo que daría un producto de menor calidad

### **5.1.3 Crema en polvo**

Art 590 - Con la denominación de Crema de Leche en Polvo, Crema en Polvo, Polvo de Crema de Leche o Polvo de Crema, se entienden los productos obtenidos por deshidratación adecuada de cremas aptas para la alimentación humana que previamente podrán ser pasteurizadas y/u homogeneizadas.

La crema en polvo es el producto seco y pulverizado que se obtiene mediante la deshidratación de la crema pasteurizada cuando aún está en estado líquido.

La crema en polvo debe tener entre un 50 y 75% de grasa y un máximo del 1% de humedad. Si se trata de crema delgada o ligera se permite un mínimo de grasa entre el 50 y 65%. El polvo debe ser de buena calidad microbiológica, de color blanco amarillento y sin impurezas macroscópicas.

El material de los envases utilizados para la crema en polvo puede ser hojalata, aluminio o cartón parafinado. Cuando el envasado se hace bajo vacío o en atmósfera de gases inertes, la crema en polvo se conserva bien durante nueve meses o incluso un año. Para la crema envasada en condiciones normales, la legislación le asigna un periodo de vida de tres meses.

## **5.2 Manteca**

### **5.2.1 Definición Bromatológica**

CCA - Art 596 - (Resolución Conjunta SPRyRS y SAGPyA N° 33/2006 y N° 563/2006)- Con el nombre de Manteca se entiende el producto graso obtenido exclusivamente por el batido y amasado, con o sin modificación biológica, de la crema pasteurizada derivada exclusivamente de la leche, por procesos tecnológicamente adecuados. La materia grasa de la manteca deberá estar compuesta exclusivamente de grasa láctea.

### **5.2.2 Manteca: Proceso discontinuo**

Desde un punto de vista físico-químico, la manteca está constituida esencialmente por la grasa de la leche en forma de una emulsión del tipo agua en aceite. Su proceso de fabricación se basa precisamente en invertir la emulsión original de la leche y la crema, productos en los que los glóbulos grasos están dispersos en el suero. La composición media de una manteca salada es: 80% de materia grasa; 16.5% de agua; 2.3% de sal y 1.2% de suero que contiene proteínas y minerales. La manteca contiene también vitaminas liposolubles A, D, E y K.

La consistencia de la materia grasa depende principalmente del grado de instauración, de la longitud de las cadenas, de la posición que ocupan los ácidos grasos en la molécula de glicerol y de los distintos puntos de fusión de cada grupo de triglicéridos.

La materia grasa se encuentra en forma de corpúsculos esféricos o ligeramente ovoides y también se presenta en forma de agregados de glóbulos grasos. Las aglutininas (globulinas, proteínas insolubles del suero) se pueden adsorber a la capa periférica de los glóbulos grasos individuales y favorecer la formación de racimos, lo que facilita la ascensión de la materia grasa. Dada la heterogeneidad de la estructura de la leche y la nata, la materia grasa se encuentra en un equilibrio inestable entre tres fases: coloidal, soluble y

emulsificada. En el suero, el glóbulo graso está rodeado de una membrana activa y sensible a los tratamientos tecnológicos y a la acción de agentes químicos, enzimáticos y microbiológicos. Cuando las operaciones como la agitación, el bombeo y la refrigeración se realizan de forma energética, producen el desplazamiento de las lipoproteínas de la membrana de los glóbulos grasos hacia el suero y los triglicéridos se sitúan en la superficie. La cristalización fraccionada de los triglicéridos comienza por los más saturados: entonces se produce una contracción del núcleo del glóbulo graso y aparecen fisuras a través de las cuales los triglicéridos líquidos salen al exterior. Se reparten por la superficie de los glóbulos grasos y forman grupos de glóbulos; a este fenómeno se le llama engrasado. Durante el batido de la nata esta membrana se deforma y se rompe liberando, por una parte, el contenido del glóbulo, es decir, la materia grasa o manteca; y por otra, el suero de manteca, llamado también mazada o “babeurre” (suero de leche), junto con algunos restos de las membranas. La acción mecánica intensa favorece el acercamiento y la fusión de los glóbulos y con ello la desestabilización de la emulsión.

La fabricación industrial de manteca se presenta en el diagrama de flujo de la Fig. 5.1

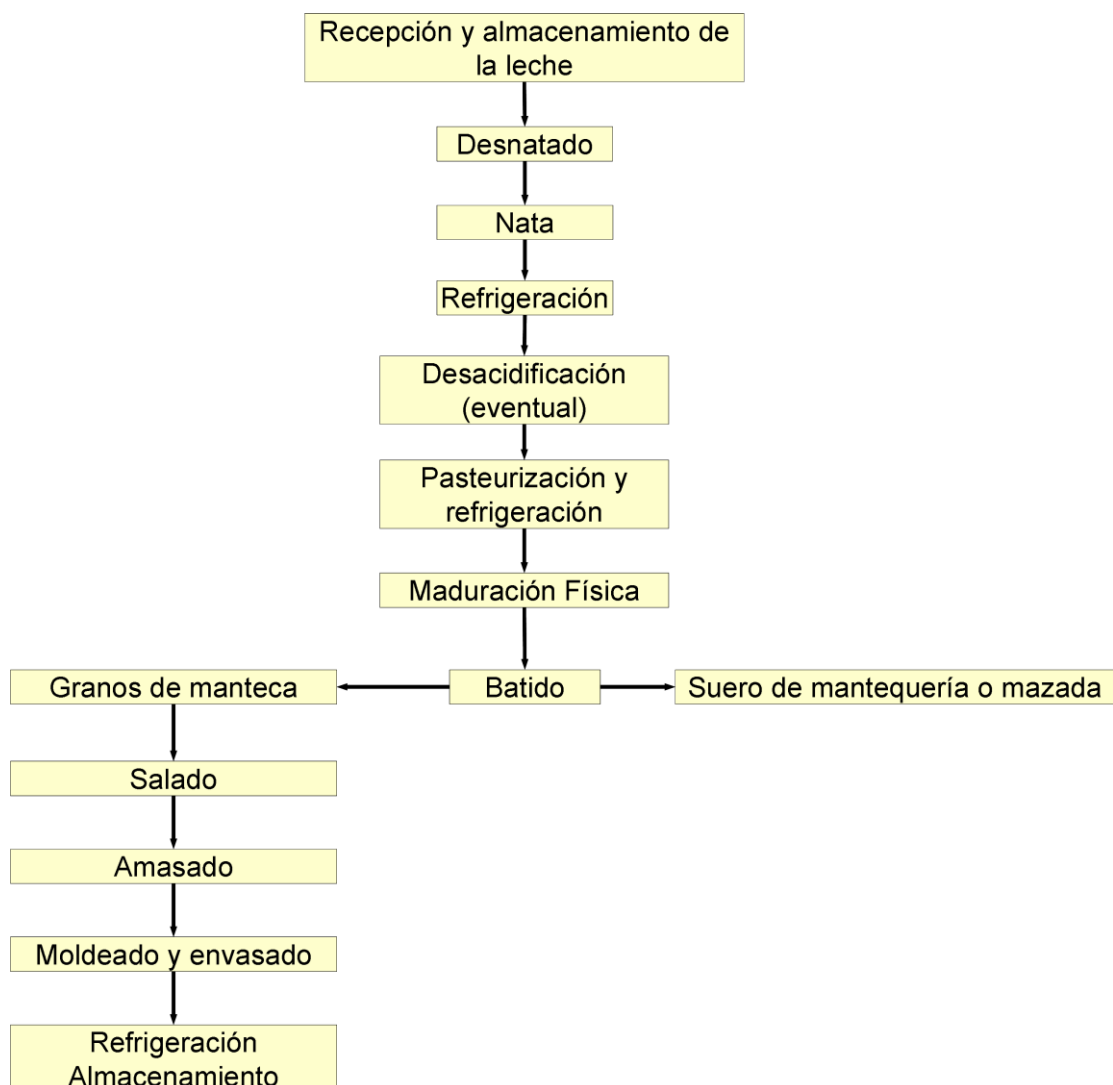


Figura 5.1 - Etapas de la fabricación de manteca

#### 5.2.2.1 Desacidificación de la Crema.

Los métodos que se utilizan normalmente para la refrigeración rápida de la leche y su conservación en la granja a bajas temperaturas, evitan el desarrollo de acidez. Por esta razón, en general la nata que se obtiene es de buena calidad y su acidez varía entre 0.08 y 0.12%. No obstante, si accidentalmente la nata se encuentra en condiciones adversas, puede adquirir una acidez más elevada que disminuye la calidad de la manteca y origina un aumento de las pérdidas de grasa en el suero. Si la nata tiene una acidez superior al 0.20%, pueden aparecer en la manteca de larga conservación, sabores anormales a pescado, oxidado, etc. Por lo tanto, es muy importante normalizar la acidez de la nata. Los neutralizantes utilizados pueden ser sódicos o cálcicos, según normas legales en cada país (bicarbonato sódico, carbonato de sodio e hidróxido de sodio entre los más usados). Deben agregarse con precaución para evitar la formación excesiva de espuma originada por la producción de gas carbónico. La solución neutralizante se añade a la nata a una temperatura entre 25° y 30°C, antes de su pasteurización y debe mezclarse rápidamente para evitar cualquier concentración local.

#### 5.2.2.2 Pasterización y refrigeración.

La nata se somete a una pasteurización más severa que la leche; como mínimo 80°C durante 15 segundos porque la resistencia de los microorganismos al calor es mayor en la nata, pues la capa de materia grasa ejerce un efecto protector. Eventualmente, antes de la pasteurización, la nata se puede someter a un tratamiento térmico a vacío con el fin de eliminar las sustancias volátiles responsables de los malos olores y sabores (es el procedimiento de *vacreación*). Este proceso consiste en calentar con una inyección de vapor para calentar la nata hasta 78°C y a continuación, pasar el producto a una cámara de vacío donde existe un vacío correspondiente a una temperatura de ebullición de 16 °C menor a la temperatura de ingreso (en este caso a 62°C). Esta presión reducida hace que las sustancias volátiles aromáticas escapen en forma de gases cuando la nata pasa a la etapa posterior de flash-cooling (enfriamiento por aumento brusco de presión).

#### 5.2.2.3 Maduración física de la crema.

Si no controlásemos la refrigeración de la nata, la consistencia y la dureza de la manteca, dependería exclusivamente de la composición y de las propiedades físicas de la materia grasa y por lo tanto variaría con las estaciones.

Para evitar esta situación, hay que adaptar la fabricación a los cambios que se producen en la composición y las propiedades de la materia grasa. Esta es la finalidad que persigue, utilizando el frío, la maduración física de la nata pasteurizada. Esta operación consiste en refrigerar y mantener la nata a baja temperatura durante un tiempo suficientemente largo para obtener una relación óptima entre la grasa solidificada y la grasa líquida. En la maduración física de la nata, se puede controlar el grado y la velocidad de cristalización de la grasa en el interior del glóbulo y conseguir así una regularidad en su estado físico.

Después de la pasteurización, la nata se refrigera rápidamente en un intercambiador tubular o en un sistema de placas a una temperatura de unos 3°C menos que la de batido. En general la nata se enfría hasta 7-10°C durante un tiempo mínimo de tres a cuatro horas y preferentemente de unas veinte horas para conseguir la solidificación parcial de los glóbulos grasos.

#### 5.2.2.4 Batido

La fabricación de manteca requiere dos operaciones fundamentales: la inversión de fases de la emulsión de nata y la expulsión del suero. Este proceso se lleva a cabo durante el batido de la nata.

#### 5.2.2.4.1 Consideraciones técnicas acerca del batido

Principio del batido. Se han propuesto diversas teorías para explicar el fenómeno de butirificación durante el batido. Las más importantes son las basadas en los principios de aglomeración, concentración y combinación. La fabricación de manteca por el procedimiento convencional o método discontinuo, es una aplicación del principio de la aglomeración y se basa en la teoría de las espumas. La nata se agita en condiciones determinadas que favorecen la formación de manteca por coalescencia de los glóbulos grasos. Durante la agitación de la nata se forma abundante espuma, los glóbulos grasos se aglomeran en grumos cada vez más grandes y posteriormente la espuma se desestabiliza y los granos de manteca se separan del suero. La incorporación de aire durante la agitación aumenta la viscosidad de la nata, orienta y aproxima mucho los glóbulos grasos en las paredes de las burbujas en donde la inter-fase está constituida por agentes tensoactivos, agua y aire. La refrigeración, la formación de la espuma y los choques repetidos tienen un efecto abrasivo sobre los glóbulos y modifican su membrana rompiendo la capa interna, lo que facilita la liberación de la materia grasa líquida y la coalescencia de muchos grumos entre los que quedan dispersas gotitas de suero muy pequeñas. El fenómeno se va intensificando durante el proceso y cuando la materia grasa que se encuentra en forma líquida es suficiente en relación a la materia grasa sólida, se forman gránulos más grandes o granos de manteca. La emulsión se invierte súbitamente y el suero se separa. Después, los granos de manteca se amasan para conseguir que se suelden y obtener una masa homogénea de manteca.

Las batidoras convencionales son de acero inoxidable con superficie interior rugosa. Pueden ser de distintas formas y capacidades, pero generalmente giran alrededor de un eje horizontal. Están equipadas para realizar la agitación de la nata, el amasado de la manteca y el control de la temperatura.

#### 5.2.2.4.2 Temperatura de batido

En la fabricación clásica de manteca a partir de nata dulce, la temperatura de batido varía según la dureza de la materia grasa (en función de su punto de fusión), el tamaño de los glóbulos grasos, la acidez, la riqueza en grasa y la viscosidad de la nata. En principio, para obtener una manteca con la consistencia y textura adecuadas, evitar las pérdidas excesivas de grasa en el suero y asegurar una buena conservación del producto final, hay que trabajar a una temperatura que permita realizar el batido en un tiempo de 40 a 60 minutos. En primavera y verano, esta temperatura es del orden de 7 a 10°C

#### 5.2.2.5 Salado

La sal contribuye a intensificar el sabor y prolonga el tiempo de conservación de la manteca. Sus propiedades antisépticas limitan el desarrollo microbiano y evitan la aparición de algunos defectos. Sin embargo, tienen también algunos efectos negativos. Las gotitas de agua salada son más difíciles de dividir y tienen un tamaño mayor, lo que modifica la consistencia de la manteca haciéndola más grosera.

Hay un mercado para la manteca dulce sin sal, pero generalmente es mucho mayor el de la manteca salada. La sal se suele añadir en una proporción entre el 1 y 3% según las exigencias del consumidor. El mayor porcentaje autorizado para la manteca de lata es del 2%.

#### 5.2.2.6 Amasado

El amasado es un tratamiento que se realiza para mezclar íntimamente los granos de manteca con el fin de obtener un producto de la consistencia y la textura deseadas; también sirve para dispersar finamente el agua y la sal en la fase continua, es decir, en la materia grasa. Tiene también el efecto de favorecer la expulsión de la grasa líquida y cristalizada de

los glóbulos grasos. Para conseguir estos fines, las batidoras están provistas de paletas interiores u otros dispositivos capaces de arrastrar una parte de la manteca hasta la parte superior, desde donde cae para mezclarse con la masa de manteca que está en el fondo del equipo. De forma general se recomienda amasar la manteca hasta que desaparezcan las gotas de agua visibles en su interior y el producto adquiera una consistencia firme, una textura ccrea y una apariencia lustrosa. La decisión del punto óptimo de amasado, depende mucho del juicio y la experiencia de cada maestro mantequero

### **5.2.3 Proceso continuo de fabricación**

Los métodos continuos de fabricación de manteca se basan en tres principios diferentes: flotación o aglomeración, concentración y emulsión o combinación.

#### **5.2.3.1 Flotación o aglomeración**

El principio de esta técnica es el mismo que el de la agitación discontinua de manteca; pero aplicado de forma acelerada. Las paletas de batido giran a gran velocidad (2000 rpm) y como consecuencia de la agitación de la nata y la formación de espuma, la aglomeración de los glóbulos de grasa se produce muy rápidamente, en unos tres segundos, formándose los granos de manteca que pasan a una sección de amasado, mientras que el suero se elimina de forma continua. La nata que se utiliza tiene una concentración entre el 40 y 50% de materia grasa. Este principio es aplicado en el procedimiento Fritz, de origen alemán y en el procedimiento Senn de origen suizo.

#### **5.2.3.2 Concentración**

En este método, la nata se concentra previamente en una desnatadora centrífuga, hasta una riqueza en materia grasa próxima a la de la manteca. La nata concentrada es muy inestable porque los glóbulos grasos están muy próximos entre sí y muy deformados. La inversión de fases se produce por enfriamiento a la entrada del butirador y por el frotamiento mecánico de los tornillos o de los agitadores del interior del equipo. El proceso de elaboración se completa con el batido y el amasado en continuo.

#### **5.2.3.3 Emulsión o combinación**

El sistema de fabricación por combinación comprende tres operaciones fundamentales: desestabilización de una nata muy rica en grasa (85 -99%); estandarización de la composición mediante la incorporación de agua o de una solución acuosa de sal en la grasa en estado líquido; y la refrigeración para solidificar la manteca. En este principio se basan los procedimientos Cherry-Burrell, Creamery Package y Kraft.

*Procedimiento Fritz.* Este procedimiento es el que más se parece a la fabricación tradicional discontinua y el más extendido. Los butiradores Contimba-Simon, Westfalia, Paasch y Silkebog, entre otros, se basan en este principio de batido acelerado.

Las batidoras tipo Fritz se componen generalmente de tres secciones: la de batido, la de separación y la de amasado. Los granos de manteca se forman en la sección de batido. Esencialmente, consiste en un cilindro refrigerado y una batidora; en ocasiones, también en una pre-batidora. Algunos modelos tienen un cilindro de gran diámetro y la nata se proyecta sobre un cono interior de la batidora antes de entrar en contacto con las paletas, lo que evita los choques demasiado violentos que rompen los glóbulos aumentando las pérdidas de grasa.

La sección de separación es la más variable de un aparato a otro. Incluso puede no existir en algunos modelos en los que los granos de manteca entran directamente en la sección de amasado después de separar el suero. En esta fase del proceso, es muy importante cuidar

la velocidad del cilindro y la temperatura de refrigeración; regulando de forma apropiada estos parámetros se facilita el aumento de tamaño de los granos de manteca.

En la sección de batido se ajusta la composición de manteca y se obtiene la textura final deseada. Esta sección consiste en un cilindro inclinado para permitir la mejor separación del suero, en cuyo interior hay dos tornillos helicoidales que giran en sentido inverso a la velocidad regulable.

El agua y la salmuera se suelen inyectar antes del amasado a vacío. Una bomba dosificadora de flujo regulable distribuye la sal uniformemente en las mantecas

La sección de amasado está equipada con un sistema de refrigeración y los accesorios necesarios para el lavado de la manteca. Algunos butiradores tienen una sonda que mide continuamente la humedad de la manteca a la salida de la boca del cilindro.

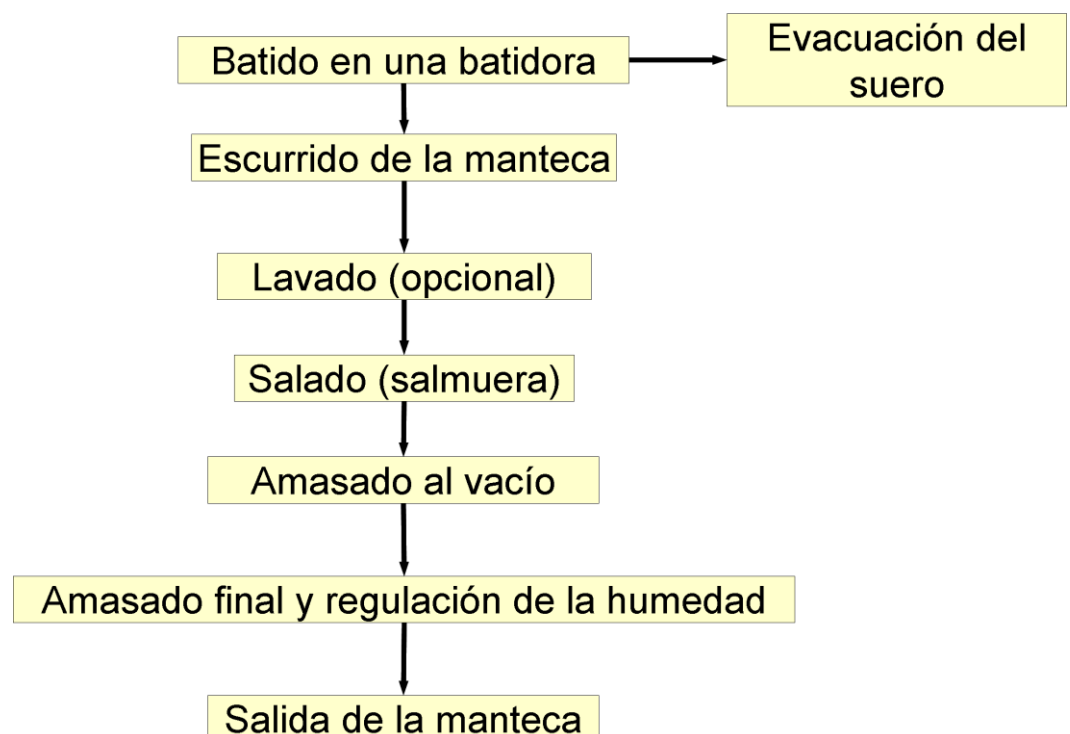


Figura 5.2 - Representación esquemática de las principales etapas de la fabricación de manteca en continuo por el procedimiento Simon

#### 5.2.4 Ventajas del proceso continuo

La principal ventaja de los procedimientos continuos es su capacidad de producción; algunos modelos de batidoras pueden fabricar hasta 5000 kg por hora. Sin embargo, según datos disponibles, el costo de fabricación en continuo es más elevado que el procedimiento convencional, para las fábricas que producen menos de 3 000 t de manteca al año. Pero el sistema resulta más económico cuando el volumen de producción es mayor.

El rendimiento de una elaboración por batch es ligeramente superior en la manteca fabricada en continuo. La proporción de extracto seco no graso que se incorpora a la manteca, es mayor que las pérdidas de materia grasa en el suero.

### 5.2.5 Envasado y almacenamiento de la manteca

La manteca se envasa para evitar su alteración química y microbiológica, y además, para protegerla frente a las agresiones mecánicas. La forma de envasado y las unidades de peso varían según las exigencias del mercado.

Los grandes formatos en contenedores cúbicos de hasta 25 kg, se utilizan para el comercio al por mayor y para el almacenamiento de larga duración. Con este fin, se emplean cajas de cartón rígido recubiertas de cera en su exterior y forradas interiormente de papel sulfurizado<sup>1</sup> u otro material permitido. Estos tipos de envases deben cumplir normas determinadas por la legislación.

Los pequeños formatos destinados al mercado minorista, se presentan generalmente en forma de panes, siendo los más populares los de 200 y 500 g. Los materiales utilizados para envolver la manteca también deben reunir requisitos: tienen que proteger eficazmente al producto frente a la luz y la oxidación; la absorción de olores extraños; las pérdidas por evaporación y el desarrollo de colores anormales.

El envasado de la manteca se realiza en continuo en moldeadoras empaquetadoras automáticas. La mayoría de estas máquinas, funcionan con tornillos sin fin o con pistones, que fuerzan a la manteca a pasar a través de una abertura, la cortan y la envasan. La operación se realiza sin incorporar aire en el producto y la precisión en el peso entra dentro de los márgenes permitidos.

La manteca no se considera un producto terminado si no se somete a refrigeración; es un tratamiento importante que afecta a sus propiedades reológicas. Si el almacenamiento en frío se retrasa o la temperatura no es suficientemente baja, la manteca solidificará mal y mantendrá su consistencia blanda durante muchos días. Cuando se refrigera inmediata y energicamente, la cristalización será rápida y se obtendrá la consistencia y textura deseada. Incluso, si al momento de su utilización, se le eleva la temperatura.

Por lo tanto, es importante refrigerar rápidamente el producto apenas terminado el envasado. La manteca de consumo inmediato se mantiene generalmente a 4°C durante 48 horas para conseguir la consistencia adecuada. La destinada a una larga conservación, puede congelarse y conservarse entre -18°C y -25°C. El transporte y la distribución, lógicamente, deben realizarse sin interrumpir la cadena de frío.

### 5.2.6 Calidad de la manteca

La manteca debe cumplir normas higiénicas de composición que se controlan realizando los análisis apropiados. Las pruebas más corrientes son la determinación de los contenidos en materia grasa (mínimo 80%), agua y sal. Por otra parte, con los recuentos de levaduras y de hongos, se obtiene información sobre las condiciones higiénicas de fabricación. Su presencia indica que ha habido una recontaminación después de la pasteurización de la nata.

Además, la manteca debe cumplir con normas de calidad sensorial que se valora según una escala de puntuación obtenida en el examen del sabor, la textura, el color, la distribución de agua, la disolución de la sal y el envasado. En la siguiente tabla se presentan criterios de puntuación para la clasificación de la manteca. Se atribuye a cada uno de estos criterios<sup>2</sup> el siguiente valor relativo (ver tabla 5.3):

---

<sup>1</sup> Papel sulfurizado, papel del horno o papel vegetal. Es un papel vegetal tratado químicamente (se le da un baño en ácido sulfúrico al 75% a 10°C, de ahí el nombre), la celulosa se hidroliza generando hidrocelulosa, material gelatinoso que tapa los poros del papel y así convertirlo en impermeable y resistente a las elevadas temperaturas de un horno doméstico (220°C).

<sup>2</sup> Código Alimentario Argentino. Norma FIL 99A:1987. Evaluación Sensorial de Productos Lácteos.

|                           | Puntuación máxima |
|---------------------------|-------------------|
| Sabor y aroma             | 50                |
| Textura, cuerpo y textura | 25                |
| Color                     | 10                |
| Salado                    | 10                |
| Presentación y envasado   | 5                 |
| Total                     | 100               |
| Extra                     | 92 puntos         |
| Primera                   | 89 – 91 puntos    |
| Segunda                   | 85 – 88 puntos    |
| Tercera                   | < 85 puntos       |

Tabla 5.3 - Evaluación Sensorial de Productos Lácteos

El valor se expresa en forma de dos números, por ejemplo, 42-94; el primero es la puntuación obtenida sobre 50 puntos de sabor y el segundo, corresponde a la puntuación global.

En el momento de análisis, la manteca debe estar entre 10° y 12°C; la temperatura de la sala de catadores debe ser 12 y 15°C; y el producto tiene que haber sido fabricado como mínimo tres días antes.

### 5.2.7 Defectos

El sabor y el aroma son los factores más importantes en la valoración de la calidad organoléptica de la manteca.

*Sabores a alimentos absorbidos.* El sabor y el aroma de algunos alimentos que consumen los animales y el de los medicamentos, pueden aparecer en la manteca.

*Sabores resultantes de fermentaciones.* El sabor desarrollado en la fermentación ácida de la nata, puede atenuarse con una neutralización, pero pueden permanecer. Nata envejecida, sabor pútrido o de alteración superficial. Este defecto empieza en la superficie y va penetrando gradualmente en la masa, se debe al crecimiento de bacterias proteolíticas psicrótrofas.

*Sabores de origen químico y enzimático.* Pueden aparecer en la manteca aromas anormales de origen químico o enzimáticos. Entre ellos la rancidez hidrolítica, debida a la liberación de algunos ácidos grasos por la acción de las lipasas.

*Sabores de Oxidación.* Dos tipos, el primero y típico sabor oxidado se debe a la alteración de los fosfolípidos; da gusto a papel, cartón, madera y metálico. El segundo es el sabor a grasa oxidada que se debe a la oxidación de los glicéridos.

*Almacenamiento.* Durante el almacenamiento de la manteca se puede desarrollar un gusto a pescado debido a la degradación de los fosfolípidos, principalmente de la lecitina.

La consistencia es un término que incluye la firmeza y la plasticidad. La manteca debe ser suficientemente firme a la temperatura ambiente (20 y 22°C); y suficientemente plástica para poder extenderse con facilidad. La textura se refiere más bien a su estructura, a su estado granular: debe ser fina, compacta y ccrea.

*Textura pegajosa,* cuando se adhiere excesivamente a un objeto: una parte queda pegada sobre el cuchillo. Aparece cuando hay una proporción muy elevada de grasa líquida a temperatura ambiente.

*Textura quebradiza, friable.* Es una manteca demasiado firme a la que le falta cohesión y que es difícil de extender. Se produce principalmente en invierno, época del año en la que la alimentación que reciben las vacas, aumenta la proporción de grasas sólida.

*Textura blanda.* Es consecuencia de una gran proporción de grasas líquidas. Esta situación se produce generalmente durante el verano y las condiciones que la favorecen son las opuestas a las que originaban la manteca friable, quebradiza.

Otros defectos. Un sobre amasado en una manteca blanda, puede producir una manteca con una textura grasienta, mientras que, en una manteca dura, origina una textura pegajosa.

En la clasificación de la manteca, se valora la intensidad y la uniformidad del color. La intensidad del color se mide por comparación con estándares de colores que van desde un amarillo muy pálido hasta un amarillo muy oscuro. Entre estos extremos, se busca una coloración media.

En cuanto a la uniformidad, el principal defecto es una coloración marmórea y desigual, que se debe a la distribución irregular de la sal y del agua. Los principales factores responsables de la aparición de este defecto son un batido insuficiente, una temperatura demasiado elevada, la adición de sal demasiado tarde y el excesivo llenado de la batidora.

Distribución irregular del agua. Esta es una característica importante porque influye sobre su conservación: cuanto más pequeñas y numerosas son las gotitas de agua, menos peligro hay de que se produzcan fermentaciones. Esto se explica, por una parte, por el hecho de que los microorganismos no crecen en la grasa, sino sólo en el interior de las gotitas de agua.

### 5.3 Mantecas especiales y productos asociados

La manteca fabricada a partir de nata dulce debe su aroma natural, a la composición de su materia grasa y, por lo tanto, puede variar según las regiones y las estaciones. Algunas veces, se añaden determinados ingredientes para dar a la manteca sabores especiales que son muy apreciados por algunos consumidores, como por ejemplo la manteca al ajo.

*Manteca elaborada a partir de la nata madurada.* La sustancia aromática más importante en esta manteca es el diacetilo ( $\text{CH}_3\text{-CO-CO-CH}_3$ ) que es el producto de la oxidación de la acetoína ( $\text{CH}_3\text{-COOH-C-CH}_3$ ) producida a partir de la lactosa y del ácido cítrico por *leuconostoc cremoris* y *L dextranicum*.

La fermentación de la nata se debe realizar en condiciones que permitan la suficiente producción y la conservación del diacetilo. Con la adición de citrato aumenta la cantidad que se forma de este compuesto. La acidificación y la aromatización de la nata se llevan a cabo al mismo tiempo que su maduración física (cristalización de la materia grasa).

*Manteca batida.* Para fabricar este producto, después del batido, la manteca se bombea hasta un cilindro refrigerador provisto de raquetas en donde se le inyecta a presión un gas inerte, generalmente nitrógeno. La manteca se enfría desde 25° - 30°C hasta unos 7° - 10°C, lo que permite obtener un producto final de consistencia adecuada para el envasado en pote u otros envases plásticos.

*Manteca baja en calorías.* En los países que está legalizada su fabricación, la manteca baja en calorías debe cumplir normas de composición específicas. Por ejemplo, el producto debe contener como máximo el 39% de materia grasa, lo que supone un 50% de las calorías

que contiene la manteca normal; se pueden añadir caseinato comestibles, agentes emulsionantes y estabilizantes, conservantes, sal y un colorante alimentario. El contenido en proteínas es superior al de la manteca normal, la consistencia es más blanda y funde más fácilmente, incluso a temperaturas de refrigeración.

#### *Manteca Untable*

La manteca tradicional está compuesta por un 75 % de componentes semi-duros y un 25% de componentes semi-blandos, que le dan la consistencia habitual. Es posible separar esos componentes mediante un proceso natural que permite incrementar, en el batido final, la proporción de partes semi-blandas a un 35 % y reducir las semi-duras a un 65 % para obtener un pan de manteca más untable.

Para la separación y fabricación, se utiliza el índice de yodo como medición entre grasas y líquidos. Su fundamento es: el índice de yodo es una medida del grado de insaturación (números de dobles enlaces) de las grasas. Define como los gramos de yodo absorbidos por 10 g de grasa.

*Manteca clarificada.* De acuerdo al CAA Art 603, denominada Grasa Anhidra de Leche o Butteroil. Consiste en derretir la manteca y permitir la evaporación total del agua.

*Manteca de ghee.* Proveniente de Oriente, más precisamente de India y Pakistán. Se obtiene desde el mismo principio de la manteca clarificada, pero para convertirla en ghee, se continúa con el calentamiento hasta que los sólidos lácteos tengan un aspecto de color marrón, dándole un aroma más dulce. Finalmente, estos sólidos pardeados son separados por filtración.

*Aceite de manteca.* Se llama a la materia grasa pura extraída de la leche. Se puede obtener a partir de la nata o de la manteca.

A partir de la nata – La preparación del aceite de manteca puede hacerse a partir de la nata pasteurizada utilizando el equipo de fabricación continua de manteca por el procedimiento tecnológico de combinación. La emulsión de nata se estabiliza y después el aceite se separa por centrifugación. Por último, se elimina el aire y el aceite se deseca en un deshidratador a vacío.

A partir de manteca – La manteca congelada se funde en continuo y después del calentamiento, se mantiene en una cuba para permitir la aglomeración de las proteínas y eliminar el aire, lo que facilita mucho la siguiente operación de separación de las fases en una centrifuga-lavadora. El aceite clarificado se seca y el aire se elimina haciendo vacío.

*Envasado y conservación.* Los envases más adecuados para el aceite de manteca son los bidones de hierro galvanizado de 20 litros de capacidad. Este tipo de envase es opaco y hermético y se puede llenar con el producto líquido sin dejar nada de aire.

## Referencias:

Amiot Jean. **“Ciencia y Tecnología de la Leche”**. Editorial Acribia, S.A. Editores: la fundación de tecnología Lechera de Quebec, Canada. I.S.B.N.: 84-200-0713-7. Zaragoza, España (1991)

Madrid Vicente, Antonio Vicente **“Curso de Industrias Lácteas”**. ISBN:84-87440-82-7. Munci-Prensa Libreos S.A. Madrid, España (1996)

Alais, Charles **“Ciencia de la Leche”**. Editorial Reverte. ISBN:8429118152 84-291-1815-2. Madrid, España (1985)

## Unidad 6: QUESO

Universidad Nacional de San Luis Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias

Departamento: Ingeniería de Procesos

Área: Tecnología en Alimentos

Asignatura: Tecnología de los Lácteos

Carrera: Ingeniería en Alimentos – Ingeniería Química

### ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 6.1 Definición Bromatológica .....                                 | 3  |
| 6.2 Descripción .....                                              | 3  |
| 6.3 Esquema general del proceso de elaboración de quesos.....      | 4  |
| 6.4 Etapas generales de la producción .....                        | 5  |
| 6.4.0 Tratamientos previos de la leche.....                        | 5  |
| 6.4.1 Coagulación .....                                            | 6  |
| 6.4.2 Desuerado de la cuajada, tipos de cuajada.....               | 6  |
| 6.4.3 Troceado .....                                               | 7  |
| 6.4.4 Moldeado, prensado y salado .....                            | 7  |
| 6.4.5 Coagulación de la leche. ....                                | 7  |
| 6.4.5.1 Tipos de cuajos utilizados .....                           | 8  |
| 6.4.5.2 Factores que afectan a la coagulación .....                | 9  |
| 6.4.6 Tipos y características de las cubas queseras .....          | 9  |
| 6.4.7 Sistema de calentamiento de la cuba quesera.....             | 10 |
| 6.4.8 Corte de la cuajada .....                                    | 10 |
| 6.4.9 Agitación previa.....                                        | 11 |
| 6.4.10 Drenaje inicial del suero .....                             | 11 |
| 6.4.11 Calentamiento .....                                         | 11 |
| 6.4.12 Agitación final .....                                       | 12 |
| 6.4.13 Prensado de la cuajada.....                                 | 12 |
| 6.4.14 El salado en la elaboración de quesos .....                 | 13 |
| 6.4.15 Almacenamiento y Maduración del queso .....                 | 14 |
| 6.4.15.1 Agentes de maduración (enzimas y flora microbiana).....   | 15 |
| 6.4.15.2 Factores que dirigen la maduración .....                  | 15 |
| 6.4.15.3 Breve explicación del proceso madurativo .....            | 16 |
| 6.5 Leche destinada a quesería.....                                | 17 |
| 6.6 Principales técnicas en quesería .....                         | 17 |
| 6.7 Rendimiento quesero .....                                      | 19 |
| 6.7.1 Factores que influyen .....                                  | 20 |
| 6.7.2 Control del rendimiento .....                                | 20 |
| 6.8 Clasificación y tecnología comparada de los quesos.....        | 20 |
| 6.9 Principales variedades .....                                   | 21 |
| 6.9.1 Cottage.....                                                 | 21 |
| 6.9.2 Quesos de nata y similares .....                             | 21 |
| 6.9.3 Quesos frescos de textura semi-dura.....                     | 22 |
| 6.9.4 Quesos Madurados .....                                       | 22 |
| 6.9.5 Queso de pasta blanda y sus principales características..... | 22 |
| 6.9.6 Quesos de pasta semi-dura. ....                              | 22 |
| 6.9.7 Quesos de pasta azul: el Bleu .....                          | 23 |
| 6.9.8 Quesos de pasta dura .....                                   | 23 |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.9.9 Quesos fundidos o Procesados.....                                               | 24 |
| 6.10 Clasificación: según contenido graso.....                                        | 25 |
| 6.11 Clasificación: según su textura .....                                            | 25 |
| 6.12 Clasificación: según el tipo de microorganismos empleados en la elaboración..... | 25 |
| 6.13 Mecanización y modernas técnicas en quesería .....                               | 26 |
| 6.13.1 Coagulación continua .....                                                     | 26 |
| 6.13.2 Ultrafiltración .....                                                          | 27 |
| 6.14 Medios de cultivo empleados.....                                                 | 27 |
| 6.15 Aditivos empleados en la elaboración.....                                        | 28 |
| 6.16 Quesos Fundidos o Procesados .....                                               | 28 |
| 6.16.1 Descripción del Producto y del Proceso .....                                   | 28 |
| 6.16.2 Materia Prima e Ingredientes .....                                             | 28 |
| 6.16.3 Instalaciones .....                                                            | 29 |
| 6.16.4 Equipos .....                                                                  | 29 |
| 6.16.5 Diagrama de Flujo .....                                                        | 29 |
| 6.16.6 Descripción del Proceso.....                                                   | 29 |
| 6.16.7 Control de Calidad.....                                                        | 30 |
| 6.16.7.1 Materia Prima .....                                                          | 30 |
| 6.16.7.2 Proceso .....                                                                | 30 |
| 6.16.7.3 Producto Final .....                                                         | 30 |
| 6.16.8 Aspectos de Comercialización .....                                             | 30 |
| Referencias Bibliográficas.....                                                       | 31 |
| Anexo: Imágenes Varias .....                                                          | 32 |

## Unidad 6: QUESO



Versión 26MAY25

### 6.1 Definición Bromatológica

Según el Código Alimentario Argentino, en el Artículo N° 605 - (Resolución Conjunta SPRyRS y SAGPyA N° 33/2006 y N° 563/2006) dice: “Se entiende por Queso el producto fresco o madurado que se obtiene por separación parcial del suero de la leche o leche reconstituida (entera, parcial o totalmente descremada), o de sueros lácteos, coagulados por la acción física, del cuajo, de enzimas específicas, de bacterias específicas, de ácidos orgánicos, solos o combinados, todos de calidad apta para uso alimentario; con o sin el agregado de sustancias alimenticias y/o especias y/o condimentos, aditivos específicamente indicados, sustancias aromatizantes y materiales colorantes.

Se entiende por Queso Fresco el que está listo para el consumo poco después de su fabricación. Se entiende por Queso Madurado el que ha experimentado los cambios bioquímicos y físicos necesarios y característicos de la variedad de queso.

### 6.2 Descripción

Según la reglamentación Técnico-Sanitaria de la leche y productos lácteos, el queso es el producto obtenido por coagulación enzimática de la leche y/o determinados productos lácteos, con previa o posterior separación de al menos parte del agua, lactosa y sales minerales, seguida o no de maduración.

La organización internacional FAO (Food and Agricultural Organization) define el queso como el producto fresco o madurado obtenido por coagulación de la leche u otros productos lácteos (nata, leche parcialmente desnatada, nata de suero o la mezcla de varios de ellos), con separación del suero. Esta es la definición abreviada dada por dicha organización. La definición completa es:

Queso es el producto fresco o madurado, sólido o semisólido, obtenido por cualquiera de estos sistemas<sup>1</sup>:

a) Coagulación de la leche, leche desnatada, leche parcialmente desnatada, nata, nata de suero o mazada (suero separado desde la manteca), solos o en combinación, gracias a la

<sup>1</sup> Origen: Los orígenes de la elaboración del queso están en discusión y no se pueden datar con exactitud, aunque se estima que se encuentran entre el año 8000 a. C. (cuando se domestica la oveja) y el 3000 a. C. Existe una leyenda que dice que fue descubierto por un mercader árabe que, mientras realizaba un largo viaje por el desierto, puso leche en un recipiente fabricado a partir del estómago de un cordero. Cuando fue a consumirla vio que estaba coagulada y fermentada (debido al cuajo del estómago del cordero y a la alta temperatura del desierto).

acción del cuajo o de otros agentes coagulantes apropiados y por eliminación parcial del lactosuero resultante de esta coagulación

b) Por el empleo de técnicas de fabricación que conllevan la coagulación de la leche y/o de materias de procedencia láctea, de manera que se obtiene un producto acabado con las mismas características físicas, químicas y organolépticas esenciales que el producto definido en el apartado anterior (a)

Los ingredientes básicos (además de la leche o productos lácteos citados) que se utilizan en la fabricación del queso son:

- Cultivo de levaduras o bacterias lácticas.
- Cuajo, ácidos o enzimas coagulantes
- Sal
- Aditivos autorizados según tipos de quesos y según la legislación de cada país (cloruro cálcico, nitrato potásico, betacaroteno, etc.).

Según la norma internacional de la FAO se puede aplicar el calificativo de quesos a los productos obtenidos por coagulación de leches recombinadas o reconstituidas (leche desnatada, leche parcialmente desnatada o de nata). A condición de que en su etiqueta se indique claramente que se ha partido de productos lácteos reconstituidos o recombinados.

El queso es el resultado de la concentración selectiva de la leche. El agua se elimina en una proporción distinta en cada variedad, arrastrando con ella una parte de los elementos solubles y de las proteínas no coaguladas que contiene la leche.

El agua que queda retenida en el queso desempeña un papel muy importante: es esencial para el desarrollo de los microorganismos y determina la velocidad de las fermentaciones y de la maduración, el tiempo de conservación, la textura del queso y el rendimiento del proceso de elaboración. La materia grasa influye en la textura, el sabor, el rendimiento y algo en el color. La lactosa es el sustrato para la formación de ácido y por lo tanto interviene en la coagulación de la leche, el desuerado y la textura de la cuajada, y también en el crecimiento de los microorganismos. La caseína coagulada constituye la base de la pasta quesera y en su degradación se originan diversos compuestos aromáticos. Las proteínas del suero que quedan incluidas en la cuajada contribuyen al valor nutritivo del queso y tienen mucha importancia en el proceso de maduración. Los minerales participan en la coagulación de la leche e influyen sobre el desuerado y la textura del queso.

### 6.3 Esquema general del proceso de elaboración de quesos

La elaboración de quesos se ha hecho durante siglos, de forma artesanal, y a veces en condiciones poco higiénicas. En la actualidad, en los países desarrollados se hace queso de forma artesanal cumpliendo todas las reglas de higiene y utilizando equipos que facilitan la labor. Pero la mayor cantidad de quesos sale de industrias con tecnología moderna y donde las fases de elaboración están muy mecanizadas e incluso automatizadas. Las garantías higiénicas también son muy altas.

En fabricación industrial de queso existen muchas variantes según los tipos elaborados, pero podemos considerar un proceso general de fabricación como el que aparece en la Fig. 6.3.

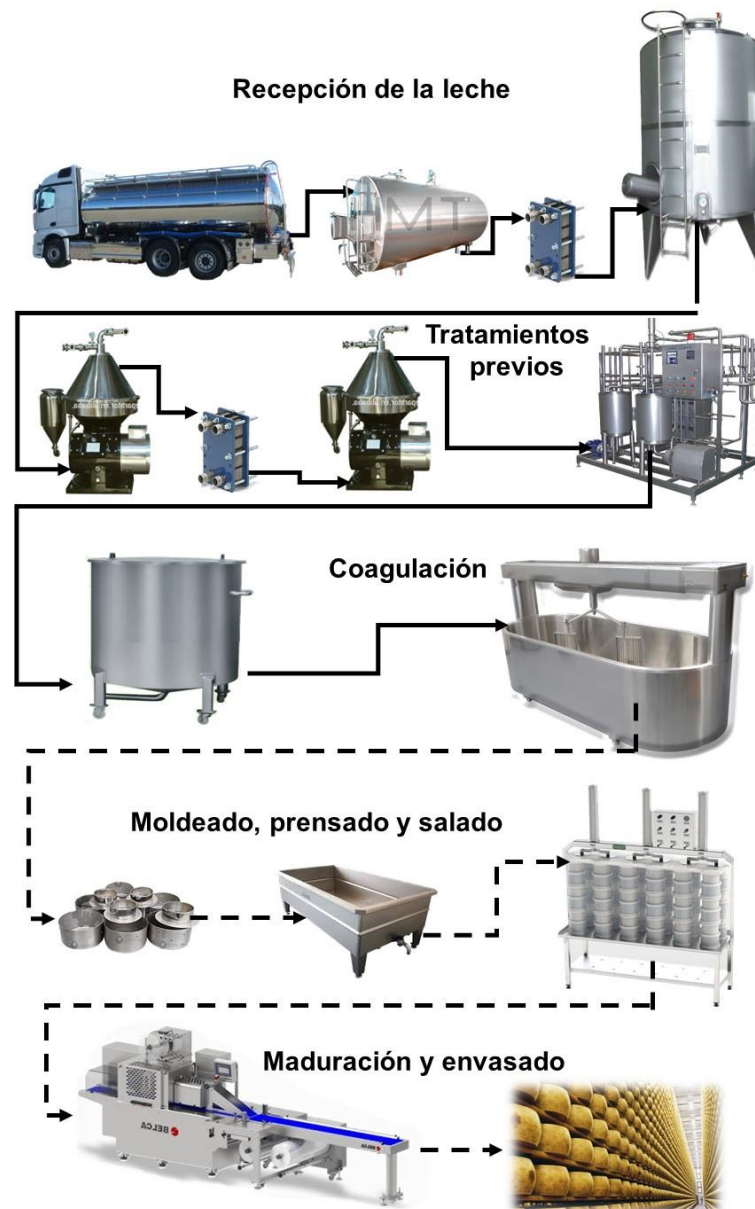


Figura 6.3 – Proceso general de la fabricación de quesos

## 6.4 Etapas generales de la producción

### 6.4.0 Tratamientos previos de la leche

Aunque los tratamientos previos de la leche varían con el tipo de queso que se quiera elaborar, hay algunos de ellos muy generalizados. Por ejemplo (viendo el esquema anterior), la leche pasa a una centrífuga de alta velocidad que realiza varias funciones:

- Eliminación de todo tipo de impurezas
- Eliminación de parte de bacterias y esporas
- Estandarización del contenido en grasas

Inmediatamente después se procede a una pasterización a 72-75°C durante 15 a 20 segundos que asegura la destrucción de bacterias patógenas. En algunos tipos de quesos (Emmental y Parmesano), la leche no se debe calentar a temperaturas superior a los 40°C. Se indica que, en general, los quesos elaborados con leche sin pasterizar tienen un mejor sabor, pero para ello es necesario disponer de leche de una gran calidad que no sea necesario pasterizar. En las grandes queserías, donde se recibe leche de muy diversas

procedencias, no se puede correr ese riesgo. Existen en algunos países, legislaciones que obligan a las centrales queseras disponer de equipo de pasteurización de la leche en el caso de fabricar quesos con menos de dos meses de maduración.

#### 6.4.1 Coagulación

Para que la coagulación enzimática por el cuajo sea eficiente, generalmente se requiere una acidificación previa de la leche. Esta acidificación, que se realiza en una cisterna que permite una leve agitación y termoestabilizar, puede lograrse de dos maneras principales:

- Por la adición de fermentos lácticos: Estos microorganismos consumen lactosa y producen ácido láctico, disminuyendo el pH de la leche. Este descenso en el pH crea un ambiente más favorable para la acción de las enzimas del cuajo, facilitando la desestabilización de las micelas de caseína y, por lo tanto, la coagulación. Además, los fermentos contribuyen al sabor y la textura final del queso.

- Por la adición directa de ácidos orgánicos: En algunos casos, como en la producción de ciertos quesos frescos, se pueden añadir directamente ácidos orgánicos (por ejemplo, ácido láctico, ácido cítrico) para reducir el pH de la leche y facilitar la coagulación.

La acidificación previa influye en la velocidad de coagulación, la textura de la cuajada y la posterior eliminación del suero. Por lo tanto, es un paso importante que precede a la adición del cuajo en la elaboración de la mayoría de los quesos.

A continuación, y ahora en una cuba quesera, se añade cuajo a la leche cuya actividad enzimática hace que coagule, en un tiempo variable según tipos de quesos (28 a 45 minutos) y a temperaturas del orden de 28/33°C. La cuajada es cortada en la propia cuba con dispositivos de corte en pequeños granos del tamaño conveniente según el queso a fabricar. También se procede a la agitación de estos granos a la vez que se realiza un suave calentamiento. Gracias a estos tratamientos de corte, agitación y calentamiento, se produce la separación de gran parte de suero, que es un líquido rico en lactosa y sales minerales que no es retenido por los granos coagulados. Estos son ricos en proteínas (caseína principalmente) y grasa.

En esta etapa es cuando realmente la leche se transforma en queso, aún sin su forma final, sin salar y sin madurar.

#### 6.4.2 Desuerado de la cuajada, tipos de cuajada

Los quesos son concentrados de leche. La concentración se consigue eliminando una cantidad mayor o menor de agua y elementos solubles. La pasta que queda está formada esencialmente por las caseínas y la materia grasa adherida a ellas físicamente. El lactosuero que se extrae contiene la mayor parte de la lactosa y de las sustancias nitrogenadas no coaguladas y una proporción variable de minerales.

Fundamentalmente es la mayor o menor cantidad de suero que queda retenido en la cuajada, lo que determina muchas de las características de las distintas variedades de queso: dureza, textura, velocidad e intensidad de la maduración, etc. Por esta razón la operación de desuerado tiene una gran importancia en el proceso de fabricación y además, controlando esta etapa se regula el extracto seco total exigido por la legislación para cada tipo de queso.

El coágulo fresco obtenido ácida o enzimáticamente, es inestable. Antes o después, el lactosuero tiende a separarse de la cuajada que como consecuencia disminuye de volumen. Este fenómeno se llama sinéresis<sup>2</sup>. El proceso de desuerado es diferente en una cuajada

---

<sup>2</sup> Sinéresis, en química, es la separación de las fases que componen una suspensión o mezcla. Es la extracción o expulsión de un líquido de un gel, por lo que el gel pasa de ser una sustancia homogénea a una segregación de componentes sólidos separados y contenidos en la fase líquida. La separación del suero

ácida que, en una cuajada enzimática, y los quesos que se obtienen también presentan características muy distintas.

*En la cuajada ácida*, el coágulo no tiene micelas estructuradas. Está constituida por moléculas de caseína desmineralizada, sin enlaces ni cohesión y que son incapaces de contraerse. El agua está químicamente ligada a fase sólida y se encuentra fuertemente retenida. En el coágulo fresco, la sinéresis comienza de forma espontánea y rápida liberándose fácilmente el suero a través de la masa porosa.

*Cuajada enzimática*. La naturaleza distinta de la cuajada obtenida enzimáticamente influye sobre el proceso de desuerado. Durante la coagulación, las micelas de caseína conservan su estructura y la cuajada retiene la mayor parte del calcio y el fósforo, que son algunos de los elementos que le dan rigidez, cohesión e impermeabilidad. Por la acción del cuajo se forman nuevos enlaces y muchas micelas se unen entre si para formar grandes redes.

Sin embargo, la sinéresis no se inicia de forma espontánea. El coágulo es impermeable y hace difícil y lento el paso del suero. Pero como también es compacto y firme, puede soportar acciones mecánicas para favorecer el desuerado. Por otra parte, la temperatura y el pH del medio también influyen sobre el desuerado. La intervención conjunta de todos estos factores determina la velocidad de desuerado y la consistencia de la cuajada.

#### 6.4.3 Troceado

Esta operación consiste en cortar en porciones iguales la masa de leche coagulada. Se llama también “corte de la cuajada”. Esta acción mecánica aumenta la superficie total de exudación de suero facilitando el desuerado. En principio, para la fabricación de quesos frescos y de pasta blanda, la cuajada se corta en trozos más grandes, mientras que para los quesos duros se cortan más pequeños. El tamaño óptimo de los granos depende de la dureza deseada en el producto final.

#### 6.4.4 Moldeado, prensado y salado

Después de la eliminación de gran parte del suero, los granos de leche coagulada se colocan en moldes de diferentes tamaños y formas, que son los que dan la apariencia final al queso. Estos moldes pueden ser de madera, plástico o metal.

Se procede, según tipos de quesos, al prensado de la masa en sus moldes, bien por su propio peso o por dispositivos mecánicos o neumáticos. Las características de los quesos dependen de cómo se desarrollen estos procesos.

Por ejemplo, cuando la agitación, calentamiento y prensado se realizan suavemente se obtienen quesos blandos, con alto contenido de humedad y que, por lo tanto, se conservan muy pocos días. Si estos tratamientos son más fuertes, los quesos obtenidos son duros, con poco contenido en agua y se conservan durante varios meses.

Después de prensado se procede a salar los quesos, bien por inmersión directa en baños de salmuera o por sal sólida aplicada a la corteza o mezclada con la masa. También se puede efectuar el salado cuando los granos aún están en la cuba, pero ello tiene el inconveniente de que también se incorpora sal al suero, con lo que limitamos sus posibles aprovechamientos. La adición de sal ayuda a una mejor conservación del queso, además de realzar sus aromas.

#### 6.4.5 Coagulación de la leche.

Para coagular la leche destinada a la elaboración de queso se utilizan dos métodos: la acidificación y la adición de cuajo, que dan lugar a dos tipos de cuajada, ácida y enzimática.

---

sanguíneo de la sangre coagulada, así como la separación en suero y cuajada a partir de la leche cortada ilustran este proceso.

Estas cuajadas tienen propiedades y comportamientos muy distintos. Las diferencias entre los dos tipos, son la base de la tecnología utilizada para fabricar las distintas variedades de quesos, y determinan las características individuales de cada una de ellas.

*Coagulación por acidificación.* La coagulación de la caseína por acidificación tiene lugar como consecuencia de la pérdida de su carga eléctrica al alcanzar su punto isoeléctrico (pH 4.6). El descenso de pH producido por el ácido (ion  $H^+$ ) reduce la ionización negativa de las micelas de caseína hasta su neutralización. Al mismo tiempo, la acidez del medio aumenta la solubilidad de los minerales; mientras que el calcio y el fósforo orgánicos que contienen las micelas, pasan gradualmente a la solución en fase acuosas. Por lo tanto, la cuajada ácida está parcialmente desmineralizada, lo que facilita la expulsión del lactosuero.

La coagulación por acidificación es la técnica que se utiliza en la elaboración de quesos frescos como el Cottage. La leche se deja en reposo y se va formando un gel homogéneo como consecuencia del progresivo aumento de la acidez que producen los fermentos lácticos.

En la elaboración de algunas variedades de queso, la leche se coagula de forma instantánea añadiendo directamente un ácido y calentando después.

*Coagulación enzimática.* En la industria quesera el método que más se utiliza es la coagulación enzimática de la leche. Consiste en añadir a la leche una enzima que tiene la propiedad de coagular el complejo caseína. En esta reacción el fosfocaseinato cálcico que se encuentra en forma soluble en la leche, se transforma por la acción de una enzima coagulante en fosfoparacaseinato de calcio insoluble.

#### 6.4.5.1 Tipos de cuajos utilizados

El cuajo natural, llamado renina, es una enzima proteolítica secretada por la mucosa gástrica del cuarto estómago<sup>3</sup> (cuajar) de los terneros (también cabrios y corderos) antes del destete. Esta secreción se produce en forma de un precursor inactivo, la pro-renina, que en medio neutro no tiene actividad enzimática pero que en medio ácido se transforma rápidamente en renina activa. El cuajo contiene dos enzimas: la quimosina, que es el componente principal y la pepsina. Después del destete, disminuye la producción de quimosina y la pepsina pasa a ser el componente mayoritario. El cuajo se extrae de los cuajares manteniéndolos en remojo con salmuera. Para uso comercial se preparan soluciones purificadas de fuerza estandarizada en las que se ajusta el pH, el contenido de sal, el color, y también se les añade agentes conservantes.

La actividad proteolítica del cuajo se ejerce principalmente sobre la caseína y en menor grado sobre las otras proteínas y, por lo tanto, realiza dos acciones fundamentales. La primera acción del cuajo es la de provocar la desestabilización de las micelas de caseína rompiendo la caseína k en un punto determinado de su molécula: el enlace peptídico entre el aminoácido fenilalanina y su vecino, que es una metionina (llamado enlace PHE-MET). El segundo papel del cuajo es el de hidrolizar estos enlaces siguiendo un orden específico que es característicos de la enzima utilizada.

Con el incremento de la producción mundial de queso, la demanda de cuajo ha experimentado un gran aumento. El costo creciente se justifica a una menor cantidad de animales lactantes disponibles. Como sustitutos se usan cuajo de vaca, pepsina porcina y otras compuestas por pepsina bovina sola o mezclada con pepsina porcina. La comunidad

---

<sup>3</sup> Los bovinos tienen un estómago dividido en cuatro compartimentos: el rumen, retículo, omaso y abomaso. Estos compartimentos también son conocidos como "panza", "redcilla", "librillo" y "cuajar", respectivamente. El rumen, retículo y omaso son preestómagos.

judía utiliza la pancreatina y la pepsina de pollo. Todas estas enzimas de origen animal son inestables a pH neutro y alcalino y se inactivan por la acción de la luz. También se han probado enzimas coagulantes extraídas de diversos vegetales como piñas, higos, alcachofas, algunos melones, etc., pero los resultados no han sido satisfactorios

#### 6.4.5.2 Factores que afectan a la coagulación

Uno de los diversos factores que regulan la coagulación enzimática es la dosis de cuajo utilizada. En las mismas condiciones, la cantidad de cuajo añadido influye proporcionalmente sobre la velocidad de coagulación y las propiedades reológicas (firmeza) de la cuajada.

La temperatura tiene también un papel importante en el fenómeno de la coagulación. Las condiciones óptimas para la acción del cuajo son entre 40° y 42°C, mientras que a temperaturas inferiores a 10°C y superiores a 65°C, no se produce la coagulación.

El pH influye sobre la velocidad de coagulación y la consistencia de la cuajada. En un medio alcalino, el cuajo se inactiva y la leche no coagula. Por el contrario, un descenso de pH facilita la acción del cuajo sobre la caseína porque la acidez reduce su carga eléctrica, disminuyendo la estabilidad. El pH óptimo para la actividad del cuajo es de 5.5. En idénticas condiciones la duración media de la coagulación es de unos 200 segundos a pH 6.6 – 6.7; de 50 segundos a pH 6.1 y de 30 segundos a pH 5.7.

La concentración de iones  $\text{Ca}^+$  también influye sobre la coagulación. No interviene en la fase enzimática, sino que afecta solamente la fase secundaria, la de coagulación propiamente dicha. Cuando el contenido en calcio es anormalmente bajo, la coagulación es lenta y se obtiene una cuajada muy blanda.

En la elaboración de la mayor parte de los quesos, la leche se coagula por la acción conjunta del cuajo y la acidificación, con predominio de una u otra según los casos. En esta coagulación mixta se obtiene una cuajada con propiedades intermedias.

#### 6.4.6 Tipos y características de las cubas queseras

La cuba quesera es el equipo más importante, ya que en su interior tiene lugar la transformación de la leche en queso, por la adición del cuajo, apareciendo una masa coagulada que es cortada, agitada, calentada, etc., para separar el suero del coágulo.

Se observan variaciones en el corte, agitación, calentamiento y drenaje. Por todo ello, las cubas deben ser muy flexibles en su funcionamiento. Además, en la actualidad los procesos de fabricación de quesos tienden a ser automáticos, por lo que las cubas que se diseñan ahora están preparadas para su automatización y control remoto.

En un principio las cubas queseras eran simples depósitos o contenedores de diversos materiales, donde se realizaban las operaciones de elaboración del queso de forma artesanal (adición de la leche, calentamiento, agitación, corte y drenaje). Con el paso de los años fueron perfeccionándose pasando a ser depósitos de acero inoxidable, de formas rectangulares, abiertos o cerrados, con dispositivos mecanizados de corte y agitación.

En estas cubas se pueden realizar las siguientes tareas: adición de cuajo a la leche; corte del coágulo de leche formado; agitación de la mezcla de cuajada y suero; drenaje del suero separado; calentamiento de la mezcla de cuajada y suero; limpieza final automática de la cuba una vez realizada todas estas operaciones. Las funciones descritas se pueden hacer con control manual, semiautomático o enteramente automático.

Con objeto de evitar la formación de espuma, la leche entra al depósito por abajo, mediante una válvula controlada a distancia. Como la cuba está provista de una camisa por la que puede circular agua caliente o vapor, es posible calentar la leche a la temperatura deseada (normalmente de 28 a 32°C, según tipos de quesos).

#### 6.4.7 Sistema de calentamiento de la cuba quesera

Como ya se indicó anteriormente, la cuba quesera lleva una camisa que cubre toda la parte inferior cilíndrica, y que puede ser utilizada para el calentamiento y/o enfriamiento de la leche. El calentamiento indirecto puede realizarse por agua o vapor. El circuito de agua caliente puede utilizarse también para el enfriamiento indirecto del producto, simplemente con hacer circular agua fría por dicho circuito. Las tuberías de distribución de agua y vapor se sitúan en la parte superior de la camisa. Es importante reseñar que ambos sistemas no pueden funcionar simultáneamente.

El agua que entra por esta tubería superior situada dentro de la camisa sale a través de agujeros hechos a todo lo largo de la citada tubería. El agua forma una delgada capa que cae por las paredes interiores de la camisa hasta llegar al fondo. Con esta delgada capa se consigue un calentamiento uniforme y un buen aprovechamiento del calor.

En muchos casos se recurre al calentamiento directo por vapor o agua caliente que entran en contacto con el producto. Su entrada en este tipo de cubas se hace por las boquillas de limpieza o por los agujeros del tamiz.

#### 6.4.8 Corte de la cuajada

Después que la leche ha coagulado por la acción del cuajo, la primera operación que se realiza es el corte de la cuajada formada. Esta operación se lleva a cabo de forma manual o mecánica por cuchillas o alambres hasta que los granos de cuajada alcancen el tamaño y la firmeza deseada. El momento de empezar a cortar la leche coagulada se ha tratado de determinar con diversos instrumentos, pero la experiencia del quesero es la que lo determina. Si se deja pasar demasiado tiempo el corte no es limpio y no se forman bien los granos.

Es importante que las cuchillas estén bien afiladas para que el corte sea limpio. Los granos de cuajada están formados por un entramado de caseína que retiene la grasa y parte del suero. Cuando más grandes sean estos granos más suero tendrán. La grasa interior no se pierde, pero la situada en las superficies, o caras exteriores del grano, pasa en parte al suero que suele contener de un 0.2 a 0.7% de grasa. Cuando el corte no es limpio, las superficies del grano son rugosas y presentan mucha superficie en contacto con el suero, perdiendo más grasa. La operación de corte dura el tiempo necesario para alcanzar el tamaño deseado de los granos, que depende a su vez del tipo de queso que se pretenda elaborar. En quesos duros, de bajo contenido en humedad, la cuajada se corta en granos de tamaño pequeño que retienen menos suero. En quesos más blandos o frescos, los granos se cortan de forma que sean de mayores dimensiones, con lo que retendrán más humedad.

En la tabla 6.4.8 se presenta el tiempo y temperatura a la que se desarrolla la operación de corte de la cuajada en varios tipos de quesos. También se indica el tamaño final que deben alcanzar los granos.

| Tipo de queso | Tiempo minutos | Temperatura °C | Tamaño granos, mm |
|---------------|----------------|----------------|-------------------|
| Cheddar       | 5 - 10         | 30             | 6 – 8             |
| Edam          | 5 - 10         | 30-31          |                   |
| Gouda         | 5 - 10         | 30             | 4 – 6             |
| Manchego      | 20             | 30-32          | 2 – 4             |
| Parmesano     | 20 - 30        | 32-35          | 3 – 4             |
| Suecia        | 5 - 10         | 30             | 8 – 10            |
| Tilsit        | 5 -10          | 30-34          | 8 – 12            |

Tabla 6.4.8 - Parámetros de la operación de corte de la cuajada

#### 6.4.9 Agitación previa

En las modernas cubas queseras, el corte y la agitación se realizan con las mismas herramientas; cuando tiran en un sentido cortan y cuando lo hacen en el contrario agitan.

Al acabar la operación de corte de la cuajada, los granos recién cortados están aún muy blandos y con grietas en su membrana exterior, por lo que se procede a su agitación suave para no perjudicarlos. Esta agitación, sin embargo, es necesaria, ya que favorece la separación del suero. Aunque suave, la agitación debe ser lo suficientemente rápida para que los granos permanezcan en suspensión en el suero. Si se deja que los granos se sedimenten sobre el fondo de la cuba se acumulan allí, formando grumos que son difíciles de romper por las herramientas de corte y agitación, que tienen que trabajar en condiciones muy duras. Además, la formación de grumos provoca la pérdida de caseína en el suero.

Si a la vez que se agita se eleva la temperatura, el desuerado es aún mayor, ya que las bacterias lácticas presentes activan su crecimiento y multiplicación, transformando más lactosas en ácido láctico, lo que se traduce en una bajada del pH, que favorece la eliminación de suero.

#### 6.4.10 Drenaje inicial del suero

Como consecuencia del corte y agitación de la cuajada se produce suero que queda en la cuba junto con los granos de dicha cuajada. La presión mecánica de la agitación sobre los granos ayuda a la separación de suero. Si a la vez se eleva la temperatura de la mezcla se produce una contracción del grano que, de esta forma, sueltan aún más suero.

En un momento determinado, según los tipos de quesos, se procede a sacar suero de la cuba, operación que se puede realizar a través de tamices perforados que dejan pasar el suero y que retienen los granos de cuajada. Mediante una bomba se succiona el suero, que pasa a través de un tamiz.

Aunque el calentamiento de la mezcla ayuda al desuerado, en muchos casos la operación de drenaje se efectúa antes del calentamiento, con lo que se ahorra energía al no tener que calentar el suero, que puede representar el 30 y el 50% del volumen total de leche introducido en la cuba.

La eliminación de suero en la cuba se puede realizar de diversas formas: 1) eliminación del suero manteniendo la agitación, lo que evita que los granos de cuajada se sedimenten en el fondo de la cuba; 2) eliminación del suero con agitación a intervalos reguladores; 3) eliminación del suero sin agitación. En este caso la operación debe ser rápida para evitar que la cuajada se deposite en el fondo.

Si el suero se drena con calentamiento, el desuerado es mayor.

#### 6.4.11 Calentamiento

El calentamiento tiene por objeto encoger los granos de cuajada, que así sueltan suero y se vuelven más finos, con lo que están mejor preparados para las posteriores operaciones de prensado y salado, dando lugar a quesos de la textura apropiada. Al principio es conveniente que el calentamiento sea suave, con objeto de evitar contracciones fuertes de la superficie de los granos, que serían perjudiciales. En la tabla 6.4.9, se presentan temperaturas y tiempos de calentamiento según el tipo de queso a producir.

Por otra parte, el calentamiento hasta una cierta temperatura (34-38°C) favorece el desarrollo de las bacterias lácticas que transforman más lactosa en ácido láctico, dando lugar a una sinéresis de los granos, que expulsan suero de esta manera.

En cuanto al calentamiento y las formas de llevarlo a cabo se tienen las siguientes opciones:

a) Calentamiento indirecto por vapor que circula por la camisa de la cuba: Este método consiste en utilizar vapor de agua para calentar la sustancia que se encuentra en la cuba. El

vapor circula por la camisa de la cuba y transfiere su energía térmica a la mezcla de cuajada y suero. Este tipo de calentamiento indirecto es comúnmente utilizado en la industria y ofrece ventajas como una mayor durabilidad del sistema.

b) Calentamiento indirecto por agua o agua y vapor, que circulan por la camisa de la cuba: En este caso, se utiliza agua o una combinación de agua y vapor para calentar la sustancia en la cuba. Al igual que en el calentamiento indirecto por vapor, el agua o la mezcla de agua y vapor circulan por la camisa de la cuba y transfieren calor a la mezcla de cuajada y suero. Este método también es utilizado en la industria y ofrece una alternativa interesante a los sistemas de calentamiento directo

c) Adición directa de agua caliente en la cuba sobre la mezcla de cuajada y suero: Esta forma de calentamiento consiste en añadir agua caliente directamente a la cuba que contiene la mezcla de cuajada y suero. El agua caliente eleva la temperatura de la mezcla y contribuye al proceso de calentamiento. No se utiliza un medio indirecto como el vapor o el agua circulante en la camisa de la cuba. Este método puede ser utilizado en diferentes contextos, como la producción de queso.

| Tipo de queso | Temperatura<br>°C | Tiempo<br>minutos | Adición agua<br>(%) |
|---------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Edam          | 32-34             | 5-15              | 10-20               |
| Gouda         | 32-36             | 5-15              | --                  |
| Suecia        | 38-42             | 25-30             | --                  |
| Cheddar       | 34-40             | 30-40             | --                  |
| St. Paulin    | 36-39             | 15                | --                  |
| Manchego      | 36-40             | 30                | --                  |
| Emmental      | 50-53             | 30                | --                  |
| Gruyère       | 52-54             | 40-50             | --                  |

Tabla 6.4.9 – Relación temperatura y tiempo en el calentamiento de la mezcla de cuajada y suero, según tipo de quesos

#### 6.4.12 Agitación final

El calentamiento de la mezcla de cuajada y suero ayuda a una mejor separación de estas fases, pero para que esta separación sea efectiva es necesario proceder a una agitación final que tiene varios efectos: mayor descenso de humedad (eliminación de suero) de los granos de cuajada se produce durante la agitación final; descenso del pH, después del calentamiento se crean las condiciones apropiadas para el desarrollo de bacterias lácticas, que durante esta agitación final producen una baja sensible de pH; se consigue la firmeza adecuada de los granos de cuajada, con lo que se facilita su posterior moldeo y prensado; la agitación final prolongada contribuye a la aparición de aromas en algunos tipos de quesos.

Dependiendo del tipo de queso, la agitación final puede ser entre 20 y 40 minutos a una temperatura entre 32 y 40°C.

#### 6.4.13 Prensado de la cuajada

La operación de prensado de la cuajada cortada y desuerada en parte tiene varios fines: a) con el prensado en moldes de la forma y volumen apropiados, el queso se individualiza en piezas y adquiere su apariencia clásica; b) el queso adquiere una superficie firme que le permite conservar su estructura en las operaciones posteriores de salado, maduración, etc.; c) se consigue una eliminación adicional del suero.

Según tipos de quesos, el prensado tiene lugar en condiciones distintas de tiempo, temperatura, presión y pH, que son los factores más importantes que intervienen en la operación

Algunos quesos no son sometidos a prensado previo (Tilsit, Svecia, etc.), otros no son prensados en absoluto (Roquefort, que es sólo sometido a drenaje 2-3 días por su propio peso), mientras que Edam, Gouda, Manchego, etc., son sometidos a un prensado previo de toda la cuajada que después es cortada y puesta en moldes, que pasan al prensado final.

En general se puede decir acerca de tres tipos de prensado de aplicación en la elaboración de queso:

- prensado por gravedad, que es el más suave y se emplea cuando se quieren producir quesos de alto contenido en humedad, blandos o incluso algunos semiduros. Los queso se dejan en moldes o bandejas perforadas durante algún tiempo, y por acción de su propio peso, van drenado suero;

- prensado corto en prensas neumáticas o hidráulicas a 0.4 – 0.5 bar, en moldes perforados, cuando se quieren obtener quesos de un contenido medio en humedad;

- prensado largo para obtención de queso de bajo contenido en humedad. Este prensado puede durar desde 8 a 48 horas.

Los moldes en la actualidad suelen ser de acero inoxidable y llevan más o menos agujeros según se quiera drenar más o menos suero.

#### 6.4.14 El salado en la elaboración de quesos

El salado de los quesos se realiza por varias razones:

- la sal realza el sabor del queso, como lo hacen en la mayoría de los alimentos sujetos a un proceso de elaboración transformación; - la sal es un conservante que el hombre utiliza desde la antigüedad. Para el caso del queso, ayuda a controlar los microorganismos que se desarrollan durante el periodo de maduración;- la sal ayuda a mejorar la apariencia y consistencia de los quesos

Durante el proceso de salado el queso pierde humedad. Si se está salando por inmersión en salmuera la humedad pasa a ésta, por lo que es necesario agregar sal periódicamente para mantener su concentración. Durante el proceso de salado hay varios factores importantes a considerar:

- la concentración de salmuera se debe mantener constante por adiciones periódicas de sal, el queso toma sal y expulsa agua;

- la temperatura se debe mantener constante, según el queso varía de 7 a 17°C;

- el tiempo de salado varía desde unos pocos minutos a varios días, según la concentración de sal que se quiera alcanzar en el queso por ejemplo quesos frescos 0.25 a 1.25%, en comparación de los más fuertes que pueden alcanzar de 2 a 6%;

- es preciso controlar el pH y evitar el desarrollo posterior de bacterias tales como las butíricas que producen fermentaciones indeseadas;

- el contenido en calcio de la salmuera también es importante, ayuda a secar la corteza;

- la forma y el momento de efectuar el salado son también muy importantes

En caso de la aplicación de sal seca, una vez hecha, se deja secar el queso durante los días que vienen en la tabla 6.4.14 y la temperatura indicada en la misma. El salado se puede aplicar en diversos momentos del proceso de elaboración.

| Tipo de queso | Tiempo   | Temperatura<br>°C | Tipo de sal       | Sal en<br>queso |
|---------------|----------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Edam          | 1-3 días | 10-16°C           | Salmuera (22-25%) | 1.4-1.8%        |
| Tilsiter      | 2-3 días | 10-12 °C          | Salmuera (22-25%) |                 |
| Gouda         | 2-5 días | 10-15 °C          | Salmuera (22-25%) |                 |
| Manchego      | 2-3 días | 12-15 °C          | Salmuera (22-25%) |                 |
| Roquefort     | 3 días   | 8-10 °C           | Sal Seca          |                 |
| Camembert     | 2 días   | 18 °C             | Sal Seca          |                 |

Tabla 6.4.14 – Salazón para distintos tipos de quesos

#### 6.4.15 Almacenamiento y Maduración del queso

En la mayoría de los casos, con el salado no se termina con el proceso de elaboración del queso. Todavía es necesario un periodo más o menos largo de almacenamiento en condiciones determinadas, según tipos de quesos, para dar por concluida la fabricación. Así según su periodo de almacenamiento, podemos hacer la siguiente clasificación:

*Quesos que no necesitan maduración, tales como el Quarg y el Cottage. Están listos una vez que se introducen en sus envases. A este grupo pertenecen la mayoría de los quesos que se consumen frescos, con un alto porcentaje de humedad.*

*Quesos de corto período de maduración (unos pocos días) donde sólo se pretende que se produzcan algunos cambios rápidos tales como distribución uniforme de la sal y desdoblamiento inicial de las proteínas, con formación de algunas sustancias aromáticas.*

*Quesos de mediano a largo periodo de maduración (desde unas pocas semanas a más de 12 meses) tales como Manchego, Cheddar, etc. En este caso, los quesos dan lugar a modificaciones más profundas, tales como desarrollo de aromas y sabores definidos, tratamientos especiales de la corteza del queso (mohos, recubrimientos especiales); pérdidas importantes de humedad hasta alcanzar las características típicas de consistencia del queso; formación de ojos, agujeros irregulares, etc.*

En la tabla 6.4.15 se sugieren las condiciones de almacenamiento de diversos tipos de queso. En ellas se puede observar que se distinguen dos fases de maduración, entre las que pueden variar algunos de los parámetros expuestos.

| 1º Fase   |                     |                  |                            | 2º Fase             |                |                            |
|-----------|---------------------|------------------|----------------------------|---------------------|----------------|----------------------------|
|           | Temperatura<br>(°C) | Tiempo<br>(días) | Humedad<br>relativa<br>(%) | Temperatura<br>(°C) | Tiempo         | Humedad<br>relativa<br>(%) |
| Edam      | 12-14 °C            | 20-30            | --                         | 10-15               | 1-3 meses      | --                         |
| Gouda     | 14-15 °C            | 30-45            | --                         | 10-12               | 6-12 meses     | --                         |
| Svecia    | 12-16 °C            | 30-44            | 65-70                      | 5-10                | 4-12 meses     | --                         |
| Roquefort | 8-10 °C             | 18-25            | --                         | 5-10                | Cuevas         | 95                         |
| Brie      | 10-14 °C            | 28-30            | 80-85                      | 8-10                | 4-5 meses      | --                         |
| Camembert | 10-12 °C            | 10-12            | --                         | 4                   | Hasta la venta | --                         |
| Emmental  | 10-15 °C            | 10-14            | 90                         | 20-24               | 3-6 semana     | 80-85                      |
| Manchego  | 12-14°C             | 10-14            | 85-90                      | 5-12                | 1-6 meses      | 70-85                      |

6.4.15 – Condiciones aproximadas de maduración de diversos quesos

#### 6.4.15.1 Agentes de maduración (enzimas y flora microbiana)

La degradación de los componentes orgánicos del queso se produce por la acción conjugada y variable de las enzimas y la flora microbiana.

*Enzimas.* Las enzimas naturales de la leche, como las lipasas y las proteasas participan en la maduración, pero su acción es lenta y no desempeñan un papel muy importante. La razón es que las condiciones de maduración no son las óptimas para su actividad. Además, el efecto de estas enzimas disminuye porque se destruyen en partes durante la pasteurización de la leche.

En los quesos blandos, la acción del cuajo no es muy importante porque son quesos con un periodo de maduración corto y, además, las proteasas secretadas por su flora son muy activas.

*Flora microbiana.* Los microorganismos desempeñan el papel más importante en la maduración del queso debido a la acción de las enzimas que secretan. La diversidad de la flora, su evolución durante la maduración y los cambios experimentados por el sustrato, hacen muy difícil el estudio del papel de cada uno de los microorganismos en el proceso madurativo.

*Consideraciones preliminares:* la población microbiana del queso es elevada ( $10^9$ ); la flora está compuesta por muchas especies distintas; no siempre existe una relación directa entre el número total de microorganismos y la maduración; los microorganismos viven y actúan en la fase acuosa del queso; el queso es un medio en el que tienen lugar fenómenos de simbiosis y de antibiosis; se producen también fermentaciones sucesivas; los microorganismos vivos secretan dos tipos de enzimas: las exocelulares, que se liberan en el exterior de las células y se difunden en el medio ejerciendo su actividad hidrolítica (importante en los quesos blandos), y las intracelulares, que sólo son excretadas por las células microbianas después de su muerte y cuyo papel es más importante en los quesos duros de maduración larga.

*Principales grupos de microorganismos:* La flora dominante durante la fabricación del queso y en los primeros momentos de la maduración son los estreptococos productores de ácido láctico. Normalmente estos microorganismos han sido sembrados en la leche y suelen ser bacterias mesófilas, aunque algunas veces pueden ser termófilas. Algunas cepas producen una pequeña cantidad de  $\text{CO}_2$ .

Todos los quesos contienen lactobacilos. Entre ellos, los más frecuentes son los mesófilos *Lactobacillus casei* y *L. plantarum*.

La flora del queso incluye también enterococos principalmente *Str. Durans* y *Str. Faecalis*, son bacterias relativamente resistentes al calor y tolerantes a la sal.

Los quesos de pasta cocida, principalmente los de tipo Gruyère y Emmental, tienen agujero u ojos que se deben al gas producido por las bacterias propiónicas anaerobias. Esta fermentación se obtiene sembrando la leche con un cultivo de *Propionibacterium shermanii*.

#### 6.4.15.2 Factores que dirigen la maduración

Las enzimas y los microorganismos llevan a cabo la maduración de cada una de las variedades de queso, siempre que las condiciones del medio resulten favorables. Si éstas no son adecuadas, pueden presentarse problemas en el desarrollo del proceso madurativo.

Los principales factores de los que depende la maduración del queso son los siguientes:

- el contenido en humedad, especialmente el agua libre
- el pH controla el tipo de fermentaciones y la actividad de los equipos enzimáticos.
- la temperatura es otro factor que regula el desarrollo de la maduración, influyendo notablemente sobre la actividad microbiana y enzimática.

.- el contenido en sal es uno de los factores más importantes porque determina la actividad de agua. Varía con los tipos de quesos, y aunque en la mayor parte de los casos oscila entre el 2.0 y 2.5%, es mayor en los quesos azules.

.- el contenido de oxígeno del aire es un factor importante para los quesos cuya maduración es esencialmente superficial. Los microorganismos aerobios en pleno crecimiento utilizan el oxígeno del aire de la cámara de maduración. Al mismo tiempo que disminuye el oxígeno, se producen amoníaco y otros gases. Para mantener el oxígeno necesario para cubrir las necesidades de la flora superficial de los quesos, en las cámaras de maduración se utiliza la ventilación forzada.

#### 6.4.15.3 Breve explicación del proceso madurativo

Como consecuencia de la degradación de los elementos orgánicos de la cuajada, se forman nuevos compuestos y se modifican las condiciones del medio. Para tener una idea general del proceso madurativo resumiremos el comportamiento de los principales componentes del queso: la lactosa (glicolisis), las proteínas (proteolisis) y la materia grasa (lipólisis).

*Lactosa.* Durante el proceso de elaboración se produce la fermentación de la lactosa para obtener ácido láctico en una proporción variable según el tipo de queso. La mayor parte de la lactosa que no se transforma se elimina con el lactosuero. La lactosa que permanece en la fase acuosa de la cuajada sufre la fermentación láctica durante los primeros días de maduración y prácticamente a los diez días ha desaparecido.

El ácido láctico resultante de la fermentación de la lactosa también sufre modificaciones. Normalmente se combina con el calcio del lactosuero para formar lactato. En los quesos ácidos de pasta blanda, es consumido por las levaduras y los mohos, lo que produce una disminución de la acidez. El ácido láctico o su lactato se pueden descomponer por fermentación en ácido propiónico, ácido acético y CO<sub>2</sub>, como en el caso del Gruyère.

*Proteínas.* La proteólisis consiste en la degradación parcial de las proteínas en productos más simples y más solubles. Es un fenómeno muy complicado debido a la ya compleja naturaleza de las proteínas de la leche, la variedad de la flora y el gran número de enzimas proteolíticas que en él participan. Los quesos madurados contienen, entre otros, un gran número de compuestos nitrogenados y sus derivados. La degradación de las proteínas se produce solamente de forma parcial. Uno de los métodos para conocer el grado de proteólisis e indirectamente, el de maduración, es la determinación analítica del porcentaje de nitrógeno soluble no precipitable a pH 4.6 en relación con el nitrógeno total.

*Materia grasa.* La lipólisis es la reacción en la que las lipasas transforman los triglicéridos en glicéridos parciales liberando ácidos grasos. En principio, el grado de lipólisis equivale a la cantidad de ácidos grasos liberados que se expresa como acidez de la fase grasa del queso. Sin embargo, en la práctica, esta medida no refleja la realidad, porque sólo los ácidos grasos de seis o más átomos de carbono tienen su único origen en la lipólisis. Por ejemplo, el ácido butírico se puede formar también en la fermentación de la lactosa y del ácido láctico. La proporción de ácidos grasos libres originados en la lipólisis varía según los tipos de queso.

Por su parte, los ácidos grasos liberados también sufren transformaciones. Por oxidación, los ácidos grasos saturados originan metilcetonas, componentes importantes en el desarrollo del aroma típico de los quesos azules.

## 6.5 Leche destinada a quesería

Para la elaboración de queso hay que utilizar leche de muy buena calidad tanto desde el punto de vista de su composición y flora microbiana, como en relación a su aptitud para la fermentación y coagulación. Si no se cumplen estos requisitos, se presentan muchos problemas en la fabricación y aparecen diversos defectos en el queso.

Por lo tanto, es necesario conocer los principales factores que pueden modificar la aptitud quesera de la leche y alterar su comportamiento en los procesos de coagulación y fermentación, y que son los siguientes:

- .- el desequilibrio de las sales minerales de la leche mastíticas<sup>4</sup> perturba la coagulación y hace más difícil el desuerado de la cuajada.
- .- el gran número de leucocitos que contienen algunas leches mastíticas impide el desarrollo de las fermentaciones necesarias.
- .- los residuos de antibióticos y antisépticos son un grave inconveniente para la fabricación porque inhiben en mayor o menor grado la fermentación láctica.
- .- la flora láctica original de la leche no representa ningún problema. Si hay muchos coliformes pueden dar lugar a la formación de gas y a la aparición de defectos de aroma.
- .- La refrigeración y el almacenamiento prolongado de la leche a 3–4°C provoca modificaciones en la estructura de las micelas de caseína y en el equilibrio de las sales minerales.
- .- El calentamiento de la leche a temperaturas de pasteurización tiene el efecto de aumentar el tiempo de coagulación, disminuir la firmeza del coágulo y hacer su desuerado más lento.

## 6.6 Principales técnicas en quesería

*Estandarización.* Esta operación consiste en ajustar la composición de la leche para que tenga la misma relación grasa/extracto seco magro que debe tener el queso terminado. La estandarización es imprescindible en la elaboración de quesos con un bajo contenido en materia grasa, pero puede ser necesaria en la de cualquier queso en función de la composición de la leche original.

*Pasteurización.* La principal finalidad de la pasteurización es destruir las bacterias patógenas que eventualmente se pueden encontrar en la leche. Por lo tanto, es una medida higiénica que además está plenamente justificada porque las temperaturas a las que se trabaja durante la fabricación del queso, son generalmente propicias para el desarrollo microbiano. Sin embargo, se ha comprobado que los gérmenes patógenos no sobreviven más de dos meses en el queso y por esta razón, al igual que en otros países, el Art 606 - (Dec 111, 12.1 76) del Código Alimentario Argentino, obliga a elaborar quesos con leche pasteurizada, cuando el proceso de maduración sea menor a los 60 días.

*Adición de cloruro cálcico.* El calcio soluble de la fase acuosa de la leche está en constante equilibrio con el calcio coloidal ligado a las micelas de caseína. Para conseguir una buena coagulación, las micelas deben estar saturadas de calcio. Para establecer el equilibrio, normalmente se añade a la leche cloruro cálcico después del tratamiento térmico. Una parte de este compuesto pasa a la forma coloidal con las caseínas.

*Acidificación.* En quesería, la acidificación de la leche por fermentación es una práctica habitual.

---

<sup>4</sup> Las leches mastíticas son aquellas obtenidas desde vacas que presentan una inflamación de la glándula mamaria causada por microorganismos, lo que afecta su calidad, características y puede causar pérdidas en la producción de leche

**Fermentos lácticos.** Actúan en el queso desde que comienza la fabricación hasta el final de la maduración. La primera acción es la acidificación rápida del medio, que permite controlar y frenar el desarrollo de la flora heterogénea natural de la leche y desciende el pH favoreciendo la actividad coagulante del cuajo. Los fermentos participan también en el fenómeno de coagulación por la acción de sus propias enzimas proteolíticas. Algunos quesos se coagulan por acidificación, sin añadir cuajo, o utilizando pequeñas cantidades. Los fermentos contribuyen también al desarrollo del aroma originado en su metabolismo componentes volátiles y por la actividad residual de sus sistemas enzimáticos sobre los lípidos, proteínas y glúcidos de la leche convertida en queso. Esta actividad comienza al principio de la fermentación y continúa con una intensidad variable durante todo el proceso de maduración. Los fermentos lácticos comerciales se seleccionan en función de su capacidad para desarrollar estas funciones.

Para lograr estos efectos, los fermentos lácticos deben ser capaces de producir acidez rápidamente, es decir, tienen que ser muy activos y encontrarse en número suficiente. Sin embargo, siempre están expuestos al ataque de un virus, llamado fago, que puede destruir las células bacterianas.

En algunos casos, los fagos presentan una gran especificidad por una cepa de fermentos, mientras que en otros son mucho menos específicos. En la tabla 6, se muestra la mayoría de los fermentos utilizados, y cuál es el producto que se obtiene a partir de su accionar específico.

| Micro Organismo                                   | Tipo de Queso                                               | Organismos presentes                          |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1 Lactobacilo Lactis ssp Lactis                   | Duros como el Cheddar, etc.                                 | (1), 2, (3, 5, 6, 8)                          |
| 2 Lactobacilo ssp. cremoris                       | Semiduros como el Gouda + ojos grandes                      | 1, (2, 3, 4)/(5,6,7,8,9,12,13)<br>ídem+14     |
| 3 Lactobacilo ssp. Lactis biovar diacetylactis    | Frescos como Cottage, Cuartirolo, Cremoso                   | 1,(2,3,4)/(1),2,(3,4,5)                       |
| 4 Leuconostoc ssp. Lactis or mesenterioides       | Blandos como Feta; Crescenza & bolas Mozzarella             | 1, (2, 3,4,5,6,7,8)/(1,3,5),6,(7,9)           |
| 5 Lactobacilo casei/paracasei/rhamnosus/plantarum | Blandos con mohos externos como Camembert/Brie estabilizado | (1),2,3,(4,5,6,7)+10,(12)/(1),6,(7,9)+10;(12) |
| 6 St. Thermophilus                                | Blandos para untar (Muenster etc.)                          | 12+13,(+)/10                                  |
| 7 Lactobacilo Delbrueckii ssp. Bulgáricus/Lactis  | Mohos azules como Roquefort a.o.                            | (1),2,3,4(5,6,7,8)11(12,13)                   |
| 8 Lactobacilo Helveticus                          | Mohos azules como Gorgonzola                                | (3,4,5),6,7,(8),11,12,(13)                    |
| 9 Lactobacilo Acidophilus                         | Pasta hilada semidura, Kashk (derivado del yogur)           | (1,5),6,(7,8)                                 |
| 10 P. Camemberti                                  | Duros cocidos Grana (textura granulosa)/+Emmental           | (1,3,5),6,7,8,(9),(12,13)/ídem+14             |
| 11 P. roqueforti                                  |                                                             |                                               |
| 12 Levaduras                                      |                                                             |                                               |
| 13 Frotis                                         |                                                             |                                               |
| 14 Propionibacterias Freudenreichii ssp           |                                                             |                                               |

Tabla 6.0 - Tipo de microorganismos en función de qué tipo de queso se desea producir

Actualmente, se utilizan mucho los fermentos congelados para inocular directamente los tanques de fermentación. Tomando algunas precauciones como la conservación de los viales en nitrógeno líquido o en hielo seco, con este sistema se obtienen muy buenos resultados.

Algunas queserías trabajan con un programa de 24 horas y prefieren utilizar fermentos congelados o liofilizados. Estos cultivos se someten a sucesivos pases para poder determinar mejor su sensibilidad a los fagos y conseguir la misma actividad en cada uno de los fermentos que se preparan.

Casi todos los fermentos, a excepción de algunos australianos y neozelandeses, están compuestos por una mezcla de cepas en determinadas proporciones que hay que mantener durante los sucesivos pases. Por esta razón, para la propagación de los cultivos hay que seguir una serie de normas, entre las que se pueden citar las siguientes:

- Todas las cepas de fermentos mesófilos tienen un tiempo de división celular casi uniforme a 21°C, pero que es diferente a temperaturas más altas o más bajas, por lo que se recomienda propagar el cultivo a esta temperatura.

- Es importante bajar la temperatura del cultivo desde 21° a 10°C en un tiempo máximo de 45 minutos.

- Un fermento preparado con leche desnatada con un 12% de extracto seco magro y que tiene una acidez inicial de unos 20°D, debe desarrollar una acidez mínima de 62°D y máxima de 80°D, antes de proceder a su refrigeración.

- En las condiciones precedentes, el tiempo mínimo de incubación de un fermento es de unas 13.5 horas y el máximo de 15.5 horas, con una tolerancia de 30 minutos en los dos extremos de estos márgenes.

- La propagación del cultivo debe hacerse en un circuito cerrado aséptico o en un recinto en el que se ha vaporizado con una solución clorada.

- La leche es el medio de cultivo ideal para la propagación de los fermentos lácticos. Haciendo los pases en la leche, las bacterias se van adaptando al medio en el que tendrán que desarrollar su actividad. El mejor medio es la leche en polvo reconstituida con un 12% de sólidos no grasos, previamente calentada en un autoclave o en un fermentador.

Los fermentos concentrados tienen que contener un número muy elevado de células bacterianas y para obtenerlos, se utilizan medios a base de lactosuero enriquecido en minerales y en factores de crecimiento, u otros sustratos artificiales templanados.

*Leche en polvo para el fermento.* La leche en polvo que va a ser utilizada para preparar los fermentos, no debe contener antibióticos ni otros agentes inhibidores y tiene que reunir las características necesarias para permitir una adecuada actividad microbiana. Además, no debe mostrar ningún indicio de rancidez ni de oxidación. No es suficiente realizar las pruebas de detección de antibióticos y el test de actividad sobre una muestra de cada lote de leche en polvo; se recomienda efectuar estos análisis más o menos cada 50 bolsas.

*Salado.* La sal no se utiliza solamente como condimento. Desempeña un papel técnico fundamental en la fabricación de queso facilitando el desuerado, es decir, la eliminación del agua libre al modificar el grado de hidratación de la pasta; también contribuye junto con el fenómeno de evaporación superficial a la formación de una corteza que es en algunas variedades de queso más gruesa que en otras.

El principal efecto de la sal es controlar la maduración actuando como un agente de conservación selectivo. La sal se encuentra en solución en la fase acuosa del queso e incluso, cuando está en concentraciones bajas, puede inhibir el desarrollo de algunas bacterias indeseables impidiendo así la aparición de defectos de aroma.

En el salado por inmersión en salmuera se produce un intercambio osmótico continuo entre la fase acuosa del queso y el cloruro sódico de la salmuera, hasta que en el centro del queso se alcanza la misma concentración de sal que en la salmuera.

La salmuera sirve también para enfriar el queso y por lo tanto es importante mantenerla a una temperatura suficientemente baja y constante.

## 6.7 Rendimiento quesero

Se entiende por rendimiento la cantidad de queso obtenido a partir de una determinada cantidad de leche. Se puede expresar de las siguientes formas:

- por el número de kg de queso obtenidos a partir de 100 kg de leche, por ejemplo: 9.0 u 11.0

- por el número de kg de queso obtenidos a partir de la materia grasa, por ejemplo: 2.4 a 2.6 Kg de queso por kg de grasa.

En general, se considera que para la mayor parte de los quesos hacen falta como promedio, 11 Kg de leche para fabricar 1 Kg de queso.

#### 6.7.1 Factores que influyen

El rendimiento varía en función de una serie de factores entre los cuales los más importantes son:

.- La composición de la leche. El rendimiento aumenta con la riqueza de la leche en extracto seco, especialmente en caseína y en materia grasa.

.- La composición del queso. El rendimiento varía con el contenido en humedad: cuanto mayor es la cantidad de agua en el queso, más alto es el rendimiento. Por este motivo el rendimiento es muy diferente en los quesos duros, semi-duros y blandos

Quesos duros (Cheddar, Gruyère) 8.5 – 9.8

Quesos semi-duros (Saint-Paulin, Gouda) 10.0 – 11.0

Quesos de pasta blanda (Camembert, etc.) 12

Queso Cottage 18 a 20

.- Las técnicas de fabricación. Cada tipo de queso tiene una legislación que regula su humedad y consecuentemente, su rendimiento medio.

.- Las pérdidas. En una fabricación normal, las pérdidas de materia grasa en el lactosuero pueden alcanzar el 0.30% y las de caseína alrededor del 0.10%.

#### 6.7.2 Control del rendimiento

Desde un punto de vista económico, es fundamental obtener un buen rendimiento en la fabricación de queso y para ello es imprescindible controlar todo el proceso y conocer los principales datos necesarios para su cálculo, que son: la cantidad de leche recogida y su contenido en materia grasa y caseína; el peso del queso cuando se pone en los moldes, al final de escurrido, a la salida de las prensas y en el momento de la expedición; el contenido en materia grasa del lactosuero y también la humedad y materia grasa del queso (ver Fig. 6.7.2).

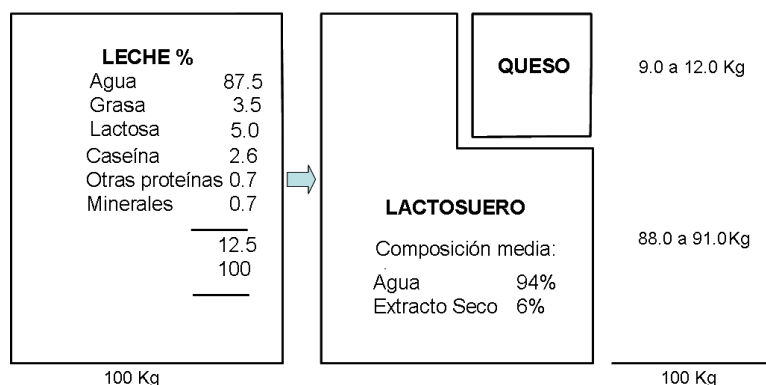


Figura 6.7.2 - Distribución de los componentes de la leche en la fabricación de quesos

## 6.8 Clasificación y tecnología comparada de los quesos

El gran número de parámetros que intervienen en la fabricación del queso posibilita la obtención de muchos productos distintos. Por esta razón, no resulta fácil clasificar o agrupar en categorías, todas las variedades de quesos que existen en el mundo.

Como criterios básicos, se pueden utilizar las técnicas de fabricación (tipo de coagulación, desuerado espontáneo o forzado), la fermentación predominante, el tipo de maduración (en la superficie o en el interior), etc.

Pero en la práctica se ha adoptado un sistema de clasificación más sencillo por el que los quesos se agrupan en:

- Quesos frescos
- Quesos madurados
  - Quesos blandos
  - Quesos semi-duros
  - Quesos duros
  - Quesos azules
- Quesos fundidos

**Quesos frescos.** El término fresco se utiliza para definir un queso que no se madura después de la fabricación, sino que se consume en estado fresco. Cuando hablamos de quesos no madurados, generalmente se trata de variedades de pasta blanda, como el Cottage y los quesos de nata. Contienen un porcentaje de humedad relativamente elevado. El agua queda retenida en el queso por las técnicas de fabricación utilizadas. No deben madurar o fermentar después de su fabricación; si esto ocurre el queso se altera, aparecen defectos y se estropea en menos tiempo. La duración de su conservación depende del contenido de agua, de la calidad de la materia prima, de las técnicas de fabricación y las condiciones higiénicas.

## 6.9 Principales variedades

### 6.9.1 Cottage.

Es una cuajada fresca de leche desnatada que tiene un gusto ligeramente ácido. La acidez, el contenido en materia grasa y el tamaño de los granos es variable.

Su proceso de fabricación comprende las siguientes etapas: acidificación de la leche hasta la coagulación; corte de la cuajada en granos de aproximadamente 1.25 cm; cocción a 46° - 49°C durante 60 – 90 minutos y escurrido; lavado de la cuajada y en el caso del Cottage cremoso, estandarización hasta un contenido graso del 4% y con nata al 15%. Se añade de 0.5-1 ml de cuajo por cada 454 kg de leche fresca con el fin de facilitar el desuerado de la cuajada

### 6.9.2 Quesos de nata y similares

Los quesos de nata, llamados también quesos blancos, son el resultado de la coagulación ácida de una leche desnatada, parcialmente desnatada, entera o incluso enriquecida con nata. La cuajada se separa del lactosuero y se desuera lentamente en sacos, paños o filtros. También se puede efectuar el desuerado centrífugo con separadores especiales que son muy rápidos. Una vez desuerada, la cuajada se amasa hasta que adquiere una textura untuosa. La incorporación de finas hierbas, guindillas, pimienta, etc., contribuye a intensificar su sabor. En este grupo de quesos se incluye también el ricotta, cuya elaboración se puede resumir en:

- a) Calentar leche en una olla a fuego medio hasta que hierva.
- b) Agregar jugo de limón o vinagre y sal a la leche caliente.
- c) Reducir el fuego y mezclar durante unos minutos hasta que la leche se corte y se formen grumos.

d) Colocar un paño limpio de cocina sobre un tamiz o colador y verter la mezcla de leche sobre el paño.

Dejar que la mezcla escurra durante al menos una hora, apretando ocasionalmente el paño para eliminar el líquido.

Después de una hora, la ricotta estará lista para consumir. Se puede conservar por poco tiempo en un recipiente hermético en el refrigerador.

#### 6.9.3 Quesos frescos de textura semi-dura.

Los quesos de este tipo se elaboran con leche entera o parcialmente desnatada. La cuajada se desuera en bloques y cuando alcanza un grado de acidez crítico, se lava con agua caliente, se estira, se pone en moldes y se sala ligeramente. Este tratamiento de cocción confiere a la pasta una textura suave y una consistencia filante y al mismo tiempo, prolonga su conservación. Estos quesos pueden consumirse frescos, pero principalmente se utilizan para cocinar o en la preparación de platos pre-cocinados. En este grupo se encuentran los quesos de tipo Mozzarella.

#### 6.9.4 Quesos Madurados

Dentro de esta categoría se encuentra la mayor parte de los quesos. Se distinguen de los quesos frescos porque sufren de forma progresiva y durante un tiempo más o menos largo, complejas transformaciones bioquímicas. En el curso de la maduración, los componentes de la cuajada fresca se transforman en distintos productos más solubles.

Cada tipo de quesos es el resultado de un proceso de maduración dirigida. Modificando y combinando los distintos parámetros que intervienen en los mecanismos madurativos se pueden obtener centenares de quesos distintos<sup>5</sup>.

#### 6.9.5 Queso de pasta blanda y sus principales características.

Tienen una textura blanda, untuosa, suave y uniforme, que se debe a su contenido relativamente elevado de agua y la solubilización avanzada de caseína. Se presentan en pequeños formatos. Tienen un periodo de maduración relativamente corto. La microflora actúa en la corteza produciendo una fermentación desde la superficie hacia el centro del queso. Para que se desarrolle este tipo de maduración se necesita aire y por lo tanto, los quesos no se pueden envasar herméticamente ni recubrir con ningún tipo de película antes de la maduración. Su conservación es más difícil, su vida más corta y su comercialización más complicada.

Dentro de las variedades de queso de pasta blanda, se incluyen las llamadas cortezas floridas, cuya superficie está recubierta de moho que forma un tapiz blanco. Esta categoría incluye el Camembert, el Brie y el de cabra madurado.

El camembert – Es un queso de cuajada mixta (ácido y enzimática), obtenida a partir de leche estandarizada que se acidifica con un fermento mesófilo. La maduración se lleva a cabo en superficie y se debe fundamentalmente a la actividad del *Penicillium Camembertei* (*P. caseicolum*).

#### 6.9.6 Quesos de pasta semi-dura.

Hay muchas variedades de quesos que pueden clasificarse como semiduros. No todos sufren necesariamente las mismas fermentaciones, ni se fabrican con las mismas técnicas, ni tienen el mismo sabor, pero presentan algunas características comunes. La mayor parte

---

<sup>5</sup> Francia e Italia son los países con una mayor gama de tipos de queso distintivos actualmente, con unos 400 tipos aproximadamente cada uno. Muestra de ello es el proverbio francés que sostiene que hay un queso francés diferente para cada día del año, como también la cita del presidente francés Charles de Gaulle "¿Cómo es posible gobernar un país en el que hay 246 clases de queso?".

de ellos se pueden clasificar como quesos prensados. Se obtienen por coagulación predominantemente enzimática y su cuajada está suficientemente mineralizada para permitir el trabajado mecánico. Se usan fermentos mesófilos y en muchos casos, se frena la acidificación lavando la cuajada para diluir la lactosa.

Tipo Holandés – El Gouda y el Edam son los principales quesos holandeses. Se fabrican a partir de leche sin acidificar que se coagula con cuajo. Las técnicas de fabricación favorecen un ligero desarrollo de la acidez. La cuajada se lava y como en el caso de otras cuajadas lavada, el agua que se emplea no debe estar demasiado caliente y se tiene que añadir lentamente para evitar que se escalden los granos de la cuajada y se forme a su alrededor, una capa superficial impermeable.

Antes de proceder al prensado propiamente dicho, los granos de la cuajada se sueldan mediante un pre-prensado que se suele realizar en el lactosuero para mantener la temperatura constante. La pasta de estos quesos es de color amarillo claro, lisa y flexible. La presencia de algunos pequeños ojos es normal. Como la maduración tiene lugar en el interior del queso, se puede recubrir con cera o envasar al vacío.

#### 6.9.7 Quesos de pasta azul: el Bleu

El bleu se presenta en forma de un cilindro grueso. Su pasta es friable, se desgrana, no tiene cohesión. La leche o la cuajada se siembran con mohos azules seleccionados que son los principales responsables de la maduración (*Penicillium roqueforti*). Para favorecer el crecimiento de este moho en el interior de la masa, los quesos se pinchan varias veces.

Estos mohos actúan sobre las proteínas, pero principalmente hidrolizan la materia grasa, liberando compuestos que dan al queso un sabor fuerte y picante (metilcetonas)

#### 6.9.8 Quesos de pasta dura

La maduración de los quesos de pasta dura se desarrolla lentamente en el interior de la masa. Estos quesos se conservan fácilmente y se pueden almacenar durante mucho tiempo, por lo que no presentan problemas de comercialización. Algunas variedades, como el Cheddar, se someten a un calentamiento moderado o semi-cocción y otras a una cocción más intensa, como los del tipo suizo: el Gruyère y el Emmental entre otros. A este último grupo de quesos se les llama pastas prensadas cocidas.

Cheddar- El Cheddar es un queso duro. Esta textura se consigue utilizando las técnicas de fabricación adecuadas: coagulación enzimática, acidificación intensa, agitación, cocción y prensado.

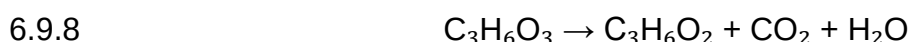
El procedimiento tradicional de fabricación comprende las siguientes etapas:

- a) Preparación de la leche: clarificación, eventual estandarización, pasteurización o pre-calentamiento.
- b) Siembra de la Leche (1-1.5%) generalmente con un fermento láctico mixto; adición de cloruro cálcico y algunas veces de colorante; maduración de la leche para permitir el desarrollo de 2º-2.5ºD de acidez.
- c) Coagulación a 30°C añadiendo la cantidad de cuajo necesaria (80-90 ml/454 litros de leche) con la que se obtiene una buena cuajada en un tiempo de 20 a 30 minutos.
- d) Corte de la cuajada en cubos de aproximadamente 1/3 cm (3.3 mm).
- e) Agitación de los granos de la cuajada, suave al principio y luego más intensa: calentamiento del suero hasta unos 40°C para favorecer el desuerado.
- f) Eliminación de parte del suero y posteriormente, cuando la cuajada está suficientemente dura, se procede a la evacuación total.

- g) Distribución de la cuajada en montones para favorecer la cohesión entre los granos y poder obtener bloques separados
- h) Cheddarización<sup>6</sup>, fenómeno típico en la elaboración de este queso, que consiste en unir o soldar íntimamente los granos de la cuajada por efecto de la presión, la acidez y la temperatura, para conseguir una típica textura gomosa y una superficie brillante
- i) Paso por el molino para cortar la cuajada en granos o en tiras con el fin de completar el desuerado, enfriar la cuajada y facilitar el salado en seco
- j) Salado, puesta en moldes y prensado
- k) Recubrimiento superficial y maduración

Tipo Gruyère - Este grupo de quesos se caracteriza por sus ojos o agujeros y por su gusto ligeramente dulce. Normalmente se fabrica en grandes formatos circulares, aunque también se pueden presentar en forma rectangular.

El Gruyère se elabora con leche estandarizada que contiene un 3.0 – 3.2% de materia grasa. Se siembra con un fermento láctico mesófilo y otro termófilo si la temperatura de cocción lo requiere. Durante la fabricación, las bacterias lácticas producen una cantidad limitada de ácido láctico que el fermento propiónico transforma durante la maduración en ácido acético, ácido propiónico y CO<sub>2</sub> como se muestra en la estequiometría de la ecuación 6.9.8.



Por la presión de la pasta, este CO<sub>2</sub> se acumula en algunos puntos y forma los ojos. El número, la forma y la distribución de los ojos tiene una gran importancia porque son índices de la calidad del queso.

La pasta es muy firme debido a la fuerte coagulación enzimática, al pequeño tamaño de corte de la cuajada, a su intensa agitación, a su cocción y a su prensado. El lavado de la cuajada en caliente, además de frenar la acidificación, sirve de cocción. El típico Gruyère tiene una corteza gruesa y dura, pero su formación puede evitarse aplicando al queso un recubrimiento antes de la maduración.

#### 6.9.9 Quesos fundidos o Procesados

El queso pierde su identidad al transformarse en queso fundido, pero adquiere algunas características positivas, especialmente una conservación más fácil y más larga. La fusión por calor es un procedimiento parecido a la preparación de conservas. Como se pueden controlar las condiciones de fabricación, es posible obtener un producto de gusto, apariencia y calidad sanitaria uniforme, que es de fácil comercialización y utilización.

Esencialmente, la técnica de fundido consiste en transformar el paracaseinato cálcico en una solución coloidal termoestable de paracaseinato sódico mediante la utilización de las sales fundentes apropiadas, el calor y la agitación. En este grupo de productos se incluyen el queso fundido propiamente dicho, los quesos para extender y las cremas de queso fundido.

(Ver en el apartado 6.16 las características y proceso de obtención)

---

<sup>6</sup> Cheddarizar, hace referencia a un proceso adicional en la producción de quesos tipo cheddar, donde después de ser calentado el cuajo, se corta en cubos para drenar el suero. Originalmente producido en la villa de Cheddar, en Somerset, Inglaterra.

## 6.10 Clasificación: según contenido graso

De acuerdo con su contenido en grasa, expresado en porcentaje sobre el extracto seco, los quesos se clasifican en:

- Queso doble graso, con un contenido del 60% de grasa sobre extracto seco
- Queso extragrasso, que tiene un contenido mínimo del 45% de grasa sobre extracto seco
- Queso graso, con un contenido mínimo del 40% de grasa sobre extracto seco.
- Queso semigraso, con un contenido mínimo del 20% de grasa sobre extracto seco
- Queso magro, con un contenido de menos del 20% de grasa sobre extracto seco.

Según la legislación, las denominaciones de queso graso, extragrasso o doble graso pueden utilizarse a voluntad del fabricante, pero las de semigraso y magro deberán indicarse en las etiquetas de los quesos.

## 6.11 Clasificación: según su textura

Los quesos se clasifican según su textura en tres grandes grupos:

- Quesos con ojos o agujeros redondeados
- Quesos de textura granular
- Quesos de textura cerrada

Los ojos o agujeros que aparecen en algunos quesos, son el resultado de las fermentaciones de ciertas bacterias lácticas, productoras en sus metabolismos de ácido láctico y anhídrido carbónico. Cuando se procede al prensado de los quesos se producirán ojos redondeados al sustituir el carbónico al suero. Ejemplos de quesos de este tipo son Emmental, Gruyère, Fontina y Gouda. Los ojos pueden llegar a tener 25 a 30 mm.

Cuando la operación de la colocación de la leche coagulada en los moldes se hace al aire, éste quedará atrapado en los huecos que existen entre los granos. Posteriormente, y debido a las fermentaciones citadas antes, el anhídrido carbónico sustituirá al aire y en el queso aparecerán agujeros de tipo granular. Ejemplos de quesos con ojos granulares son Tilsist, Svecia, Havarti, Manchego

Los quesos duros de textura cerrada, sin ojos, son el resultado del proceso propio de elaboración y de la utilización de cultivos microbianos que desprenden muy poco anhídrido carbónico en sus metabolismos. Entre ellos algunos Cheddar, Manchego, Parmesano, Cantal, algunos tipos de Mozzarella.

## 6.12 Clasificación: según el tipo de microorganismos empleados en la elaboración

Según el tipo de microorganismos utilizados en la elaboración de los quesos tendremos la siguiente clasificación:

1º Quesos veteados, de pasta azul, tales como Roquefort, Danablu, Cabrales, Gorgonzola, etc. Donde se produce por toda su masa el crecimiento de mohos *Penicillium*. Este tipo de quesos suele tener la masa blanca, veteada de azul y verde como consecuencia del desarrollo del moho *Penicillium*, que exige gran cantidad de oxígeno para su crecimiento, por lo que se suele perforar el queso con finas agujas, lo que facilita la penetración de aire.

2º Quesos de moho blanco, tales como Camemberte y Brie, en los cuales hay un desarrollo de hongos blancos (*Penicillium Candilum*) que les dan su típico aspecto. La maduración se realiza en cámaras a 10/15°C con una humedad relativa del 85 al 90%. Los hongos o mohos blancos de la superficie se desarrollan rápidamente. En el caso del Brie se mantienen estas condiciones durante un mes y después se procede a una maduración más prolongada de 4 a 5 meses a bajas temperaturas (8/10°C).

3º Quesos con desarrollo bacteriano en la corteza, tales como Saint Paulin, Port Salut, etc. En los que se unta la superficie de los quesos antes de su maduración, con un cultivo de bacterias que desarrollan dando características especiales a los quesos.

4º Quesos madurados por la acción de cultivos bacterianos lácticos. En este grupo se encuentra la mayoría de los quesos. El cultivo de microorganismos lácteos seleccionados en una proporción variables (normalmente de 0.5 al 1.1%), se añade a la leche antes de coagulación a una temperatura de 29 – 31°C.

### 6.13 Mecanización y modernas técnicas en quesería

Actualmente se han desarrollado nuevas técnicas y equipos para hacer la fabricación de queso más rápida, más económica y más higiénica. Se menciona, entre otros, las cubas de fermentación totalmente cerradas; los sistemas para el corte mecánico de la cuajada y los de circulación para su lavado; las mesas de desuerado, el vaciado de la cuba sobre cintas transportadoras que agitan la mezcla de cuajada-lactosuero; los diversos tipos de torres de cheddarización; los sistemas de moldeado a vacío; los procedimientos mecánicos de salado, etc.

El desarrollo de la mecanización en quesería sigue dos tendencias. La primera, la máquina más o menos perfeccionada, respeta y reproduce lo más fielmente posible las técnicas clásicas de fabricación con las tres etapas convencionales de coagulación, desuerado y maduración. La segunda tendencia de desarrollo es mucho más radical e innovadora. Para hacer la fabricación más corta y en un proceso continuo, las nuevas técnicas no se basan en los sistemas clásicos sino en principio nuevos, especialmente en los mecanismos científicos de la coagulación y la sinéresis.

#### 6.13.1 Coagulación continua

La coagulación de la leche es la primera etapa del procedimiento clásico de fabricación de queso. El resultado físico de este fenómeno es la formación de un gel de caseína en el que quedan atrapados los otros componentes de la leche, incluido el agua. La coagulación se produce, bien por la adición de cuajo u otra enzima coagulante, o bien por la acidificación de la leche como consecuencia de la fermentación bacteriana de la lactosa. La coagulación no se produce de forma instantánea, sino que requiere un tiempo variable desde algunos minutos hasta muchas horas.

Sin embargo, los avances en los conocimientos cinéticos fundamentales, han hecho posible la coagulación continua de la leche y actualmente es un método muy utilizado en las industrias. Se ha demostrado que el cuajo actúa en dos etapas sucesivas. En la primera fase o enzimática, la enzima produce una proteólisis limitada de la caseína, incluso en frío. En la fase secundaria, se produce la coagulación propiamente dicha que requiere una temperatura más elevada, del orden de 25-35°C. Por lo tanto, jugando con la temperatura, se puede separar la acción enzimática de la acción de coagulación. Este principio se conoce con el nombre de cuajado en frío. Para el cuajado en frío, la leche a la que se ha añadido el cuajo se mantiene a una temperatura inferior a 10°C, con lo que se producirá la fase enzimática de la reacción sin que la leche coagule. Después se calienta rápidamente esta leche a una temperatura de unos 30°C y la coagulación es prácticamente instantánea.

En la práctica se encuentra el procedimiento Nizo, holandés. Con una bomba dosificadora muy precisa, la leche se envía hasta un intercambiador de calor equipado con placas especiales, donde se calienta a una temperatura de 29-30°C. A la salida del intercambiador, la leche empieza ya a coagular. La dosis de cloruro cálcico se ajusta muy exactamente para que la leche coagule después de estar durante 65 segundos a 30°C. A continuación, la leche

llega a la cámara de coagulación que tiene en su base un cilindro con dos placas perforadas. La propia presión de la alimentación empuja la cuajada hacia la parte superior de la cámara, donde llega lo suficientemente firme para cortarla en cubos regulares. Estos trozos pasan después a un cilindro horizontal rotativo provisto de un tornillo sinfín, y allí se calientan a 32-34°C con agua suero. Con la agitación, la cuajada desuera y adquiere la consistencia necesaria para permitir el llenado de los moldes.

#### 6.13.2 Ultrafiltración

En quesería, la ultrafiltración no se aplica solamente para tratar el lactosuero; este proceso se emplea también para fabricar queso. Ultrafiltrar la leche es, en definitiva, desueralarla antes de coagularla. Brevemente, el principio es el siguiente: utilizando una membrana adecuada, en la ultrafiltración se seleccionan y separan los componentes de la leche en las concentraciones equivalentes a la composición del queso. En la ultrafiltración se retienen la caseína y las proteínas del suero no coagulables por el cuajo, junto con la grasa y una determinada cantidad de agua, lactosa y sales minerales. El retenido que se obtiene es un líquido pastoso que se llama pre-queso. Para obtener un retenido de composición equivalente a la de la cuajada desuerada, por ejemplo, del Camembert, la leche se concentra de cinco a seis veces, lo que es suficiente para alcanzar una concentración en proteínas del 17 al 19%. El pre-queso se calienta a 30°-32°C, se siembra con un fermento láctico y se deja madurar hasta que su pH es de alrededor de 6.1. A continuación se siembra con una suspensión de esporas de *Penicillium camemberti*, se añade el cuajo y por último la preparación se pone en los moldes con la forma del queso. La coagulación se produce entre siete y diez minutos después y el gel formado se endurece rápidamente. Unos 30 minutos más tarde, los quesos se sacan de los moldes y se escurren ligeramente mientras se refrigeran. Tras esta operación, ya están en condiciones de comenzar el proceso de maduración.

### 6.14 Medios de cultivo empleados

Para la multiplicación de los fermentos que se van a utilizar en quesería se suele utilizar como medio de cultivo la leche, tanto entera como desnatada, que debe reunir varias condiciones:

- 1) Bajo contenido bacteriano, de forma que los fermentos que se añaden, encuentren poca o nula competencia. Esto también es importante, aunque se pasteurice la leche, ya que si hubo un desarrollo fuerte de bacterias quedan en el medio una gran cantidad de metabolitos y toxinas que retardarían el crecimiento de nuevos fermentos.
- 2) Ausencia de antibióticos, detergentes, desinfectantes o cualquier otra sustancia que impida el desarrollo de fermentos
- 3) Porcentaje de sustancias sólidas uniforme. De esta forma los fermentos encuentran siempre un suministro constante de nutrientes, sin variaciones en el tiempo. Por ello se recurre frecuentemente a la utilización de leche en polvo de alta calidad, obtenida por atomización.

Antes de la siembra con fermentos, la leche se pasteuriza a 90-95°C durante 30 a 15 minutos consiguiendo así varios objetivos. Destrucción de los microorganismos presentes, destrucción de sustancias inhibitorias y descomposición parcial de las proteínas, con lo que son más fácilmente asimilables por los fermentos; expulsión del oxígeno disuelto.

## 6.15 Aditivos empleados en la elaboración

Con el objeto de corregir y mejorar las características de la leche para fabricar quesos se suelen utilizar algunos productos, entre los que se destacan los siguientes:

- .- Cloruro cálcico, a veces en combinación con fosfato disódico, que baja el pH de la leche, lo que facilita la coagulación posterior de la misma por adición del cuajo
- .- Nitratos sódicos y potásico, que utilizados en las dosis apropiadas inhiben el desarrollo de bacterias butíricas y coli.
- .- Colorantes, que se utilizan para conseguir un color uniforme del quesos, independientemente de las variaciones estacionales del color de la leche (riboflavina, amarillo; beta caroteno, Orleans; Annatto, pigmentos bixia y nobixina; extractos de clorofila).
- .- Enzimas diversas, que se agregan micro-encapsuladas a la leche para que actúen durante maduración, acortándola.
- .- En algunas variedades de quesos, donde se permite la adición de agua oxigenada para su conservación, se permite luego también la adición de catalasa, que ayuda a desdoblar el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno.
- .- En países tropicales se añade a veces cloruro sódico (sal común) a la leche para evitar el crecimiento microbiano.
- .- En algunos quesos tales como el Ricotta, se permite la adición de sustancias estabilizantes para evitar la formación de espuma.

## 6.16 Quesos Fundidos o Procesados

### 6.16.1 Descripción del Producto y del Proceso

El queso fundido, también conocido como amarillo o procesado, es un alimento elaborado a partir de otros quesos que no tienen salida comercial, los cuales se muelen y funden con sales apropiadas, estabilizadores y algunas veces con aromas. Este tipo de queso presenta algunas ventajas, como la de aumentar el tiempo de conservación, se facilita el transporte, el almacenamiento y la venta. Otra ventaja, es que mediante el procesamiento se pueden mezclar quesos suaves, semiblandos o duros de diversas procedencias y obtener un producto uniforme. Entre los quesos más usados están: Gouda, Cheddar, tipo suizo y algunos quesos blancos.

El queso fundido debe tener un máximo de humedad del 44 % y un mínimo de grasa de 23%. La suavidad del producto final se logra añadiendo sales fundentes entre ellas, citratos, tartratos y fosfatos que ayudan a la disolución de las proteínas y en la emulsificación de las grasas. El peso total de las sales fundentes no debe sobrepasar el 3% del peso del producto. Este tipo de queso, por lo general tiene un color intermedio entre amarillo y anaranjado y para su preservación se usa una mezcla de benzoato de sodio con ácido sórbico.

### 6.16.2 Materia Prima e Ingredientes

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| Formulación para 100 Kg. de queso |           |
| Recortes de quesos                | 100.0 Kg. |
| Agua                              | 18.5 kg   |
| Sales fundentes                   | 2.95 kg   |
| Ácido sórbico                     | 14 g      |
| Benzoato de sodio                 | 12 g      |
| Colorante (anaranjado)            | 14 g      |
| Colorante amarillo                | 14 g      |

### 6.16.3 Instalaciones

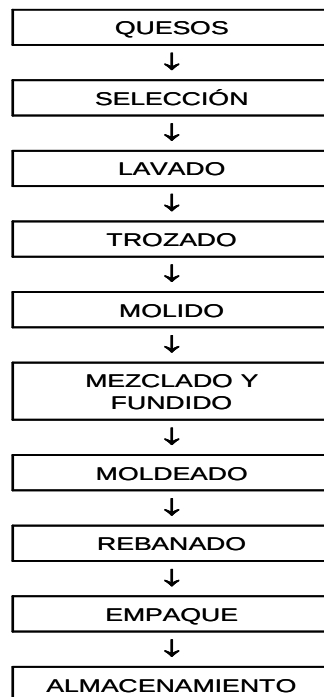
El local debe ser lo suficientemente grande para albergar las siguientes áreas: recepción de la leche, pasteurización, coagulación, moldeado, empaque, cámara de frío, bodega, laboratorio, oficina, servicios sanitarios y vestidor. La construcción debe ser en bloc y las paredes deben estar cubiertas de azulejo hasta una altura de 2 metros.

Los pisos deben ser de concreto recubiertos de losetas o resina plástica, con desnivel para el desagüe. Los techos de estructura metálica, con zinc y cielorraso. Las puertas de metal o vidrio y ventanales de vidrio. Las puertas y ventanas deben cubrirse con cedazo para impedir la entrada de insectos. La planta debe tener un sistema para el tratamiento de los residuos líquidos y sólidos

### 6.16.4 Equipos

Molino de discos  
Marmita u olla de cocción  
Balanza  
Mesas de trabajo  
Bandejas  
Cuchillo  
Material de empaque: papel encerado, plástico

### 6.16.5 Diagrama de Flujo



### 6.16.6 Descripción del Proceso

Selección: se seleccionan quesos sin salida comercial, pero que mantengan adecuadas características organolépticas. Se eliminan los quesos o partes que estén deteriorados.

Lavado: las piezas de queso se lavan con agua potable para eliminar restos de suero y bacterias superficiales.

Trozado y Molido: los quesos se cortan en trozos pequeños y luego se muelen en un molino de discos.

Mezclado con sales fundentes: el queso molido se pone en una marmita y se le agrega las sales fundentes (mezcla de citratos, fosfatos y tartratos). Se mezclan con una paleta y se deja reposar durante 30 – 60 minutos.

Fundido: la mezcla de quesos y sales se calienta hasta 80 - 90 °C, durante un tiempo de 7-10 minutos. En todo momento se debe mezclar para que el producto no se pegue. Antes de terminar el proceso de fundición, se agrega el color y los preservantes asegurándose de mezclar continuamente.

Moldeado: el queso de chorrea sobre moldes de metal, que por lo general tienen forma rectangular y dimensiones de 8 cm de lado. Se deja enfriar a temperatura ambiente y después se almacenan en refrigeración.

Rebanado: los moldes se voltean para sacar los quesos, que se cortan en rebanadas delgadas. Esta operación queda mejor si se hace con una rebanadora para embutidos, pues con cuchillos es difícil obtener rebanadas del mismo grosor.

Empaque: para que las rebanadas no se peguen se coloca una hoja de papel encerado o de plástico y luego se acomodan una sobre otra hasta completar el peso del empaque deseado. Después el grupo de rebanadas se empacan en plástico celofán.

Almacenamiento: el queso se debe mantener a una temperatura de 5 °C, durante su almacenamiento y distribución.

#### 6.16.7 Control de Calidad

##### 6.16.7.1 Materia Prima

En este proceso se pueden usar quesos que ya no tienen salida comercial porque su vida útil está casi vencida o porque presentan defectos de forma, color y sabor. Sin embargo, no se pueden usar quesos deteriorados (en mal estado) pues el proceso no corrige este problema y por el contrario el producto presentará problemas de calidad.

##### 6.16.7.2 Proceso

El control de la mezcla con las sales fundentes y de la temperatura de fundido son críticos para obtener un queso de masa homogénea y evitar pérdidas por la formación de costras en la marmita.

##### 6.16.7.3 Producto Final

El producto final debe presentar sabor y color homogéneo, una consistencia suave pero que permita manipular las rebanadas y desprenderse fácilmente del papel o plástico que las cubre. El contenido de grasa debe ser como mínimo del 23% y el contenido de humedad del 44% como máximo.

#### 6.16.8 Aspectos de Comercialización

El queso fundido o procesado se utiliza principalmente para la preparación de emparedados (sándwich) y su consumo continúa creciendo en todo el mundo. Es posible innovar en cuanto a las presentaciones y agregando sabores y especias naturales.

## Referencias Bibliográficas

Amiot Jean. “**Ciencia y Tecnología de la Leche**”. Editorial Acribia, S.A. Editores: la fundación de tecnología Lechera de Quebec, Canadá. I.S.B.N.: 84-200-0713-7. Zaragoza, España (1991)

Madrid Vicente, Antonio Vicente “**Curso de Industrias Lácteas**”. ISBN:84-87440-82-7. Munci-Prensa Libreos S.A. Madrid, España (1996)

## **Unidad 7: LECHEs CONCENTRADAS Y LECHE EN POLVO**

Universidad Nacional de San Luis Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias

Departamento: Ingeniería de Procesos

Área: Tecnología en Alimentos

Asignatura: Tecnología de los Lácteos

Carrera: Ingeniería en Alimentos – Ingeniería Química

### **ÍNDICE DE CONTENIDO**

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| 7.1 Leche evaporada.....                                        | 2  |
| 7.1.2 Definición Bromatológica .....                            | 2  |
| 7.1.3 Descripción .....                                         | 2  |
| 7.1.4 Pruebas de calidad .....                                  | 3  |
| 7.1.5 Pre-estandarización de la Leche.....                      | 4  |
| 7.1.6 Precalentamiento .....                                    | 4  |
| 7.1.7 Concentración por evaporación .....                       | 4  |
| 7.1.8 Homogeneización .....                                     | 5  |
| 7.1.9 Refrigeración, estandarización final, estabilización..... | 5  |
| 7.1.10 Envasado .....                                           | 5  |
| 7.1.11 Esterilización .....                                     | 5  |
| 7.1.12 Almacenamiento .....                                     | 6  |
| 7.1.13 Defectos más comunes.....                                | 6  |
| 7.1.14 Estabilidad de la leche frente al calor.....             | 6  |
| 7.2 Leche Condensada Azucarada .....                            | 7  |
| 7.2.1 Definición Bromatológica .....                            | 7  |
| 7.2.2 Descripción .....                                         | 7  |
| 7.2.3 Defectos más frecuentes. ....                             | 8  |
| 7.3 Leche en polvo .....                                        | 9  |
| 7.3.1 Definición Bromatológica .....                            | 9  |
| 7.3.2 Descripción .....                                         | 9  |
| 7.3.3 Etapas en la fabricación.....                             | 10 |
| 7.3.3.1 Precalentamiento,.....                                  | 10 |
| 7.3.3.2 Concentración .....                                     | 10 |
| 7.3.3.3 Dsecación.....                                          | 11 |
| 7.3.3.4 Envasado .....                                          | 12 |
| 7.3.3.5 Lecitinación .....                                      | 12 |
| 7.3.3.6 Aglomeración o Instantaneización.....                   | 12 |
| 7.3.6 Defectos más comunes.....                                 | 13 |
| 7.4 Conceptos de Esterilización .....                           | 14 |
| Referencias Bibliográficas .....                                | 16 |
| Anexo de Imágenes Varias.....                                   | 17 |

## Unidad 7: LECHEs CONCENTRADAS Y LECHE EN POLVO



Versión 23OCT1

La historia de las leches concentradas y en polvo comenzó hace más de un siglo y medio. Después de los trabajos de Nicolás Appert, Gail Borden patentó en 1856 el procedimiento de fabricación comercial de leche concentrada estéril. Casi a la vez, los americanos comprobaron que con el 45% de azúcar, la leche concentrada se conservaba durante el mismo tiempo que la esterilizada. Este fue el origen de la leche concentrada azucarada. Estos productos concentrados pueden elaborarse a partir de la leche entera, leche desnatada o parcialmente desnatada. Las primeras etapas de fabricación son iguales para los dos tipos de leche: estandarización, recalentamiento y concentración por evaporación.

Otro método de conservar la leche consiste en desecarla y convertirla en un polvo. Marco Polo ya relataba en sus escritos como los Tártaros, en el siglo XII, obtenían leche en polvo poniendo a secar al sol finas capas de leche. Pero hubo que esperar hasta 1875 para que T. S. Grimwade patentara en Inglaterra, un sistema de fabricación de leche en polvo. Hasta 1950 no se puso a punto el procedimiento de instantaneización que ha facilitado enormemente el uso doméstico de este producto.

### 7.1 Leche evaporada

#### 7.1.2 Definición Bromatológica

CAA - Art. 571 - (Resolución Conjunta SPRy RS y SAGPyA N° 33/2006 y N° 563/2006)

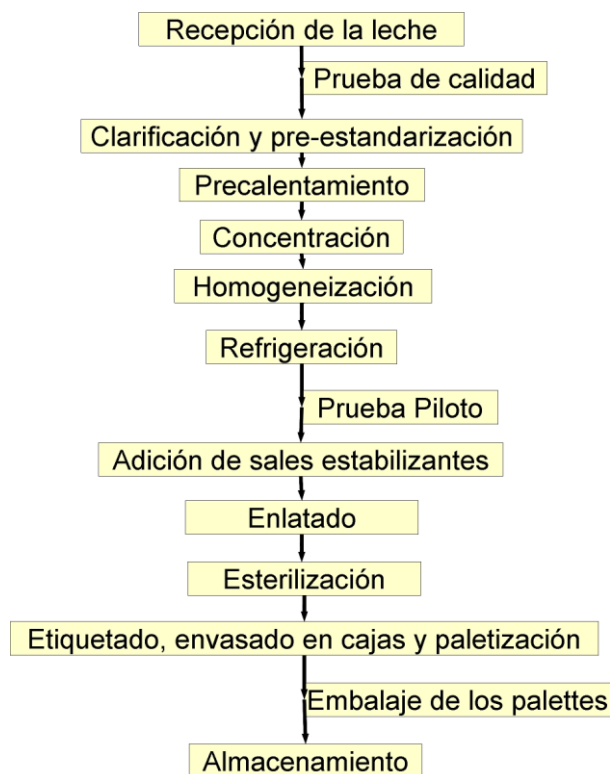
“Se entiende por Leche Evaporada o Concentrada, esterilizada o UAT (UHT), el producto de consistencia siruposa obtenido por evaporación parcial del agua de la leche apta para el consumo humano. Deberá responder a las siguientes exigencias: a) Sólidos de leche, no menor de 25% p/p; b) Grasa de leche: mín. 7,8 % p/p; c) Proteínas de leche: mín. 7,5 % p/p; d) Ausencia de gérmenes patógenos, toxicogénicos y de microorganismos capaces de proliferar en ella.

#### 7.1.3 Descripción

La leche evaporada es el producto que se obtiene concentrando la leche por calor y después esterilizándola en recipientes herméticos. Normalmente se esteriliza en envases metálicos, pero también se pueden utilizar bolsas. Para uso industrial, la leche se prepara y esteriliza a granel y después se envasa en recipientes asépticos de gran capacidad.

El Código Alimentario Argentino, señala que la leche debe contener un mínimo de 7.8% de materia grasa y un 25% de extracto seco. En el Reino Unido y numerosos países, exigen mínimo 9.0% de grasas y 31% de sólidos

Técnicas de fabricación. En el esquema 7.1 se resumen las diferentes etapas de la fabricación de leche evaporada.



Esquema 7.1.- Esquema del procesos de fabricación de la leche evaporada

#### 7.1.4 Pruebas de calidad

La leche cruda utilizada para elaborar leche evaporada tiene que ser de muy buena calidad. Además de los análisis de rutina, se debe comprobar la estabilidad al calor realizando la prueba de alcohol<sup>1</sup> que debe dar un resultado negativo. Otro método consiste en aplicar a la leche cruda un tratamiento térmico severo. Para ello, la leche se introduce en tubos capilares cuyos extremos se cierran a la llama y que a continuación se sumergen en un baño de aceite mineral pesado a 140°C. Cada tres minutos, se comprueba si la leche coagula. Esta prueba puede modificarse añadiendo cantidades constantes de cloruro cálcico o fosfato disódico en concentraciones determinadas y comparando el efecto de estas sales frente a una muestra testigo. Las pruebas de calor y del alcohol permiten detectar un 90% de las leches inestables.

<sup>1</sup> Ensayo de termoestabilidad (prueba del alcohol). Principio: el alcohol precipita las micelas afectadas por mala termoestabilidad. La determinación consiste en mezclar volúmenes de leche y alcohol iguales (3:3) en 2 tubos de ensayo; agitar e invertir 2 o 3 veces y observar. El resultado es que si hay cuajo en las paredes del tubo la prueba es positiva, sino es negativa

#### 7.1.5 Pre-estandarización de la Leche

La primera operación que hay que realizar es la pre-estandarización. Consiste en modificar la relación materia grasa/extracto seco magro de la leche para hacerla igual a la deseada en el producto final (0.411 en la leche evaporada normal).

En el caso de la estandarización discontinua o por lotes, la leche se desnata o se le añade nata dependiendo de que el resultado de los análisis indique un exceso de materia grasa o de extracto seco no graso. La estandarización puede hacerse en continuo y automáticamente utilizando dispositivos programados para realizar el muestreo, el análisis y la corrección deseada.

#### 7.1.6 Precalentamiento

Además de reducir sustancialmente la flora microbiana, el precalentamiento tiene otros dos efectos: el primero es que aumenta sensiblemente la eficacia del evaporador permitiendo la entrada de la leche a temperaturas mucho más altas que las del primer efecto y el segundo, es que tiene una acción estabilizante sobre las proteínas, haciendo que la leche evaporada sea más resistente a la esterilización térmicas que debe sufrir una vez en los envases (recipientes, tarros de lata).

#### 7.1.7 Concentración por evaporación

Los procedimientos para la concentración de la leche con vacío, a temperaturas relativamente bajas, han mejorado notablemente y actualmente son de una eficacia mucho mayor; necesitan menos energía y permiten la obtención de un producto de más calidad. La industria moderna dispone de sistemas continuos de múltiples efectos en los que la leche se calienta tan rápidamente que las trasformaciones químicas son mínimas y no dan lugar a la caramelización ni a la aparición de sabor a cocido.

Hay varios modelos de evaporadores con características distintas, pero uno de los más utilizados en la industria láctea es el de película descendente. Se trata esencialmente de un equipo provisto de tubos verticales rodeados de vapor. La leche pasa a través de un dispositivo de distribución y es pulverizada en forma de capas muy finas que se van deslizando hacia la parte inferior. Por acción del calor suministrado con vapor y del vacío creado en la unidad, el agua de la película de leche se evapora rápidamente. Un separador de tipo ciclónico, situado en la base de los tubos, separa el vapor de la leche concentrada.

Otro sistema distinto es el evaporador de placas, donde el calentamiento se lleva a cabo a través de placas en lugar de intercambiadores tubulares.

Este evaporador puede ser también de simple o múltiple efecto y ocupa mucho menos volumen que el evaporador tubular vertical.

Para el funcionamiento del evaporador, se necesitan equipos y sistemas auxiliares y también aparatos de control. Entre ellos, los más importantes son los reguladores de la alimentación de la leche, los sistemas de conducción de vapor y de vacío; y el agua utilizada para condensar el vapor.

La ósmosis inversa también puede utilizarse para la concentración, al menos parcial de la leche. Cuando alcanza un cierto grado de viscosidad, es necesario y más barato continuar la concentración de la leche por evaporación.

### 7.1.8 Homogeneización

A la salida del evaporador, la leche concentrada pasa al homogenizador cuya función principal es conseguir que la emulsión grasa se mantenga estable durante el almacenamiento. La homogeneización tiene otros efectos secundarios, como el aumento de la viscosidad de la leche, la disminución de su estabilidad al calor y la dispersión en forma de pequeñas partículas de las proteínas coaguladas durante el precalentamiento y la evaporación.

### 7.1.9 Refrigeración, estandarización final, estabilización

Después de la homogeneización, la leche se refrigera rápidamente para evitar cualquier crecimiento microbiano y se almacena en tanques aislados provistos de agitadores. En este momento se efectúa la estandarización final, el enriquecimiento de la leche en vitaminas C y D y si es necesario, se añaden las sales estabilizantes en una concentración determinada que depende de los resultados de la prueba piloto de esterilización.

Esta prueba consiste en distribuir una muestra del concentrado en un cierto número de latas a las que se añaden sales estabilizantes, solas o mezcladas, en diferentes concentraciones. Los recipientes (botes, tarros de lata) se esterilizan y después se examinan para decidir el tipo más adecuado de sal y la concentración a añadir a la leche concentrada antes de su esterilización.

Las sales estabilizantes autorizadas por la legislación son el fosfato disódico, el citrato sódico y el cloruro cálcico. Se pueden utilizar individualmente o mezcladas, en una concentración máxima de 0.1%.

### 7.1.10 Envasado

Los envases para la leche evaporada son de capacidad y tipo muy variables. Los más utilizados son tarros metálicos de 170 y 410 g. Las latas de cierre sellado han reemplazado gradualmente a las de opérculo soldado. Los envases flexibles han mejorado mucho recientemente y es probable que muy pronto se utilicen también para la leche concentrada.

La leche se envasa automáticamente en las máquinas envasadoras que, según los tipos, sella o sueldan las tapas. Esta operación es muy delicada y requiere un riguroso control, especialmente en lo que se refiere a la uniformidad en el volumen de leche y al cierre de las latas al vacío. En la mayoría de los casos las latas se cierran bajo un chorro de vapor que saca el aire de los envases y contribuye a crear un vacío durante la posterior etapa de refrigeración.

### 7.1.11 Esterilización

Inmediatamente después del envasado, la leche evaporada se envía al autoclave para su esterilización en lotes o en continuo, según el tipo de maquinaria. El tratamiento se realiza en tres etapas: calentamiento, mantenimiento y enfriamiento. En la esterilización por lotes, las latas se apilan y mediante un mecanismo apropiado se les da un movimiento de rotación que asegura a la leche, la agitación necesaria durante el calentamiento y el enfriamiento. Esta agitación hace que la transferencia de calor sea más rápida y más uniforme y también confiere a la leche una textura más homogénea.

En general, las condiciones de esterilización deben proporcionar<sup>2</sup> un  $F_0$  entre 3.5 y 4.0. Para ellos se suelen suministrar tratamientos de 115°C durante 20 minutos; 120°C durante 10 minutos, o bien 124°C durante 6 minutos.

---

<sup>2</sup> Ver Conceptos de Esterilización en Anexo I

#### 7.1.12 Almacenamiento

A la salida del esterilizador, las latas de leche ya frías se etiquetan, se disponen en cajas y después en tarimas. Sobre todo en invierno, es aconsejable esperar algún tiempo antes de embalar las tarimas con una película extensible, para evitar la condensación que se produciría al estar el productos todavía templado.

#### 7.1.13 Defectos más comunes

Evidentemente, es muy importante verificar la calidad de la leche evaporada antes que salga al mercado. Con este fin, se selecciona un cierto número de latas y se mantienen en condiciones propicias para el desarrollo rápido de los defectos que pueden aparecer en el producto; es decir, se incuban durante varios días. A continuación los envases se examinan cuidadosamente y la leche se analiza sometiéndola a las pruebas necesarias.

*Defectos de origen bacteriano:* las alteraciones bacterianas se deben a defectos en las latas o a una esterilización insuficiente. Si los envases no están correctamente soldados o sellados, puede producirse una contaminación después de la esterilización. En ese caso las latas se hinchan y/o pierden líquido.

*Coagulación dulce:* este tipo de coagulación se produce sin cambios de pH. Puede ser de origen enzimático o causado por la gelificación de las proteínas y aparece durante el almacenamiento prolongado. La coagulación enzimática es la consecuencia de un gran desarrollo bacteriano que se produce principalmente durante el tiempo que transcurre entre el precalentamiento y la esterilización.

La gelificación de las proteínas se produce en las leches que son inestables debido a una incorrecta utilización de las sales estabilizantes, por un precalentamiento insuficiente o porque el tiempo entre el calentamiento y la esterilización ha sido demasiado corto.

*Gránulos blancos:* Con el tiempo, algunas veces se forman pequeños gránulos blancos que miden hasta 3 mm de diámetro. Después del tratamiento de cada lote su presencia puede detectarse realizando sobre la leche evaporada, pruebas como pasándola a través de un tamiz. Este problema se debe a una falta de estabilidad de la leche.

*Separación de la materia grasa:* después de varios meses en reposo, la materia grasa tiende a separarse y a subir a la superficie. Generalmente, la causa de este defecto es una homogeneización insuficiente.

*Separación de coágulos:* este defecto se manifiesta por el depósito de una capa coagulada en el fondo del envase algún tiempo después de la fabricación. Se produce como consecuencia de una excesiva coagulación de la leche durante la esterilización.

*Viscosidad:* cuando la leche evaporada no tiene suficiente viscosidad, además de que se separan fácilmente la grasa y el coágulo, el producto es rechazado por el consumidor. Sin embargo, si la leche es muy viscosa, durante el almacenamiento aumentará su viscosidad, llegando incluso a formarse un gel.

*Color:* la leche evaporada adquiere un color más oscuro que está directamente relacionado con la concentración del extracto seco magro, con el tiempo que lleva fabricada la leche, y con la intensidad del tratamiento de esterilización que ha recibido.

#### 7.1.14 Estabilidad de la leche frente al calor

Se ha demostrado que el calentamiento de la leche o de la leche evaporada en condiciones normales de esterilización, puede modificar notablemente los componentes de la leche. Las enzimas fosfatasa y proteasa, se inactivan en el tratamiento UHT (141°C durante 7 segundos), pero pueden reactivarse durante el almacenamiento prolongado como

lo demuestra la aparición de la coagulación dulce. Por el contrario, no se ha observado ninguna actividad enzimática en la leche evaporada esterilizada (120°C durante 15 minutos) después de 6 a 9 meses de almacenamiento a temperatura ambiente. No obstante, la acción de las proteasas sobre la leche antes de la esterilización, puede disminuir su estabilidad al calor y también la de la correspondiente leche evaporado.

Por efecto del calor, la lactosa reacciona con las proteínas de la leche dando lugar a ácidos orgánicos, como el fórmico y el láctico y a productos de condensación (reacción de Maillard). El tratamiento de esterilización origina otras importantes modificaciones en la composición de las caseínas. Se ha comprobado que en la leche coagulada por el calor, la caseína k está parcialmente hidrolizada y que en el suero, se liberan macroglucopéptido.

El cianuro que se forma a partir de la urea de la leche (HCN 20 a 40 mg/100g) por efecto de las temperaturas de esterilización puede reaccionar con la caseína y modificar también su composición.

El aumento de la temperatura de la leche origina una disminución en el contenido de minerales ultrafiltrables (Ca, PO<sub>4</sub>) y un descenso de pH, así como el correspondiente aumento en el contenido de fosfato cálcico coloidal. Estos cambios se producen en función del incremento de temperatura hasta unos 110°C. Por ejemplo, el precalentamiento de la leche durante 30 min. a 80°C, modifica la distribución del calcio y del fosfato.

## 7.2 Leche Condensada Azucarada

### 7.2.1 Definición Bromatológica

CAA - Art. 573 - (Resolución Conjunta SPRy RS y SAGPyA N° 33/2006 y N° 563/2006)

“Se entiende por Leche Condensada o Concentrada con Azúcar o Azucarada, el producto de consistencia siruposa obtenido por deshidratación parcial de la leche entera pasteurizada apta para el consumo humano, adicionada de edulcorantes nutritivos permitidos.

### 7.2.2 Descripción

La leche condensada azucarada es una leche concentrada a la que se le ha añadido azúcar. Su composición es muy variable. El código Alimentario Argentino exige que contenga una concentración de sólidos no menor de 25.0% <sup>p/p</sup>, grasas entre 3.0 y 5.0%, pero no especifica el porcentaje de azúcar, que está determinado por la presión osmótica de la fase acuosa. Se necesita el 64.5% de azúcar en el agua o el 45.7% de azúcar en un producto que contenga el 28% de sólidos lácteos.

En muchos aspectos, la fabricación de la leche condensada es muy similar a la de la leche evaporada. Sin embargo, esta leche no se suele esterilizar y la cristalización se controla por refrigeración. Las principales etapas en la elaboración de este tipo de leche son: la estandarización, el precalentamiento, la concentración, la refrigeración y cristalización, la estandarización final y el envasado.

*Precalentamiento.* Los objetivos del precalentamiento son: destruir las lipasas para evitar el enranciamiento; destruir las levaduras y los mohos que podrían fermentar los azúcares; disolver los azúcares; y controlar la estabilidad. Normalmente la temperatura de precalentamiento oscila entre 71°C y 110°C. Sin embargo, se evita aplicar tratamientos entre 90°C y 95°C, porque estas temperaturas favorecen el espesamiento de la leche durante el almacenamiento; no obstante, estas condiciones de precalentamiento pueden utilizarse cuando la viscosidad no aumenta con el tiempo.

La adición de azúcar se suele efectuar durante el precalentamiento. Para conseguir una buena disolución se añade el azúcar en los tanques de calentamiento cuando la leche casi ha alcanzado la temperatura de precalentamiento, porque a bajas temperaturas es más fácil destruir las lipasas en la leche que no contiene azúcar. El azúcar también se puede añadir

en forma líquida al final de la etapa de precalentamiento; esta técnica se utiliza principalmente cuando se emplea glucosa, ya que permite obtener un producto de color menos *oscuro*.

*Concentración:* la evaporación de este tipo de leche resulta bastante fácil porque la presencia de azúcar hace la ebullición menos violenta y reduce la formación de espuma. Antes de poner en marcha el evaporador es fundamental esterilizarlo correctamente, ya que la leche condensada azucarada no se somete a ningún otro tratamiento térmico.

Es importante comprobar que no hay flujo preferente a nivel de los depósitos de distribución o de los tanques de almacenamiento en la sección de precalentamiento porque es necesario evitar la entrada de leche no precalentada o insuficientemente precalentada en el evaporador.

*Refrigeración y cristalización:* la refrigeración es una operación muy importante para la textura de la leche condensada azucarada. La lactosa se encuentra en la leche en solución sobresaturada y cristaliza durante el enfriamiento. La textura del producto, que está determinada por las condiciones de refrigeración, depende del número y tamaño de los cristales que se forman. Para obtener un producto con muchos cristales pequeños, hay que enfriar rápidamente a una temperatura adecuada, sembrar la leche con pequeños cristales de lactosa y mantenerla en agitación durante todo el proceso.

La velocidad de cristalización depende del grado de saturación de la solución y de su viscosidad. Durante la refrigeración, la solubilidad de la lactosa disminuye y la solución se va haciendo cada vez más sobresaturada. Por otra parte, la viscosidad aumenta con el descenso de la temperatura y cuando es excesiva, impide la migración de lactosa hacia los cristales que se encuentran en suspensión en la fase líquida.

Para conseguir una buena cristalización, hay que enfriar el producto sin que aumente demasiado su viscosidad; es decir, que hay una temperatura óptima de refrigeración, que en la mayoría de los casos es de 30°C, aunque puede oscilar entre 30°C y 40°C.

Cuando la leche condensada azucarada alcanza la temperatura de refrigeración deseada, se siembra con lactosa finamente pulverizada o con leche condensada de la fabricación anterior. La temperatura de cristalización forzada se mantiene de 15 a 25 minutos y después se baja a 24°C

*Estandarización final:* cuando la leche condensada azucarada se envasa en latas inmediatamente después de la refrigeración, no se puede realizar la estandarización final. Si la refrigeración es en continuo y el producto se almacena en grandes tanques, es posible estandarizarlo mediante la adición de agua previamente tratada y enfriada.

*Envasado.* Para la leche condensada se emplean generalmente dos tipos de envases, dependiendo de la utilización que se le vaya a dar:

- las latas metálicas para uso doméstico. Los envases vacíos se calientan para destruir los microorganismos y después se llenan automáticamente y se cierran de forma inmediata;
- Los envases industriales de diversos tamaños, generalmente metálicos. Se pueden esterilizar con vapor y después se secan o simplemente se calientan antes del llenado.

### 7.2.3 Defectos más frecuentes.

*Textura arenosa:* Se debe al tamaño de los cristales de lactosa. Un producto con una buena textura contiene unos 400 millones de cristales por ml, que tienen un diámetro medio de 9.3 micras. Por el contrario, un producto grosero y arenoso contiene solo de 7 a 25

millones de cristales por mililitro, con un diámetro de 23 a 35 micras. Se evita mejorando la operación de cristalización.

*Precipitación de azúcar.* Cuando un producto que ha sido mal refrigerado, tiene poca viscosidad y se almacena a altas temperaturas, puede originar grandes cristales de lactosa que se depositan en el fondo del envase formando una pasta.

*Espesamiento.* El espesamiento puede tener un origen bacteriano. En este caso se observa un aumento de la viscosidad, el desarrollo de acidez y la aparición de un sabor a pasado y a queso. También el producto puede espesarse con el paso del tiempo hasta adquirir la consistencia de una pasta semi-sólida. Este defecto se debe a los cambios físico-químicos, como la inestabilidad y la coagulación, que son característicos de la leche evaporada.

*Botones.* Son partículas coaguladas que aparecen sobre la superficie del producto. Generalmente son de color marrón-rojizo y están producidos por mohos, en especial del género *Aspergillus*. Para evitar este defecto hay que aplicar un precalentamiento adecuado y evitar las contaminaciones atmosféricas.

*Sabor rancio.* La aparición de este sabor se debe a la acción de las lipasas sobre la materia grasa de la leche. La presencia de estas enzimas se explica en parte porque su resistencia al calor aumenta con la concentración de azúcar y no se destruyen si el precalentamiento no ha sido adecuado.

*Sabor oxidado:* el envasado a vacío ayuda a evitar la aparición de este defecto.

*Fermentación e hinchamiento de los botes:* la fermentación gaseosa se debe generalmente a la acción de las levaduras sobre el azúcar. Pueden eliminarse con un tratamiento de diez minutos a 70°-71°C.

## 7.3 Leche en polvo

### 7.3.1 Definición Bromatológica

CAA - Art. 567 - (Resolución Conjunta S P Ry RS y SAGPyA N° 33/2006 y N° 563/2006)

“Se entiende por Leche en Polvo al producto que se obtiene por deshidratación de la leche, entera, descremada o parcialmente descremada y apta para la alimentación humana, mediante procesos tecnológicamente adecuados.

### 7.3.2 Descripción

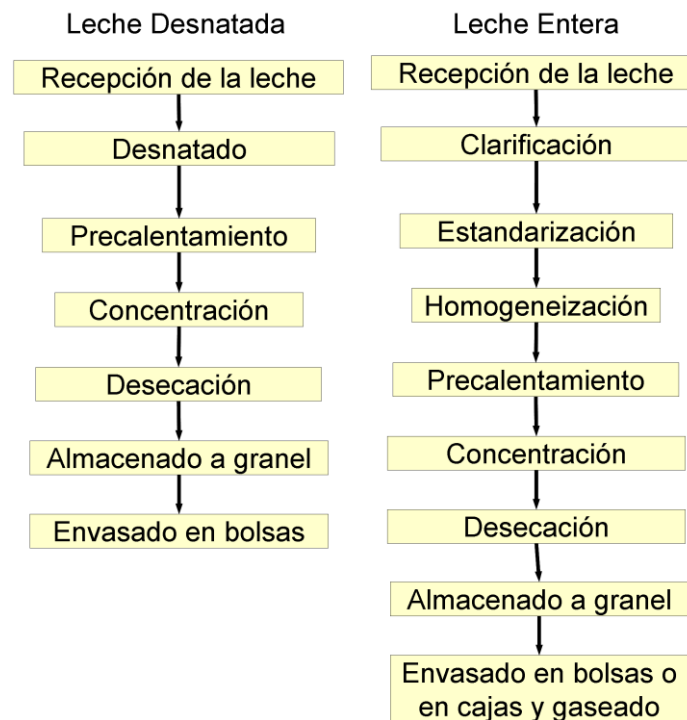
La leche en polvo o leche desecada, es un producto de fácil conservación y presenta la ventaja de contener todo el extracto seco de la leche en un volumen muy reducido, lo que supone un importante ahorro en el transporte y almacenamiento.

Hay varios tipos de leche en polvo: según su composición puede ser leche en polvo entera o leche en polvo desnatada. Dependiendo del procedimiento de desecación, puede tratarse de una leche desecada en rodillo (cilindros), o leche en polvo spray (obtenida por atomización). Esta última es mucho más soluble que la primera.

Por otra parte, la leche en polvo se puede clasificar en tres categorías según la intensidad del tratamiento que ha recibido antes de la desecación: leche en polvo de baja temperatura, leche en polvo de temperatura media y leche en polvo de alta temperatura. Estos tipos de leche se diferencian en el grado de desnaturalización de sus proteínas solubles, que aumenta proporcionalmente al tratamiento térmico.

### 7.3.3 Etapas en la fabricación

En el esquema 7.2 se muestran las etapas de fabricación de las leches en polvo desnatada y entera.



Esquema 7.2. Etapas de fabricación de la leche en polvo desnatada y entera

#### 7.3.3.1 Precalentamiento,

El precalentamiento de la leche antes de su concentración determina muchas de las propiedades del producto final. Los tres ejemplos que se presenta a continuación, sirven únicamente para ilustrar el problema, ya que las temperaturas de precalentamiento que se utilizan en la industria son muy variables.

Precalentamiento a baja temperatura: se somete la leche a un tratamiento equivalente a una pasteurización normal. La leche en polvo obtenida, se llama leche en polvo de baja temperatura. Debe cumplir que las proteínas del suero no desnaturalizadas sea mayor a 6.0 mg/g.

Precalentamiento a temperatura media: por ejemplo de 76.5°C – 85°C durante 15-30 minutos. Además de su efecto bactericida, en el caso de la leche entera, este tratamiento produce la formación de grupos reductores y aumenta la capacidad de conservación. Este tipo de leche debe contener entre 1.5 y 6.0 mg de proteínas séricas no desnaturalizadas por gramo de leche en polvo desnatada.

Precalentamiento a alta temperatura: entre 90° y 110 °C, o incluso de 121°C, con una disminución del tiempo de tratamiento hasta un segundo. En estas condiciones, se obtiene una “leche en polvo de alta temperatura”. Este producto contiene menos de 1.5 mg de proteínas del suero no desnaturalizadas por gramo de leche desnatada en polvo.

#### 7.3.3.2 Concentración

Es mucho más barato extraer el agua de la leche por evaporación que por desecación. Hay dos técnicas que todavía resultan más económicas, que son los procesos de membrana

como la ultrafiltración y la ósmosis inversa. La ultrafiltración, que deja pasar con el agua una parte de los componentes de bajo peso molecular, no es una técnica muy indicada en este caso, aunque puede utilizarse para preparar concentrados proteicos en polvo y/o de productos parcialmente desmineralizados.

La evaporación a vacío produce algunos efectos secundarios, como por ejemplo: modifica el color del producto final; elimina algunas sustancias volátiles favoreciendo con ello la oxidación; disminuye la cantidad de aire que queda retenido entre las partículas de polvo facilitando el envasado, sobre todo si se realiza al vacío; permite la obtención de partículas de polvo más grandes, con el que disminuye el porcentaje de partículas finas y las pérdidas se reducen.

#### 7.3.3.3 Desección

La desecación de la leche por atomización consiste en pulverizar la leche concentrada en forma de gotitas muy pequeñas o de niebla en el interior de una cámara donde circula una corriente de aire caliente en paralelo, o en sentido opuesto a la trayectoria de las gotitas, según los distintos tipos de cámaras de desecación.

Principios básicos:

- 1) Antes de entrar en la cámara de secado, el aire se calienta para eliminar la humedad. Cuando más seco esté el aire exterior, más eficaz será la desecación y a temperaturas más bajas podrá realizarse la operación.
- 2) Se produce un intercambio térmico aire/líquido que evapora las gotitas de leche. Pero si este choque térmico es demasiado violento, puede causar la desnaturalización de las proteínas, e incluso, el empardeamiento del producto.
- 3) Cuando más tiempo tardan las gotitas en caer desde el atomizador hasta la parte inferior de la torre, mejor será la desecación. Con este fin, en las torres de secado se instala un sistema que hace circular el aire en sentido ascendente o le da un movimiento ciclónico.
- 4) La viscosidad del concentrado influye sobre el tamaño de las gotitas. Mientras más pequeña es la gotita, más rápidamente se secará, ya que el agua empieza a evaporarse de la superficie de las gotas en el mismo momento en el que entran en contacto con el aire caliente y seco. Por efecto de la evaporación la masa total se enfriará y como la transmisión del calor y del frío es más eficaz en un medio líquido que en el aire, el centro de las gotas se enfriará más rápidamente, hasta el punto de que las bacterias que se encuentren en esta zona, prácticamente no resultan afectadas. Es decir, que en este proceso se destruyen muy pocas bacterias.
- 5) Se puede eliminar el agua de la leche en una sola etapa, es decir, obtener inmediatamente la humedad final deseada, o bien en dos etapas, sacando la leche del primer desecador con un mayor porcentaje de agua y completando después su deshidratación en un lecho fluidificado, un segundo desecador giratorio u otro procedimiento.
- 6) Las altas temperaturas provocan diversas reacciones químicas y por lo tanto, la leche en polvo no debe mantenerse caliente más de lo necesario porque disminuirá su solubilidad y su capacidad de conservación.
- 7) El operador debe intentar obtener una leche en polvo de la mejor calidad y sacar el mayor rendimiento posible del sistema utilizando al máximo el calor del aire.

Las condiciones de desecación varían mucho de un tipo de desecador a otro, pero para el mismo desecador deben ajustarse un cierto número de parámetros. En la leche en polvo entera, la humedad máxima es del 2 al 2.5%, mientras que en la leche desnatada puede ser entre el 4.0 y 4.2%

La temperatura del aire a la entrada del desecador varía normalmente entre 135° y 210°C. A la salida entre 70° y 100°C.

#### 7.3.3.4 Envasado

La leche desnatada en polvo se suele envasar en bolsas de 25 kg o en otros envases de plástico, cartón o metal. En los envases debe figurar la naturaleza del producto, su contenido en materia grasa, el nombre del fabricante y un código que indique la fecha y el lote de fabricación.

Muchas veces la leche en polvo no se envasa inmediatamente. Puede almacenarse durante algún tiempo en silos o en grandes contenedores metálicos o de fibra de vidrio con una capacidad de hasta una tonelada.

Como la leche en polvo entera es susceptible de oxidación, la principal precaución a tomar durante el envasado es la eliminación del oxígeno presente. Se ha demostrado que la leche en polvo envasada en caliente (49° a 52°C) contiene menos oxígeno que si se envasa fría (29° - 30°C).

Los mejores resultados se obtienen aplicando un vacío de 2 mm de presión residual durante unos dos minutos en los envases de 500 g y durante 5 minutos en los envases más grandes. El vacío debe de ser progresivo para facilitar la desorción de los gases. Si se utilizan envases de cartón o bolsas, deben cerrarse herméticamente y ser opacos a la luz.

#### 7.3.3.5 Lecitinación

La leche en polvo entera es difícil de dispersar en el agua debido a la hidrofobicidad de la grasa. La lecitina<sup>3</sup> es una sustancia que tiene propiedades lipófilas e hidrófilas y puede utilizarse para recubrir la superficie de las partículas de polvo, sirviendo literalmente de puente entre la materia grasa y el agua, facilitando así la dispersión del producto.

La lecitinación es un procedimiento patentado por A/S Niro Atomizer. Generalmente, el portador utilizado para aplicar la lecitina es aceite de manteca. En un lecho fluidificado, se calienta el polvo a la temperatura deseada y se inyecta una aspersión de aceite de manteca a 60°C que contiene la lecitina disuelta y se mezcla con las partículas de polvo en movimiento.

#### 7.3.3.6 Aglomeración o Instantaneización

La reconstitución es el procedimiento utilizado para rehidratar la leche en polvo con la misma cantidad de agua que contenía el producto original. La rehidratación se puede conseguir muy rápidamente cuando el producto ha sido bien instantaneizado, pero muchos trabajos han demostrado que es difícil reconstituir una leche en polvo si sus partículas tienen menos de 100 µm. Cuando se aplica un procedimiento de aglomeración, las partículas que se obtienen miden entre 1 y 3 mm.

Cuando las partículas de polvo hidrófilas entran en contacto con la superficie del agua, se moja la zona de contacto. Las fuerzas capilares que se originan por el pequeño espacio y el contacto entre las partículas, harán subir el agua en el polvo, pero no más de 1 a 3 mm. Casi inmediatamente las proteínas y los hidrocoloides se pegan formándose un gel que se opone a que el agua penetre más profundamente. En el interior de la masa quedan bolsas de polvo seco y de aire que sólo pueden dispersarse o romperse interviniendo mecánicamente.

Por lo tanto, hay que obtener una leche en polvo con una determinada granulación que se consigue aglomerando las partículas entre ellas. En estas condiciones, el agua penetra por las fuerzas capilares en el interior de la masa antes de que se forme la capa de gel

---

<sup>3</sup> lípidos saponificables y con función de emulgente que se producen de manera natural en tejidos animales y vegetales

impermeable. Es decir, que para disolverse rápidamente, las partículas tienen que ser suficientemente grandes.

Se pueden utilizar diversos métodos para conseguir la aglomeración de las partículas de polvo:

- en la propia cámara de secado. Las gotitas más pequeñas se secan más rápidamente y se aglomeran con las más grandes cuya superficie está todavía húmeda;

- utilizando separadores ciclónicos se pueden recuperar las partículas de polvo más pequeñas y a esta parte del producto, se la vuelve a enviar a la cámara de secado cerca de la zona de pulverización;

- se pueden extraer las partículas de la torre de desecación cuando aún están en estado termoplástico, con una humedad del 8% y una temperatura elevada. Estas partículas se pegan unas a otras, y el secado se completa en un lecho fluidificado o en una cámara de desecación secundaria.

### 7.3.6 Defectos más comunes

*Acidez:* puede variar entre 0.11 a 0.15% al reconstituirla. Porcentajes inferiores indican una neutralización excesiva.

*Sedimentos:* generalmente se deben a partículas quemadas.

*Humedad:* el Código Alimentario Argentino señala un máximo del 4% de humedad en la leche en polvo descremada y del 3.5% en las de la leche en polvo entera.

*Solubilidad:* las normas permiten un índice de solubilidad<sup>4</sup> de 1.2 ml, pero el de un producto de buena calidad es generalmente inferior a 0.1 ml. Los factores más importantes que pueden modificar la solubilidad en la leche en polvo son: desarrollo de acidez; duración del calentamiento; leches más ricas en extracto seco; disminución de la solubilidad por almacenamiento inadecuado; condiciones de secado excesivamente severas; variaciones en la presión del concentrado a la entrada de la torre de desecación.

*Rancidez hidrolítica:* puede desarrollarse en las leches en polvo entera y parcialmente descremadas. Las principales causas son un precalentamiento insuficiente o la contaminación de la leche tratada con leche cruda.

*Oxidación:* como en la rancidez, el defecto de oxidación está relacionado con la materia grasa. La presencia de oxígeno y de algunos metales pesados y la ausencia de agentes antioxidantes, favorecen su aparición.

*Recuento microbiano alto:* un recuento bacteriano elevado indica que la leche original era de mala calidad o que se ha producido una contaminación después del precalentamiento.

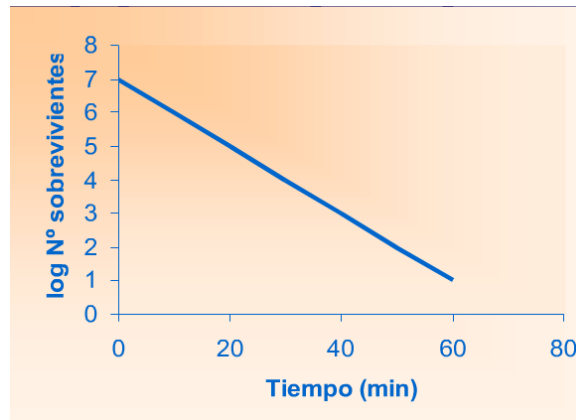
---

<sup>4</sup> El índice de insolubilidad de la muestra es igual al volumen, en mililitros, de sedimento que se registra luego de tratar la muestra bajo procedimiento estandarizado. Se debe informar con la temperatura del agua que se usó para la reconstitución, como se indica en el ejemplo: 0.10 ml (24°C); 4.1 ml (50°C)

## 7.4 Conceptos de Esterilización

Eliminación probabilística de toda población microbiana.  $\ln N/N_0 = -Kt$

Descenso exponencial en el número de Microorganismos viables a lo largo del tiempo.



Cinética de mortalidad logarítmica  $\ln N/N_0 = -Kt$

Eliminación probabilística de toda población microbiana.  $\ln N/N_0 = -Kt$

A Mayor K, mayor efecto Letal. Si  $t$  tiende a infinito, entonces  $N=0$

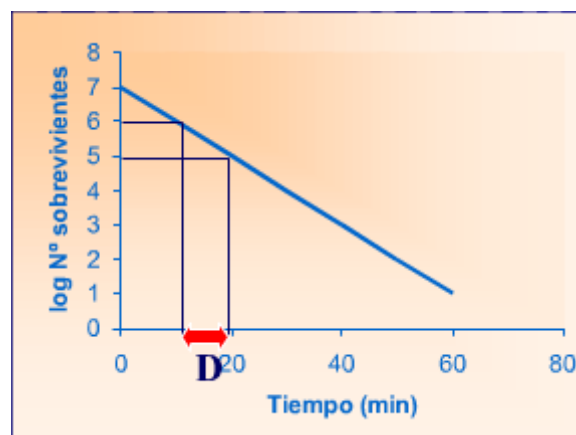
Esterilidad  $N/N_0 = 10^6 : 1$  unidad contaminada en un lote de 1 millón de unidades.

El fraccionamiento disminuye el tiempo de esterilización: Producto contaminado en un frasco 3 litros, se le debe dar 60 minutos; en cambio, si el producto se lo coloca en pequeñas ampollas solo se requiere un tiempo de 20 minutos.

Eliminación probabilística de toda población microbiana. Cinética de mortalidad NO logarítmica Para poblaciones microbianas mixtas, L.R.V. es el Valor de Reducción Logarítmica.

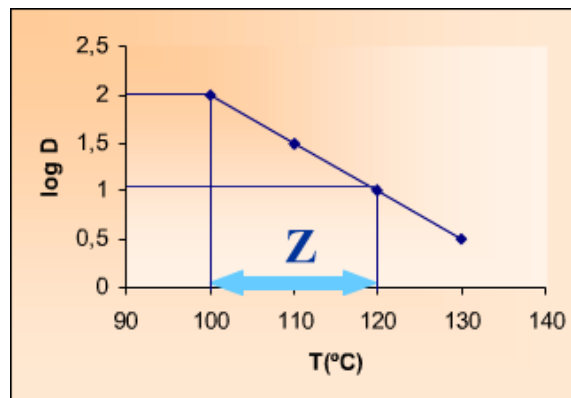
L.R.V.=  $\log A - \log B$ . Donde A población antes del tratamiento, y B población después del tratamiento

Valor D:  $t$  de reducción decimal. Resistencia del microorganismo. Tiempo para reducir la población microbiana en una unidad logarítmica. Para determinados intervalos de  $T^\circ$ , existe una relación inversamente proporcional entre el valor de D y la  $T^\circ$  absoluta.



Valor D:  $t$  de reducción decimal

Valor Z: número de grados centígrados que es necesario cambiar la temperatura para modificar el valor D en 1 unidad logarítmica.



Z = 20°C. Un tratamiento de 5 minutos a 100°C, equivale a 0,5 minutos a 120°C

Las características de la solución a esterilizar (pH, concentración electrolítica), influyen en los Valores D y Z.

Valor F: Factor de inactivación

$$F = D (\log A - \log B)$$

1 unidad de letalidad = Tratamiento por 1 minuto a T° de referencia ( 121°C)

Valor Fo (minutos): tiempo equivalente de esterilización a una temperatura de 121°C.

Relaciona la eficiencia de muerte del proceso a cualquier temperatura frente a la temperatura de esterilización 121°C.

$$F_o = \Delta t \sum 10^{(T-121/10)}$$

Utiliza como referencia un valor de Z= 10°C. Fo está afectado por tamaño, geometría, coeficiente de transferencia de calor.

## Referencias Bibliográficas

Amiot Jean. ***“Ciencia y Tecnología de la Leche”***. Editorial Acribia, S.A. Editores: la fundación de tecnología Lechera de Quebec, Canada. I.S.B.N.: 84-200-0713-7. Zaragoza, España (1991)

## Unidad 8: HELADOS

Universidad Nacional de San Luis Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias

Departamento: Ingeniería de Procesos

Área: Tecnología en Alimentos

Asignatura: Tecnología de los Lácteos

Carrera: Ingeniería en Alimentos – Ingeniería Química

### ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| <i>Versión 05JUN24</i> .....                             | 2  |
| 8.1 Definición Bromatológica .....                       | 2  |
| 8.2 Descripción .....                                    | 2  |
| 8.3 Clasificación de los helados.....                    | 2  |
| 8.3.1 Helados de agua (Sorbetes y Granizados).....       | 3  |
| 8.3.2 Helados de Crema .....                             | 3  |
| 8.3.3 Helado de leche desnatada .....                    | 4  |
| 8.4 Componentes básicos.....                             | 4  |
| 8.5 Función de los componentes en la fórmula.....        | 5  |
| 8.5.1 Materia grasa. ....                                | 5  |
| 8.5.2 Sólidos no grasos procedentes de la leche .....    | 5  |
| 8.5.3 Fuentes de sólidos no grasos de origen lácteo..... | 5  |
| 8.5.4 Duración de la conservación .....                  | 6  |
| 8.5.5 Azúcares .....                                     | 6  |
| 8.5.6 Estabilizantes.....                                | 6  |
| 8.5.7 Emulsionantes .....                                | 6  |
| 8.6 Aditivos .....                                       | 7  |
| 8.7 Elección de los ingredientes .....                   | 7  |
| 8.8 Proceso general de fabricación.....                  | 8  |
| 8.8.1 Mezcla de los ingredientes .....                   | 8  |
| 8.8.2 Pasterización.....                                 | 9  |
| 8.8.3 Homogeneización.....                               | 10 |
| 8.8.4 Maduración.....                                    | 10 |
| 8.8.5 Congelación y aumento porcentual de volumen .....  | 10 |
| 8.8.6 Índice de aireación .....                          | 11 |
| 8.8.7 Endurecimiento .....                               | 12 |
| 8.9 Defectos más frecuentes .....                        | 12 |
| 8.10 Proceso artesanal - Proceso industrial.....         | 13 |
| 8.11 Mantecadores discontinuos y continuos .....         | 14 |
| 8.12 Líneas de envasado de helados .....                 | 14 |
| 8.13 Sistemas de endurecimiento de helados .....         | 14 |
| 8.14 Factores que afectan los tiempos .....              | 15 |
| 8.15 Túneles de endurecimiento .....                     | 15 |
| 8.16 Almacenamiento y distribución de los helados .....  | 16 |
| Referencias Bibliográficas.....                          | 17 |
| Anexo Imágenes Varias .....                              | 18 |

## Unidad 8: HELADOS



Versión 05JUN24

### 8.1 Definición Bromatológica

Según el Código Alimentario Argentino, en el Art. 1074 - (Res 2141, 5.9.83), Capítulo XII, Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificada se define: "Con la denominación genérica de Helados, se entienden los productos obtenidos por mezclado congelado de mezclas líquidas constituidas, fundamentalmente, por leche, derivados lácteos, agua y otros ingredientes consignados en este artículo, con el agregado de los aditivos autorizados por el Artículo 1075.

El producto final presentará una textura y grado de plasticidad característicos que deberán mantener hasta el momento de ser consumido. Los helados podrán presentarse con recubrimientos diversos tales como baños de repostería, coberturas u otros, previamente autorizados.

### 8.2 Descripción

Podemos describir a los helados, como una mezcla homogénea y pasteurizada de diversos ingredientes (leche, agua, azúcar, nata, jugos, huevo, cacao, etc.) que es batida y congelada para su posterior consumo en diversas formas y tamaños.

Parece ser que los helados más antiguos son los de agua, es decir, aquellos en que el componente básico es este líquido, al que se le agregan jugos de frutas, azúcares, etc., y que actualmente conocemos por "sorbetes", cuando se presenta congelado y en estado sólido; y como granizado, cuando se presenta en estado semisólido.

Otra definición de los helados es la siguiente: son preparaciones alimenticias, que han sido llevadas al estado sólido, semisólido o pastoso por una congelación simultánea o posterior a la mezcla de las materias primas, puestas en producción y que han de mantener el grado de plasticidad y congelación suficiente hasta el momento de su venta al consumidor.

### 8.3 Clasificación de los helados

Son varias las clasificaciones que se pueden hacer de los helados según se atiende a su composición, ingrediente, envasado, etc.

La clasificación básica de los helados es

- Helado de agua
- Helados de leche

Los primeros (granizados y sorbetes) tienen como base o componente principal el agua, mientras que los segundos tienen a la leche u otros productos lácteos (nata, manteca, leche desnatada, etc.)

Según la forma de presentación tenemos:

- Paleta de agua o helado de agua
- Copas o conos (cucuruchos, obleas enrolladas)
- Potes plásticos
- Cortes y envases familiares
- Helados a granel
- Tartas heladas
- Granizados, etc.

Otra forma de clasificación de los helados es según los ingredientes utilizados en su elaboración. Así tenemos:

- Helados de crema
- Helados de leche
- Helados de leche desnatada
- Helados de mantecado
- Helados de agua (sorbetes y granizados)
- Tartas heladas
- Helados diversos.

#### 8.3.1 Helados de agua (Sorbetes y Granizados)

Son productos resultantes de congelar una mezcla debidamente pasteurizada y homogeneizada de diversos productos con agua, y se pueden dividir en:

- Sorbetes, que se presentan en estado sólidos
- Granizados, que se presentan en estado semisólido.

Al agua se le añade azúcar, frutas o su equivalente en jugos naturales o concentrados, espesante, etc., y su composición básica debe ser la siguiente

- Azúcares. 13% como mínimo, de los que al menos el 50% será sacarosa
- Extracto seco total, 20 % como mínimo
- Espesantes, estabilizadores y emulgentes, en total 1.5% como máximo.

En los helados de agua se permite un 1.5% de aditivos frente a solo un 1.0 % en los helados de leche. Ello es lógico, debido a que el agua no lleva ninguna sustancia que pueda servir de espesante, estabilizante, etc., cosa que si ocurre en la leche.

Los sorbetes y granizados podrán denominarse helados de fruta (la fruta que corresponda), siempre que lleven una adición mínima del 5% de limón (u otros cítricos) o su equivalencia en jugos naturales o concentrados, y el 10% con iguales características en el resto de las frutas.

#### 8.3.2 Helados de Crema

Son aquellos cuyo ingrediente básico es la nata o crema de leche, por lo que su contenido en grasa de origen lácteo es más alto que en el resto de los otros tipos de helado.

La nata, como todos sabemos, es un producto rico en materia grasa (12 a 55%) que se separa de la leche, por ejemplo, ascendiendo en un recipiente en reposo. En la industria, la separación de la nata de la leche se hace por centrifugación.

Además de nata, este tipo de helado lleva azúcar, aire que se incorpora durante el batido, espesantes, etc. Según la legislación actual, pesará como mínimo 475 g por litro, y su composición básica será (ver Fig. 8.1):

- Azúcares. Estarán presentes en una proporción mínima del 13%. De ese total, la mitad deberá ser sacarosa o azúcar común, pudiendo el resto corresponder a otros azúcares tales como glucosa, lactosa etc.
- Grasa de leche, 6% como mínimo. Según otras legislaciones deberá ser de un 9% mínimo
- Proteína láctea, 2.5 % como mínimo
- Extracto seco total, 29 % como mínimo

Normalmente, el extracto seco total se refiere siempre al peso y no al volumen del helado, no siendo entonces necesario considerar el porcentaje de aire.

- Espesantes., estabilizadores y emulgentes, en total 1%, como máximo

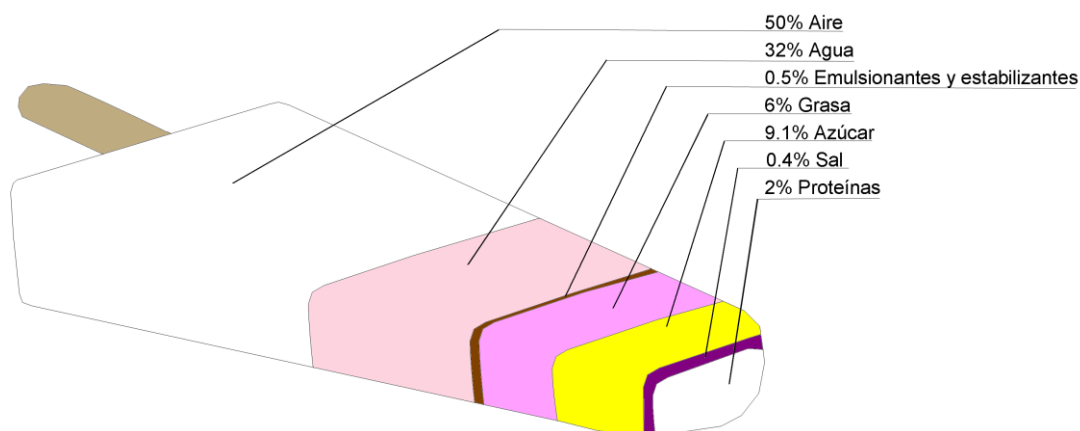


Fig. 8.1 Helado con un extracto seco total del 18%

### 8.3.3 Helado de leche desnatada

En este caso el ingrediente básico es la leche desnatada, que es aquella leche que ha sido removido su contenido graso natural, en forma parcial o total. Así, una leche desnatada (también se suele llamar descremada) tiene de 0.1 a 2.5% de grasa.

La operación de desnatado se puede realizar de dos formas: decantación, dejando reposar la leche en un recipiente con lo que se produce la ascensión de los glóbulos de grasa, o; centrifugación, sometiendo la leche a fuerzas del orden de 10 000 – 25 000 g en un dispositivo giratorio.

## 8.4 Componentes básicos

Los helados son una mezcla de diversos productos alimenticios entre los que destacan los siguientes

- Agua potable
- Leche y derivados lácteos (nata, manteca, leche en polvo, suero en polvo, leche desnatada, etc.)
- Azúcares diversos (sacarosa, glucosa, sorbitol, etc.) y miel
- Grasa vegetales diversas (coco, palma, algodón, etc.)
- Huevos y productos derivados
- Proteínas de origen vegetal
- Almendras, avellanas, nueces, piñones, frutos secos, etc.
- Chocolate, café, cacao y cereales

- Aditivos (espesantes, estabilizantes, aromas, colorantes, etc.)

Todos estos componentes se mezclan en las proporciones debidas, siendo posteriormente sometidos a una pasteurización, que asegura la destrucción de organismos perjudiciales para la salud del consumidor. También se procede a una homogeneización para conseguir la estabilidad de la mezcla. Finalmente, a la mezcla se le aplica batido (incorporación de aire) y congelación, obteniéndose como resultado, el helado propiamente dicho.

## 8.5 Función de los componentes en la fórmula

Para obtener el máximo provecho de los ingredientes del helado, es necesario conocer su papel, su comportamiento, sus límites y las proporciones óptimas de su utilización. Es un tema muy complejo que resulta imposible tratar profundamente, pero que se resumirá en informaciones de tipo general orientadas hacia la aplicación de los mismos en la fórmula.

### 8.5.1 Materia grasa.

La materia grasa desempeña un papel muy importante en el helado. Los principales factores a tener en cuenta en la utilización de la grasa, son los siguientes:

- costo. Es uno de los ingredientes más caros del helado
- calidad. La materia grasa da al producto excelentes características de sabor y textura. Sin embargo, el exceso de grasa dificulta el batido. El papel de la materia grasa depende mucho del diámetro de los glóbulos grasos y de la dispersión de la emulsión en la mezcla. A esto último, también le influyen el contenido en sustancias no grasas, el equilibrio mineral, la homogeneización y la presencia de emulsionantes.
- preferencia de los consumidores. Cada vez son más los consumidores que vigilan su dieta. Un helado rico en materia grasa, proporcionará más calorías y saciará el apetito más rápidamente. Por esta razón, la mayor parte de los fabricantes ofrecen un producto con un contenido en materia grasa que varía entre el 10 y el 12%.

### 8.5.2 Sólidos no grasos procedentes de la leche

La mayoría de los helados comerciales contienen entre un 10 y 12% de sólidos lácteos no grasos. Estos componentes, principalmente las proteínas y la lactosa, intervienen en las características texturales del helado. Además de su contribución al valor nutritivo, las proteínas interaccionan con el agua, dando al helado una textura suave y una buena consistencia. Además, las proteínas de la leche, debido a los grupos laterales hidrófobos que contienen, forman parte de la membrana que rodea a los glóbulos grasos, determinando junto con los estabilizantes y emulsificantes, las propiedades reológicas del producto. Por otra parte, la lactosa contribuye al sabor dulce del helado, pero como es relativamente poco soluble, cuando se encuentra en excesiva cantidad puede cristalizar y producir alteraciones en la textura del producto

### 8.5.3 Fuentes de sólidos no grasos de origen lácteo

Los sólidos no grasos procedentes de la leche se pueden añadir en forma de diferentes productos o sub-productos lácteos. El más utilizado es la leche desnatada, concentrada o en polvo. También se pueden emplear el lactosuero concentrado o en polvo y los concentrados proteicos del mismo origen. En este caso, hay que tener en cuenta las propiedades funcionales de las proteínas y la concentración en lactosa, que pueden producir los defectos mencionados anteriormente. Un alto contenido en proteínas dará al producto un mayor valor

nutritivo, pero un exceso puede provocar la aparición de defectos de consistencia y de sabor. Un elevado contenido en lactosa, además de modificar el punto de congelación, produce un aumento en el grado de sobresaturación y pueden aparecer defectos de textura.

#### 8.5.4 Duración de la conservación

Muchos autores recomiendan ajustar el contenido en sustancias no grasas de la leche (lactosa y proteínas), en función del tiempo durante el que se va a conservar el producto. Si el helado va a consumirse rápidamente y no va a estar sometido a variaciones de temperatura, el contenido de lactosa se calcula como el suero de la mezcla dividido por un factor de 5.4 o 6.4. Si se va a conservar más de dos semanas con posibles variaciones, el factor aumenta a 6.9 – 7.4. (Ver ejemplo<sup>1</sup>)

#### 8.5.5 Azúcares

Los azúcares dan al helado el sabor dulce que esperan los consumidores. Cuando su concentración es la óptima, generalmente del 14-16%, contribuyen al rico y delicado sabor que presenta un buen producto. Por el contrario, si se encuentran en excesiva cantidad, enmascaran el sabor, descienden considerablemente el punto de congelación y hacen el helado pegajoso y pesado.

#### 8.5.6 Estabilizantes

Los estabilizantes se utilizan principalmente por sus propiedades hidrófilas. Al ligar el agua, modifican la viscosidad de la mezcla y dificultan la formación de cristales grandes, haciendo que el helado tenga una textura más suave, una mayor resistencia a fundirse y que su consistencia sea la adecuada. Los estabilizantes mejoran también las condiciones de batido y favorecen la formación de burbujas de aire muy pequeñas que dan rigidez a la estructura en la interface aire-mezcla. Hay dos tipos de estabilizantes: proteínicos y carbohidratos. El grupo de los proteicos incluye sustancias tales como la gelatina, caseína, albúmina y globulina. El grupo de los carbohidratos incluye coloides marinos (carragenina. Pectina, alginato), hemicelulosa y compuestos modificados de la celulosa. La dosis de estabilizante es normalmente 0.2-0.4% en peso del mix del helado

#### 8.5.7 Emulsionantes

La acción de los emulsionantes no se limita a la estabilización de la emulsión grasa; también contribuyen a la consistencia, resistencia a la fusión, textura y aspecto típico de los helados. Además, facilitan el batido y mejoran el rendimiento. Estos efectos son consecuencia del aumento de la rigidez de la membrana que rodea los glóbulos grasos y de la formación de una red más sólida alrededor de las burbujas de aire. Muchos autores han estudiado la interacción entre los emulsionantes y las proteínas: centrifugando una mezcla, se obtiene una fracción rica en grasa y proteínas. Los emulsionantes utilizados en la elaboración de helados pueden ser divididos en cuatro grupos: ésteres de la glicerina, ésteres del sorbitol, ésteres de azúcares y ésteres de otros orígenes. La cantidad de emulsionante que normalmente se añade es de 0.3-0.5% en peso

---

<sup>1</sup> Ejemplo: Para una mezcla cuya composición sea del 12% de materia grasa, 16% de azúcar y 0.4% estabilizantes: Suero de la mezcla =  $100 - (12 + 16 + 0.4) = 71.6$      $\Rightarrow$      $71.6 / 6.4 = 11.18\%$  contenido máximo en sustancias no grasas procedentes de la leche.

## 8.6 Aditivos

Los ingredientes utilizados en la elaboración de helados, pueden dividirse en dos grupos: ingredientes propiamente dichos y los aditivos.

Los primeros son los constituyentes esenciales de los helados, y los segundos sólo se utilizan como mejoradores o conservantes de sus cualidades.

## 8.7 Elección de los ingredientes

El fabricante de helados debe elegir los ingredientes que va a utilizar entre las diferentes fuentes disponibles de grasas, sólidos no grasos, azúcares, estabilizantes y emulsionantes.

- Productos lácteos. Como el contenido en materia grasa y en sólidos no grasos es mayor en el helado que en la leche líquida, es necesario utilizar productos concentrados o mezclas evaporadas que contengan los ingredientes en las proporciones deseadas.

- Fuentes de materia grasa. La materia grasa se suele añadir en forma de nata o de un producto más concentrado. Como regla general, válida siempre que se utilizan ingredientes crudos, la calidad del producto obtenido nunca será superior a la de las materias primas utilizadas. El producto que da al helado un sabor más rico y cremoso es la nata dulce y por lo tanto es la mejor fuente de materia grasa concentrada.

- Fuentes de sólidos no grasos. Hay muchos productos lácteos ricos en extracto seco desengrasado con diferentes contenidos en proteínas, lactosa y minerales. Los más concentrados son la leche desnatada y el lactosuero en polvo, con los que se pueden fabricar un helado excelente si son de buena calidad. Los productos en polvo llamados de baja temperatura (low heat), presentan algunas ventajas desde el punto de vista del sabor, mientras que con los llamados de alta temperatura (high heat) se puede preparar una mezcla de mejores propiedades físicas, como la viscosidad y la facilidad de batido.

- Minerales. Hace ya mucho tiempo que en la fabricación de helados se utilizan sales o minerales, principalmente como neutralizantes de acidez. Se ha comprobado el efecto de los citratos y fosfatos de sodio y del sulfato cálcico sobre las propiedades reológicas, sobre el aspecto y la consistencia del helado a la salida del congelador y sobre la estabilidad de la emulsión grasa.

- Azúcares. Después del agua, los azúcares son los principales componentes alimentarios del helado. Las fuentes de origen son relativamente numerosas, pero fundamentalmente se utilizan dos: la sacarosa y los derivados del almidón de maíz.

Sacarosa: como fue mencionado, la sacarosa puede representar del 60 al 100 del azúcar total del producto. Puede ser de caña o remolacha. Cuando su concentración es de 10 partes por 100 partes de agua (9.78%), desciende el punto de congelación unos 0.65°C, mientras que la glucosa en la misma concentración lo hace descender 1.16°C.

El poder edulcorante relativo de la sacarosa es de 100% (se toma como referencia del poder edulcorante), el de la fructosa 170%; el de la glucosa 75% y el de los jarabes de maíz con una dextrosa equivalente media es de 50%.

Derivados del almidón de maíz. Los derivados del almidón de maíz pueden ser líquidos o sólidos y tienen una composición distinta según el grado de hidrólisis. Cuanto más intensa es la hidrólisis, más rico en dextrosa es el jarabe; más dulce es y más bajo es su punto de congelación. El factor de descenso del punto de congelación de la dextrosa es de 1.9 y el de la sacarosa es 1.0.

Actualmente se utiliza mucho un jarabe que tienen un % D.E (dextrosa equivalente) medio y cuyo poder edulcorante es del orden de 75. Este tipo de jarabe se emplea para sustituir del 20 al 30% de la sacarosa y como es menos dulce, permite aumentar el contenido de azúcares en las mezclas.

Los derivados del almidón de maíz contienen dextrinas y otros polímeros que mejoran las propiedades reológicas de los productos y prolongan su tiempo de conservación. Sin embargo, su exceso puede producir un sabor desagradable muy característico.

- Estabilizantes. Su elección depende de las características deseadas en el producto final y debe hacerse en función de procedimiento de fabricación y del resto de los ingredientes que componen la mezcla. Los estabilizantes pueden ser proteínas o gomas marinas o vegetales. El ejemplo típico de un estabilizante proteico es la gelatina, que actualmente se utiliza ya muy poco. También tienen un efecto estabilizante las proteínas de la leche que son la base de la mezcla o las que se adicionan en distintas formas.

La mayoría de los estabilizantes comerciales son mezclas de gomas a las que generalmente se añaden emulsionantes.

Las gomas más utilizadas son los alginatos, las celulosas modificadas como la carboximetilcelulosa y los carragenanos<sup>2</sup>.

Estas gomas tienen diferentes propiedades y distintos efectos sobre la viscosidad, la facilidad del batido, la resistencia al fundido, las variaciones térmica, sobre la textura y la consistencia.

- Emulsionantes. Como ya se ha mencionado, los emulsionantes actúan sobre la microestructura de la emulsión que constituye la mezcla para helado. Los tipos de emulsionantes utilizados varían según la composición de la mezcla y el procedimiento de fabricación. Diversos estudios realizados sobre el equilibrio hidrófilo/lipófilo (Hydrophilic/Lipophilic Balance: HLB), indican que un emulsionante con un HLB < 8 forma emulsiones del tipo aceite en agua, mientras que si tiene un HLB > 9 forma emulsiones agua en aceite. Estos datos únicamente señalan tendencia y no informan sobre el resto de las acciones de los emulsionantes.

## 8.8 Proceso general de fabricación

En el Diagrama 8.8a, se presenta un esquema general de la producción de helado.

### 8.8.1 Mezcla de los ingredientes

El primer paso en la preparación del helado, es mezclar en una cuba los ingredientes en las proporciones determinadas según la fórmula utilizada. Se pueden presentar dos situaciones distintas: que una parte de los ingredientes estén en polvo y otra en forma líquida, o que todos los ingredientes sean líquidos.

En el primer caso, los ingredientes líquidos se introducen en la cuba donde se prepara la mezcla. Este tanque, que puede reposar sobre una balanza, está equipado con un sistema de calentamiento. Los ingredientes líquidos se agitan y se calientan y los que están en polvo se añaden antes de que la temperatura sobrepase los 50°C. Los ingredientes secos (leche en polvo, azúcar, estabilizantes...) se dispersan mejor si se mezclan entre ellos antes de añadirlos a la cuba.

---

<sup>2</sup> El carragenano (o más propiamente los carragenanos, dado que es una mezcla de varios polisacáridos) se encuentra relleno en los huecos en la estructura de celulosa de las paredes celulares de algunas algas de varias familias de Rhodophyceae (algas rojas). *Chondrus crispus*, el alga tradicional productora de carragenano, conocida como "musgo irlandés", es de pequeño tamaño, y vive en aguas frías, estando distribuida en las costas del Atlántico Norte.

En el segundo caso, cuando todos los ingredientes son líquidos, la mezcla se hace simplemente regulando las válvulas y las bombas para llevar hasta el tanque las cantidades necesarias de cada uno de los ingredientes. En este caso, la automatización puede ser casi total.

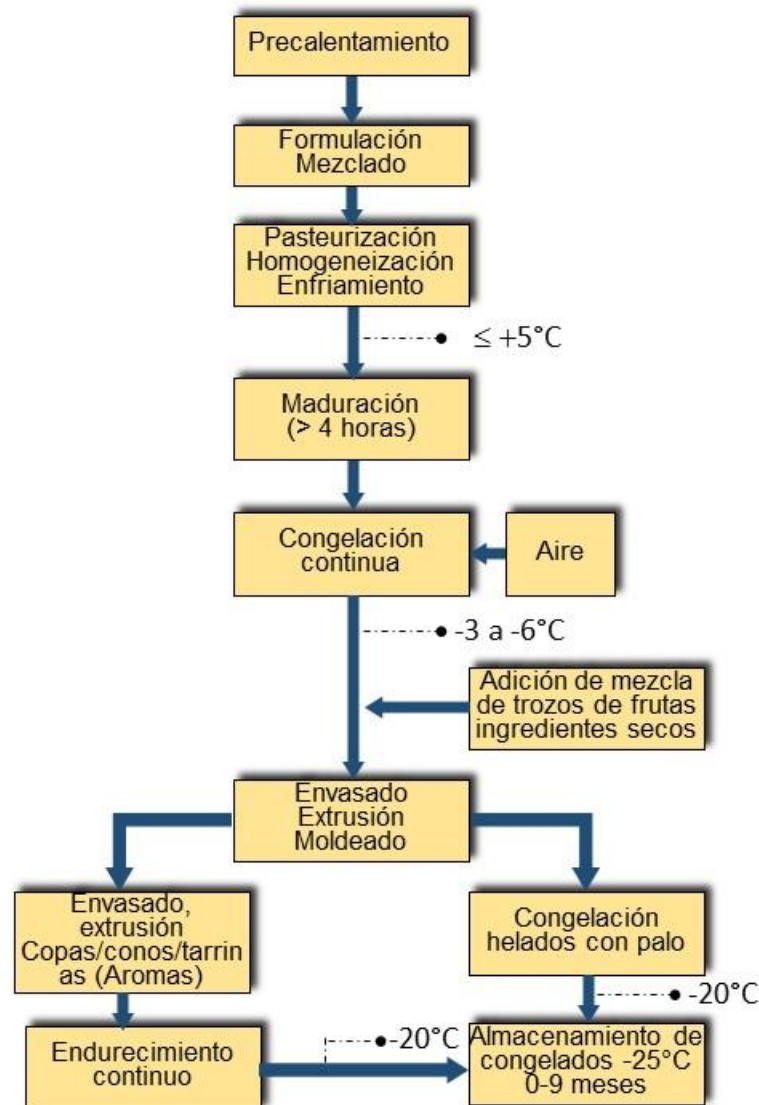


Diagrama 8.2 a – Diagrama de flujo para la producción de helados

### 8.8.2 Pasterización

Como todos los productos lácteos, es obligatorio pasteurizar la mezcla por razones higiénicas. En cualquier caso, el calentamiento es necesario para disolver los ingredientes y para homogeneizarlos, por lo que la pasterización no aumenta prácticamente el costo del proceso. El tratamiento se puede suministrar de tres formas distintas:

- procedimiento discontinuo, 68° - 70°C durante 30 minutos
- pasterización a alta temperatura, 70° - 85°C durante 2 a 20 segundos. Este tratamiento es el que más se utiliza.
- tratamiento a temperatura ultra alta (U.H.T.), 100°C - 130°C durante 1 a 10 segundos. Este tratamiento mejora la consistencia y la textura de los productos debido a las modificaciones que produce en la estructura y propiedades de las proteínas. Puede correrse el riesgo de originar fácilmente defectos de sabor.

### 8.8.3 Homogeneización

Para obtener un helado de calidad, es esencial que la mezcla esté bien homogeneizada. La principal finalidad de la homogeneización de la mezcla es obtener una emulsión más uniforme y estable. El diámetro de los glóbulos grasos varía entre 0.5 y 4  $\mu\text{m}$ , con una media de 1  $\mu\text{m}$  y son muy pocos los glóbulos que miden más de 2  $\mu\text{m}$ . Por lo tanto, en la homogeneización, la relación superficie/volumen y los fenómenos de absorción en la superficie de los glóbulos, se modifican profundamente. Cuando el diámetro medio de los glóbulos pasa de 3.6 a 0.6  $\mu\text{m}$ , la superficie de mezcla aumenta de 150 a 1000  $\text{m}^2/\text{litro}$ .

Las propiedades físico-químicas de la mezcla varían mucho. Aumenta la viscosidad y la facilidad de batido o de formación de la espuma; mejoran notablemente la consistencia, la textura y las propiedades de fundido.

La temperatura de homogeneización de la mezcla tiene una gran influencia sobre los resultados obtenidos. Las temperaturas inferiores a 63°C favorecen la agregación de los glóbulos grasos. En la práctica, la homogeneización se realiza a temperaturas entre 65° y 75°C.

El tipo de válvula utilizada para la homogeneización influye sobre el comportamiento de la mezcla actuando sobre fenómenos físico como la cavitación, la turbulencia y el cizallamiento. Hay muchos tipos de válvulas: simples, cónicas, onduladas, de anillo líquido, micro gap.

### 8.8.4 Maduración

La maduración consiste en mantener la mezcla a una temperatura de -2° a -4°C durante un periodo de 4 a 24 horas antes de la congelación. En este tiempo se completan los fenómenos de hidratación de las proteínas, estabilizantes y de cristalización de las grasas, mejorando notablemente las propiedades físicas de la mezcla.

El tiempo de maduración es variable según los ingredientes utilizados. Muchos autores afirman que generalmente con una maduración de cuatro horas es suficiente, excepto cuando la congelación es discontinua.

Cuando la mezcla está compuesta únicamente por ingredientes líquidos, cuyas proteínas están hidratadas y contiene un estabilizante de acción rápida, se puede obtener un helado de buena calidad prácticamente sin maduración.

### 8.8.5 Congelación y aumento porcentual de volumen

Durante el proceso de congelación, una parte del agua de la mezcla se convierte en hielo y al mismo tiempo se incorpora aire para obtener el aumento de volumen deseado. La mezcla y el aire se introducen en un cilindro que contiene un agitador con cuchillas que van rascando la superficie refrigerada sobre la que se congela la mezcla. Este cilindro está rodeado por una camisa por donde circula el líquido refrigerante.

Para obtener un producto de buena calidad son esenciales dos condiciones:

- el hielo debe estar en forma de muchos cristales muy pequeños, con un diámetro inferior a 35  $\mu\text{m}$
- el aire debe estar uniformemente repartido, en forma de pequeñas burbujas cuyo número depende del aumento de volumen.

Estas dos condiciones físicas dan lugar a una micro-estructura que determina la consistencia y la textura del producto.

En el curso de la congelación, la temperatura de la mezcla desciende hasta -5° o -6°C. En estas condiciones, en una mezcla de composición media, alrededor del 50% del agua se

transforma en hielo (Figura 8.2); este porcentaje es de más del 70% cuando la temperatura es de  $-10^{\circ}\text{C}$ .

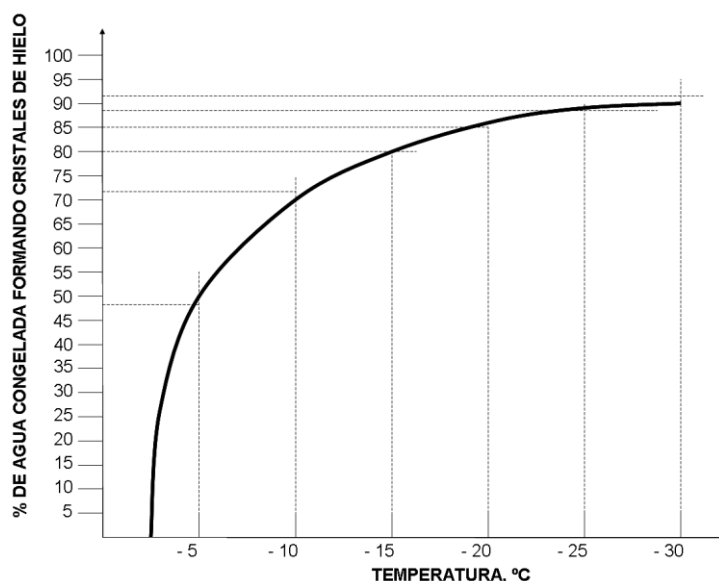


Figura 8.2. Formación de los cristales en el helado: influencia de las fluctuaciones de temperatura sobre la consistencia y la capacidad de conservación de un helado

El resto del agua que permanece en forma líquida se encuentra ligada a las proteínas y estabilizantes o formando parte de un jarabe rico en azúcar y minerales. La operación se realiza muy rápidamente, en cuestión de segundos en un procedimiento continuo y la agitación que imparten las cuchillas es muy violenta. Por estas dos razones, los cristales de hielo que se forman son muy pequeños y muy numerosos. El espesor de la capa de helado que se congela en la superficie del cilindro debe ser mayor que el diámetro de los cristales de hielo, es decir, de  $50\text{ }\mu\text{m}$  a  $75\text{ }\mu\text{m}$  según los distintos autores.

En los congeladores convencionales, cuando se utiliza una temperatura demasiado baja se producen problemas mecánicos y disminuye considerablemente la eficacia del equipo. Un descenso de temperatura de  $1^{\circ}\text{C}$  (de  $-5^{\circ}$  a  $-6^{\circ}\text{C}$ ) puede suponer una reducción de la capacidad del congelador hasta del 50%.

Durante la congelación se incorpora aire en la mezcla para obtener el aumento porcentual de volumen (overrun). Este aire debe estar distribuido en forma de vesículas cuyo número y tamaño tienen mucha influencia sobre la textura del producto. El diámetro de las burbujas de aire puede variar entre  $30$  y  $150\text{ }\mu\text{m}$ . Cuando su tamaño está comprendido entre  $60$  y  $100\text{ }\mu\text{m}$ , los resultados que se obtienen son buenos, pero si su diámetro es de más de  $135\text{ }\mu\text{m}$ , pueden presentarse defectos de textura.

#### 8.8.6 Índice de aireación

Se define un índice muy utilizado en heladería y que nos da la cantidad de aire incorporado a la mezcla en porcentaje sobre la misma en volumen. La fórmula de este índice es la siguiente:

$$\text{Overrun} = \frac{\text{Volumen de helado} - \text{Volumen de mezcla}}{\text{Volumen de mezcla}} \times 100$$

Por razones tecnológicas y económicas, el aumento porcentual de volumen, llamado también algunas veces rendimiento, debe controlarse rigurosamente.

#### 8.8.7 Endurecimiento

A la salida del congelador, el helado se envasa y se continúa el proceso de congelación. El porcentaje de agua convertida en hielo que era como media del 50%, pasará a ser del 80-85%. Este nuevo hielo se forma sin agitación y con bastante lentitud. Los núcleos de cristalización formados en el congelador adquieren aquí una gran importancia. Lo ideal es que el endurecimiento sea lo más rápido posible. En una cámara fría mantenida a una temperatura entre -20° y -30°C, sin circulación forzada de aire entre los envases, el endurecimiento tardará muchas horas. Sin embargo, en un túnel especialmente diseñado para helados, con una buena circulación de aire a temperaturas del orden de -35° a -40°C, el endurecimiento del producto puede conseguirse en menos de dos horas en recipientes de un litro.

### 8.9 Defectos más frecuentes

Los defectos que se presentan con más frecuencia en el helado afectan a su sabor, su textura y su consistencia. Los defectos de apariencia o de color son relativamente poco frecuentes y en estos casos las soluciones son bastante evidentes. No obstante, hay que señalar que el color es un factor que tiene una gran importancia en la valoración que los consumidores hacen de un buen helado.

**Sabor.** Generalmente, los defectos del sabor aparecen cuando se utilizan materias primas de mala calidad, cuando los ingredientes no se emplean correctamente o cuando se producen graves deficiencias en los procesos de fabricación y de conservación.

Los aromas extraños que tengan las materias primas aparecerán en el producto final e incluso pueden acentuarse. Esto ocurre por ejemplo con el sabor a oxidado y la rancidez hidrolítica, defectos asociados a la materia grasa.

Pueden aparecer defectos por una incorrecta utilización de los ingredientes como por ejemplo el exceso o defecto de azúcar o aromatizantes: el sabor será demasiado dulce o demasiado insulso, muy fuerte o muy suave etc.

**Textura y consistencia.** Recientemente se han realizado diversas investigaciones que han demostrado la complejidad de los factores que pueden modificar estas importantes propiedades del helado. La estructura del producto depende de las burbujas de aire, los cristales de hielo, el estado de la materia grasa, proteínas y minerales de la leche o añadidos en el helado, las interfaces entre los glóbulos de grasa y la mezcla, entre el aire y la mezcla, etc.

La aparición de este tipo de defectos está favorecida por la utilización de una mezcla mal equilibrada, un inadecuado proceso de fabricación, una conservación en malas condiciones, por ejemplo, a temperaturas muy altas y cuando se producen variaciones de temperaturas.

Los defectos de consistencia son más numerosos y más frecuentes. Un buen helado es firme, no se funde en forma rápida, ni produce una desagradable sensación de frío en la boca. Un helado de consistencia defectuosa puede ser grumoso, grasiento, blando, pegajoso, pesado, quebradizo, pastoso, etc.

## 8.10 Proceso artesanal - Proceso industrial

Se dice helado artesanal y se dice calidad. Se entiende que es un helado elaborado con leche, crema de leche (nata), frutas, chocolate, etc., materias primas de alta calidad; que no se utilizan polvos, esencias o concentrados industriales con “sabor a...”

En cuanto a la forma de elaboración, aunque hoy en día se usa mucha tecnología, (máquinas de alta capacidad controladas por electrónica de última generación, tanto las pasteurizadoras como las cubas de maduración y las fabricadoras), esto no convierte a un helado en industrial. Estas máquinas permiten procesar materias primas de buena calidad y, en el caso de la fabricadora, adicionar la cantidad apropiada de aire (overrun) en el proceso de batido.

Así que, desde el punto de vista de la elaboración, no es tan “artesanal”. Si bien el proceso de producción es discontinuo, se usa tecnología que permite fabricar entre 3 y 120 litros por hora.

En el caso de los helados industriales, éstos suelen producirse en maquinaria de proceso continuo que producen cientos de litros por hora, estos equipos permiten modificar el porcentaje de aire (una de las materias primas) y adicionarlo al que se incorpora mediante el batido en el proceso de fabricación.

Dependiendo de los códigos alimentarios, se llega a permitir la incorporación de hasta un 150% de aire en algunos países y hasta un 170% en otros. En Argentina, según el Código Alimentario Argentino, en el Art. 1075 “Asignación de Aditivos y sus Concentraciones Máximas para la Categoría de Alimentos 3: Helados Comestibles”, se enuncia que es permitido el agregado de aire y/o gas carbónico (dióxido de carbono), y su cantidad en volumen por cada 100 ml de mezcla fundida, no puede ser mayor de 120%, calculados según la siguiente expresión (overrun):

$$\frac{[\text{Vol. total del congelado} - \text{Vol. de la mezcla fundida (a 20°C)}] \times 100}{\text{Volumen de la mezcla fundida (a 20°C)}}$$

En los helados industriales también se encuentran calidades variadas, pero en línea general, son “helados”, no “cremas heladas”, ya que en vez de crema de leche, por lo general, se utiliza AVH (aceite vegetal hidrogenado). En vez de frutas y otras materias primas suelen utilizarse esencias saborizantes y colorantes, aunque, en algunos casos luego de fabricado se siembran con algo de fruta, chocolate o dulce, de acuerdo al sabor.

Evidentemente la calidad de los helados industriales es inferior a la del que denominamos “artesanal”, pues tiene mucho más aire (a veces 3 veces o más) y sus materias primas no son las mismas. Por eso se pueden vender a bajo costo en los supermercados y en las líneas de venta por impulso<sup>3</sup>, pero la cantidad se expresa en litros en vez de kilos.

Hay una etapa intermedia, que podríamos denominar semi-artesanal o semi-industrial (depende desde que punto de vista se analice). Son helados en los que se utilizan materias primas de buena calidad, pero se fabrican con máquinas continuas, en líneas de media o alta producción.

En conclusión: las calificaciones “artesanal” o “industrial”, se basan más en la calidad que en la forma de elaboración.

---

<sup>3</sup> La compra por impulso es un tipo de compra que se realiza espontáneamente, de forma no premeditada. Los artículos que se han comprado por impulso corresponden a un comportamiento del tipo:1 “Lo vi, me gustó y lo compré”. Los estímulos del punto de venta despiertan el deseo de comprar artículos que no son estrictamente necesarios. Son compras clave en un establecimiento de libre servicio porque representan el 55% de las compras del cliente.

### 8.11 Mantecadores discontinuos y continuos

Aunque el principio de funcionamiento es el mismo, los aparatos utilizados para batir y congelar la mezcla los podemos clasificar en:

Mantecadores discontinuos o por cargas

Mantecadores continuos

Mantecadores continuos de baja temperatura.

Los primeros son aquellos en que una cantidad determinada de mezclas se introduce en el equipo y es sometida a batido y congelación durante un tiempo determinado, luego se descarga el helado. Antiguamente, no hace muchos años, el mantecador discontinuo era simplemente un recipiente cilíndrico bañado exteriormente por escamas de hielo y sal. En el interior del recipiente se introducía la mezcla y el heladero a mano la agitaba con una pala. Hoy en día estas operaciones se hacen por máquinas automáticas incluso en las más pequeñas heladerías, utilizando fluidos frigorígenos en vez de hielo con sal.

En las heladerías de tipo medio e industriales se utilizan mantecadores continuos, donde por un lado entra la mezcla y por otro sale un chorro continuo de helado.

Los mantecadores continuos de baja temperatura enfría la mezcla de  $+5^{\circ}\text{C}$  que viene de los tanques de maduración hasta  $-9^{\circ}\text{C}$  en vez de llegar a  $-5^{\circ}\text{C}$ . Se aplican estos mantecadores de  $-9^{\circ}\text{C}$  cuando se quiere producir un helado duro para extrusión.

### 8.12 Líneas de envasado de helados

Los helados que se distribuyen envasados aumenta continuamente su presencia en el mercado por varias razones: servicio rápido al cliente, producto con todas las garantías de higiene, ahorro de mano de obra en la distribución y venta.

Las heladerías industriales disponen de distintas líneas de envasado: de conos o cucuruchos; envasado de copas o baldes, envasado de bloques; envasado de helados a granel, producción de paletas (palito) o barritas.

A excepción de las paletas o barritas, al envasado sigue un endurecimiento del helado en un túnel de congelación. En el caso particular de las paletas, el endurecimiento se hace en la propia máquina llenadora.

### 8.13 Sistemas de endurecimiento de helados

Una vez que los helados han sido envasados y empaquetados en cajas de cartón es necesario su endurecimiento, ya que al salir del congelador la temperatura es de  $-5^{\circ}\text{C}$  y durante las manipulaciones posteriores sube incluso por encima de  $0^{\circ}\text{C}$ , por lo que el helado es de una consistencia semifluida y podría perder su configuración si no se vuelve a congelar. Las temperaturas alcanzadas en el centro del helado deben ser del orden de menos  $23^{\circ}\text{C}$ . Para conseguirlo se puede recurrir a varios sistemas:

- cámaras frigoríficas a baja temperatura ( $-30/-40^{\circ}\text{C}$ ) con circulación forzada de aire, donde se introducen las cajas con helados y se dejan allí, apiladas, durante el tiempo necesario para que la temperatura en el centro de los envases sea inferior a  $-23^{\circ}\text{C}$ .
- cámaras frigoríficas a baja temperaturas ( $-30/-40^{\circ}\text{C}$ ) sin circulación forzada de aire, donde los envases permanecen el tiempo necesario para su endurecimiento completo.
- túneles de congelación con sistema de transporte de forma que los paquetes con helados entran y salen continuamente. La circulación de aire frío a  $-35/-40^{\circ}\text{C}$  es forzada y se calcula la velocidad de paso para alcanzar la temperatura deseada en el centro de los envases ( $-15/-33^{\circ}\text{C}$ ).

- túneles criogénicos, con gases tales como el nitrógeno que pasa de líquido a gaseoso a  $-196^{\circ}\text{C}$ , con lo que el endurecimiento de los helados es muy rápido, solo cuestión de unos pocos minutos.

### 8.14 Factores que afectan los tiempos

Son numerosos los factores que afectan a la duración de la congelación a baja temperaturas. Algunos de estos factores ya los hemos visto en temas anteriores:

- sistema de endurecimiento (cámara o túnel). El túnel es el sistema más rápido (de tres minutos a cuatro horas).

- circulación forzada de aire. Esto ayuda a acortar sensiblemente el tiempo de congelación.

- forma y tamaño de los envases. Los helados de pequeña capacidad ( $120\text{ cm}^3$ ) se congelan más rápidamente que los bloques familiares (1 litro). Por ejemplo, en un túnel de congelación donde se introducen cucuruchos sueltos de  $125\text{ cm}^3$ , el tiempo necesario para su endurecimiento es de aproximadamente cuarenta minutos. Sin embargo, si se introducen en el mismo túnel envases de helado de 1 litro de capacidad, el tiempo de congelación es tres veces más largo (120 minutos).

- temperatura del aire y de la cámara. Cuanto más bajas sean ambas más rápido será el proceso.

- temperaturas de entrada del producto al túnel. Normalmente la temperatura será de  $-3$  a  $+2^{\circ}\text{C}$ , dependiendo del tiempo que pase desde la congelación en los freezers a  $-5^{\circ}\text{C}$ , hasta el envasado y llegada al túnel de endurecimiento.

- composición del helado y porcentaje de aire incorporado. Si el punto de congelación es alto, no es necesario llegar a muy bajas temperaturas para conseguir un buen endurecimiento de helado.

### 8.15 Túneles de endurecimiento

El esquema de la figura 8.3 muestra un túnel de endurecimiento especial, diseñado para la congelación a bajas temperaturas  $-28/-33^{\circ}\text{C}$  de conos, copas, vasos, bloques familiares, helados a granel, etc. Los productos a congelar se colocan manual o automáticamente sobre las bandejas en la entrada de túnel. Estas bandejas, por un sistema especial de transporte, se mueven dentro del túnel hasta alcanzar la salida situada en la parte posterior. En su trayecto, los helados son sometidos a temperaturas de  $-35/-40^{\circ}\text{C}$ , creadas por un equipo de frío y por la circulación forzada de aire que reparte uniformemente dicho frío por toda la cámara. El tiempo de endurecimiento requerido para cada producto se obtiene ajustando la velocidad de transporte.

Con objeto de evitar pérdidas, el túnel tiene un aislamiento formado por dos capas de 10 cm de espesor cada una, de corcho blanco o poliestireno expandido (telgopor). Además, lleva dos puertas para facilitar las operaciones de limpieza.

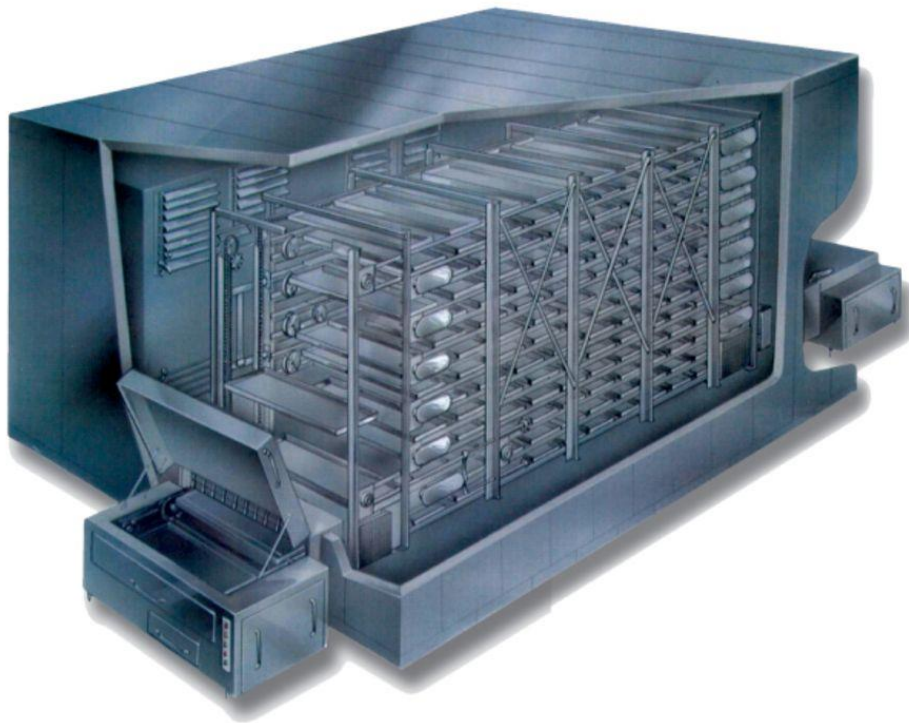


Figura 8.3. Principio de funcionamiento de un túnel para endurecimiento de helados

### 8.16 Almacenamiento y distribución de los helados

Aunque actualmente se están introduciendo mucho los túneles de endurecimiento, sin embargo, en gran número de heladerías, la cámara de conservación de helados antes de su salida al mercado hace las funciones de endurecimiento y conservación hasta la venta.

Según la legislación actual, el almacenamiento de los helados se debe hacer a temperaturas inferiores a  $-23^{\circ}\text{C}$ .

Normalmente no están en las cámaras más de cuatro-cinco días, y se deben mantener apilados estrechamente porque así conservan mejor el frío.

Deben almacenarse ya empaquetados en cajas de cartón u otro tipo.

El transporte debe hacerse en camiones frigoríficos a temperaturas inferiores de  $-18^{\circ}\text{C}$ , y de forma que el aumento de la temperatura del helado durante el mismo no exceda de  $4^{\circ}\text{C}$  sobre la que originalmente tenía.

Los helados pueden ser transportados junto con otros productos alimenticios también congelados, siempre que unos y otros vayan debidamente empaquetados.

## Referencias Bibliográficas

Amiot Jean. **“Ciencia y Tecnología de la Leche”**. Editorial Acribia, S.A. Editores: la fundación de tecnología Lechera de Quebec, Canada. I.S.B.N.: 84-200-0713-7. Zaragoza, España (1991)

Madrid Vicente, Antonio Vicente **“Curso de Industrias Lácteas”**. ISBN:84-87440-82-7. Munci-Prensa Libreos S.A. Madrid, España (1996)

Alais, Charles **“Ciencia de la Leche”**. Editorial Reverte. ISBN:8429118152 84-291-1815-2. Madrid, España (1985)

Sergio R. Mantello **“Helados: ¿Artesanal, Industrial?”** Asesor Técnico Mundohelado Argentina [www.mundohelado.com.ar](http://www.mundohelado.com.ar). 12 de mayo del 2007

## Unidad 9: PRODUCTOS LÁCTEOS FERMENTADOS

Universidad Nacional de San Luis Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias  
Departamento: Ingeniería de Procesos  
Área: Tecnología en Alimentos  
Asignatura: Tecnología de los Lácteos  
Carrera: Ingeniería en Alimentos – Ingeniería Química

### ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.1 Leches Fermentadas.....                                             | 2  |
| 9.1.1 Definición Bromatológica .....                                    | 2  |
| 9.1.2 Tipos de fermentación .....                                       | 2  |
| 9.1.2.1 Fermentaciones de tipo láctico .....                            | 3  |
| 9.1.2.2 Fermentaciones de tipo alcohólico .....                         | 4  |
| 9.1.2.3 Fermentaciones mixtas .....                                     | 4  |
| 9.1.2.4 Producción de biomasa .....                                     | 4  |
| 9.1.3 Propiedades de los productos lácteos fermentados.....             | 4  |
| 9.2 Yogur .....                                                         | 5  |
| 9.2.1 Definición Bromatológica Yoghurt.....                             | 5  |
| 9.2.2 Composición. Especificaciones. Características y Fabricación..... | 5  |
| 9.2.2.1 Tratamientos previos de la leche.....                           | 6  |
| 9.2.2.2 Inoculación.....                                                | 6  |
| 9.2.2.3 Desarrollo .....                                                | 6  |
| 9.2.2.4 Enfriado .....                                                  | 7  |
| 9.2.2.5 Endulzado.....                                                  | 7  |
| 9.2.2.6 Batido.....                                                     | 7  |
| 9.2.2.7 Frutado .....                                                   | 7  |
| 9.2.8 Producto lácteo sin flora láctica activa (Yogur Bebible) .....    | 7  |
| 9.2.9 Procesos de elaboración del yogur compacto y yogur batido .....   | 8  |
| 9.2.10 Yogur comercial .....                                            | 9  |
| 9.2.11 Yogur casero.....                                                | 9  |
| 9.3 Kefir .....                                                         | 10 |
| 9.3.1 Definición Bromatológica .....                                    | 10 |
| 9.3.2 Fabricación.....                                                  | 10 |
| 9.3.3 Consumo.....                                                      | 10 |
| 9.4 Crema Ácida (Nata ácida).....                                       | 11 |
| 9.4.1 Definición Bromatológica .....                                    | 11 |
| 9.4.2 Fabricación.....                                                  | 11 |
| Referencias Bibliográficas .....                                        | 12 |
| Anexo: Imágenes Varias .....                                            | 13 |

## Unidad 9: PRODUCTOS LÁCTEOS FERMENTADOS

---



Versión 17JUN25

### 9.1 Leches Fermentadas

#### 9.1.1 Definición Bromatológica

CAA – Art. 576 – Definiciones (1): se entiende por Leches Fermentadas los productos, adicionados o no de otras sustancias alimenticias, obtenidos por coagulación y disminución del pH de la leche o leche reconstituida, adicionada o no de otros productos lácteos, por fermentación láctica mediante la acción de cultivos de microorganismos específicos. Estos microorganismos específicos deben ser viables, activos y abundantes en el producto final durante su período de validez.

La utilización de microorganismos como agentes de transformación es una práctica muy antigua y que ha tenido una gran contribución en la expansión del consumo de leche y sus derivados porque permite la obtención de productos con excelentes características organolépticas y nutritivas. Además de los quesos, que por su importancia se tratan con detenimiento, la gran familia de productos fermentados incluye los coagulados como el yogur y la nata ácida, las bebidas de tipo láctico y/o alcohólico, y las mantecas elaboradas a partir de nata madurada.

#### 9.1.2 Tipos de fermentación

Las transformaciones que se producen en la leche o sus derivados por la acción de los microorganismos son múltiples y complejas. Pueden clasificarse en cinco grandes grupos (tabla 9.1).

| Tipo de fermentación | Organismos                                                                                                                                                                  | Productos                                                                         |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1) Láctica           | Lactobacilos<br><i>Streptococcus</i>                                                                                                                                        | Leche acidófila, yogur                                                            |
| 2) alcohólica        | <i>Kluyveromyces lactis</i><br><i>Kluyveromyces fragilis</i><br><i>Saccharomyces cerevisiae</i>                                                                             | Vinos, cervezas, cavas (vinos espumantes)                                         |
| 3) mixta             | Lactobacilos<br><i>Streptococcus</i><br><i>K. Lactis</i> , <i>K. fragilis</i><br><i>Saccharomyces cerevisiae</i> ,<br><i>Acetobacter</i>                                    | Kefir, koumis, rivella <sup>1</sup> , vinagre                                     |
| 4) biomasas          | <i>Torula</i> , <i>Kluyveromyces</i><br><i>Saccharomyces</i><br><i>Trichosporon</i><br>Lactobacilos<br><i>Streptococcus</i> ,<br><i>Bifidobacterium</i><br><i>Rhizobium</i> | Levaduras lácticas, wheast, ascogen, probios <sup>2</sup> , LFP omniflora, FACW   |
| 5) metabolitos       | Lactobacilos, <i>Kluyveromyces</i> ,<br><i>Acetobacter</i> ,<br><i>Xanthomonas</i>                                                                                          | Factores de crecimiento, etanol, ácido acético, ácido láctico, xantano, vitaminas |

Tabla 9.1. Principales tipos de fermentación en los productos lácteos

#### 9.1.2.1 Fermentaciones de tipo láctico

En esta clasificación el principal sustrato a fermentar es la lactosa, que se transforma en ácido láctico. En la mayor parte de estas fermentaciones solamente el 20% del sustrato sufre esta conversión. La flora láctica se añade en forma de cultivos puros o mixtos obtenidos en un medio preparado con leche desnatada. La acidificación puede llegar a producir la coagulación del producto si el pH desciende hasta el punto isoeléctrico de las caseínas. La actividad proteolítica de la flora y la producción de metabolitos secundarios, dan a los productos fermentados sus peculiares características organolépticas y texturales.

<sup>1</sup> Rivella es un refresco de Suiza, que se produce a partir de suero de leche, y por lo tanto, incluye ingredientes tales como la lactosa, ácido láctico y minerales

<sup>2</sup> Los probióticos son microorganismos vivos que se adicionan a un alimento, permaneciendo activos en el intestino y ejerciendo importantes efectos fisiológicos. Ingeridos en cantidades suficientes tienen efectos muy beneficiosos, como contribuir al equilibrio de la flora bacteriana intestinal del huésped y potenciar el sistema inmunitario. Son capaces de atravesar el tubo digestivo y recuperarse vivos en las heces, pero también se adhieren a la mucosa intestinal. No son patógenos, excepto en casos en que se suministran a individuos inmunodeficientes contienen esta clase de microorganismos y, por tanto, son alimentos probióticos: los yogures frescos, otras leches fermentadas, el kéfir, jocoque, etc.

#### 9.1.2.2 Fermentaciones de tipo alcohólico

En este tipo de fermentación la lactosa y/o un azúcar añadido se transforman en etanol por acción de las levaduras. El sustrato más utilizado para este tipo de fermentación es el lactosuero de quesería. Las especies que se emplean más frecuentemente para la conversión alcohólica, son: *Kluyveromyces lactis*, *Kluyveromyces fragilis* y *Saccharomyces cerevisiae*. Las dos primeras pueden actuar directamente sobre la lactosa porque sintetizan todas las enzimas necesarias para su absorción y su hidrólisis en glucosa y galactosa. Por el contrario, *S. cerevisiae* sólo se utiliza cuando se adiciona sacarosa o glucosa al medio, ya que esta levadura no puede hidrolizar la lactosa. Si no se añade ningún suplemento de azúcares directamente fermentables por las levaduras, es necesario realizar la pre-hidrólisis de la lactosa utilizando una  $\beta$ -galactosidasa exógena.

#### 9.1.2.3 Fermentaciones mixtas

Son en las que se producen al menos dos tipos de conversiones biológicas: la acidificación y la fermentación alcohólica. El proceso se puede llevar a cabo en una o en varias etapas dependiendo de las características buscadas en el producto final y de la complejidad de las reacciones necesarias. Por ejemplo, la producción de ácido acético a partir de lactosuero implica una primera fermentación en donde la lactosa se transforma en alcohol por uno de los dos procesos antes mencionados, seguidamente el medio alcohólico se somete a una fermentación acética en presencia de *Acetobacter aceti*.

#### 9.1.2.4 Producción de biomasa

En estos casos, toda la actividad fermentativa se orienta hacia la conversión de la lactosa y de un sustrato nitrogenado de bajo costo, como urea, amoníaco o proteínas vegetales. Es una masa celular destinada a la alimentación animal o humana. Los organismos más utilizados para este tipo de fermentación son las levaduras *Torula*<sup>3</sup>, *Kluyveromyces*, *Saccharomyces*, *Trichosporon* o también algunas bacterias como los lactobacilos y estreptococos.

#### 9.1.2.5 Producción de algunos metabolitos

Este tipo de producción utiliza microorganismos seleccionados para la síntesis de productos que son difíciles o caros de obtener químicamente. La producción de ácido láctico por *Lactobacillus bulgaricus* es por ejemplo una biotransformación que ha sustituido a la síntesis química a raíz del aumento del precio de los derivados del petróleo.

#### 9.1.3 Propiedades de los productos lácteos fermentados

*Efectos sobre la microflora intestinal.* Desde hace ya muchos años, se han atribuido a los productos lácteos fermentados, especialmente al yogur, algunas propiedades nutritivas, medicinales y terapéuticas. Algunos estudios sugieren que los microorganismos utilizados en la fermentación del yogur tienen una acción beneficiosa sobre la flora intestinal. Se han realizado numerosos estudios para demostrar las propiedades terapéuticas de los lactobacilos, pero todavía hay algunas dudas sobre su supervivencia y su acción en el tracto intestinal. Algunos autores han comprobado que *L. bulgaricus* es capaz de sobrevivir en el intestino de adultos y niños. Casi todas las pruebas presentadas para demostrar la acción beneficiosa de las bacterias lácticas en el intestino son indirectas y se refieren a ensayos efectuados sobre animales.

*Efectos sobre el sistema inmunitario.* Desde finales de los años 50, distintos autores han atribuido propiedades muy notables a determinadas cepas lácticas; por ej.: que *L. bulgaricus*

---

<sup>3</sup> *Candida utilis* es una levadura, denominada con el nombre común de tórula. Crece especialmente en sustratos ricos en celulosa y xilosa

podía sintetizar sustancias con actividad antitumoral; propiedades inmunoestimulantes de diversas cepas lácticas, especialmente de las utilizadas en la fabricación de yogur; trabajos recientes demuestran actividad inmunoestimulante en las ratas infectadas por *Klebsiella pneumoniae*.

Aunque casi unánimemente los profesionales de la salud coinciden en afirmar que los productos lácteos fermentados especialmente el yogur, son más digeribles, lo cierto es que en la literatura científica hay muy pocas pruebas experimentales en este sentido. Generalmente, los autores que aseguran que estos productos tienen un valor nutritivo mayor, basan sus argumentos sobre la hipótesis de que las actividades enzimáticas asociadas al crecimiento de los microorganismos, pre-digieren el producto facilitando así su absorción intestinal.

**Propiedades organolépticas.** Las características más apreciables y más importantes de los productos lácteos fermentados son sin ninguna duda su sabor y su textura. Estas propiedades están estrechamente relacionadas con el pretratamiento de la materia prima y con el crecimiento de las cepas microbianas en unas condiciones determinadas y perfectamente controladas.

## 9.2 Yogur

### 9.2.1 Definición Bromatológica Yoghurt

Según el código alimentario Argentino, Art. 576, 1.1) dice: se entiende por Yogur o Yoghurt o logurte, en adelante Yogur, el producto incluido en la definición 1), cuya fermentación se realiza con cultivos protosimbióticos de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* a los que en forma complementaria pueden acompañar otras bacterias acidolácticas que, por su actividad, contribuyen a la determinación de las características del producto terminado.

### 9.2.2 Composición. Especificaciones. Características y Fabricación.

Las bacterias lácticas son sembradas sobre leche previamente pasteurizada, con el objeto de eliminar la mayor parte o la totalidad de la flora microbiana original. Después de la fermentación, el yogur es enfriado a una temperatura comprendida entre 1 y 10°C, con la exclusión de cualquier otro tratamiento térmico. Entonces está listo para su consumo.

En la actualidad son varios los tipos de yogur que se fabrican, así tenemos:

- 1) Yogur natural, cuya definición es la dada del yogur en general, ya que no lleva adiciones de aromas, azúcares, etc.
- 2) Yogur azucarado, que es aquél al que se ha añadido azúcar o azúcares comestibles.
- 3) Yogur edulcorado, al que se le añaden edulcorantes tales como sorbitol, xilitol, sacarina y sus sales sódicas y cálcicas, ciclamato y sus sales sódica y cálcica.
- 4) Yogur con frutas, zumos y/o otros productos naturales, Ese tipo de yogur suele ir azucarado también.

| Características exigidas al yogur     |        |        |
|---------------------------------------|--------|--------|
| pH del Yogur                          | 4.6    | máximo |
| Materia grasa                         | 2 %    | mínimo |
| Materia grasa (yogur desnatado)       | 0.35 % | máximo |
| Extracto seco magro de leche          | 8.5 %  | mínimo |
| Contenido en yogur (los de frutas)    | 70 %   | mínimo |
| Contenido en yogur (los aromatizados) | 80 %   | mínimo |

| Composición media del yogur natural |           |
|-------------------------------------|-----------|
| Agua                                | 86-87.5 % |
| Azúcares                            | 4.5-5.2 % |
| Grasas                              | 3.0-3.5 % |
| Proteínas                           | 3.8-4.2 % |
| Sales minerales                     | 0.8-1.2 % |
| Calorías/100 g                      | 63-68     |

A continuación vamos a estudiar el proceso de elaboración del yogur:

#### 9.2.2.1 Tratamientos previos de la leche

Consisten en su concentración para aumentar su extracto seco en un 2-2.5%, con lo que el yogur final tendrá la consistencia debida. También está permitida la adición de leche en polvo a la leche normal, evitando así el proceso de concentración antes citados. La leche utilizada debe haber pasado por una centrífuga para su higienización y normalización.

Se pasteuriza la leche ya preparada, a una temperatura alta (90-92°C), manteniendo dicha temperatura durante 4-5 minutos. A la vez que se realiza la pasteurización y cuando se alcanza una temperatura de 60-65°C se procede a su desaireación en una cámara bajo vacío y a su homogeneización, para dividir finalmente los glóbulos de grasa, lo que otorga mayor viscosidad y brillantez al yogur que se obtenga con dicha leche. El mantenimiento de la temperatura de pasteurización se hace en un tubo acero inoxidable.

#### 9.2.2.2 Inoculación

La leche así preparada es inoculada con unos cultivos lácticos, en una proporción del 1.5 al 3 %, a una temperatura de 44-45°C, de donde pasa a su envasado en recipientes individuales de 125-150 g por unidad.

#### 9.2.2.3 Desarrollo

Durante tres o cuatro horas se mantienen los envases en cámaras a 45°C para que se desarrollen los cultivos lácticos sembrados y se forme el yogur.

#### 9.2.2.4 Enfriado

Una vez alcanzado el punto justo (pH inferior a 4.6), en las mismas cámaras (ver Fig. 9.2.4) los yogures se enfrían a 4°C, llevándose a cámaras frigoríficas, donde se mantienen a temperaturas comprendidas entre 1 y 10°C

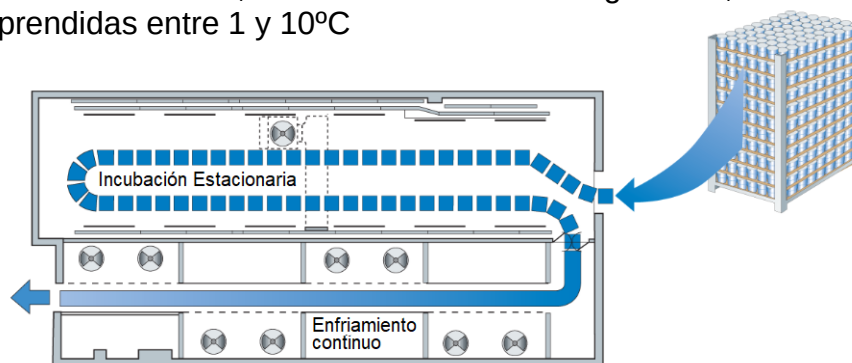


Figura 9.2.4 – Sala de incubación y túnel de enfriamiento combinados

#### 9.2.2.5 Endulzado

Como variante, está la fabricación de yogures aromatizados azucarados. En este caso, antes del llenado en recipientes, además de los cultivos lácticos, se añaden también las aromas necesarias y el azúcar.

#### 9.2.2.6 Batido

Otra diferenciación en la elaboración del yogur son los llamados yogures batidos, que contienen en muchas ocasiones frutas, azúcar y otros productos alimenticios.

#### 9.2.2.7 Frutado

Últimamente se ha popularizado un tipo de yogur que se toma como bebida y que tiene una estructura prácticamente líquida, con bajo contenido en grasa y aromatizado con muy diversos sabores, tales como frutilla, banana, ananá, naranja, limón, pera, etc. Este yogur está también azucarado.

#### 9.2.8 Producto lácteo sin flora láctica activa (Yogur Bebible)

Para obtener este yogur bebible (ver esquema de la Fig. 9.2), en primer lugar se efectúa un tratamiento previo de la leche, como ya hemos visto anteriormente. Después, la leche pasa a un depósito de incubación a una temperatura de 45°C, donde también se agregan los cultivos bacterianos para que tenga lugar la fermentación. Una vez terminada, con el sistema de agitación del tanque, se rompe la estructura del yogur, procediéndose también a la mezcla de jugos de frutas, azúcar, aromas y estabilizantes. A partir de este momento se puede seguir tres caminos distintos:

- Producto lácteo sin flora láctica activa (Yogur) para beber con 20-24 días de periodo válido de consumo a partir de su envasado. Después de homogenizado, se enfría a 4°C en un intercambiador de placas y se fracciona para su almacenamiento y distribución.
- Producto lácteo sin flora láctica activa (Yogur) de periodo válido: 30–40 días. Después del homogeneizado se pasteriza, nuevamente homogeniza y se llena asépticamente. Este tipo de yogur no está permitido en muchos países donde se exige que los fermentos se mantengan vivos, es el caso de nuestro Código Alimentario Argentino. La pasterización a 70-75°C los mata en su mayoría.
- Producto lácteo sin flora láctica activa (Yogur) de largo periodo de consumo (2 a 4 meses), que es sometido a un tratamiento térmico UHT (137°C durante 4 seg.), para ser posteriormente envasado de forma aséptica. Tampoco este tipo de yogur es admitido en los países donde se exige que los cultivos bacterianos se mantengan vivos.

**Observación:** De acuerdo al código Alimentario Argentino, “Los productos que respondan a las características y exigencias consignadas en el artículo 576, que hayan sido tratados térmicamente después de la fermentación y que no contengan flora láctica viable, deberán ser rotulados “Producto lácteo sin flora láctica activa”, con caracteres de igual tamaño, realce y visibilidad.

No podrán ser utilizadas las palabras Yogur o Yoghurt o Iogurte o Leche Fermentada o Leche Cultivada o Leche Acidófila o Leche Acidofilada o Kefir o Kumys o Cuajada o Coalhada o similar en su denominación.”

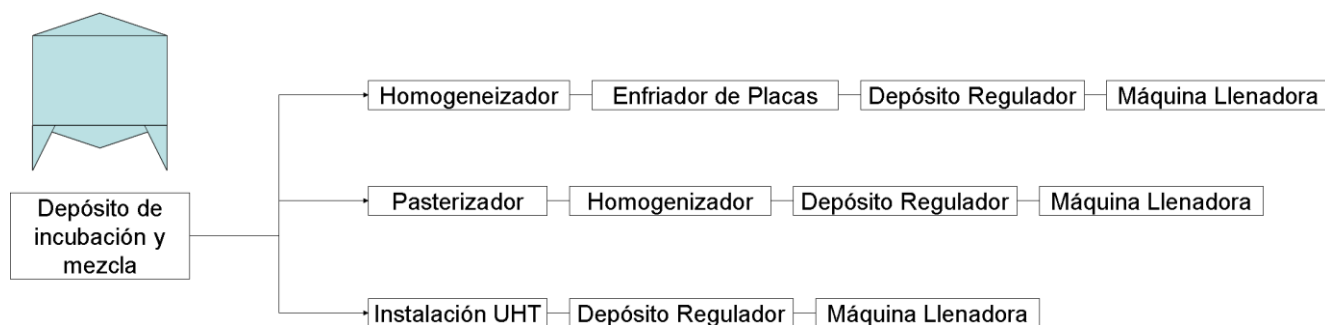


Fig. 9.2- Sistema de elaboración de yogur de baja viscosidad que se toma como una bebida

### 9.2.9 Procesos de elaboración del yogur compacto y yogur batido

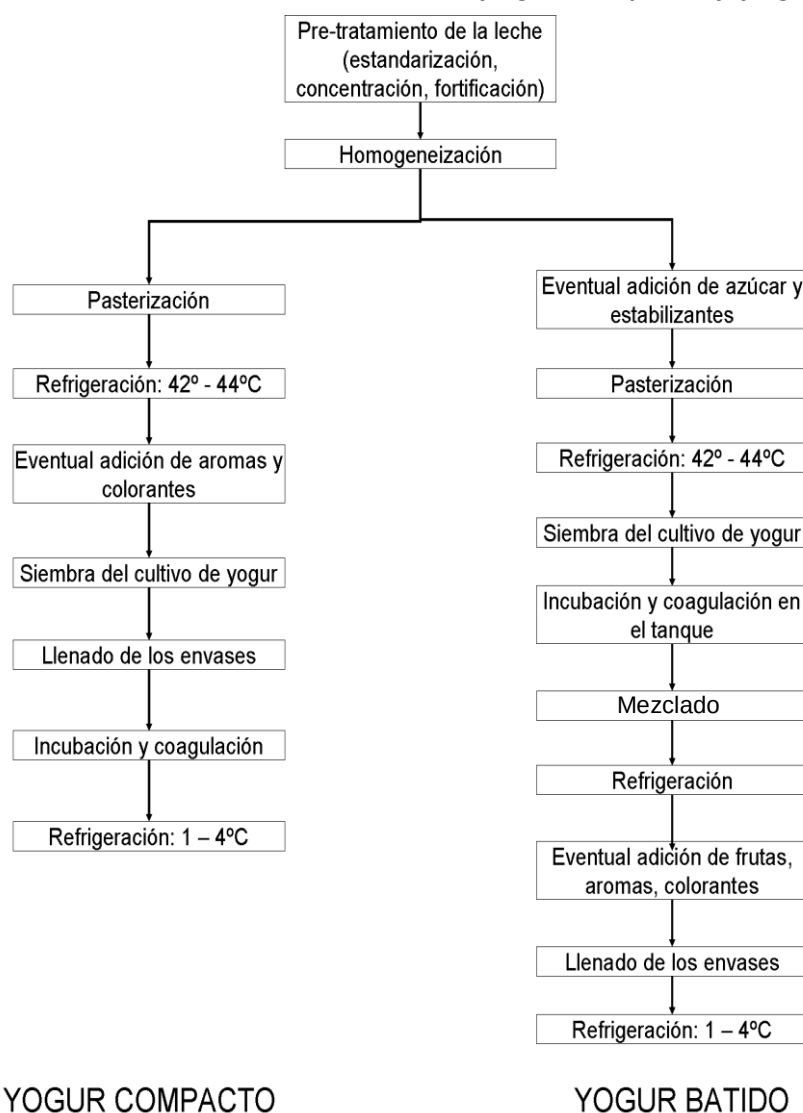


Figura 9.3 – Etapas de la fabricación del yogur compacto del yogur

#### 9.2.10 Yogur comercial

Existen muchos tipos de yogur de fabricación industrial (yogur de consistencia firme, batido, aromatizado, con frutas, etc.), pero la mezcla básica de estos productos es esencialmente la misma. Se parte de un determinado volumen de leche fresca, entera o parcialmente desnatada, de buena calidad bacteriológica, exenta de antibióticos u otros agentes antimicrobianos, que se enriquece mediante una de las siguientes técnicas:

- adición de leche en polvo entera o desnatada;
- adición de leche concentrada por evaporación o por osmosis inversa;
- adición de los retenidos obtenidos en la ultrafiltración de la leche o del lactosuero;
- concentración directa por evaporación, ósmosis inversa o ultrafiltración.

El contenido en extracto seco total se ajusta entre el 12 y 15% según la textura deseada. Durante el precalentamiento se suele añadir un agente estabilizante como la gelatina y/o la pectina. Después el producto se homogeneiza y se pasteuriza. Las condiciones de tratamiento son extremas: 85°C durante 30 minutos o 90°-95°C de 40 a 60 minutos, con el fin de obtener un yogur más espeso y más untuoso.

La mezcla se enfría hasta 44°-46°C y se inocula un cultivo compuesto por *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* en una proporción de 1:1. La cantidad que se siembra varía entre el 1.5 y el 2.5% (v/v). También pueden incluirse en menor proporción otras cepas que dan al yogur determinadas características de textura y sabor.

Tras un periodo de incubación, que dura entre 2 y 6 horas, dependiendo del grado de acidificación que se pretenda alcanzar y de la cantidad de inóculo utilizado para la siembra, el producto, si aún no se ha envasado, se homogeneiza. A continuación se le añaden los distintos ingredientes (frutas, cereales, agentes estabilizantes), se envasa y se refrigera a una temperatura de 4°C para controlar la actividad bacteriana y asegurar al yogur un tiempo de conservación de 30 a 40 días (Ver esquema de la figura 9.3).

#### 9.2.11 Yogur casero

Todas las fábricas yogurteras y de cultivos lácticos para yogur proponen recetas para la fabricación doméstica del yogur que, con algunas variantes, se pueden resumir de la siguiente forma:

- Utilizar leche fresca entera o parcialmente desnatada, enriquecida con un 3-5% de leche en polvo desnatada; también se puede utilizar leche U.H.T.
- Calentar la mezcla a 85°C durante 30 minutos o hasta el punto de ebullición. Opcionalmente se puede añadir gelatina o pectina en este momento.
- Enfriar hasta 44-46°C.
- Inocular directamente un fermento en polvo (se vende en bolsitas), siguiendo las indicaciones del fabricante o realizar la siembra con un yogur comercial de fabricación reciente en una proporción del 2 al 3% (v/v).
- Incubar sin agitar durante 4 a 6 horas en un recipiente en el que se pueda mantener la temperatura por encima de 42°C.
- Una vez que se alcanzan la textura y el aroma deseados, enfriar a 4°C en el refrigerador.
- Se pueden añadir frutas y otros ingredientes en el momento de consumir el producto.

## 9.3 Kefir

### 9.3.1 Definición Bromatológica

Según el Código Alimentario Argentino, Art. 576, 1.3) dice que se entiende por Kefir el producto incluido en la definición 1, cuya fermentación se realiza con cultivos ácido lácticos elaborados con granos de kefir, *Lactobacillus kefir*, especies de los géneros *Leuconostoc*, *Lactococcus* y *Acetobacter*, con producción de ácido láctico, etanol y dióxido de carbono. Los granos de kefir están constituidos por levaduras fermentadoras de la lactosa (*Kluyveromyces marxianus*) y levaduras no fermentadoras de la lactosa (*Saccharomyces omnisporus*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces exiguus*), *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium* spp y *Streptococcus salivarius* subsp. *termophilus*).

### 9.3.2 Fabricación

El Kefir es un producto lácteo fermentado de fácil elaboración artesanal. Este tipo de leche fermentada es originaria del Cáucaso y es muy popular en Rusia y países cercanos. Se parte de leche entera o parcialmente desnatada que se pasteuriza a 85°C durante 30 min. La leche se refrigera a 22°C, se siembra con los granos de kefir<sup>4</sup> (3%) y se deja fermentar de 12 a 24 horas. Después la leche cuajada se filtra a través de un tamiz o una gasa de malla fina y se pone a enfriar (a una temperatura de 4-6°C hasta alcanzar un pH de 4.5 a 4.6). El filtrado tiene un aspecto parecido al de la leche pero con burbujas y espuma como la cerveza. Tras un periodo de maduración, continúa el llenado cuidadoso de Kefir en envases.

Los nódulos de kéfir proceden de la propia leche y tienen una peculiar forma, parecida a diminutas coliflores. Son de color blanco y aspecto terso aunque ligeramente gelatinoso. Estos "granos" son difíciles de conseguir debido a que cualquier proceso químico o industrial altera sus propiedades, de ahí que su comercialización sea escasa.

Los nódulos se generan de manera espontánea a partir de nódulos iniciadores.

### 9.3.3 Consumo

El derivado lácteo que consumido con el nombre de kéfir es la leche fermentada por este compuesto natural. Es similar al yogur pero no exactamente igual porque en ambos casos el proceso de fermentación es diferente. En el kéfir la lactosa de la leche se transforma en ácido láctico (igual que en el yogur) pero además, las levaduras provocan la aparición de anhídrido carbónico y alcohol (en una cantidad mínima que se evapora rápidamente). El proceso de fermentación descompone los nutrientes de la leche en otros de estructura más sencilla que permite una mejor asimilación por parte del organismo. Esa es una de sus principales y saludables características, el facilitar el proceso digestivo de la leche, por lo que resulta recomendable para personas de cualquier edad.

Desde la experiencia tradicional, y en algunos casos poco demostrada, se le adjudica propiedades como regenerante de la flora intestinal y que contribuye a eliminar elementos patógenos gracias a su poder bactericida; aporta gran cantidad de nutrientes fácilmente

---

<sup>4</sup> Kefir: El kéfir es una estructura polisacárida donde conviven en simbiosis diversos microorganismos y que adopta la forma de gránulos de masa gelatinosa, irregular, color blanca o ligeramente amarillenta, de consistencia elástica y aspecto similar a las flores de coliflor. Su tamaño varía entre pocos milímetros y algunos centímetros de diámetro.

En los granos o nódulos de kéfir se encuentran en asociación simbiótica bacterias lácticas (*Lactobacilos*), levaduras y bacterias acéticas. Dichos nódulos producen doble fermentación: ácido-láctica y alcohólica. Una fermentación la realizan las levaduras y otra las bacterias. Como principales subproductos se obtiene: CO<sub>2</sub> y alcohol (gracias a la acción de las levaduras) y ácido láctico (gracias a la acción de las bacterias). El ácido láctico es el responsable del sabor ácido del kéfir (pH 4,2-4,6). Respecto a las diferencias entre kéfir y yogurt, podemos decir que son variaciones de un mismo proceso.

asimilables; refuerza el sistema inmunológico protegiéndonos frente a numerosas enfermedades; previene la osteoporosis; aporta escasas calorías y depura el organismo; algunos estudios afirman que reduce el colesterol; a nivel externo, su poder antiséptico lo hace beneficioso para la mejora de patologías cutáneas como herpes, acné o cicatrices; algunas culturas aseguran que su consumo habitual prolonga la vida.

## 9.4 Crema Ácida (Nata ácida)

### 9.4.1 Definición Bromatológica

Según el Código Alimentario Argentino, Art. 588, con la denominación de Crema Ácida, Crema Cultivada Ácida o Crema Cultivada, se entiende el producto obtenido por la acidificación biológica de cremas de leches homogeneizadas o no, previamente pasteurizadas, mediante el empleo de cultivos de bacterias lácticas seleccionadas.

### 9.4.2 Fabricación

La crema ácida se encuentra en el comercio en forma de un gel untuoso con un ligero gusto ácido. Se fabrica a partir de una nata fresca con un 15-20% de materia grasa. Esta nata se precalienta a 72°C y después se homogeneiza, se pasteuriza y se refrigera a 22°C. A continuación se inocula con un 1.0 – 1.5% (v/v) de un cultivo láctico que suele estar compuesto por las siguientes especies: *Str. Lactis*, *Str. cremoris*, *Str. Diacetylactis* y *Leuconostoc citrovorum*. También se añade un poco de cuajo (0.5 ml/50 l) para favorecer la formación del gel.

El producto se incuba en reposo durante 14-16 hora, hasta que se obtiene una acidez de alrededor de 70°D<sup>5</sup>. Se refrigera y después se envasa en recipientes individuales. La incubación también puede hacerse como en el yogur de consistencia firme o compacta, después del llenado de los envases.

---

<sup>5</sup> Grados Dornic. Indicador del contenido en ácido láctico de la leche. Su determinación se realiza valorando un determinado volumen de leche con Hidróxido de Sodio, en presencia de Fenolftaleína.

## Referencias Bibliográficas

Amiot Jean. **“Ciencia y Tecnología de la Leche”**. Editorial Acribia, S.A. Editores: la fundación de tecnología Lechera de Quebec, Canada. I.S.B.N.: 84-200-0713-7. Zaragoza, España (1991)

Alais, Charles **“Ciencia de la Leche”**. Editorial Reverte. ISBN:8429118152 84-291-1815-2. Madrid, España (1985)

Madrid Vicente, Antonio Vicente **“Curso de Industrias Lácteas”**. ISBN:84-87440-82-7. Munci-Prensa Libreos S.A. Madrid, España (1996)

Tetra Pak. **“Manual de Industrias Lácteas”**. Editor de la versión inglesa Teknotext AB, Suecia. Participación de Madrid Vicente en la traducción. España (2022).

## Anexo: Imágenes Varias



Yogur



Crema Ácida



Kéfir



Koumis



Rivella

## Unidad 10: DULCE DE LECHE

Universidad Nacional de San Luis Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias  
Departamento: Ingeniería de Procesos  
Área: Tecnología en Alimentos  
Asignatura: Tecnología de los Lácteos  
Carrera: Ingeniería en Alimentos – Ingeniería Química

### ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 10.1 Definición Bromatológica.....                       | 2  |
| 10.2 Elaboración de dulce de leche .....                 | 2  |
| 10.2.1 Materias primas .....                             | 3  |
| 10.2.1.1 Azúcares. ....                                  | 3  |
| 10.2.1.2 Aromatizantes. ....                             | 4  |
| 10.2.1.3 Neutralizantes y neutralización.....            | 4  |
| 10.3 Neutralización.....                                 | 5  |
| 10.4 Reacciones de Maillard .....                        | 6  |
| 10.5 Cristalización .....                                | 6  |
| 10.5.1 Siembra con cristales de lactosa .....            | 7  |
| 10.5.2 Hidrólisis de la lactosa .....                    | 7  |
| 10.5.3 Tratamiento de leche con lactasa .....            | 7  |
| 10.6 Sistemas de fabricación de dulce de leche .....     | 8  |
| 10.6.1 Sistema simple en paila .....                     | 8  |
| 10.6.2 Sistema combinado .....                           | 10 |
| 10.6.3 Sistema Continuo.....                             | 11 |
| 10.6.3.1 Preparación de la mezcla.....                   | 11 |
| 10.6.3.2 Coloreado.....                                  | 12 |
| 10.6.3.3 Concentración. ....                             | 12 |
| 10.6.3.4 Homogenización.....                             | 12 |
| 10.7 Esterilización del dulce de leche .....             | 13 |
| 10.8 Defectos y Alteraciones en dulce de leche.....      | 14 |
| 10.8.1 Defectos de color. ....                           | 14 |
| 10.8.2 Defectos de textura.....                          | 15 |
| 10.8.3 Presencia de burbujas .....                       | 15 |
| 10.8.4 Presencia de grumos .....                         | 15 |
| 10.8.5 Presencia de cristales.....                       | 15 |
| 10.8.6 Alteraciones producidas por microorganismos ..... | 16 |
| 10.9 Variantes de dulce de leche según CAA .....         | 16 |
| 10.9.1 Dulce de Leche Repostero .....                    | 16 |
| 10.9.1.1 Definición Bromatológica.....                   | 16 |
| 10.9.1.2 Características .....                           | 16 |
| 10.9.2 Dulce de leche con frutos secos .....             | 17 |
| 10.9.3 Dulce de leche para heladería .....               | 17 |
| 10.9.4 Dulce de Leche sin Azúcar .....                   | 17 |
| 10.9.4.1 Información Nutricional.....                    | 18 |
| 10.9.4.1 Variantes .....                                 | 18 |

## Unidad 10: DULCE DE LECHE



Versión 06NOV18

### 10.1 Definición Bromatológica

CAA – Art. 592 - “Con el nombre de Dulce de Leche se entiende el producto obtenido por concentración y acción del calor a presión normal o reducida de la leche o leche reconstituida, con o sin adición de sólidos de origen lácteo y/o crema, y adicionado de sacarosa (parcialmente sustituida o no por monosacáridos y/u otros disacáridos), con o sin adición de otras sustancias alimenticias.

### 10.2 Elaboración de dulce de leche

En el museo histórico de la nación, y en un manuscrito de puño y letra de Juan Manuel de Rosas... se cuenta el origen de nuestro famosísimo dulce de leche.

En 1829, en Cañuelas que es una localidad que está a 65 kilómetros de la Capital Federal, se reunieron en la estancia de Rosas éste y su archienemigo el unitario Juan Lavalle. Lavalle no sólo era enemigo político de Rosas... sino que eran primos lejanos.

Como Lavalle llegó antes de lo pactado, se recostó en una cama, y se quedó dormido, rendido por el extenuante viaje. Una criada que preparaba al fuego la "lechada" (leche con azúcar) matutina, para cebarle mate de leche a su patrón, al ver la actitud del enemigo del "Restaurador", alborotada fue a dar aviso a los guardias. Al llegar Rosas, dejó que Lavalle descansara un buen tiempo más, y cuando éste despertó, pidió que les cebaran el mate de leche. En ese momento la criada tomó conciencia que no había prestado más atención de la leche azucarada que continuaba hirviendo desde temprano.

Cuando fue a buscarla encontró que se había convertido en una sustancia espesa y marrón oscura. Llorosa fue a plantearle a Rosas lo sucedido, y don Juan Manuel probó lo que había en el recipiente aún humeante, le agradó el gusto, lo convidó a su enemigo político... y de ahí en más se conoció este fruto de la casualidad como Dulce Criollo... que fue el nombre con que lo bautizó el Restaurador de las Leyes y que más adelante iba a ser conocido como Dulce de Leche pilar de la industria láctea argentina. Su espaldarazo y presentación al mundo ocurrió casi 100 años después, en 1921, cuando se celebró en Washington la Primera Exposición Regional de Lechería.

El resto es historia conocida ya que rápidamente nuestro Dulce de Leche conquistó un lugar predominante en los paladares exigentes de todo el mundo.

### 10.2.1 Materias primas

*Leche.* Vale tener presente su composición, además de la media centesimal, tanto en invierno como en verano:

|               | Invierno | Verano |
|---------------|----------|--------|
| Agua          | 87.9 %   | 88.2 % |
| Proteínas     | 3.2 %    | 3.1 %  |
| Materia grasa | 3.5 %    | 3.3 %  |
| Lactosa       | 4.7 %    | 4.7 %  |
| Cenizas       | 0.7 %    | 0.7 %  |
| Total         | 100 %    | 100 %  |

La calidad, como para cualquier producto, se requiere que esta sea inobjetable. No podrán utilizarse leches calostrales o que presenten cualquier otra anomalía físico-química. Será necesario que tampoco tenga acidez desarrollada. Con más de 0.20% de acidez (20°D)<sup>1</sup>, su neutralización consumirá mucho álcali, pudiéndose saponificar algunas grasas y producir sabores indeseables (a jabón). En lo posible no deberá superar los 18°D.

Estandarización. A partir de la composición centesimal de la leche fluida puede sustraerse o adicionarse materia grasa según la tipificación deseada. También algunos fabricantes avanzan un paso en el proceso de concentración, enriqueciendo la leche con leche en polvo descremada. En ambos casos será necesario realizar los balances de materia para dosificar los agregados en su justa medida.

Tratamiento térmico. La leche para elaboración de dulce no recibe ningún tratamiento térmico previo, lo cual es comprensible, dado que en el transcurso del proceso está sometida a condiciones rigurosas de tiempo y temperatura.

En el caso en que la leche no vaya a ser usada inmediatamente, para evitar el desarrollo de acidez se la pasteuriza y luego se almacena en taques térmicos a bajas temperaturas.

También puede ser necesaria la pasteurización en el caso que se haga tratamiento previo con lactasa, este tema se desarrollará más adelante.

#### 10.2.1.1 Azúcares.

En principio, por razones económicas, edulcorantes y energéticas, conviene que el contenido de azúcares en el producto final sea tan elevado como sea posible.

Nuestro factor limitante será el máximo de humedad final de producto terminado. Este valor será de 28 a 30% de agua, quien deberá mantener en solución los azúcares agregados, más la lactosa de la leche. La solubilidad de la lactosa es 10 veces menor que la de la sacarosa, si a ello le sumamos los azúcares agregados, el problema inmediato será evitar la saturación de la solución, ya que llegando al límite de la saturación, el exceso de azúcares precipitará en forma de cristales (cristalización o azucaramiento) defecto físico que frecuentemente se presenta en los dulces comerciales.

El cálculo de la cantidad de azúcares a agregar se hace a través de un balance de masa, en que de acuerdo a la composición final deseada y a los sólidos de la leche disponibles, se determina la cantidad de azúcar.

Los porcentajes tentativos enunciados a continuación suponen una leche promedio, y un producto de acuerdo a la reglamentación del Código Alimentario Argentino.

<sup>1</sup> Grados Dornic. Indicador del contenido en ácido láctico de la leche. Su determinación se realiza valorando un determinado volumen de leche con Hidróxido de Sodio, en presencia de Fenolftaleína.

Sacarosa: Según se ha tabulado en su composición, el contenido de azúcares en el producto final, estará alrededor del 44%, para lo cual se parte de agregar a la leche a elaborar, un 20% de sacarosa.

Glucosa: desde el punto de vista económico y tecnológico, conviene reemplazar parte de la sacarosa por glucosa; el agregado de glucosa confiere al dulce un poco de brillo y hace su textura algo más untuosa.

El porcentaje a agregar está entre el 2 y 9 % sobre el total de azúcar a agregar, mayores cantidades producen un dulce demasiado viscoso y de consistencia desagradable.

La glucosa tiene tendencia a tornar el producto más viscoso durante el almacenamiento. Este espesamiento es debido a la formación de un producto complejo proteico-dextrosa, con fuerte capacidad de hidratación. Para paliar este inconveniente se recomienda el agregado de la glucosa sólo durante la fase final de la concentración. Por otra parte si se coloca desde el comienzo de la elaboración se producirá un dulce mucho más oscuro.

#### 10.2.1.2 Aromatizantes.

Vainilla. Prácticamente los únicos aromatizantes utilizados son los derivados de la vainillina, ya sean naturales (chauchas de vainilla, enteras o molidas) o polvo artificial de etil-vainillina. También pueden emplearse soluciones de etil-vainillina.

La proporción a usar dependerá del paladar del consumidor y de la calidad del aromatizante. La dosificación se ajusta después de algunos ensayos organolépticos. Como todos los compuestos aromáticos es fácilmente volatilizable a alta temperatura, por lo cual se recomienda su agregado al final de la elaboración, cuando se comienza el enfriamiento y la temperatura del dulce está cerca de los 70°C o menos.

Cacao. Para preparar dulce de leche con chocolate, se utilizan de 5 a 10 g de cacao por litro de leche. El cacao se diluye en agua (de 6 a 8 veces su peso) y se añade al dulce unos 10 minutos antes de alcanzar el punto.

#### 10.2.1.3 Neutralizantes y neutralización

Para interpretar mejor el tema se sugiere tener presente las técnicas de inspección de calidad donde se aborda el tema de acidez.

Aunque la leche a usar en la elaboración no tenga acidez desarrollada, no podemos olvidar que el 100% se encuentra en el 87% de agua de la leche, y que el producto final tiene como máximo 30% de humedad y ese 100% de acidez se encuentra totalmente en esa última cantidad, pues no alcanza a fugarse con el agua que se evapora durante la concentración. Por lo tanto es ineludible una neutralización parcial de la leche para que irremediablemente no se corte el dulce, pues la caseína precipita a un pH de 4.6 – 4.8, lo que corresponde a 30-45° SH<sup>2</sup>. Estas últimas cifras se alcanzan si no se neutralizara.

Justificación de la neutralización: como se sabe, durante el proceso de elaboración, la leche va perdiendo humedad, el ácido láctico se va concentrando en una fase acuosa cada vez más pobre, y la acidez va aumentando de manera tal que el proceso podría culminar por producir una desestabilización de las proteínas (el dulce se corta).

El uso de leche con acidez elevada producirá un dulce de textura harinosa, áspero; así mismo una acidez excesiva impide que el producto terminado adquiera su color característico, ya que las reacciones de Maillard son retardadas por el descenso de pH. Por ello será necesario reducir la acidez inicial de la leche. Deberá neutralizarse al menos hasta 13°D.

---

<sup>2</sup> °SH: Grados Soxhlet-Henkel. Medida europea de la acidez de la leche. Representa los centímetros cúbicos de NaOH 0.25N, necesarios para valorar 100 cc de leche. También se conocen los Grados Dornic, décimas de NaOH 0.1N que se necesitan para neutralizar 10 cc de leche

Como neutralizantes pueden utilizarse bicarbonatos sódicos o bien hidróxido de calcio. El bicarbonato es preferible por tratarse de un álcali suave, que usado en pequeñas proporciones no provoca sabor desagradable. Sin embargo la neutralización con hidróxido de calcio, al enriquecer la leche con iones calcio, mejora la textura del dulce terminado aumentando su viscosidad. Su uso es recomendable especialmente en época invernal cuando puede haber deficiencia de calcio en la leche.

Los cálculos de neutralización deben realizarse con exactitud, ya que un defecto en las cantidades de neutralizante produciría los problemas señalados, en tanto que un exceso o abuso de neutralizante provocará la aparición de una coloración demasiado oscura y afectará el sabor y en menor medida la textura (el dulce tendrá un aspecto algo gomoso).

Eventualmente y con sumo cuidado, se podrán trabajar leches que tengan como máximo 21º Dornic iniciales, pero esto hay que tratar de evitarlo.

### 10.3 Neutralización

Supongamos que deseamos bajar desde 18ºDornic a 16ºD la acidez de 100 litros de leche.

La graduación Dornic expresa el contenido en ácido láctico, a saber:

1ºD= 1 mg de ácido láctico en 10 ml de leche

0.1 g de ácido láctico en 1 litro de leche

10 g de ácido láctico en 100 litros de leche

Si queremos reducir la acidez en 5ºD será:

1ºD                    0.1 g                    1 litro

5ºD                    0.5 g                    1 litro

5ºD                    X g                    100 litros

X= 50 g de ácido láctico a neutralizar

De acuerdo a la relación existente entre el ácido y el álcali, se sabe que para neutralizar 90 gramos de ácido láctico se necesitan 84 gramos de bicarbonato puro. Entonces, para ejemplo, se debe hacer el siguiente cálculo;

90 g ácido láctico consumen

84 g de bicarbonato

50 g ácido láctico consumen

X

$X = (50 \times 84) / 90 = 46.6$  g de bicarbonato

Es decir que para reducir la acidez de 18 a 13ºD en 100 litros de leche necesitamos agregar 46.6 g de bicarbonato.

Si el bicarbonato de sodio no fuese puro será necesario hacer un cálculo adicional. Supongamos que la pureza sea del 94%, esto significa que por cada 100 g de sólido 94 g son de bicarbonato y el resto impurezas. Para el presente ejemplo:

94 g bicarbonato puro están en

100 g sólido

46.6 g bicarbonato puro están en

X

$X = (100 \times 46.6) / 94 = 49.57$  g sólido

Es aconsejable diluir en agua el bicarbonato antes de añadir en la paila.

## 10.4 Reacciones de Maillard

Si bien existen otras causas de oscurecimiento, las reacciones de Maillard prevalecen, ya que tienen una débil energía de activación y se auto-catalizan.

Estas reacciones son también catalizadas por metales como el hierro, cobre y fosfatos y aceleradas por la elevación de temperatura.

Las reacciones de Maillard se manifiestan por los siguientes fenómenos:

- Ascenso de pH (la velocidad máxima de reacción se da entre pH 6 – 8)
- Liberación de gas carbónico
- Producción de compuestos fluorescentes
- Insolubilización de las proteínas
- Coloración oscura
- Sabor a caramelo

Está comprobado que estas reacciones tienen lugar en la leche calentada (reacción rápida) y también en las leches en polvo (reacción lenta) durante el almacenamiento.

De los azúcares presentes en el dulce la que reacciona principalmente es la lactosa y, si se adiciona, también la glucosa. Si la lactosa fue hidrolizada, la galactosa (uno de los componentes de la lactosa) también interviene en las reacciones de coloración “Maillard”.

El incremento de pH (sobre 7) favorece esta reacción. La levulosa presente en el azúcar invertido, puede también provocar la formación de hidroximetil-furfural, este compuesto es incoloro, pero al reaccionar con otros compuestos, se polimeriza y da sustancias coloreadas.

## 10.5 Cristalización

La cristalización constituye un defecto en el dulce de leche que puede evitarse tomando acciones previas a la elaboración.

El dulce terminado debe contar con un 30% de humedad final, la cual deberá mantener en solución no solamente la totalidad de los azúcares agregados durante el proceso, sino también la lactosa de la leche empleada como materia prima que durante la evaporación se habrá ido concentrando.

Según se aprecia en la siguiente tabla, la lactosa es un azúcar relativamente poco soluble (alrededor de 10 veces menos que la sacarosa), y su solubilidad aumenta notablemente con la temperatura.

| Tabla 10.1 - Solubilidad de la Lactosa<br>y sacarosa en 100 g de agua |      |       |       |       |       |
|-----------------------------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| Temperatura                                                           | 0°C  | 10 °C | 20 °C | 30 °C | 50 °C |
| SACAROSA                                                              | 79.5 | 150.5 | 203.9 | 219.5 | 260.4 |
| LACTOSA                                                               | 11.9 | 15.1  | 19.2  | 24.8  | 43.7  |

A unos 55°C el dulce presenta una solución de lactosa ya en su punto de saturación. Durante el comienzo del enfriamiento la cantidad de lactosa en exceso, como sobresaturación, es muy pequeña, pero a medida que el dulce termina de enfriarse la sobresaturación aumenta. Con el tiempo, el azúcar cristalizará, presentado un defecto conocido con el nombre de “cristalización o azucaramiento”, perceptible al paladar generalmente en dulces envejecidos (un mes o más). El defecto es notable solo cuando los cristales alcanzan un cierto tamaño mínimo. El fabricante debe, pues, tratar de evitar o demorar el proceso de cristalización.

El perfil de temperatura seguido durante el enfriamiento tiene su influencia, formándose cristales más grandes mientras más lento sea el enfriamiento. La velocidad de cristalización

aumenta a medida que la temperatura desciende, alcanzando un máximo alrededor de los 30°C. A temperaturas menores, el aumento de viscosidad comenzará a dificultar la formación de cristales. Esta temperatura de máxima cristalización varía con la proporción de lactosa-agua, la cual depende del total de sólidos y del contenido de sacarosa.

De cualquier manera, la cristalización irremediablemente sobrevendrá después de un cierto periodo de almacenamiento. Evitarla o postergarla será fundamental para mantener la calidad y prolongar la conservabilidad del producto. Con tal objeto se ha propuesto como métodos:

#### 10.5.1 Siembra con cristales de lactosa

Este no es un método de uso común a nivel industrial, por lo cual no se profundizará en detalles. Teóricamente, se siembra el producto a tratar con finísimos cristales de lactosa. Estos actuarán como núcleos de cristalización, siendo muy grande su número (más de 300 000/mm<sup>3</sup>), lo que los hace imperceptibles al paladar.

#### 10.5.2 Hidrólisis de la lactosa

Un verdadero progreso en la tecnología de dulce de leche se ha logrado con la introducción del tratamiento enzimático de la leche con lactasa (también conocida como beta-galactosidasa o beta D-galactosa). Puede así obtenerse una hidrólisis total o parcial de la lactosa tanto en leche como en productos derivados (por ejemplo suero de quesería)

El tratamiento está llamado a solucionar algunos importantes problemas dietéticos (intolerancia a la lactosa en leches de consumo), y tecnológicos.

En el caso específico del dulce de leche, este medio puede ser utilizado para evitar el problema de cristalización por envejecimiento.

Mediante una hidrólisis del 30 al 35% de la lactosa presente (con un 20% hidrolizado sería suficiente, según algunas fuentes) el dulce ya no forma cristales perceptibles al paladar, aún después de su almacenamiento de varios meses.

Tanto la glucosa como la galactosa formadas son azúcares más solubles que la lactosa original.

Mientras a 25°C la lactosa tendrá una solubilidad máxima del 18% en agua, la glucosa disolverá a esa temperatura un 50% y la D-galactosa un 32%. Con estos incrementos de solubilidad el problema de la sobresaturación de azúcares disminuye notablemente. Además la mezcla glucosa-galactosa es de 2 a 3 veces más dulce que la lactosa, con lo que el procedimiento disminuirá la cantidad de azúcares necesarios, por los menos desde el punto de vista del sabor del producto.

#### 10.5.3 Tratamiento de leche con lactasa

Se deberá emplear leche fresca de buena calidad. La leche deberá sufrir una pasteurización rigurosa que evita la posibilidad de desarrollo de microorganismos durante el tiempo de hidrólisis. El enfriamiento la llevará a la temperatura de tratamiento deseado. Esta temperatura junto con la dosificación del preparado enzimático y el tiempo de tratamiento, serán los parámetros a controlar para obtener una determinada actividad hidrolítica porcentual.

Características técnicas de las enzimas. Estas deberán ser tenidas en cuenta al momento de ser utilizada industrialmente para poder definir las condiciones de la operación. Al provenir de una levadura láctea, presenta sus condiciones óptimas de trabajo a la temperatura de 35-40°C y al pH natural de la leche (6.6). Sin embargo también a bajas

temperaturas, alrededor de los 4°C, la enzima permanece activa; esta propiedad es de gran interés ya que a bajas temperaturas se inhibe la mayor parte del desarrollo bacteriano.

## 10.6 Sistemas de fabricación de dulce de leche

En general se puede hablar de diferentes sistemas de elaboración de dulce de leche, pero todos ellos se basan en alguna forma de evaporación, ya que de eso se trata: “restar humedad a la mezcla original”. En función de la instalación que se utilice deberá modificarse la operatoria para intentar obtener productos de una calidad comparable.

Las formas de elaboración de dulce de leche pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Sistema simple en paila
- Sistema combinado (en evaporadores continuos y paila)
- Sistema continuo

### 10.6.1 Sistema simple en paila

Dentro de la fabricación de dulce en pailas a cielo abierto, existe una serie de variantes operatorias que deberán manejarse estando siempre atento a las consecuencias que cada una de ellas provocarán al producto terminado. En realidad se podrá arribar a un producto parecido trabajando con tecnologías diferentes, siempre y cuando se sepan elegir los parámetros de trabajo que en definitiva condicionan el resultado. La preparación de la mezcla podrá realizarse dentro de la misma paila o bien, en otro retenedor o tanque diseñado para tal fin. De una u otra forma el proceso responde al siguiente diagrama de flujo (Fig. 10.1):

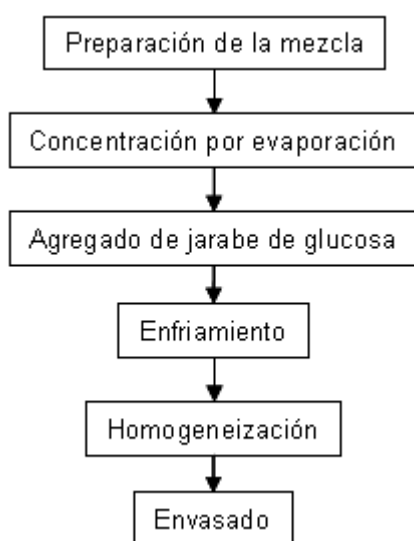


Fig. 10.1 - Diagrama representativo de un sistema simple en paila

En cualquiera de los dos casos, ya sea preparando la mezcla en la misma paila o no, es conveniente adicionar la materia prima en forma gradual para evitar problemas de derrame durante la evaporación, de esta manera se puede ir regulando la concentración de la mezcla hirviendo y como consecuencia, también se va controlando la tendencia a formar espuma, ya que ésta se constituye en un verdadero problema cuando es excesiva.

En lo que respecta al agregado del neutralizante, cuyo cálculo correspondiente debe haber sido realizado antes de comenzada la elaboración, es determinante no solo la cantidad y calidad de la sustancia elegida, sino también el momento en que se adiciona ya que de ello depende el pH de la mezcla y como se indicara, éste es condicionante de las reacciones de Maillard.

En general la mezcla o la leche son bombeadas a un taque ubicado sobre la paila de modo que durante la evaporación, caiga por gravedad y a través de una válvula dosificadora.

Industrialmente, lo más utilizado son pailas de mil litros de capacidad, calefaccionadas por circulación de vapor en doble camisa a una presión aproximada de 2 a 5 kg/cm<sup>2</sup>, dependiendo de las condiciones de trabajo; aún cuando el rango de presiones indicado sea amplio, es necesario estandarizar este parámetro durante la fabricación diaria ya que de él depende el tiempo total de elaboración y por lo tanto el periodo de sometimiento de la leche a temperaturas lo suficientemente elevadas como para producir variaciones notables en las condiciones finales del producto. Ejemplo de ello lo constituyen una mayor desestabilización de las proteínas y una marcada coloración.

La paila debe estar provista de un sistema de evacuación de los vahos que se desprenden por la evaporación, de modo que los mismos no se dispersen en la sala de elaboración ya que, de ser así, esto constituirá seguramente en mayores posibilidades de proliferación de microorganismos que contaminarán el ambiente de trabajo. Por otro lado estos vahos llevan consigo un remanente importante de energía calórica, que puede ser aprovechada convenientemente, por ejemplo para precalentar el fluido que ingresa a la paila, asimismo se puede utilizar para dicho fin el condensado del vapor calefactor que sale de la doble camisa después de atravesar una válvula termodinámica o la trampa de vapor ubicada a la salida de la paila.

Una forma de trabajo consiste en comenzar la elaboración llevando a la paila un 20% aproximadamente de la mezcla a procesar, calefaccionar hasta entrar en ebullición y concentrarla alcanzando unos 60% de sólidos refractométricos; luego esta concentración es mantenida más o menos constante mediante el control de ingreso de la mezcla o leche, hasta agotarla. En todo caso se debe prestar atención a que la mezcla en evaporación esté siempre cubriendo toda la superficie de calefacción para lograr un mejor aprovechamiento energético y evitar que el dulce se pegue a las paredes. Justamente para evitar este inconveniente todas las pailas cuentan con un enérgico sistema de agitación y raspado de las paredes para lograr así una mejor transferencia del calor entregado.

A medida que avanza la elaboración se va acentuado el color del producto, de tal manera que el dulce al alcanzar el punto final no sólo deberá ajustar su tenor en sólidos totales sino también sus características organolépticas y particularmente el color deseado.

Poco antes de culminar la evaporación y cuando ya no hay más remanente de leche o mezcla (puede ser a unos 60-62% de sólidos refractométricos), se adiciona el jarabe de glucosa. En realidad, el momento a elegir para agregar la glucosa, constituye un verdadero recurso tecnológico ya que su presencia es altamente incidente para las características finales del producto, tales como el color y la consistencia.

Es de fundamental importancia determinar el momento en que debe darse por terminada la concertación. Si se pasa del punto se reducen los rendimientos y se perjudican las características organolépticas del producto. Por el contrario, la falta de concentración produce un dulce fluido, poco viscoso, sin la consistencia típica.

Generalmente los dulceros, presentan aptitudes prácticas muy útiles para el control empírico de la evaporación, pero algunas veces y particularmente al final del procesos es

indispensable hacer un control más exacto de la operación, para ello se hace necesario el uso del refractómetro que indica, en realidad, la concentración en grados Brix cuya relación con el tenor de sólidos es casi uno a uno.

Dependiendo de las instalaciones, la entrada del fluido calefactor deberá cancelarse aún cuando no se haya alcanzado la concentración de 70% (por ejemplo cuando tenga 67%) ya que mientras el dulce se descarga y se enfría evapora el exceso de humedad hasta alcanzar el 30% máximo permitido.

Contrariamente a lo que pueda creerse, todavía faltan operaciones determinantes para definir la calidad del dulce tal como llega a manos del consumidor. Inmediatamente después, debe enfriarse de la manera más rápida posible, esta tarea puede hacerse dentro de la misma paila o bien en una instalación independiente destinada a tal fin, en el primero de los casos implica una mayor demanda de tiempo de ocupación del evaporador, mientras que en el segundo, demanda una mayor disposición de instalaciones y equipos: esta última opción es la más indicada para las fábricas de mejor productividad.

Cualquiera sea la forma de enfriamiento elegida, es determinante hacerlo a la mayor velocidad posible ya que el descenso lento de la temperatura, favorece la formación de cristales de lactosa de mayor tamaño. Por el contrario, un enfriamiento rápido contribuye a la formación de muchos y pequeños cristales del azúcar de la leche.

Apenas comenzado el enfriamiento, es el momento apropiado para adicionar, en el caso que así se prefiera, el aromatizante que generalmente es vainillina y también el conservante antimicótico (sorbatos). La refrigeración se extiende hasta alcanzar una temperatura de aproximadamente unos 50°C. Este valor estará condicionado según cual sea la operación siguiente, pero si lo que se pretende es envasar, a mayores temperaturas puede ser problemático por el hecho de favorecer el desprendimiento de vapor dentro del envase provocando la formación de gotas de agua sobre la superficie del dulce, que además de constituir un mal aspecto, es un medio de cultivo apropiado para un posible desarrollo de hongos y/o levaduras superficiales.

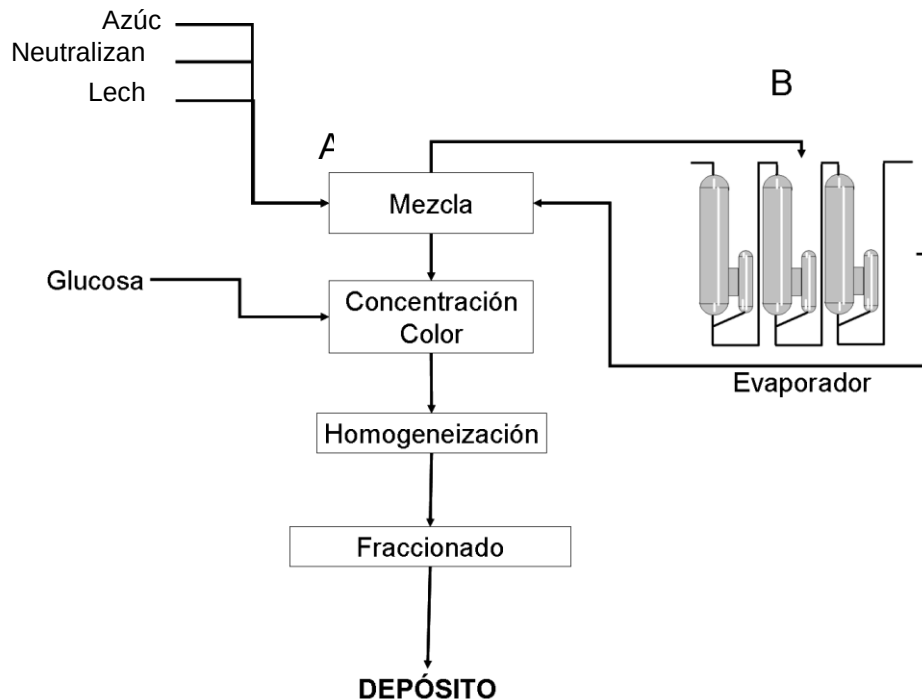
#### 10.6.2 Sistema combinado

Esta forma de elaboración constituye un interesante avance en la tecnología de fabricación. Es principalmente utilizada en aquellas fábricas que se dedican a la producción de otros productos deshidratados como por ejemplo leche en polvo. De esta manera se concentra la mezcla logrando un mejor aprovechamiento energético a través de los evaporadores continuos que trabajan herméticamente y bajo condiciones de vacío.

En estas condiciones de trabajo no se logran únicamente ahorros de energía en general, tiempo y mano de obra, sino también inciden sobre las características finales del producto.

La mezcla es concentrada en los evaporadores de múltiple efecto hasta una concentración cercana a la final y de allí puede ser almacenada junto a otras partidas o bien puede ser llevada directamente a la paila convencional (evaporador discontinuo a condiciones atmosféricas) donde se procede a dar la terminación del producto, es decir particularmente, alcanzar la coloración deseada y regular la concentración de sólidos totales. Es de recordar que en esta operación de terminación, deben tenerse en cuenta todos los factores que condicionan al desarrollo de las reacciones de Maillard, pH, temperatura, tiempo de permanencia a esa temperatura, etc., ya que de ello depende la coloración final y también otras características como la textura y el brillo.

Una vez alcanzado el punto final, igualmente al caso de elaboración simple en paila, debe procederse al enfriamiento en las condiciones indicadas. En caso de homogenizarse, deberá hacerse obviamente, antes de enfriar el producto para luego ser fraccionado y envasado (ver Fig. 10.2).



A – Sistema simple en pailas

B – Sistema combinado de evaporador y pailas

Fig. 10.2 - Esquema representativo de una elaboración en sistema combinado

### 10.6.3 Sistema Continuo

Mediante este sistema la materia prima se va transformando continuamente, es decir se va evaporando, hasta obtener un producto semejante al elaborado por el método tradicional en pailas, de operación discontinua.

A continuación se detallan las principales ventajas de este sistema con respecto al convencional en evaporadores abiertos:

- se logra un mejor aprovechamiento energético. En lo referido al consumo de vapor se necesita aproximadamente una cuarta parte de lo utilizado en un sistema discontinuo. También el consumo total de energía eléctrica se ve reducido de manera importante.
- menores costos de mano de obra
- mayor posibilidad de estandarizar la producción
- posibilidad de trabajar grandes volúmenes; menor necesidad de espacio, menor costo de mantenimiento

El método se realiza según las siguientes etapas (ver Fig. 10.3):

#### 10.6.3.1 Preparación de la mezcla.

En una batería de tanques provistos de buena agitación, se mezclan la leche, los azúcares y el neutralizante según el cálculo hecho previamente. La leche se transporta por

medio de una bomba centrífuga y se dosifica con ayuda de un caudalímetro. La glucosa llega por su cañería desde el tanque depósito y los sólidos se pesan antes de ser agregarlos.

#### 10.6.3.2 Coloreado

Una bomba toma la mezcla y la lleva al coloreador. Este equipo no es otra cosa que un intercambiador de calor tubular cuya misión será favorecer el desarrollo de las reacciones de Maillard. La instalación consta de tres cuerpos; los dos primeros de calefacción y el tercero de enfriamiento. Este enfriamiento también se puede hacer en un flasheador. Producir el color justo en la mezcla no concentrada es una operación delicada en la que deben controlarse como parámetros del proceso no solo la temperatura y el tiempo de retención, sino también el pH de la mezcla. Es decir todos los parámetros que condicionan el oscurecimiento.

Entre el segundo cuerpo de calefacción y el enfriador se efectúa un control de color para ajustar dichos parámetros, pero en general se lleva la temperatura a unos 120-130°C durante algunos minutos. El control se realiza por comparación con una muestra tipo empleada como estándar.

#### 10.6.3.3 Concentración.

La mezcla parcialmente coloreada debe concentrarse para lo cual es recibida en un tanque balanceador, y por medio de bombas es enviada a un evaporador del tipo de película descendente de dos etapas. La misión del tanque balanceador es otorgar al sistema mayor flexibilidad de operación. La mezcla se concentra hasta lograr aproximadamente un 55% de sólidos, luego de lo cual pasa a un evaporador terminador que en una sola etapa la lleva hasta el porcentaje de humedad final deseado (30%). La temperatura de trabajo en los evaporadores es generalmente de 60 a 80 °C. Esta disposición permite un óptimo aprovechamiento energético (especialmente en el primer equipo). Estos equipos cuentan con todas las partes auxiliares indicadas en el desarrollo del tema evaporación, es decir equipos de vacío, temo-compresores, bombas centrífugas, etc. Durante la concentración el color se habrá ido acentuando hasta que al final de la operación el mismo coincidirá con el del producto terminado.

#### 10.6.3.4 Homogenización

Salido del último efecto, evaporador terminador, por medio de una bomba de tornillo y aprovechando la temperatura de proceso, se procede a homogenizar el producto. Esta operación, al igual que en la elaboración de paila, no es indispensable, pero si se hace, contribuye a lograr un dulce con características de brillo, color y textura realmente notables.

En realidad la homogenización puede no solo mejorar las cualidades de un buen dulce sino también solucionar deficiencias de calidad provocadas por problemas de elaboración o de calidad de materia prima. La homogenización provoca una fina división de todos los componentes del dulce y así facilita su dispersión, de modo que la superficie es lisa y brillante. Por otro lado, al disminuir el tamaño de las partículas y aumentar su número, hace que haya un aumento de la superficie total de éstas, lo cual provocada una mayor retención de humedad, principalmente por parte de las proteínas. Este fenómeno hace que el dulce tome una textura más aflanada y un corte más definido.

El dulce ingresa a la máquina a unos 65°C o algo menos, y es homogenizado a una presión de aproximadamente 60 kg/cm<sup>2</sup>.

El tratamiento disminuye, en principio, su viscosidad, lo cual favorece al envasado, pero luego, con el enfriamiento se alcanzan las características antes definidas.

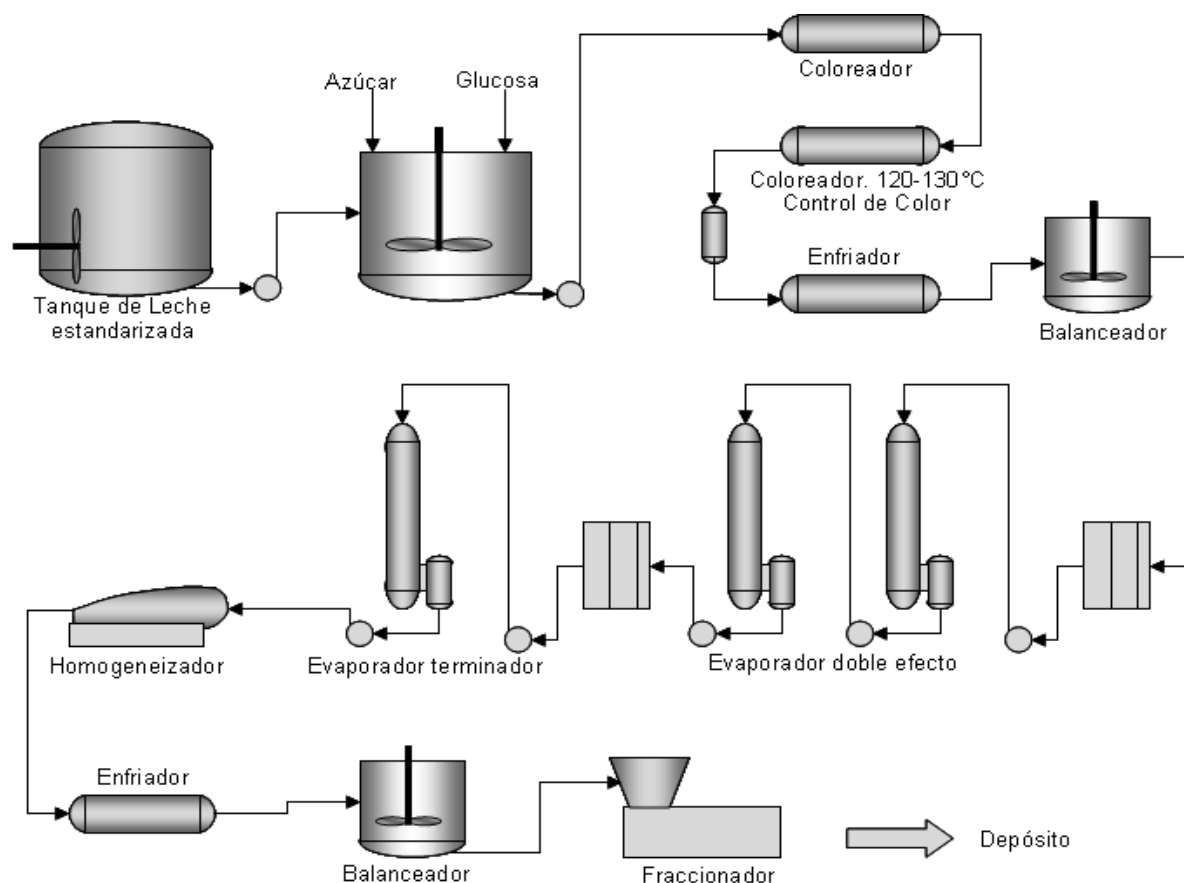


Fig. 10.3 - Esquema representativo de una elaboración en sistema continuo

## 10.7 Esterilización del dulce de leche

El dulce envasado en frascos de vidrios con tapa metálica, o en latas, puede ser esterilizado en el envase, lo cual asegura la no existencia de microorganismos viables en el producto. Algunos mercados no son sensibles a ciertas modificaciones organolépticas del dulce producidas por el tiempo (cristalización), y acostumbran a ampliar el periodo de aptitud comercial del producto mucho más allá de lo conveniente. En estos casos es conveniente un tratamiento de este tipo para evitar definitivamente cualquier proliferación de hongos y levaduras que pudieran desmerecer, la mercadería. Para lograr este propósito de esterilización se trabaja a 120°C durante 15-20 minutos, pero en algunos casos sin llegar a estos valores de temperatura, se sumergen los envases en agua hirviendo (100°C), lográndose buenos resultados, ya que en estos casos en particular se trata de un producto azucarado ya tratado térmicamente, de modo de que la microflora a eliminar está constituida

principalmente por hongos y levaduras que pudieron llegar al producto durante el enfriamiento y el envasado.

## 10.8 Defectos y Alteraciones en dulce de leche

Como ocurre en la mayoría de los productos, en el dulce de leche la calidad final tal como llega al consumidor depende en gran medida de las condiciones de la materia prima utilizada, de las características del proceso de elaboración y del modo en que sea conservado. En lo particular en los productos azucarados y deshidratados, quizás las condiciones de conservación sean menos incidentes que en otros productos ya que los mismos presentan una defensa propia, que los protege de posibles ataques microbianos. Justamente, la elevada concentración de azúcares y la baja proporción de humedad permiten solamente el crecimiento de algunas formas microbianas. Por otro lado, y comparando con productos fermentados como el queso, el yogur, etc., se trata de un producto sin vida, en el cual no se debe esperar una acción biológica para alcanzar características de sabor, aroma o textura deseadas. Prácticamente, las cualidades definitivas se dan apenas completado el enfriamiento y en un corto lapso de almacenamiento.

A continuación se hará una descripción de los defectos más comunes que pueda presentar el dulce de leche en cualquiera de sus tipos. No solo se enunciarán las características del defecto, sino también se hará un análisis acabado de las causas posibles para que de esta manera, se puedan intentar medidas preventivas o correctivas tendientes a obtener un producto de buena calidad.

### 10.8.1 Defectos de color.

- Producto claro: es debido a la falta de condiciones apropiadas para favorecer las reacciones de Maillard. Procesos cortos, incorrecta neutralización (por escasez de neutralizante o por agregado tardío del mismo), son las principales causas de este fenómeno. También suele darse este defecto cuando se adiciona leche en polvo, de modo que acorta el tiempo de elaboración como consecuencia de un aumento rápido del contenido de sólidos totales sin que se dé la exposición a temperaturas elevadas.

- Producto oscuro: es consecuencia de un proceso que ha favorecido en exceso las reacciones de Maillard, por lo tanto aparece cuando se dan las condiciones opuestas al punto anterior. Un proceso prolongado por falta de presión de vapor suele ser una causa común para este defecto. También puede serlo el agregado prematuro de jarabe de glucosa o bien en cantidad excesiva.

Cabe mencionar que todos estos factores indicados como determinantes para el color final del producto, más seguramente otros, deben ser tenidos en cuenta para lograr características deseables como por ejemplo el color bien oscuro necesario para el dulce de leche heladero. En este caso, la caramelización del azúcar suele ser otro factor de oscurecimiento.

### 10.8.2 Defectos de textura

- Producto poco consistente. La causa más común es la búsqueda de rendimientos industriales elevados. Como consecuencia de esto el producto presenta un alto contenido de agua o una concentración excesiva de azúcares (sin contar el contenido de lactosa) en relación a los sólidos no grasos lácteos. Recordemos que en los sólidos no grasos lácteos se encuentra el principal agente de retención del agua que es la proteína. En los dulces familiares de mesa es suficiente con mantener una formulación adecuada para obtener una consistencia apropiada. También puede recurrirse al uso de la homogenización como una buena forma de lograr una mejor consistencia adquiriendo en este caso una característica aflanada como consecuencia de un aumento de la superficie proteica capaz de retener humedad.

En el caso del dulce de leche repostero se puede recurrir, para una mayor firmeza, al agregado de agentes espesantes de uso permitido, los cuales deberán adicionarse durante el proceso según las indicaciones del proveedor ya que su uso correcto depende particularmente de su naturaleza.

- Producto muy consistente. Una elevada concentración de sólidos totales, y particularmente de sólidos lácteos, como así también el uso inadecuado de espesantes son causa común de este defecto.

### 10.8.3 Presencia de burbujas

Comúnmente debido al envasado que se da cuando el producto está a temperaturas muy bajas, por lo cual no hay una buena fluidez como para que el dulce se distribuya bien dentro de su envase (como suele ocurrir en la última parte del envasado).

### 10.8.4 Presencia de grumos

En realidad este defecto suele presentar diversos grados de gravedad. Desde un dulce apenas harinoso hasta un dulce con sinéresis o desprendimiento de líquido, comúnmente llamado dulce cortado. En cualquier caso la causa que provoca este defecto es la desestabilización de la proteína, particularmente la caseína. Esto ocurre cuando la leche no es de buena calidad, cuando la neutralización no es correcta o cuando el proceso es demasiado prolongado. En estos casos lo que ocurre es que no se cuidan las fuerzas que mantienen suspendida la micela de caseína, es decir que se neutralizan sus cargas eléctricas por un exceso de acidez o se quita desmesuradamente el agua de hidratación. Con respecto a esta última (agua de hidratación) generalmente, y en particular en los sistemas simples de paila, siempre se da una pérdida importante, solo que el defecto aparece principalmente cuando al mismo tiempo se da una marcada disminución del pH, que no necesariamente deberá llegar al valor de 4.6, es decir el punto isoeléctrico para que el problema aparezca.

Cabe indicarse que este defecto de presencia de grumos también se da cuando se usa inapropiadamente algún espesante.

La homogenización contribuye a disimular defectos de este tipo y al mismo tiempo le confiere al producto un brillo notable, como consecuencia de una mejor distribución de todas las partículas presentes que se dividen en partes muy pequeñas.

### 10.8.5 Presencia de cristales.

En realidad, todo dulce con algún tiempo de almacenamiento presenta cristales de azúcar, lo que ocurre es que algunas veces son lo suficientemente grandes como para que

puedan ser percibidos por el paladar. Estos cristales cuya similitud a los granos de arena ha hecho que al dulce con estas características se lo llame arenoso, están constituidos por lactosa, que es el azúcar menos soluble de los presentes en el dulce, por lo cual es la primera en separarse del medio líquido (agua) formando estas partículas generalmente desagradables para el consumidor.

La cristalización es un fenómeno lento, que depende de la intensidad de las causas que la provocaron. Entre estas pueden citarse:

- a) Una elevada concentración de sacarosa
- b) Una baja proporción de humedad
- c) Un almacenamiento prolongado
- d) Conservación a bajas temperaturas y en envases mal cerrados
- e) Enfriamiento muy lento durante el proceso

Como medidas preventivas para este defecto se cuenta el uso de enzima lactasa que hidroliza la lactosa y la siembra con cristales pequeños de lactosa. De las dos, la primera es la forma más usada industrialmente.

#### 10.8.6 Alteraciones producidas por microorganismos

Presencia de mohos y/o levaduras en la superficie del dulce. Indudablemente, para que se manifieste esta alteración deberá haber una contaminación importante durante el enfriamiento y envasado del dulce. Por esta razón, todo lo que se haga en función de trabajar en un medio lo más higiénico posible será de suma utilidad para evitar este problema. El uso de agentes antimicóticos (600 ppm de ácido sórbico o su equivalente en sorbato) es una buena medida correctiva. Asimismo es importante que el envasado no se haga a temperaturas elevadas ya que ello provocará un desprendimiento de vapor que, una vez condensado y depositado en la superficie del dulce, favorecerá el desarrollo de hongos.

Por último, cabe decir que en los dulces esterilizados después de envasados este problema no existe

### 10.9 Variantes de dulce de leche según CAA

#### 10.9.1 Dulce de Leche Repostero

##### 10.9.1.1 Definición Bromatológica

CAA. RESOLUCIÓN GMC N° 137/96. Incorporada por Res MSyAS N° 433 del 26.06.97.

El producto que corresponda a la clasificación 2.2.2.1. (Dulce de Leche o Dulce de Leche sin agregados) que ha sido adicionado de aditivos espesantes y/o estabilizantes y/o humectantes autorizados en el ítem 5.5.1. del presente reglamento, se denominará "Dulce de Leche para Pastelería" o "Dulce de Leche Pastelero" o "Dulce de Leche para Repostería" o "Dulce de Leche Repostero".

##### 10.9.1.2 Características

El dulce de Leche repostero o de repostería, es más concentrado que el dulce de leche familiar, de aspecto opaco y con corte. Una de las técnicas para obtenerlo, es agregándole sustancias vegetales que aumenten su consistencia.

Es utilizado principalmente en pasteles y tortas.

Un ejemplo de su fabricación consiste en la variante de agregar junto con la glucosa, a punto de ebullición, un 1% de almidón de maíz.

Al enfriar, con una concentración de sólidos de 75 °Brix y en frío, adquiere la consistencia característica

#### 10.9.2 Dulce de leche con frutos secos

El producto que corresponda a la clasificación 2.2.2.2. que ha sido adicionado de cacao, chocolate, almendras, maní, frutas secas, cereales y/u otros productos alimenticios solos o en mezclas, y que hayan también sido adicionados o no de aditivos espesantes y/o estabilizantes y/o humectantes autorizados en el presente Reglamento, se denominará "Dulce de Leche con ..." llenando el espacio en blanco con el/los nombre/s del/los producto/s adicionado/s. Este producto podrá opcionalmente denominarse "Dulce de Leche Mixto".

#### 10.9.3 Dulce de leche para heladería

Los productos mencionados en los ítems 2.3.1., 2.3.2. y 2.3.3., podrán ser denominados "Dulce de Leche para Heladería" o "Dulce de Leche Heladero" según corresponda y cuando fueran destinados a la elaboración de helados. Esta denominación de venta será obligatoria cuando los productos mencionados en este inciso hayan sido adicionados de los colorantes incluidos en el ítem 5.1.1. 2.3.5. En todos los casos, en las denominaciones mencionadas en los ítems 2.3.1., 2.3.2. y 2.3.3. se indicará "Con Crema" según corresponda a la clasificación 2.2.1.2. y 4.2.2.

#### 10.9.4 Dulce de Leche sin Azúcar

El dulce de leche sin azúcar, se enmarca dentro del capítulo XVII, alimentos de régimen o dietéticos, del Código Alimentara Argentino.

Este tipo de variante tiene varias recetas producida respectivamente por una gran cantidad de marcas distintas en el mercado.

Los dulce de leche sin azúcar a diferencia de los dulce de leche tradicionales (endulzados con azúcar y jarabe de glucosa) son endulzados a base de: fructosa, polidextrosa, glucósido de steviol (stevia), maltodextrina, sorbitol (y otros polialcoholes), sucralosa, entre otros. Según la marca, las alternativas de reemplazo utilizadas y sus cantidades en mayor o menor proporción.

Lo importante en este producto, en el cual predominan los hidratos de carbono, es ver la cantidad total de ellos y de donde provienen, porque esto indirectamente nos indicará el cómo impactarán en el nivel de azúcar en sangre.

A los efectos de análisis, consideraremos una de las recetas más utilizadas en la elaboración de dulce de leche sin azúcar.

Ingredientes: leche, sorbitol, polidextrosa, maltodextrina, bicarbonato de sodio neutralizante), esencia de dulce de leche (aromatizante), glucósido de esteviol (stevia), sorbato de potasio (conservante).

Al respecto, estos los ingredientes participan como:

Stevia: Endulzante natural; Sucralosa: edulcorante artificial (de los artificiales es el menos dañino y el más elegido por quienes no toleran el sabor a la stevia);

Neutralizantes, aromatizantes y conservantes: normales en todo producto procesado, sus funciones es dar mayor vida útil;

Sorbitol: es un polialcohol, son endulzantes no digeribles, por lo tanto no generan respuesta en la insulina ni se absorben (actúan como fibra). En las listas de ingredientes podemos diferenciarlos con el sufijo "ol" ("sorbitol", "manitol", "xylitol", etc) y deben ser tenidos en cuenta por personas que sufren de síntomas gastrointestinales, ya que pueden tener un efecto laxante y producir gases o discomfort abdominal.

Polidextrosa y maltodextrina. Son almidones modificados, o sea polisacáridos (cadenas de muchas moléculas de glucosa) que son comúnmente utilizados en los productos libres de azúcar para aportar dulzor, textura y fibra (en el caso de la polidextrosa). La cantidad de

unidades de glucosa varia, ya que el polímero se constituye artificialmente, ya sea por polimerización o hidrólisis del almidón (la maltoextrina). Al ser digeridos en el cuerpo, se convierten en glucosa, pero al contener enlaces que no pueden ser fácilmente desdoblados en el intestino (la polidextrosa), no provocan el mismo efecto en sangre que el azúcar blanco propiamente dicho (sacarosa). La maltodextrina sí es fácilmente absorbida por el cuerpo. Aun así, hay que regular su consumo, teniendo en cuenta que para quienes padecen diabetes, este producto al digerirse en definitiva son glucosas.

Quienes padecen de la intolerancia a la glucosa, llegado el momento de elegir un dulce de leche sin azúcar, por tratarse de un alimento que aporta mayormente hidratos de carbono, es importante primero ver la cantidad de hidratos de carbono; de dónde provienen y la cantidad de fibra alimentaria. Una observación: cuanta más fibra tiene un alimento alto en hidratos de carbono, menos impacta en los niveles de azúcar en sangre (esto nos habla indirectamente de su índice glucémico).

#### 10.9.4.1 Información Nutricional

En la tabla 10.9, se presenta la comparación entre dulce de leche normal y las variantes sin azúcares.

| VALORES NUTRICIONALES DE LOS DULCE DE LECHES           |       |                       |                                                                        |
|--------------------------------------------------------|-------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Valores para una ración de 19 g (una cucharada sopera) | Común | Sin Azúcar con Stevia | Otros (las quinas, doña magdalena: sus versiones con stevia/sucralosa) |
| Energía [kcal]                                         | 60    | 43                    | 43                                                                     |
| Hidratos de Carbono [g]                                | 8.4   | 3,9                   | 8.5                                                                    |
| Lactosa [g]                                            | 4.2   | 3.9                   | 4.0                                                                    |
| Sacarosa                                               | 4.2   |                       |                                                                        |
| Polialcoholes                                          | -     | 3                     | 3,5                                                                    |
| Fibra alimentaria [g]                                  |       | 2,7                   | 1,7                                                                    |

Tabal 10.9 – Valor nutricional de los tipos de dulce de leche

#### 10.9.4.1 Variantes

Varias marcas cuentan con una versión endulzada a base de sucralosa (además de la versión con stevia): estas son: la quinas, doña magdalena, sin glucosa.

En cuanto a acciones colaterales, se recomienda la versión con estevia antes que la sucralosa; asimismo, el consumidor normalmente no les agrada el sabor dominante a stevia.

Algunos dulce de leche están endulzados con fructosa; este dulce de leche se lo recomienda a quienes sufran de síntomas gastrointestinales, ya que es bajo en fibra y tiene muy poca cantidad de poli alcoholes (no fermenta tanto en el intestino como el resto de las opciones; y no se requiere insulina para su asimilación).

Por más que estos dulce de leche sean sin azúcar pero contengan reemplazos que terminan siendo glucosa en sangre, No es lo mismo que consumir el dulce de leche original. Por el aporte de endulzantes alternativos (poli alcoholes/stevia/sucralosa) y el aporte de fibra, los aumentos en niveles de azúcar en sangre no son tan bruscos como el del dulce de leche original, pudiéndose comprobar con pacientes diabéticos que se miden la glucosa post prandial<sup>3</sup> luego de cada ingesta y analizando todas las alternativas.

<sup>3</sup> Prandial se relaciona con una ingesta de comida. Postprandial (forma nominal: postprandium ) significa después de comer una comida; mientras que preprandial, es antes de una comida.

Entre los casos médicos, quienes sospechen que el dulce de leche sin azúcar les esté cayendo mal, no se lo debe subestimar. Hay casos de pacientes que terminaron internados con falso diagnóstico de apendicitis y diverticulitis por consumo excesivo de estos productos.

**Referencias:**

ESIL. Escuela superior Integral de lechería. Instituto la Santísima Trinidad. ***“Curso de capacitación para personal de la industria láctea”***. Villa María. Córdoba, Argentina (1998)

## **Unidad 11: SUB-PRODUCTOS LÁCTEOS**

Universidad Nacional de San Luis Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias  
Departamento: Ingeniería de Procesos  
Área: Tecnología en Alimentos  
Asignatura: Tecnología de los Lácteos  
Carrera: Ingeniería en Alimentos – Ingeniería Química

### **ÍNDICE DE CONTENIDO**

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 11.1 Caseína .....                                                                   | 2  |
| 11.1.1 Definición Bromatológica.....                                                 | 2  |
| 11.1.2 Descripción .....                                                             | 2  |
| 11.1.3 Tipos de caseína.....                                                         | 3  |
| 11.1.4 Sistemas de producción para caseína al cuajo .....                            | 3  |
| 11.1.5 Caseína ácida. ....                                                           | 5  |
| 11.1.6 Usos de la Caseína.....                                                       | 6  |
| 11.2 Definición Bromatológica. Suero de Lechería.....                                | 8  |
| 11.2.1 Definición Bromatológica.....                                                 | 8  |
| 11.2.2 El Lactosuero y sus Derivados: Definición, composición y características..... | 8  |
| 11.2.3 Aprovechamiento del suero.....                                                | 9  |
| 11.2.4 Tratamientos previos del suero .....                                          | 9  |
| 11.2.5 Concentración y secado del suero .....                                        | 11 |
| 11.2.6 Utilización del lactosuero.....                                               | 12 |
| 11.3 Recuperación de la lactosa.....                                                 | 12 |
| 11.3.1 Lactosa USP .....                                                             | 14 |
| 11.3.2 Hidrólisis de la lactosa.....                                                 | 14 |
| 11.4 Proteínas del lactosuero .....                                                  | 15 |
| 11.4.1 Recuperación por ultrafiltración.....                                         | 15 |
| 11.4.2 Concentración y secado.....                                                   | 16 |
| 11.4.3 Propiedades y usos de las proteínas del suero.....                            | 16 |
| 11.5 Productos de fermentación del lactosuero.....                                   | 17 |
| 11.6 Lactosuero desmineralizado .....                                                | 18 |

## Unidad 11: SUB-PRODUCTOS LÁCTEOS



Versión 18JUN25

### 11.1 Caseína

#### 11.1.1 Definición Bromatológica

CAA – Art- 583 – “Con el nombre de Caseína alimenticia, se entiende el producto que se separa por acción enzimática o por precipitación mediante acidificación de leche descremada a pH 4,6 - 4,7, lavado y deshidratado por procesos tecnológicamente adecuados.

Clasificación: según su método de obtención, se clasificará la Caseína alimenticia como:

- Caseína alimenticia al ácido, es aquella obtenida por acidificación con ácidos.
- Caseína alimenticia láctica, es aquella obtenida por precipitación con suero láctico fermentado.
- Caseína alimenticia al cuajo, es aquella obtenida por acción coagulante enzimática...

#### 11.1.2 Descripción

En épocas de exceso de leche, muchos países la utilizan para la producción de manteca a partir de su grasa. También se produce caseína a partir de la leche desnatada resultante.

La caseína es un producto con muchas aplicaciones en las industrias químicas y alimentaria (sobre todo en esta última).

Normalmente, la obtención de la caseína se realiza por procedimientos discontinuos que ocupan mucha mano de obra y necesitan grandes cantidades de agua para los lavados de la caseína bruta.

En la figura 11.2, se describe un sistema continuo que elimina los inconvenientes citados en el párrafo anterior.

La caseína es la proteína más abundante de la leche, representando aproximadamente del 77 al 82 % de sus proteínas totales (ver tabla 11.1).

|                                                         |             |
|---------------------------------------------------------|-------------|
| Contenido total en proteínas                            | 32-37 g/l   |
| Contenido total en caseína                              | 25-30 g/l   |
| Contenido total en proteínas de suero                   | 5-6.5 g/l   |
| Contenido total en sustancias nitrogenadas no proteicas | 1.6-1.8 g/l |

Tabla 11.1 - Proteínas de la leche

Por la acción del cuajo o de ácidos, la caseína precipita. En su precipitación arrastra también grasa, lactosa y algunas sales. Cuando se pretende obtener caseína a partir de la leche, el proceso industrial correspondiente se basa precisamente en esta propiedad que

acabamos de citar. Pero si se quiere obtener un producto de buena calidad es necesario evitar la presencia de grasa (provocaría oxidaciones) y de lactosa (reaccionaría con la caseína oscureciéndola). Por ello, se debe partir de leche desnatadas y una vez obtenido el coágulo, lavarlo bien para eliminar lactosa y sales.

### 11.1.3 Tipos de caseína

Las podemos clasificar en tres principalmente

- Caseína al cuajo
- Caseína ácida
- Coprecipitados cálcicos proteínicos

El primer tipo de caseína se consigue por la acción de las enzimas del cuajo.

El segundo, por la adición a la leche desnatada de ácidos, como el clorhídrico o el sulfúrico, hasta alcanzar el punto isoeléctrico de la caseína. También se puede obtener por la acción de fermentos lácticos productores de una fermentación natural, durante cuyo transcurso se produce ácido láctico.

El tercer tipo es el resultante de la precipitación de la caseína junto con las proteínas del suero (globulina, albúmina) por la acción del cloruro cálcico.

### 11.1.4 Sistemas de producción para caseína al cuajo

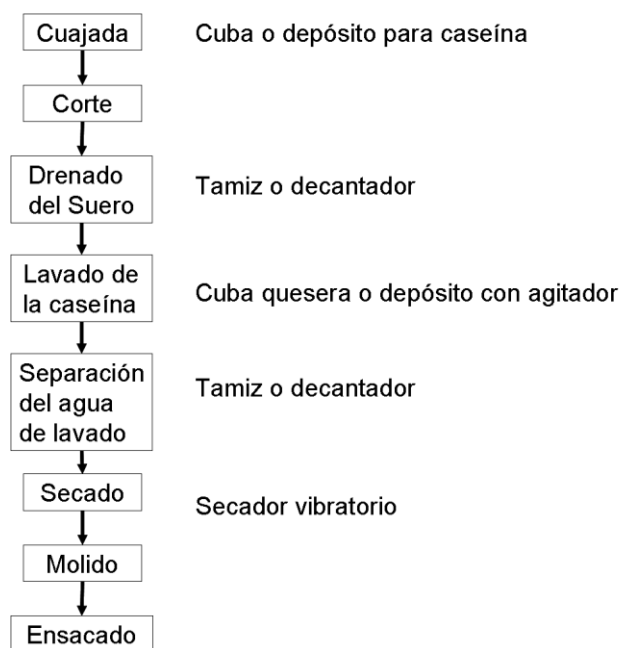


Figura 11.2 – Etapas del proceso para la fabricación de caseína al cuajo

Por la adición de cuajo a leche a 30°C se consigue la precipitación de la caseína, después de un periodo de espera de quince-treinta minutos. En su precipitación, la caseína arrastra grasas, sales y lactosa, por lo que es muy importante el desnatar bien la leche.

Una vez producida la precipitación, se procede a cortar y agitar el precipitado. Es a veces recomendable calentarlo hasta 65° para inactivar el cuajo.

Todas estas operaciones se llevan a cabo en tanques de acero inoxidable, como los utilizados en la fabricación de quesos. Hay que procurar que el agitador sea potente, ya que conviene que los gránulos separados de precipitado sean pequeños para que salga con facilidad la lactosa y las sales.

El tanque debe estar encamisado para calentamiento por agua o vapor.

La etapa siguiente es el lavado con agua de los granos formados en la agitación. Se utiliza alternativamente agua fría (20-25°C) y caliente (45-60°C). Ello provoca contracciones en los granos, que así sueltan mejor la lactosa y la sales. Tampoco conviene que los granos sean muy pequeños, ya que producirían pérdidas de caseína con el suero y con las aguas de lavado.

La separación de los granos del suero o de las aguas de lavado se puede hacer de varias formas

- Decantación
- Separación en un tamiz vibrador con mallas de acero inoxidable
- Separación en una centrífuga de eje horizontal y funcionamiento continuo

El más lento y engorroso es, lógicamente, el primer sistema.

En el segundo tenemos un tamiz vibrador con dos mallas perforadas de acero inoxidable, donde de manera continua, se puede realizar la separación.

Los granos de caseína con el suero se alimentan por la parte superior. El suero (o el agua de lavado si es el caso) pasa por las dos mallas filtrantes y se descarga por abajo. Los granos de caseína de mayor diámetro son retenidos en la primera malla y, por un movimiento vibratorio del tamiz, descargados continuamente por la parte frontal del aparato. En la segunda se retienen el resto de los granos que son descargados de igual forma.

El tercer procedimiento consiste en hacer pasar los granos y el suero (o las aguas de lavado) por una centrífuga de eje horizontal (ver figura 11.3)

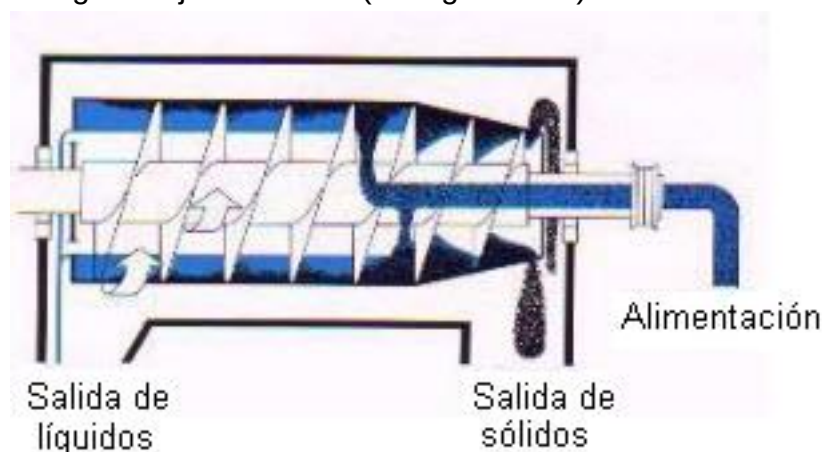


Figura 11.3- Principio de funcionamiento de un decantador centrífugo de eje horizontal

Las partículas sólidas son enviadas a la periferia, y gracias a la velocidad diferencial entre el tronillo transportador y el rotor, las mismas son arrastradas hacia la salida, mientras que el líquido sale por los orificios que dan a la zona media.

Una vez lavada la caseína, se seca por aire caliente hasta convertirla en polvo granulado blanco o amarillo. El color es un indicativo claro de la calidad de caseína obtenida. Cuanto más oscuro menos calidad. Efectivamente, ello puede ser debido a varias causas:

- .- mala calidad bacteriológica de la leche
- .- fuertes calentamientos
- .- reacciones (Maillard) entre caseína y lactosa.
- .- la consistencia es otro indicativo de la calidad. No debe ser pastosa.

Por todo lo que se acaba de ver, es importante no sólo extremar los cuidados durante el proceso de obtención de la caseína, sino también partir de una leche desgrasada de buena calidad.

Como vemos, el sistema de producción que hemos descrito es discontinuo (cargas sucesivas en tanques) con sucesivos lavados en los que se gasta agua en una relación de volumen de hasta 4:1 respecto a la leche de partida.

Es posible reducir esta proporción hasta llegar a 1:1 e incluso menos a base de un sistema de lavado que se describirá para la caseína ácida y que es aplicable a la caseína al cuajo y a los co-precipitados cálcicos.

#### 11.1.5 Caseína ácida.

La caseína ácida se obtiene por adición de ácido a la leche descremada hasta alcanzar un pH de 4.6, punto isoeléctrico de la caseína. La acción del ácido rompe los complejos caseína-calcio, obteniéndose una proteína desmineralizada con solo un 2% de sales. En el caso de la caseína al cuajo, no se produce esta desmineralización, por lo que su porcentaje en sales es del orden de un 8%.

Las acidificaciones pueden efectuarse por:

- fermentación láctica
- adición del ácido clorhídrico (ClH)
- adición del ácido sulfúrico ( $\text{SO}_4\text{H}_2$ )

En el primer caso, se le añaden a la leche descremada fermentos lácticos que producen su acidificación, consiguiéndose después de cinco-diez horas la formación del coágulo de proteínas. La temperatura durante este periodo debe ser de 30°C.

El esquema 11.4, corresponde al de una línea para la obtención de caseína ácida.

Como se puede ver, la leche descremada entra a un tanque de regulación y de ahí a un intercambiador de placas para su precalentamiento. Posteriormente, se hace la adición de ácido, que se encuentra diluido con agua en la proporción 1:3 en un tanque y una bomba dosificadora lo envía de manera continua al sistema.

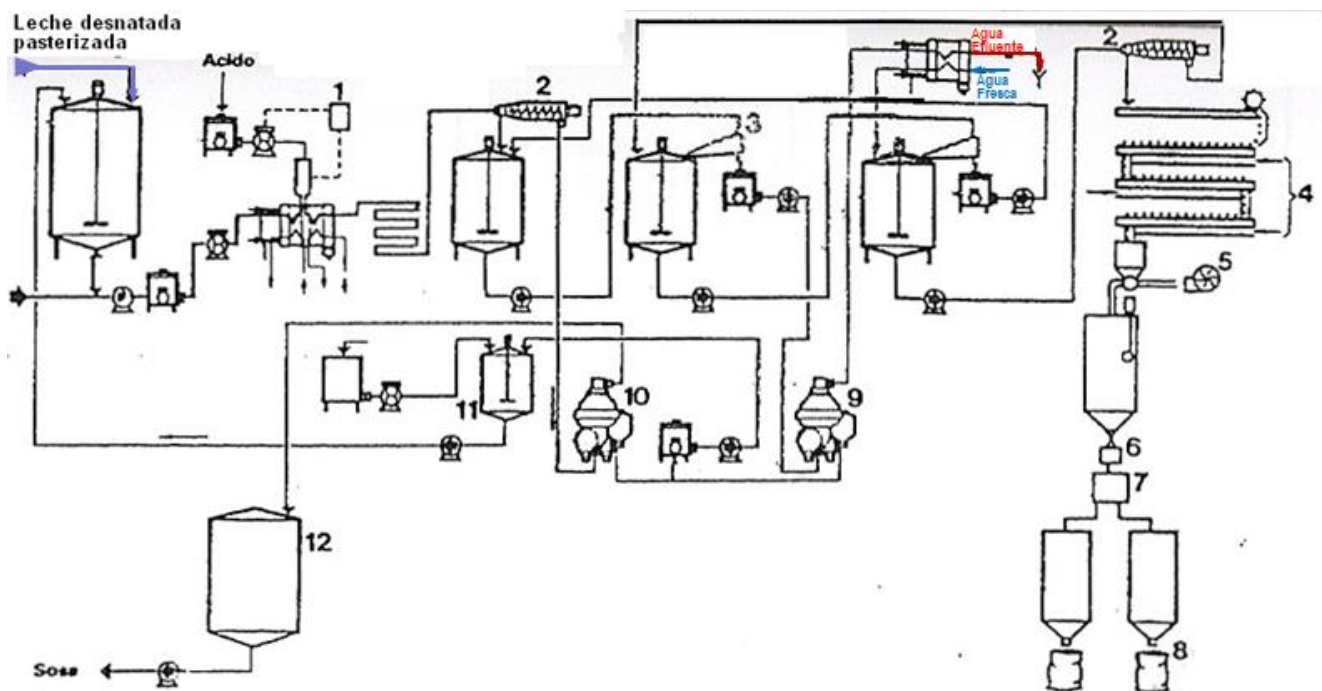
Una inyección de vapor eleva la temperatura del producto hasta 63°C, manteniéndola durante un corto periodo de tiempo en la cámara tubular. Con ello se consigue una adecuada granulación de la caseína.

Posteriormente, en tamices vibratorios se realiza la separación de los gránulos del suero o de las aguas de lavado. En unas bombas desepumantes especiales se mezclan éstos con las aguas de lavado y de ahí son enviados a los tanques. Se ponen dos tanques en cada línea de lavado para que mientras uno se va calentado, el otro se esté llenando. En el primero de los lavados, el agua utilizada es precisamente la que ha sobrado del lavado final, y que ha sido separada de los granos de caseína en la centrífuga horizontal. El lavado final se hace con agua de la red.

Este sistema de lavados en contracorriente ahorra agua, y sólo es necesario añadir agua fresca en el último lavado, alcanzándose la relación 1:1 (agua lavado: leche descremada) que ya anunciamos: incluso la relación puede reducirse a 0.5:1. Es importante la calidad del agua utilizada, ya que, si tiene impurezas, éstas aparecerán en la caseína final obtenida.

La caseína contenida en las aguas de lavado y el suero aún puede recuperarse por centrifugación y ser reciclada en el sistema de lavado.

La concentración de la solución obtenida es del orden de 40-48% de materias sólidas. Hay que proceder al secado de la misma por aire caliente, cuidando que no alcance una temperatura superior a 50°C. Así se obtiene una caseína seca granulada con sólo un 5-12 % de humedad, molida y conservada en silos. Posteriormente se fracciona en bolsas.



- |                    |                                                           |
|--------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1. Control del pH. | 8. Ensacado.                                              |
| 2. Decantador.     | 9. Recuperación de finos contenidos en el agua de lavado. |
| 3. Tamiz.          | 10. Recuperación de finos contenidos en el suero.         |
| 4. Secado.         | 11. Disolución de los finos.                              |
| 5. Enfriamiento.   | 12. Almacenamiento del suero.                             |
| 6. Molido.         |                                                           |
| 7. Tamizado.       |                                                           |

Esquema 11.4 – Proceso de fabricación de caseína ácida (cortesía de Tetra Pak Iberia)

Si la etapa de lavado se realiza perfectamente, se puede conseguir caseína con menos del 0.1% de lactosa. Esto es importante para que durante la conservación no se produzcan las reacciones de Maillard entre proteínas y lactosa, que darían lugar a un pardeamiento de la masa. Por lo dicho, se considera que las proteínas de la leche se conservan mejor cuando se tienen en forma de caseína en polvo (sin lactosa) que cuando se trata de leche en polvo (con lactosa).

La temperatura del agua de lavado no debe ser superior a 30°C, ya que si no se producirían pérdidas de caseína. Su granulado tampoco debe ser muy fino, porque ocurriría lo mismo.

#### 11.1.6 Usos de la Caseína

##### 11.1.6.1 en la Alimentación y Nutrición

Esta es su aplicación más conocida hoy en día. La caseína se valora por su alto contenido proteico y sus propiedades funcionales.

##### a) Suplementos Deportivos y Nutricionales

Es el uso más popular para el consumidor final. La caseína micelar es la forma más común en este ámbito.

**Proteína de Liberación Lenta:** A diferencia de la proteína de suero (whey), que se absorbe rápidamente, la caseína forma un gel en el estómago, lo que ralentiza su digestión y la liberación de aminoácidos.

Efecto Anticatabólico: Ideal para consumir antes de dormir o entre comidas, ya que proporciona un suministro constante de aminoácidos a los músculos durante horas, ayudando a prevenir la degradación muscular.

Recuperación Muscular: Apoya la reparación y el crecimiento del músculo durante periodos de descanso.

Saciedad: Su digestión lenta ayuda a sentirse lleno por más tiempo, lo que puede ser útil en dietas de control de peso.

b) Industria Alimentaria (como ingrediente funcional)

Aquí se suelen usar los caseinatos (de sodio, calcio o potasio), que son más solubles y funcionales que la caseína ácida.

Emulsionante: Ayuda a mezclar ingredientes que normalmente no se combinan, como el aceite y el agua. Es clave en productos como cremas para café, sopas instantáneas y salsas.

Estabilizante y Espesante: Mejora la textura y la consistencia de productos como yogures, helados y quesos procesados, evitando la separación de los ingredientes.

Agente Ligante (Binder): En productos cárnicos procesados (salchichas, embutidos) y análogos de carne, ayuda a retener el agua y la grasa, mejorando la jugosidad y la textura.

Mejora Nutricional: Se añade a barritas energéticas, productos de panadería, cereales y fórmulas infantiles para aumentar su contenido proteico.

Texturizador: En la fabricación de quesos análogos (imitación de queso para pizza), la caseína es fundamental para lograr la elasticidad y la capacidad de derretirse deseadas.

#### 11.1.6.2 Usos Industriales y Técnicos (No Alimentarios)

Históricamente, la caseína tuvo un papel muy importante en la industria antes del desarrollo de los polímeros sintéticos.

a) Adhesivos y Colas

La cola de caseína fue uno de los adhesivos más importantes para la madera antes de la invención de las resinas sintéticas.

Propiedades: Es un pegamento fuerte, resistente al agua (una vez seco) y con buena capacidad de relleno.

Uso: Se utilizó ampliamente en la carpintería, la fabricación de muebles e incluso en la construcción de aviones de madera durante las primeras décadas del siglo XX. Hoy en día, su uso es más de nicho.

b) Pinturas

La pintura a la caseína (o temple de caseína) es una de las técnicas de pintura más antiguas.

Características: Crea un acabado mate, aterciopelado y transpirable. Es duradera y se adhiere bien a superficies porosas como la madera o el yeso.

Uso: Fue muy utilizada por artistas e ilustradores y para la pintura de murales. Hoy en día, se vende como una pintura ecológica y tradicional para decoración de interiores.

c) Plásticos (Galalith o "Piedra de Leche")

Este es uno de sus usos históricos más fascinantes. A principios del siglo XX, la caseína se trataba con formaldehído para crear un plástico duro y moldeable.

Producto: Se conocía como Galalith (del griego gala, leche, y lithos, piedra).

Aplicaciones: Se usaba para fabricar botones, peines, mangos de paraguas, joyas, plumas estilográficas y piezas de ajedrez. Fue reemplazado gradualmente por plásticos derivados del petróleo después de la Segunda Guerra Mundial.

d) Otros Usos Técnicos

Recubrimiento de Papel: Se utiliza para dar un acabado brillante y liso al papel estucado (couché), mejorando la calidad de impresión.

Industria Textil: Se ha usado para el apresto (acabado) de fibras y tejidos.

Cosmética: En menor medida, se puede encontrar en algunas formulaciones de productos para el cuidado del cabello y la piel por sus propiedades acondicionadoras.

Resumen por Tipo de Caseína

Caseína Micelar: Principalmente suplementos deportivos. Es la forma menos procesada.

Caseinatos (Sodio, Calcio): El caballo de batalla de la industria alimentaria por su solubilidad y funcionalidad (emulsionante, estabilizante).

Caseína Ácida: Base para producir caseinatos y algunos usos industriales.

Caseína de Cuajo (Rennet Casein): Principalmente para la fabricación de plásticos como el Galalith y en la industria quesera.

En resumen, la caseína seca es mucho más que un simple polvo de proteína; es un ingrediente multifuncional con una rica historia y una presencia constante tanto en nuestra despensa como en la industria.

## 11.2 Definición Bromatológica. Suero de Lechería

### 11.2.1 Definición Bromatológica

CAA – Art. 582 – "Con la denominación de Sueros de Lechería, se entienden los líquidos formados por parte de los componentes de la leche, que resultan de diversos procesos de elaboración de productos lácteos, a saber:

1. Suero de queso: es el subproducto líquido proveniente de la elaboración de quesos.
2. Suero de manteca: es el subproducto líquido proveniente del batido de la crema en la obtención de manteca.
3. Suero de caseína: es el subproducto líquido proveniente de la elaboración de caseínas.
4. Suero de ricotta: es el líquido resultante de precipitar por el calor, en medio ácido, la lactoalbúmina y la lactoglobulina del suero de queso.

Artículo 582 bis - (Resolución Conjunta SPRyRS y SAGPyA N°33/2006 y N°563/2006) "Se entiende por Suero de Queso en Polvo, al producto obtenido por deshidratación del suero proveniente de la elaboración del queso, previa pasteurización. Deberá responder a las siguientes características y exigencias:

- a) Se presentará como un polvo blanco amarillento, de sabor salado - dulzón, soluble en agua tibia.
- b) Humedad: Máx. 4,5% p/p.
- c) Grasa de Leche: Máx. 2,0% p/p.
- d) Proteínas de Leche: Mín. 10,0% p/p.
- e) Cenizas (500-550°C): Máx. 9,0% p/p.
- f) Glúcidos reductores totales, expresados en lactosa anhidra: Min. 70,0% p/p.
- g) Ácido Láctico: Máx. 2,2% p/p. Deberá responder a las exigencias microbiológicas establecidas en el artículo 567. Este producto se rotulará "Suero de Queso en Polvo", con caracteres de igual tamaño, realce y visibilidad."

### 11.2.2 El Lactosuero y sus Derivados: Definición, composición y características

El suero es la parte líquida que queda después de separar la cuajada al elaborar quesos. También se puede definir como el líquido resultante de la coagulación de la leche en la fabricación del queso tras la separación de la mayor parte de la caseína y la grasa (ver en pag. # 1 - definición según Código Alimentario Argentino).

En la producción de manteca o de caseína a partir de leche desnatada también se obtiene un suero, por lo que una definición más general del mismo sería el líquido formado por parte de los componentes de la leche (lactosa, sales minerales, vitaminas solubles, proteínas solubles y algo de grasa) que resulta de diversos procesos de elaboración de producto lácteos.

La composición del suero varía con la leche utilizada y con el tipo de queso a fabricar. Además, depende del sistema de coagulación:

- por coagulación al cuajo se obtiene un suero dulce que apenas contiene calcio. Su pH es de 6.0 a 6.3
- por acidificación se obtiene un suero ácido con un pH más bajo (4.3 - 4.7)

La tabla 11.5 nos da la composición de ambos tipos de suero.

|                 | Suero dulce | Suero ácido |
|-----------------|-------------|-------------|
| Humedad         | 93-94       | 94-95       |
| Grasas          | 0.2-0.7     | 0.04        |
| Proteínas       | 0.8-1.0     | 0.8-1.0     |
| Lactosa         | 4.5-5.0     | 4.5-5.0     |
| Sales minerales | 0.05        | 0.4         |

Tabla 11.5 - Composición del suero dulce y del suero ácido (%)

El suero también es rico en vitaminas del complejo B y en vitamina C. Las proteínas que quedan en el suero son la lactoalbúmina y la lactoglobulina.

### 11.2.3 Aprovechamiento del suero

El suero es considerado, en general, como un subproducto molesto de difícil aprovechamiento. En primer lugar, es práctica común separar la grasa y los finos de caseína que aún pueda contener.

De esa forma, se recuperan dos productos valiosos, y a la vez el suero queda en mejores condiciones para su posterior aprovechamiento.

Los productos que tradicionalmente se han obtenido a partir del suero son:

- suero en polvo, a base de concentrar los sólidos por evaporación y secado
- suero en polvo desmineralizado, donde se eliminan previamente las sales minerales por intercambio iónico o por electrodiálisis.
- lactosa, obtenida por concentración, cristalización y separación
- concentrados proteicos, obtenidos por ultrafiltración del suero.
- en la actualidad, se están haciendo otros aprovechamientos, tales como la producción de alcohol, vitamina b<sub>12</sub> (el suero es muy rico en esta vitamina), jarabes de glucosa y galactosa, lactosil, urea, amoníaco, lactatos, etc.

### 11.2.4 Tratamientos previos del suero

Una vez que el suero se ha separado de la cuajada, tenemos un producto a una temperatura de 25-38°C y con unos nutrientes (lactosa, proteínas, sales) donde los microorganismos pueden crecer con rapidez en pocas horas. Por ello, es necesario tratar este suero para preservar sus componentes y que puedan ser aprovechados con posterioridad.

Como se resaltó anteriormente, lo primero que se hace es recuperar los finos de caseína y la grasa que aún contiene el suero. En la Fig. 11.6, nos muestra una instalación concebida

para este propósito. Como se aprecia en dicho esquema, el suero pasa al depósito (1), y mediante la bomba centrífuga (2), cuyo caudal es regulado por la válvula (3), se la envía a un tamiz (4), donde tiene lugar la separación de los finos de caseína (5). Otra bomba centrífuga (6) envía el suero a un nuevo depósito de regulación (7), que almacena el suero hasta su centrifugación. Para ello una bomba (8) alimenta a la centrífuga (9), que separa tres fases:

- suero desnatado (15)
- nata (17)
- finos y otras partículas que aún pudieran quedar en el suero

La separación de suero desnatado y nata se produce de forma continua. Los pocos finos y otras partículas que aún pudiesen quedar en el suero después de su paso por el tamiz (no más del 0.1-0.3%) se van acumulando en la periferia de la máquina y se pueden descargar manual o automáticamente, según modelos. Queda así un suero desnatado listo para tratamientos posteriores de evaporación, desmineralización, ultrafiltración, secado, etc.

Si el suero va a ser utilizado en el mismo día o después de unas pocas horas de espera, basta enfriarlo a 3-5°C y dejarlo en un depósito. Si debe ser transportado a otra instalación para su aprovechamiento, y pueden transcurrir hasta uno o dos días antes de su tratamiento, debe ser pasteurizado a 72-75°C durante quince-veinte segundos y enfriado posteriormente a 3-4°C. En algunos casos en que esté permitido, se puede conservar el suero por adición de productos químicos, tales como agua oxigenada o el bisulfito sódico.

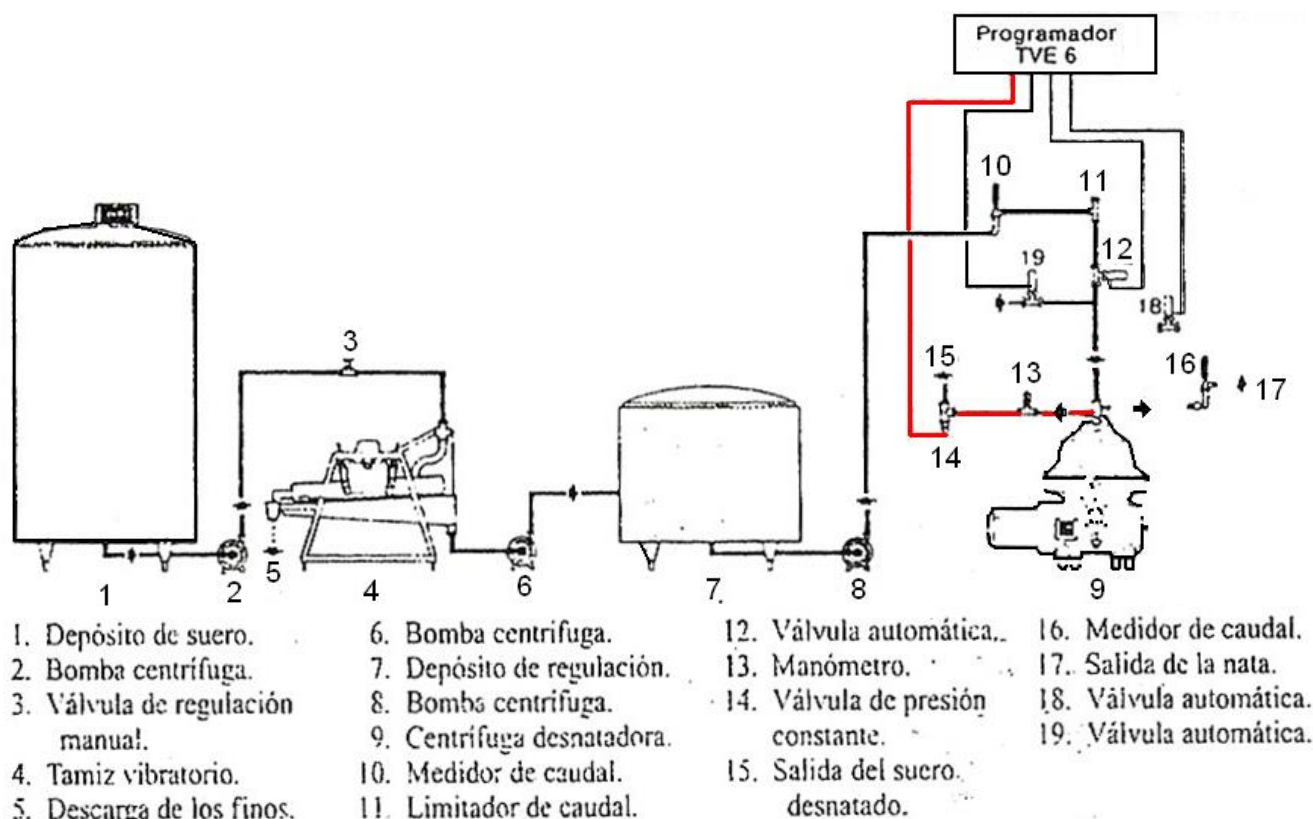


Figura 11.6 – Instalación de recuperación de finos de caseína y grasa del suero (cortesía de Westfalia Separator)

### 11.2.5 Concentración y secado del suero

El suero, después de ser tamizado y centrifugado para la recuperación de finos de caseína y grasa, aún contiene un 6-7% de sustancias sólidas, es decir, la mitad de las contenidas en la leche originalmente utilizada en la elaboración del queso. Para recuperar estos sólidos el procedimiento que tradicionalmente se ha utilizado es su concentración y secado hasta obtener suero en polvo.

El suero es concentrado en evaporadores de película descendente de tres a siete efectos, hasta alcanzar un nivel de sustancias sólidas del 45-65%. Los evaporadores de varios efectos ofrecen un consumo bajo de vapor, que puede reducirse aún más por el uso de un temo-compresor.

El concentrado obtenido (45-60% de materia sólida) pasa a un depósito de cristalización, previo enfriado rápido hasta 30°C. De esta forma, la lactosa cristaliza al encontrarse en una solución sobresaturada. Además, su solubilidad disminuye al bajar la temperatura. En estas condiciones de agitación, concentración y temperatura se obtienen cristales de lactosa de pequeñas dimensiones, lo que favorece la obtención posterior por secado de un suero en polvo que no formará grumos ni absorberá humedad.

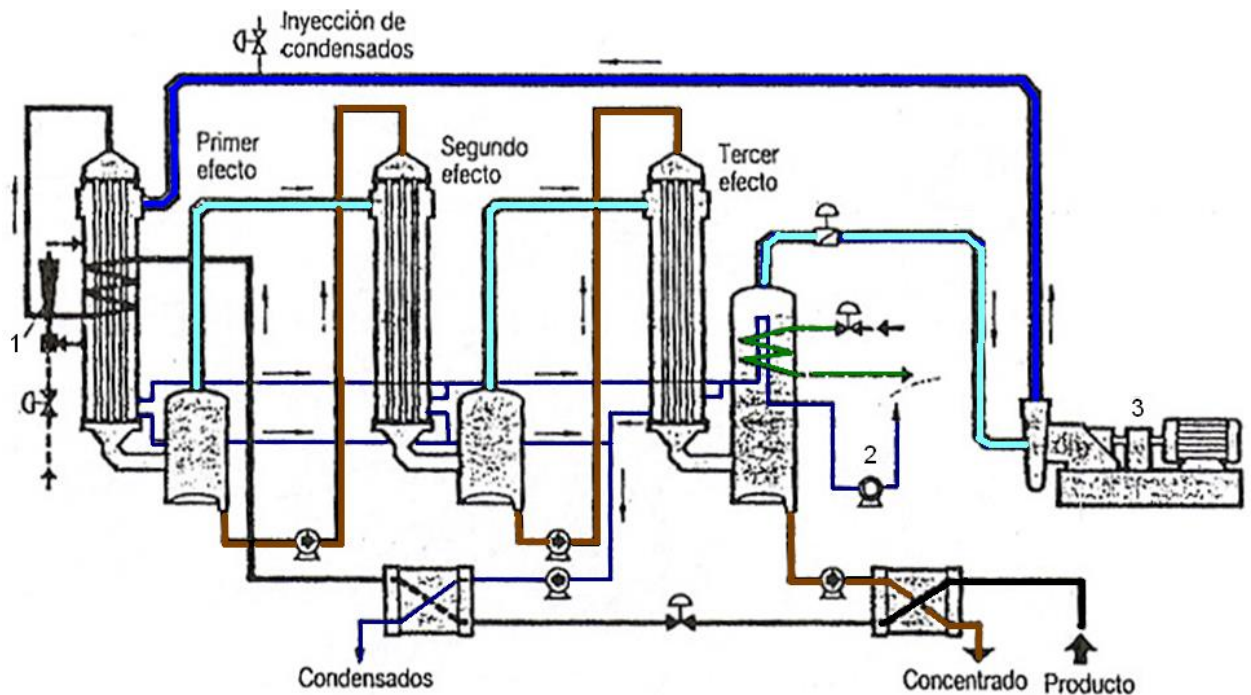
Si se alcanza una concentración cercana al 65% en materia sólida, el producto puede ser muy viscoso y difícil de secar. Por ello, se recomienda no pasar del 50-55% de sólidos antes del secado.

El secado se puede hacer por tambores rotativos calentados o por atomización. El primer procedimiento apenas si se utiliza en la actualidad, ya que el suero se suele pegar en la superficie de los tambores siendo muy difícil de separar. El secado por atomización da un producto en polvo de calidad, que no forma grumos y no absorbe humedad si se ha realizado una cristalización correcta de la lactosa previamente.

Cuando se trata suero ácido, secarlo es muy difícil ya que contiene mucho ácido láctico, se forman grumos. No se suele secar este tipo de suero, pero cuando se hace, se facilita la operación agregando leche desnatada y cereales. También se puede proceder a su neutralización.

El esquema 11.7, nos presenta una instalación de evaporación de película descendente, con tres efectos y compresión mecánica del vapor. Como se aprecia en dicho esquema, el producto a concentrar entra por abajo, pasando primero por un intercambiador de placas, donde se precalienta en contracorriente con el producto concentrado que sale de la planta. Pasa después por un segundo intercambiador, donde se calienta en contracorriente con los condensados que salen de la instalación. Entra en estas condiciones al primer efecto, donde se inicia su concentración al pasar por tubos calentados por vapor. Pasa después al segundo y tercer efecto, donde sigue el proceso de evaporación de agua a temperaturas superiores. La planta está provista de un compresor de vapor (3), que lo comprime mecánicamente y lo envía a la primera etapa donde se utiliza nuevamente para evaporar al suero entrante. En dicho compresor la temperatura de condensación pasa de 60 a 71°C, lo que no es suficiente para la pasteurización del producto en esa primera etapa (hay que pasar de 72°C). Por ello, si se quiere lograr esa pasteurización, se instala un termocompresor (1), que aumenta la temperatura por encima de los 72°C.

La termocompresión consiste en comprimir el vapor que sale del condensador del primer efecto y volverlo a usar en parte, en ese mismo efecto para evaporar el producto entrante nuevamente. Ello se consigue gracias al uso de un eyector de vapor, que al comprimir los vahos, eleva su presión y temperatura, de forma que pueden utilizarse otra vez.



Esquema 11.7 – Instalación de evaporación de película descendente, con tres efectos

#### 11.2.6 Utilización del lactosuero

El lactosuero forma parte de un gran número de alimentos. Los reglamentos de Alimentos y Drogas y los Códigos Alimentarios, permiten utilizar el lactosuero en polvo en el pan, helado, quesos fundidos, chacinados y rellenos de carne, pescado y de pollo. También se utiliza en muchos alimentos no normalizados, como caramelos, dulces, pasteles, etc.

Una forma de utilizar el lactosuero en polvo es mezclando con otros ingredientes para preparar sustitutos lácteos con fines específicos. Por ejemplo, se pueden añadir al lactosuero proteínas de origen animal, vegetal o incluso lácteo, para conseguir una mezcla con propiedades funcionales determinadas según la aplicación prevista. Hay una gran variedad de estos productos que se obtienen ajustando el contenido proteico, eligiendo la proteína apropiada, el sabor más adecuado

El lactosuero no sólo se utiliza en forma de polvo. Por ejemplo, en la producción de concentrados proteicos se pasteuriza y se procesa utilizando diversos procedimientos.

En alimentación animal, para porcino, bovino, etc., se puede emplear el lactosuero en forma líquida, tal y como se obtiene después de su acidificación natural. Por ejemplo la ración de los cerdos puede contener hasta un 30% de suero líquido sin que aparezca ningún signo de malnutrición. También se utiliza para el engorde de los terneros.

### 11.3 Recuperación de la lactosa

La lactosa, o azúcar de leche, es el componente más abundante del suero, como se aprecia en la tabla 11.5. El esquema 11.8 corresponde a una línea para la obtención de cristales de lactosa a partir del suero.

Como en casos anteriores, se parte de suero tratado al que se le han separado grasas y los finos de caseína. Además, si previamente se han separado las proteínas por ultrafiltración, se facilita aún más la operación. El suero entra, en primer lugar, en un

evaporador (1) de varios efectos, donde pierde parte de su humedad, hasta quedar un producto con un 60-62% de materias sólidas. Así tenemos una solución de lactosa sobresaturada que se envía a los depósitos de cristalización (2). Estos depósitos van encamisados para poder enfriar su contenido, y llevan también agitadores para favorecer la cristalización que tiene lugar en su interior; en estos se añaden cristales de lactosa, que actúan como núcleos para la formación de nuevos cristales.

A la vez que se agita la solución de lactosa o melaza, se enfría, con lo que se insolubiliza formando cristales, que deben ser de un tamaño grande, en este caso (más de 0.2 milímetros) para que después puedan separarse con facilidad. Con agitación a velocidad lenta se consiguen cristales grandes.

Se envía entonces las melazas a las decantadoras (3), donde por centrifugación horizontal de alta velocidad se obtienen dos fases:

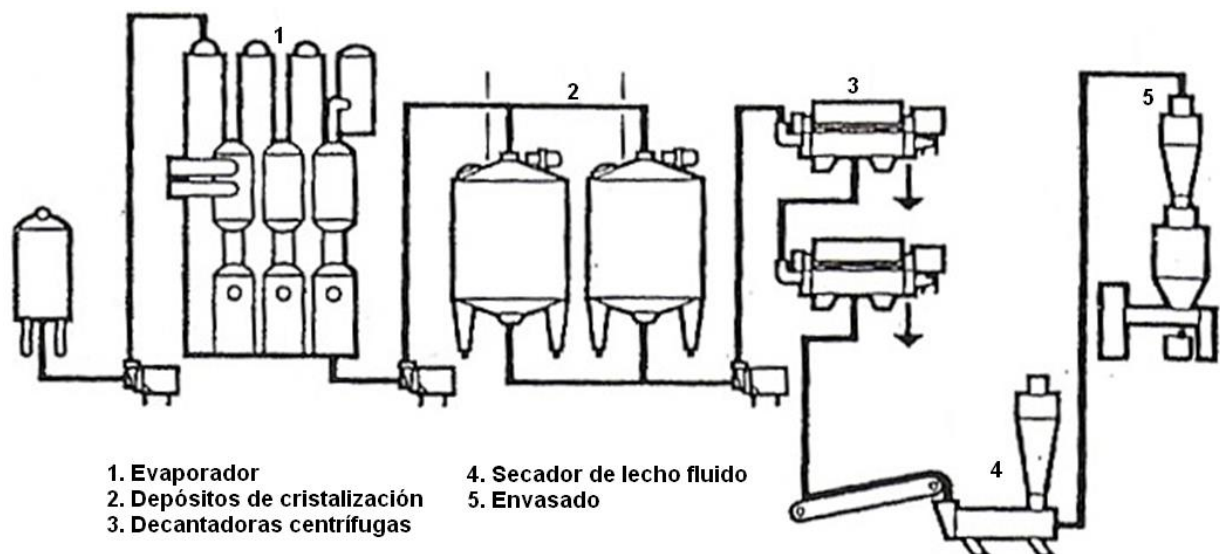
- lactosa en cristales
- suero deslactosado

Se colocan dos decantadoras que trabajan en serie, ya que así se consigue obtener un producto con una humedad del 10% y un contenido en lactosa que representa casi el 99% de los sólidos totales presentes. Como se observa en el diagrama 11.9, entre la primera decantadora y la segunda se puede proceder a un lavado con agua con el objeto de obtener un producto más puro.

Cuando se quiere obtener lactosa ultrapura para uso farmacéutico, se disuelven los cristales en agua caliente (30%) y se les agrega carbón activado, se mezclan bien y se filtra la mezcla, que pasa a los depósitos de cristalización (2), para seguir después por la separación (3), el secado (4) y el envasado (5). Ver Esquema 11.8.

El secador suele ser de lecho fluidificado, obteniendo una lactosa con solo el 0.1-0.5% de humedad, a una temperatura de 92°C

La operación de secado suele durar de quince a veinte minutos. Los cristales obtenidos se enfrían por una corriente de aire a 30°C, se muelen, se secan y se envasan.



Esquema 11.8. Instalación para obtención de Lactosa a partir del Suero

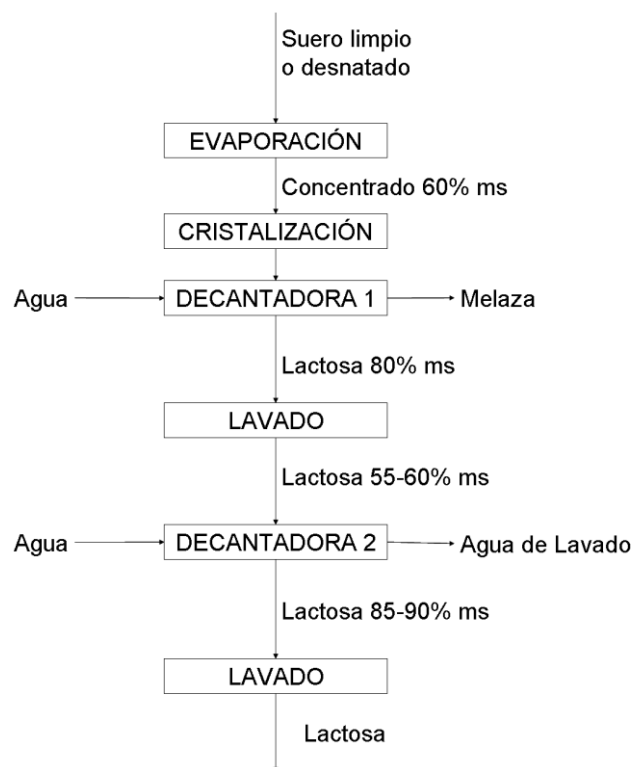


Figura 11.9 – Obtención de lactosa a partir de suero

### 11.3.1 Lactosa USP

La lactosa farmacéutica (USP, United States Pharmacopeia) debe cumplir normas muy específicas en cuanto a su calidad física, química y microbiológica. Se prepara re-disolviendo la lactosa alimentaria y re-cristalizándola después de concentrarla en evaporador. Lógicamente, como se ha efectuado una doble cristalización, el rendimiento es mucho más bajo y el precio de este producto es relativamente elevado.

Una gran cantidad de lactosa alimentaria se utiliza en la preparación de leches maternizadas para bebés. Además, en la industria alimentaria tiene muchas otras aplicaciones, principalmente como agente diluyente o como soporte en la preparación de sopas de sobre, etc.

La lactosa calidad farmacéutica se emplea fundamentalmente como diluyente insípido en la fabricación de comprimidos.

### 11.3.2 Hidrólisis de la lactosa

La hidrólisis de la lactosa para obtener galactosa y glucosa es un procedimiento que se ha empezado a utilizar desde que se dispone de la enzima lactasa a un precio accesible. Con este tipo de hidrólisis se consigue que el azúcar de la leche sea más dulce en algunos productos o más digestibles en algunos alimentos. Se puede producir lactosa hidrolizada o lactosuero cuya lactosa se hidroliza.

Generalmente, se entiende por lactosa hidrolizada la que ha sido hidrolizada en un 70-80%.

Las dos técnicas que se suelen emplear para hidrolizar la lactosa son:

- la adición directa de la enzima a una solución de lactosa, controlando el pH y la temperatura; y,
- el paso de una solución de lactosa sobre enzimas inmovilizadas.

Hay por lo menos dos fuentes de lactasa para hidrolizar la lactosa. Una es la lactasa obtenida desde *Aspergillus niger*, que tiene un pH óptimo de 4.5 y la procedente del *Kluyveromyces fragilis*, con un pH óptimo de 6.5. A dosis eficientes, en 5-6 horas a 40-45°C se obtiene el desdoble fuerte de la lactosa.

La hidrólisis de lactosa presente en una solución bastante diluida, como es el caso del lactosuero, es más económico utilizar enzimas inmovilizadas, que se pueden volver a usar muchas veces y que actualmente se encuentran disponibles en el mercado

## 11.4 Proteínas del lactosuero

El lactosuero contiene proteínas que no han precipitado ni por efecto de la acidificación ni por la acción del cuajo. Las principales son las albúminas y las globulinas, proteínas muy solubles y de alto valor nutritivo. El lactosuero contiene un 0.8-0.9% de esas proteínas, lo que representa del 12 al 14% del extracto seco. La obtención de estas proteínas tiene mucho interés debido al gran número de aplicaciones distintas que tienen.

Las proteínas del lactosuero se pueden precipitar a la vez por el calor y el ácido para obtener un queso de suero, el Ricotta; o también Insolubilizadas por el procedimiento “Centriwhey”<sup>1</sup>, estas proteínas se pueden añadir a la leche destinada a la elaboración de queso. Si se trata de una pasta blanda o de una pasta semi-dura, el queso prácticamente no se modifica, pero el rendimiento aumenta del 10 al 12%.

Sin embargo, cada vez con más frecuencia, para muchas aplicaciones se necesita que las proteínas solubles no hayan sido modificadas por el calor. En estos casos, el lactosuero se concentra por ultrafiltración.

### 11.4.1 Recuperación por ultrafiltración.

La ultrafiltración es un procedimiento que consiste en una filtración molecular continua a través de una membrana filtrante que permite el paso de agua y de las moléculas pequeñas, como la lactosa y los minerales, pero que retiene las moléculas más grandes como las proteínas. En la figura 11.10, se muestra el esquema de un sistema de ultrafiltración.

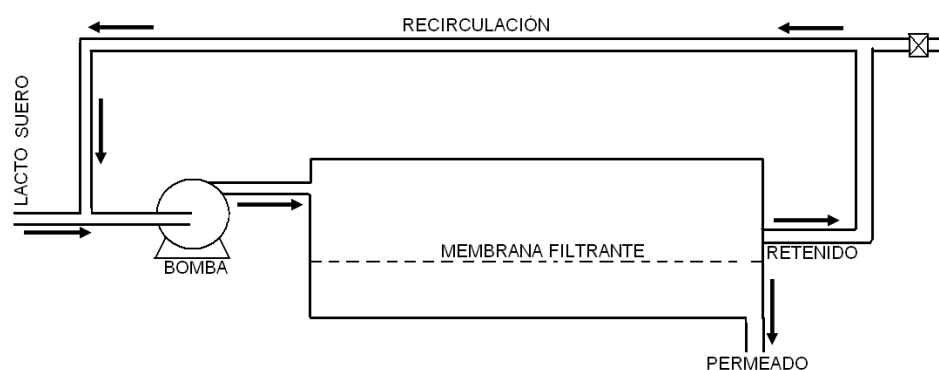


Figura 11.10 – Módulo de Ultrafiltración

Se han desarrollado sistemas industriales muy complejos que permiten volver a mezclar una parte del retenido con el lactosuero. El resto del retenido es un producto con un determinado contenido de proteínas y materia seca, diferente según los usos (35, 50, 75 o

<sup>1</sup> Centri-whey. Proceso que consiste en someter al lactosuero a un tratamiento térmico para desnaturizar las proteínas presentes y luego separarlas de otros constituyentes no grasos por medio de ultrafiltración. Alternativamente, las proteínas retenidas por ultrafiltración son sometidas a un nuevo tratamiento térmico complementario de desnaturización proteica. Las proteínas obtenidas por esta técnica pueden ser usadas en dietética, nutrición infantil y fabricación de quesos entre otros.

80% de proteína). Es un procedimiento continuo ya que la alimentación de lactosuero fresco es constante mientras no se produzca la colmatación de la membrana filtrante.

El permeado se extrae continuamente del sistema.

El proceso industrial se lleva a cabo a presión y las membranas más utilizadas son las polisulfónicas. El acetato de celulosa, que fue el primer material filtrante empleado, ha sido gradualmente sustituido por la membrana polisulfónica. Estos filtros resisten mejor los valores extremos de pH y las temperaturas elevadas, por lo que su limpieza es más rápida y eficaz. El acetato de celulosas es frágil y se descompone fácilmente a temperaturas superiores a 40°C y a pH por encima de 9.

La presión utilizada en la ultrafiltración varía entre 600 y 1400 kPa (100 y 200 Psi). A esta presión de entrada corresponde una presión de salida más baja, de 100 a 200 kPa, próxima a la presión atmosférica (14.7 psi). La membrana de acetato de celulosa soporta la presión elevada mejor que la polisulfónica.

En condiciones normales de funcionamiento, las membranas se colmatan gradual y lentamente por las partículas proteicas. También pueden colmatarse muy rápidamente por depósitos de sustancias minerales procedentes del lactosuero. Para evitar o retrasar este fenómeno, es aconsejable realizar un tratamiento térmico previo y ajustar el pH al óptimo para cada caso.

La señal más importante de la limpieza de las membranas es su permeabilidad o caudal de filtración, que se mide en litros de permeado por metro cuadrado de superficie de membrana. Un caudal medio de 25 a 35 l/m<sup>2</sup>h se considera normal. Varía según el estado de las membranas y el grado de concentración de proteínas deseado y por supuesto, depende de la concentración en extracto seco del lactosuero de alimentación.

#### 11.4.2 Concentración y secado

El retenido obtenido en la ultrafiltración se pasteuriza y se evapora parcialmente como la leche desnatada. Lógicamente, hay que evitar los tratamientos térmicos que produzcan la precipitación o la insolubilización de las proteínas del lactosuero. La pasteurización a 74°C durante 18 segundos es el tratamiento máximo aconsejable. En la elección de las condiciones de tratamiento térmico es importante tener en cuenta que se debe inactivar el cuajo residual. El retenido puede concentrarse en el evaporador hasta un 40% de extracto seco e incluso más, excepto cuando el contenido proteico de este extracto seco está entre el 70-80%. En este caso, el retenido se concentra en el evaporador hasta que tenga aproximadamente el 36% de sólidos, ya que la elevada viscosidad del concentrado impide una concentración mayor.

Una vez concentrado el retenido se seca por el procedimiento spray tradicional o por un procedimiento spray en tres fases del tipo Filtermat<sup>2</sup>.

#### 11.4.3 Propiedades y usos de las proteínas del suero

##### Propiedades y usos

Las proteínas del lactosuero se llaman generalmente concentrados proteicos del lactosuero. Cuando su contenido en proteínas es del 35%, se utilizan como sustitutos de la

---

<sup>2</sup> FILTERMAT®. Muchos de los productos lácteos, alimenticios y sus ingredientes son necesarios en forma de polvo y sin embargo, algunos de ellos son difíciles de secar en spray debido a su alto contenido de hidratos de carbono, grasas y proteínas. Para facilitar su procesado, el secado FILTERMAT® se basa en una tobera de atomización a co-corriente, donde las toberas se encuentran justo debajo de una entrada de aire. La entrada de aire asegura que el producto atomizado no entre en contacto con las paredes de la cámara; si ello ocurriera, la superficie enfriada por el aire previene que se quemen los depósitos. Las partículas con alto contenido de humedad caerán hacia el fondo de la cámara que funciona como una cinta transportadora. Ver figuras en el Anexo Imágenes

leche desnatada en polvo, producto con el que guardan muchas similitudes, como por ejemplo:

- el sabor concentrado a leche, principalmente en la fracción proteica del lactosuero;
- la gran solubilidad del concentrado proteico en distintas condiciones de pH y de concentración;
- las propiedades espumantes de sus albúminas y de sus globulinas;
- sus propiedades estabilizantes, que pueden ser muy útiles en la elaboración de algunos productos como el helado.

Debido a estas propiedades, los concentrados proteicos del lactosuero se utilizan mucho para obtener un helado más untuoso, el espagueti más consistente, los productos de chacinados más ricos, las mousses más baratas, etc. También se emplean como emulsionantes en las salsas para ensaladas.

Cuando los concentrados proteicos del lactosuero contienen un 50, 60 o 75% de proteínas, se utilizan principalmente por su valor nutritivo. En comparación con otras proteínas alimentarias, las proteínas del lactosuero tienen un elevado valor biológico porque contienen muchos y una gran proporción de aminoácidos esenciales. Su coeficiente de eficacia proteica (protein efficiency ratio) es superior al de la caseína. En general, por su contenido en lisina, las proteínas del lactosuero son un buen complemento de las proteínas de los cereales. También se añaden en muchos alimentos dietéticos de baja calorías. En resumen, por sus propiedades funcionales y nutritivas, la utilización de las proteínas del lactosuero supone importantes ventajas en la elaboración de distintos productos.

### 11.5 Productos de fermentación del lactosuero

El lactosuero tiene una composición en minerales, energía y sustancias nitrogenadas que lo convierten en un excelente medio de fermentación. Si se enriquece con la adición de algunos factores nutritivos, puede servir para la producción de alcohol, levaduras, ácidos (láctico o acético) y vitaminas.

*Alcohol.* La producción de alcohol a partir del lactosuero no es muy rentable y no hay ninguna empresa que se interese. No obstante, se conoce la tecnología del proceso y su aplicación podría resultar rentable para la obtención de alcohol por fermentación de la lactosa procedente de los residuos de la ultrafiltración.

La fermentación la realiza *Kluveromyces fragilis* cuando se encuentra en las condiciones favorables para la producción de alcohol.

*Las levaduras lácticas.* La industria de producción de levaduras lácticas se encuentra principalmente en Francia. Son levaduras del género *K. fráigiles* y pueden utilizar la lactosa como fuente de energía.

El sistema de fabricación es un procedimiento continuo. En un silo de gran tamaño se mantiene el medio de cultivo en plena efervescencia. Se añaden regularmente todos los nutrientes necesarios, como el permeado de la ultrafiltración del lactosuero o de la leche, minerales y vitaminas según las necesidades. Se ajustan las condiciones deseadas de pH y temperatura y continuamente se recogen las levaduras, se filtran y secan.

*La levadura de panadería.* Aunque la melaza es la materia prima tradicional para obtener la levadura de panadería, es posible sustituirla por la lactosa del lactosuero, siempre que la lactosa sea previamente transformada en una sustancia fermentable por *Saccharomyces cervisiae*.

*Los ácidos.* Por fermentación se puede transformar la lactosa del lactosuero o la de su permeado en ácido láctico o en ácido acético. El lactato resultante es un alimento importante para las vacas lecheras, especialmente si se neutraliza con hidróxido amónico.

El ácido acético se obtiene comercialmente por fermentación de la lactosa del permeado del lactosuero. La lactosa se convierte previamente en alcohol por la acción de *K. fragilis* y el alcohol es oxidado a ácido acético o vinagre por las bacterias del género *Acetobacter*.

## 11.6 Lactosuero desmineralizado

El lactosuero es un alimento de gusto agradable, excepto por su excesivo sabor salado. Si se reduce su contenido mineral, aumentan las posibilidades de utilización del lactosuero. La reducción se puede llevar a cabo por dos sistemas: por electrodiálisis y por intercambio iónico.

*Electrodiálisis.* Durante estos últimos años, la electrodiálisis ha sido el procedimiento más utilizado para reducir el contenido mineral del lactosuero. También es una de las etapas en la producción de proteínas del lactosuero; la otra es la reducción del contenido en lactosa por cristalización. El lactosuero se concentra hasta que contenga el 20-30% de extracto seco. Este concentrado se introduce en celdas separadas por membranas semipermeables que separan los iones selectivamente, mientras dos electrodos atraen respectivamente los iones negativos y los positivos. Las celdas a través de las que circula el lactosuero están separadas por otras, por las que circula una solución salina. Esta solución de electrolito atrapa los iones negativos y positivos que forman sales. El lactosuero circula entre las celdas que contienen la solución salina y gradualmente va perdiendo sus iones en cada paso.

*Intercambio iónico.* La técnica de intercambio iónico para la desmineralización del lactosuero ofrece posibilidades muy interesantes. Requiere poca inversión inicial, pero los gastos de funcionamiento son elevados. Realmente, lo más caro son los productos utilizados para la regeneración de las resinas, porque los ácidos y los álcalis que se emplean para ello no son eficaces al 100% sino solo al 50%

### **Referencias:**

Amiot Jean. **“Ciencia y Tecnología de la Leche”**. Editorial Acribia, S.A. Editores: la fundación de tecnología Lechera de Quebec, Canada. I.S.B.N.: 84-200-0713-7. Zaragoza, España (1991)

Alais, Charles **“Ciencia de la Leche”**. Editorial Reverte. ISBN:8429118152 84-291-1815-2. Madrid, España (1985)

Madrid Vicente, Antonio Vicente **“Curso de Industrias Lácteas”**. ISBN:84-87440-82-7. Munci-Prensa Libreos S.A. Madrid, España (1996)

## **Unidad 12: HIGIENE EN LA INDUSTRIA LÁCTEA**

Universidad Nacional de San Luis Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias

Departamento: Ingeniería de Procesos

Área: Tecnología en Alimentos

Asignatura: Tecnología de los Lácteos

Carrera: Ingeniería en Alimentos – Ingeniería Química

### **ÍNDICE DE CONTENIDO**

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 12.1 Introducción a las Buenas Prácticas de Manufactura .....                               | 2  |
| 12.1.1 Organización racional: la fábrica, ventilación, instalaciones .....                  | 3  |
| 12.1.2 Condiciones para facilitar el mantenimiento higiénico. Suelos, paredes, techos. .... | 4  |
| 12.2 Técnicas y sistemas de limpieza .....                                                  | 5  |
| 12.2.1 Cepillado manual, remojado, limpieza in situ C.I.P. (cleaning in place). ....        | 5  |
| 12.2.2 Acción Física.....                                                                   | 8  |
| 12.2.3 Acción físico-química. ....                                                          | 8  |
| 12.2.4 Productos de limpieza.....                                                           | 8  |
| 12.3 Microorganismos y desinfección.....                                                    | 9  |
| 12.4 Control de insectos y roedores. ....                                                   | 10 |
| 12.5 Tratamiento de aguas residuales en las Industrias lácteas .....                        | 11 |
| 12.5.1 Tratamiento de las aguas residuales urbanas (DBO/DQO). ....                          | 12 |
| 12.5.2 Tratamiento mecánico y químico de las aguas residuales.....                          | 13 |
| 12.5.3 Tratamiento biológico aerobio de las aguas residuales.....                           | 14 |
| 12.5.3.1 La filtración biológica (biofiltración).....                                       | 14 |
| 12.5.3.2 Fangos Activados.....                                                              | 14 |
| 12.5.3.3 Espesamiento de los lodos.....                                                     | 15 |
| 12.5.3.4 Usos de los lodos. ....                                                            | 16 |
| 12.5.3.5 Inactivación de lodos por pasteurización.....                                      | 16 |
| 12.5.3.6 Digestión anaerobia de los lodos.....                                              | 16 |
| 12.5.4 Tratamiento biológico anaerobio de las aguas residuales .....                        | 17 |
| 12.5.5 Tratamiento biológico por Lagunas .....                                              | 18 |
| Referencias Bibliográficas .....                                                            | 19 |
| Anexo: Imágenes Varias .....                                                                | 20 |

## Unidad 12: HIGIENE EN LA INDUSTRIA LÁCTEA



Versión 13JUN22

### 12.1 Introducción a las Buenas Prácticas de Manufactura

De acuerdo a MERCOSUR/GMC/RES N° 80/96, reglamento técnico del MERCOSUR sobre las condiciones higiénico-sanitarias y de Buenas Prácticas de Fabricación para establecimientos elaboradores/industrializadores de Alimentos

En el capítulo III, Art. 1 - se enuncia: “aprobar el Reglamento Técnico del MERCOSUR referido a las condiciones higiénico-sanitarias y de buenas prácticas de fabricación para establecimientos elaboradores/industrializadores de alimentos, que figura como Anexo I y forma parte de la presente Resolución. Las autoridades competentes de los Estados Partes encargadas de la implementación de la presente resolución son entre otras: Argentina, Ministerio de Salud y Acción Social; Brasil, Ministerio da Saúde; Paraguay, Ministerio de la Salud Pública y Bienestar Social; Uruguay, Ministerio de Salud Pública.

Este Reglamento entiende acerca de: estructura edilicia; condiciones higiénico-sanitarias del establecimiento; higiene del personal; control del proceso de elaboración; materias primas; almacenamiento y transporte del producto final; control de plagas.

En los problemas que originan la higiene y el saneamiento de las industrias lácteas, presentan una gran influencia diversos aspectos socioeconómicos.

Los aspectos sociales son evidentes, ya que la protección de la salud pública es una preocupación constante tanto para los gobiernos como más recientemente, para las asociaciones de consumidores. Los problemas de escasez de energía y de contaminación, hacen que las industrias tengan cada vez más responsabilidades sociales.

Por otra parte están los aspectos económicos. La calidad de los productos depende mucho de las condiciones higiénicas del proceso de fabricación. El éxito comercial de una empresa se basa en esta calidad y el menor accidente o contratiempo sanitario, cuando llega al conocimiento de los consumidores, puede dañar mucho la reputación de una empresa e incluso, obligarle a cesar en sus actividades. Desde un punto de vista económico también hay que considerar los gastos de energía, agua, mano de obra y control de contaminación que se suman a los de los productos de limpieza y desinfección. El conjunto de todos estos gastos supone un importante costo económico para la industria láctea.

Cada vez es más evidente la necesidad de una buena gestión de esta actividad empresarial. El equipo de dirección de una industria lechera, no debe nunca considerar los gastos derivados de la higiene como improductivos. El mantenimiento, la limpieza y la desinfección son operaciones de producción que deben ser consideradas con la misma prioridad que la eficacia, técnica y controles frecuentes. Siempre resultará muy rentable

dedicar la máxima atención a las operaciones mencionadas. La política de la empresa debe hacerse extensiva al conjunto de los empleados, ya que de su concientización dependerá en gran parte el éxito industrial.

En la actualidad las exigencias del mercado y la de los consumidores, hacen que sea imprescindible la adopción de sistemas de gestión de la seguridad alimentaria. La experiencia demuestra que, a pesar de ser ley desde finales de los ´60, se debe continuar insistiendo con la Buenas Prácticas de Fabricación (BPM) y con el aseguramiento de procedimientos estandarizados de saneamiento. Ambos, más el desarrollo del Análisis de Peligros por Control de Puntos Críticos, más conocido por sus siglas desde ingles HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), constituyen los prerequisites para gestionar la seguridad e inocuidad de los alimentos como por ejemplo lo contempla la norma ISO 22000. Norma que integra la responsabilidad de generar productos inocuos en todos los niveles de la cadena de suministros alimentarios.

Recientemente, por resolución del Senasa N° 205/2014 publicada en el Boletín Oficial de la República Argentina el 20/05/2014, obliga la implementación del sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP por sus siglas en inglés) en todos los establecimientos alcanzados por la jurisdicción de ese organismo.

La resolución modifica el Capítulo XXXI del Decreto 4238/1968 cuyo título queda sustituido por el siguiente: "Buenas Practicas de Fabricación (BPF), Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) y Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC)". Se otorga un plazo de 180 o 365 días para la adecuación, dependiendo del tipo de alimento, enunciando: .....***"Todos los establecimientos donde se faenen animales, elaboren, fraccionen y/o depositen alimentos están obligados a desarrollar, implementar y llevar adelante un Plan de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC). Conocido internacionalmente como HACCP por sus siglas en inglés, Hazard Analysis and Critical Control Points"....***

#### 12.1.1 Organización racional: la fábrica, ventilación, instalaciones

##### .- La Fábrica.

En la actualidad, los requisitos que debe reunir una fábrica, son los mismos esté en un medio rural o urbano. En cualquier caso, sus alrededores siempre deben mantenerse limpios, despejados y sin desperdicios. Especialmente, los contenedores de basuras tienen que mantenerse protegidos del sol, de los pájaros y de los roedores y deben vaciarse con frecuencia.

##### .- Ventilación.

La contaminación a través del aire no suele considerarse importante, sin embargo puede tener efectos determinantes sobre ciertos procesos. Por ejemplo, se debe controlar la atmósfera en las salas de fermentos y de envasado o en las cámaras de maduración del queso.

Las medidas a tomar dependen de la naturaleza del riesgo que presenta cada zona de trabajo. Algunas zonas son fuentes de contaminación y deben estar aisladas y bajo presión negativa con evacuación del aire hacia el exterior mediante un sistema con filtros y ciclones. Por el contrario, hay otras áreas de fácil contaminación que deben mantenerse a una presión positiva con aire filtrado descontaminado.

En la medida de lo posible, deben evitarse las corrientes de aire y también las cámaras de aire originadas por cualquier abertura hacia el exterior o por las salas que precisan atmósferas individuales aisladas. Los conductos de ventilación de refrigeración pueden ser

una importante fuente de contaminación y hay que cambiar los filtros regularmente y limpiar los conductos con frecuencia utilizando un bactericida en spray.

.- Disposición de las instalaciones

Los problemas que se presentan son diferentes según se trate de la construcción de una nueva planta o del acondicionamiento de instalaciones ya existentes. El aspecto más problemático son las necesidades opuestas que frecuentemente tienen la producción y la higiene; la productividad requiere que las distintas áreas de trabajo estén muy próximas entre sí, mientras que la higiene obliga a su separación y aislamiento.

En una industria hay que distinguir entre varias zonas con distintos grados de riesgo microbiológico:

.- las fuentes de contaminación.

Humanas (despachos, servicios, vestuarios, muelles de recepción de leche;  
Del Proceso (Leche en polvo, almacenamiento de materias primas y de productos terminados, recepción de la leche).

.- las áreas de bajo riesgo.

Debido a que los productos no están en contacto con el aire (salas de pasterización, desnatado, evaporación, etc.);  
O bien porque el producto es relativamente estable en esa fase (envasado de manteca, queso, etc.).

.- las zonas críticas.

Salas de fermentos, zona de cuajado, salas utilizadas para el fraccionado de la leche fresca, etc.)

Lógicamente, hay que evitar la comunicación entre los riesgos del primer y tercer ítem.

En general, el acceso a las zonas críticas deberá estar restringido a un pequeño número de operadores que tendrán que respetar determinadas reglas de descontaminación antes de entrar en las salas: desinfección de las manos, entradas a través de un baño antiséptico, etc.

Entre las causas de contaminación más frecuentes se pueden señalar los almacenes sobrecargados, los auto-elevadores y las tarimas.

Las medidas preventivas pueden resumirse en las siguientes: mantener limpias las áreas de almacenamiento; restringir la circulación del personal y del equipo móvil; eliminar rápidamente los desechos; limitar el acceso a las zonas críticas; mantener limpios los servicios; etc.

Hay muchas normas que se refieren a: tipos de materiales de construcción que pueden utilizarse; la protección de los circuitos eléctricos; construcción de drenajes y desagües, etc. En la reglamentación de cada país se contempla la normativa que hay que aplicar en cada uno de los principales aspectos sanitarios.

#### 12.1.2 Condiciones para facilitar el mantenimiento higiénico. Suelos, paredes, techos.

Las condiciones higiénicas son difíciles de conseguir. Hay que comenzar por construir tanto los edificios como el equipamiento que estará en contacto con las materias primas y con los productos terminados, de acuerdo con las normas de higiene. También hay que tener en cuenta el exterior de los edificios, ya que el entorno puede afectar las condiciones higiénicas del interior. Por ejemplo, si un ventilador toma el aire exterior sobre un solar que no está pavimentado, ¿qué ocurrirá cuando sople viento o cuando pasen por allí los transportes?

#### .- Suelos

Los suelos deben tener una pendiente suficiente para asegurar un rápido drenaje y tienen que ser de un material liso pero antideslizante. Las máquinas deben estar instaladas sobre soportes sólidos y elevados para permitir su limpieza y la del pavimento sobre el que reposan. Todos los rincones tienen que ser accesibles para realizar las operaciones de limpieza.

Los suelos de cemento son los más extendidos pero para las plantas lecheras no son suficientemente resistentes. Las baldosas de cerámica se utilizan mucho y son muy higiénicas porque, en general, son más resistentes a los productos químicos.

Como se utiliza una gran cantidad de agua, los suelos de una industria láctea tienen que estar absolutamente integrados con las paredes hasta una altura de 9 – 14 cm; este gasto adicional se compensa con una mayor facilidad para el mantenimiento sanitarios.

La mayor parte de los fabricantes de productos de limpieza ofrecen un detergente para los suelos especialmente formulados para las necesidades industriales. La eliminación de grasas se realiza con un desengrasante eficaz, por ejemplo, un detergente alcalino fuerte con buenas propiedades emulsionantes.

#### .- Paredes

Generalmente las paredes interiores se recubren de baldosas de cerámica y se limpian fácilmente utilizando un detergente que se aplica mediante un aparato a baja presión.

En los locales húmedos, las paredes pintadas son la fuente de numerosos problemas producidos por el crecimiento de mohos y levaduras. Como medida preventiva hay que tratarlas con un detergente antifúngico y utilizar también una pintura anti-moho

#### .- Techos

En las fábricas es muy frecuente encontrar una gran cantidad de tubos, tuberías y cables suspendidos del techo. Esto causa muchos problemas de mantenimiento. En la medida de lo posible, hay que instalar cielos rasos o cámaras herméticas para hacer pasar estos accesorios. De esta manera, su mantenimiento se simplifica mucho, los riesgos de contaminación se reducen y se mejoran notablemente las condiciones higiénicas en general.

Las estructuras superpuestas se deben descontaminar y limpiar regularmente para eliminar el polvo acumulado. Los conductos tienen que estar aislados con un material no poroso y de fácil limpieza. También es importante evitar los puntos de condensación.

Los techos se descuidan con mucha frecuencia, bien porque son muy altos o bien porque es imposible limpiarlos cuando la fábrica está en producción. Por lo tanto, deben limpiarse, por ejemplo, durante las vacaciones anuales o los periodos de menor producción, cuando se repara el equipo y se reacondicionan los locales.

Los techos tienen que ser lisos, fácilmente accesibles, no porosos y lavables. No deben tener cavidades ni recovecos en donde puedan crecer las bacterias ni agujeros por los que puedan entrar insectos como las moscas, o incluso roedores

## 12.2 Técnicas y sistemas de limpieza

### 12.2.1 Cepillado manual, remojado, limpieza in situ C.I.P. (cleaning in place).

Es importante distinguir entre limpieza y desinfección: la limpieza consiste en eliminar los residuos orgánicos y minerales inertes, mientras que la desinfección consiste en destruir los microorganismos después de la limpieza. La elección y la concentración del detergente, así como los métodos de limpieza, dependerán de la naturaleza de los residuos sobre las superficies a limpiar y de la superficie misma. Los componentes de la leche son diferentes desde el punto de vista de su solubilidad y resistencia a los productos químicos.

La tabla 12-1 es un resumen de sus características.

| Tabla 12-1              |                                                                      | Características de los diferentes residuos alimentarios |                                                                            |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Naturaleza del depósito | Solubilidad                                                          | Facilidad de eliminación                                | Cambios provocados calentando una superficie sucia                         |
| Azúcares                | - Solubles en agua                                                   | Fáciles                                                 | Caramelización, más difícil de limpiar                                     |
| Materia grasa           | - Insolubles en el agua<br>- Dispersables en álcali                  | Difíciles                                               | Polimerización, más difícil de limpiar                                     |
| Proteínas               | - Insolubles en agua<br>- Solubles en ácido<br>- Solubles en álcalis | Muy difíciles                                           | Desnaturalización, mucho más difíciles de limpiar                          |
| Sales                   |                                                                      |                                                         |                                                                            |
| - monovalentes          | - Solubles en agua<br>- Solubles en ácido                            | Fáciles a difíciles                                     | Interacción con los otros componentes, se vuelven más difíciles de limpiar |
| - polivalentes          | - Insolubles en agua<br>- Solubles en ácido                          |                                                         |                                                                            |

La secuencia habitual de las operaciones de limpieza es la siguiente:

- 0) Eliminación de todo lo posible en seco;
- 1) pre-enjuague con agua fría o tibia con una manguera;
- 2) cepillado con una solución detergente ligeramente alcalina o ácida, según los casos;
- 3) enjuague con agua potable, tibia o fría;
- 4) desinfección con el producto apropiado, enjuague con agua potable antes de la utilización, excepto en algunos casos específicos.

#### - Cepillado

El cepillado es el método más antiguo y el más eficaz, siempre que se pueda acceder fácilmente a todos los rincones que se deben limpiar y que se tenga el tiempo necesario para ello. La utilización de cepillos o rascadores metálicos está totalmente prohibida en la industria alimentaria.

#### - Remojado

Algunas veces para lavar el equipo, resulta más cómodo, remojarlo directamente en soluciones detergentes. Es importante que estas soluciones se agiten intensamente. Este método se utiliza mucho para limpiar los platillos de las desnatadoras. Se pueden conseguir una buena agitación de la solución detergente mediante diversos sistemas (aire comprimido, recirculación)

#### - Limpieza in situ (Cleaning in place, CIP)

Esta técnica se utiliza en las instalaciones fijas, incluyendo muchas tuberías y tanques que prácticamente no se pueden limpiar por otros métodos.

Las condiciones de limpieza varían mucho de una instalación a otra. Como es necesario un tratamiento particular para cada caso, solamente podemos mencionar algunos principios básicos.

Los tanque, tuberías, transportadores, etc., pueden limpiarse en circuito cerrado.

Características del sistema (ver figura 12-2)

El caudal de la bomba de lavado debe asegurar una velocidad de circulación de 1.5 m/s. A una velocidad mayor puede haber puntos muertos, mientras que a menor velocidad la acción limpiadora es insuficiente.

Cuando se utiliza una bola aspersora, hay que asegurarse de que la superficie está cubierta de detergente y que la acción limpiadora es suficiente.

Cuando se utiliza un sistema CIP, hay que tomar las siguientes precauciones:

- preferiblemente, disponer de un sistema diseñado para permitir la circulación intermitente y a presión (burst-wash)
- controlar que el flujo de lavado asegure una velocidad de circulación óptima.
- mantener la presión de lavado como mínimo en 60 psi (4 Kg/cm<sup>2</sup>).
- los cabezales de las bombas a engranaje (lobulares), deben desmontarse siempre antes de lavar en circuito cerrado
- si se utilizan los productos adecuados, generalmente es inútil sobrepasar los 70°C de temperatura en un lavado alcalino y los 60°C en una desincrustación ácida.
- vigilar la concentración y el estado de limpieza de las soluciones reutilizadas (instalación de filtros o tanque de clarificación)
- comprobar que no existen puntos muertos en los circuitos y que las bolas aspersoras no estén atoradas

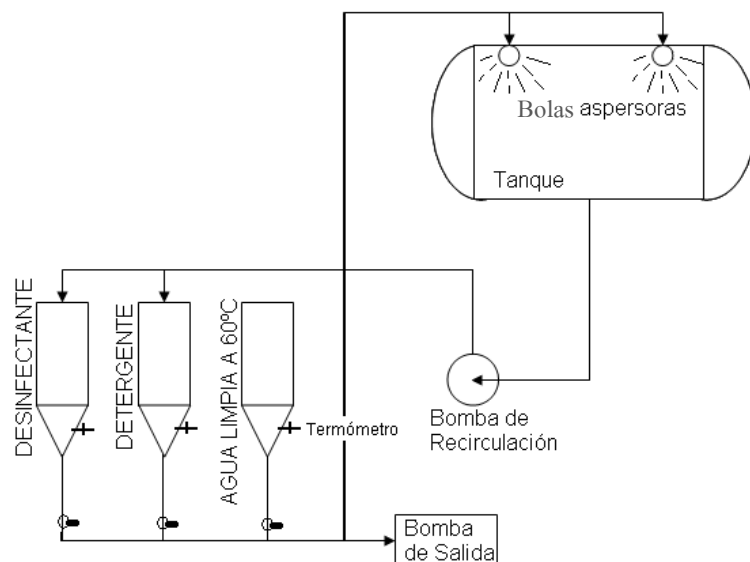


Figura 12-2 Elementos de un sistema de limpieza "in situ" CIP

Las elecciones principales a realizar, en lo que se refiere al sistema, son las siguientes:

- circuito múltiple. Permiten una gran flexibilidad de funcionamiento, ya que se puede disponer de cada circuito cuando se necesite y se pueden ajustar las condiciones de trabajo según la naturaleza de los residuos y el grado de suciedad.

- circuito centralizado. Se justifican aplicarlos y automatizar, en aquellos circuitos de gran volumen o que se ensucian mucho.

- circuitos que utilizan una solución desechable o una solución recuperable. Para lavar los circuitos muy sucios puede utilizarse en el prelavado una solución reciclada de una operación anterior. Esta solución seguidamente se elimina, por lo que en realidad se trata de un semi-reciclaje. Los inconvenientes de recuperar parte de la solución, es que: no se pueden utilizar soluciones inestables; siempre se pierde una parte de la solución en el momento del lavado; las soluciones deben controlarse de cerca; es difícil decidir el momento en el que se debe sustituir la solución.

- automatización de las secuencias. Los sistemas más simples exigen de la intervención de un operador en todas las etapas del lavado (controla las bombas y las válvulas, prepara y

verifica la concentración de las soluciones, etc). Dado el elevado costo de la mano de obra, para asegurar la regularidad en la aplicación del procedimiento, es rentable introducir una cierta automatización del trabajo. La automatización en todas estas fases del proceso resulta muy ventajosas si se pudieran realizar sin las limitaciones técnicas de la fiabilidad de los sistemas automatizados (duración de los ciclos de limpieza, pH, conductividad, inductancia, inyectores proporcionales, etc.).

- recuperación térmica. Cuando se utiliza un evaporador en la línea de producción, el agua de condensación debe recuperarse y utilizarse para los lavados; la calidad del agua es mejor y se ahorra energía

- productos preparados o adicionados. A los efectos de minimizar la intervención del operador y dependiendo de los costos, es preferible utilizar soluciones que ya sean formuladas desde el proveedor.

#### 12.2.2 Acción Física.

Para que el lavado pueda arrastrar las partículas grasas sólidas, es necesario trabajar a una temperatura superior a su punto de fusión. Si está demasiado caliente, el agua puede coagular las proteínas y polimerizarlas haciendo su eliminación muy difícil. Considerar evitar el derroche de agua caliente porque los gastos de energía de la operación de limpieza, a veces son más elevados que los gastos en detergentes.

#### 12.2.3 Acción físico-química.

Desde un punto de vista químico, el depósito atacado por el detergente se descompone en sub-productos, total o parcialmente solubles, que pueden eliminarse fácilmente.

La acción del detergente se lleva a cabo de la siguiente manera: cuando los agentes humectantes o tensoactivos se utilizan para reducir la tensión superficial, los detergentes penetran en el depósito, lo separan de la superficie y facilitan la dispersión.

#### 12.2.4 Productos de limpieza.

Desde el CAA, en el Capítulo II – en su apartado N°5, se enuncia el título “ESTABLECIMIENTO: REQUISITOS DE HIGIENE (SANEAMIENTO DE LOS ESTABLECIMIENTOS). 5.2. LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN, donde:

5.2.1. Todos los productos de limpieza y desinfección, deben ser aprobados previamente a su uso por el control de la empresa, identificados y guardados en lugar adecuado fuera de las áreas de manipulación de alimentos. Además deberán ser autorizados por los organismos competentes (SENASA).

5.2.2. Para impedir la contaminación de los alimentos, toda zona de manipulación de alimentos, los equipos y utensilios deberán limpiarse con la frecuencia necesaria y desinfectarse siempre que las circunstancias así lo exijan.

Se deberá disponer de recipientes adecuados en número y capacidad para verter los desechos o materias no comestibles.

5.2.3. Deberán tomarse precauciones adecuadas para impedir la contaminación de los alimentos cuando las salas, los equipos y los utensilios se limpien o desinfecten con agua y detergente o con desinfectantes o soluciones de éstos.

Los detergentes y desinfectantes deben ser convenientes para el fin perseguido y deben ser aprobados por el organismo oficial competente. Los residuos de estos agentes que queden en una superficie susceptible de entrar en contacto con alimentos deben eliminarse mediante un lavado minucioso.....

.- Productos alcalinos fuertes para el lavado por remojado o por circulación. Las fórmulas de estos productos son a base de fosfato trisódico o de  $\text{OHNa}$  o  $\text{OHK}$ , y contienen también tripolifosfatos (secuestrantes), silicatos (inhibidores de la corrosión), carbonatos (alcalinos suaves), sulfato sódico (diluyente sólido inerte). Estos productos alcalinos fuertes son corrosivos para los metales ligeros y si contienen más del 10% de soda cáustica, pueden ennegrecer el acero inoxidable cuando la temperatura de utilización sobrepasa los  $85^{\circ}\text{C}$ .

.- Desincrustantes ácidos. Se pueden utilizar los ácidos fosfórico, nítrico (con reservas) y sulfámico sobre el acero inoxidable. Por el contrario, los ácidos sulfúrico y clorhídrico y los ácidos en general, no deben utilizarse para residuos que contengan grandes cantidades de cloro. El plástico, la goma, el vidrio, el níquel, las aleaciones de cobre y el acero blando se pueden limpiar con los ácidos, pero no así la cerámica, el aluminio, el acero galvanizado y el estaño.

.- Detergentes orgánicos. Todos los detergentes orgánicos tienen una propiedad común. Su fórmula química es una larga cadena de hidrocarburos hidrófobos, que no retiene el agua sino la suciedad y un grupo más pequeño de átomos hidrófilos fuertemente atraídos por el agua. La característica más importante de estos detergentes es que reducen considerablemente la tensión superficial de las soluciones de lavado.

La separación inicial de los depósitos del sustrato está favorecida por los agentes surfactantes activos que contiene la solución detergente; ellos se absorben simultáneamente por la suciedad y por el sustrato, lo que tiene el efecto de disminuir la tensión interfacial. Luego la dispersión de la suciedad en la solución detergente es la separación de la superficie a limpiar, y que será eliminada en la solución efluente.

.- Detergente catiónicos. La parte activa de la molécula es positiva. Los detergentes catiónicos son principalmente productos a base de amonio cuaternario, que tiene una buena actividad surfactante y propiedades bactericidas y fungicidas.

.- Detergentes no iónicos. Un detergente no iónico típico está constituido por una cadena hidrocarbonada con muchos grupos polares. Sus principales características son las siguientes: escasa toxicidad; compatibilidad con los aniónicos o catiónicos; son biodegradables; muy eficaces como agentes surfactantes; compatibles con los ácidos relativamente fuertes; estabilidad en medio alcalino; poca formación de espuma con la misma eficacia que los agentes iónicos.

.- Productos secuestrantes. Para minimizar los efectos de la dureza, que inactiva muchos detergentes, hay que añadir acondicionadores de agua a las soluciones detergentes. Estos productos químicos se combinan con el calcio y el magnesio y los solubilizan para evitar la formación de depósitos sobre las superficies y potenciar la fuerza limpiadora del detergente. Estos productos son polifosfatos sódicos o sales del ácido etilén diamino tetracético (EDTA).

### 12.3 Microorganismos y desinfección.

Los microorganismos tienen una enorme importancia en la industria alimenticia. Muchos son indeseables porque pueden alterar la calidad de los alimentos y algunas especies son claramente peligrosas porque secretan toxinas o provocan enfermedades que pueden afectar seriamente a los consumidores.

Las industrias lácteas son particularmente vulnerables a la contaminación bacteriana, la alteración de los productos es el efecto más evidente en esta contaminación y se traduce por pérdidas financieras importantes.

La protección de la salud pública también debe ser una preocupación de primer orden, ya que algunos microorganismos son muy virulentos y patógenos. La producción masiva en las industrias y la distribución de los productos lácteos contaminados, puede tener una enorme importancia social.

Los desinfectantes químicos son agentes preventivos muy efectivos en los sistemas de lavado. Sin embargo, la conservación de la planta en buen estado, sigue siendo un factor indispensable para mantener el nivel de contaminación en los límites aceptables para la protección de la salud pública.

Los microorganismos responsables de las patologías alimentarias es la menor parte de la microflora. Los gérmenes patógenos pueden proceder de los animales, del aire o del entorno. Sin embargo, el hombre es con mucha frecuencia, la fuente más importante de contaminación.

- *Estafilococos* (intoxicación). Estas bacterias son organismos aerobios facultativos que secretan toxinas. Son gérmenes no esporulados pero que pueden sobrevivir durante muchos meses en los alimentos. Son causantes de pústulas (botones), forúnculos, etc.. Los principales vectores son las manos y los cabellos sucios del personal.

- *Salmonellas* (infección). Estos microorganismos son bacterias aerobias que tienen forma de bacilos. Entre ellas hay algunas muy virulentas (*typhoide*), que no forman esporas ni toxinas. Existen más de 1500 serotipos. Estas bacterias se encuentran en los desagües y las aguas contaminadas. Las personas afectadas por salmonelosis (infección causada por salmonellas) padecen dolores abdominales, diarreas, náuseas, vómitos, fiebre, debilidad, dolores de cabeza, desmayos y deshidratación.

- *Bacillus cereus* (intoxicación). La intoxicación causada por esta bacteria es frecuente pero poco peligrosa. Hay dos tipos de intoxicación: del tipo 1, cuyos síntomas son náuseas, calambres y diarrea, que aparecen entre las 8 y 16 horas de la ingestión de los alimentos contaminados; y del tipo 2 que produce náuseas y vómitos y se desencadena entre 1 y 6 horas después de la ingestión de los alimentos contaminados.

Esta bacteria está muy extendida, pero principalmente se encuentra en el polvo, la sal y los cereales.

- Las bacterias Gram-, cuya membrana celular tiene un bajo contenido lipídico, son mucho más fáciles de destruir que las Gram+, con una membrana celular rica en fosfolípidos.

- Las levaduras son microorganismos unicelulares que se reproducen sexualmente o por gemación asexual. Tienen mucha más importancia por producir la alteración de los productos que por los riesgos de infección que supone.

Los hongos son microorganismos mucho más complejos que se reproducen de diversas formas, pero la más frecuente es la formación de una gran cantidad de esporas. Por lo tanto, son difíciles de destruir y una contaminación masiva por mohos es siempre un problema complicado de resolver.

## 12.4 Control de insectos y roedores.

La eliminación de los insectos y de los roedores de una industria láctea es una tarea exigente y continua, que puede llevarse a cabo con éxito si se siguen tres normas generales:

- impedir el acceso de estos parásitos al edificio (puertas bien ajustadas, aberturas selladas, instalación de cortinas de aire, mosquiteras en buen estado, etc.)
- eliminar los refugios y las fuentes de alimentos (limpieza en el interior y exterior de la fábrica),
- destruir continua y rápidamente cualquier insecto.

Para controlar los insectos y roedores pueden tomarse las siguientes medidas: eliminar los puntos de entrada; utilizar ceptos o venenos y utilizar insecticidas sólidos o en spray.

Normalmente se utilizan servicios profesionales de exterminación, pero antes, hay que asegurarse de que se conocen en profundidad los métodos de control y los productos que están permitidos en la industria láctea, y del tercero vigilará periódicamente la fábrica.

## 12.5 Tratamiento de aguas residuales en las Industrias lácteas

Anualmente, alrededor de 450 000 km<sup>3</sup> de agua de los mares y océanos son evaporados por el sol. El 90% de esta cifra, es decir unos 410 000 km<sup>3</sup>, vuelven nuevamente a su origen en forma de precipitaciones, mientras que el resto (40 000 km<sup>3</sup>) son arrastrado hacia las capas atmosféricas situadas sobre la tierra donde se une con el agua evaporadas de ríos, lagos, bosques, etc., llegando a alcanzar un volumen de 115 000 km<sup>3</sup>, que a su vez caen en forma de lluvia y nieve. 40 000 km<sup>3</sup> vuelven a los océanos y mares por las desembocaduras de los ríos completando así el ciclo.

Normalmente, hablamos de agua “usada” o “consumida” cuando en verdad estos términos no son correctos. El agua se podrá evaporar, mezclarse con sustancias de desecho y contaminarse, etc.... pero la cantidad total disponible es siempre la misma, aunque esté en forma de vapor en las nubes, o unida a compuestos químicos, etc.

Este concepto es importante tenerlo claro cuando se habla de aguas residuales. En este caso no estamos “gastando” el agua, la estamos “contaminando” lo que es casi tan grave como lo primero.

Todos los seres vivos eliminan como resultado de su metabolismo vital, una serie de desechos que van a parar al aire, al agua o a la atmósfera y que, por un proceso natural de degradación (ataque por microorganismos que están presentes en todas partes), son descompuestos y transformados manteniéndose así el equilibrio biológico en nuestro planeta.

Desgraciadamente, ese equilibrio ha ido rompiéndose lentamente durante los últimos siglos con la aparición de industrias, automóviles, concentraciones de productos químicos tóxicos, etc, hasta el punto que actualmente, la situación es alarmante.

Desde hace ya muchas décadas no se puede esperar que el fenómeno de purificación natural acabe con todos los contaminantes que producimos. Es necesario recurrir a sistemas “acelerados” de tratamiento de las aguas residuales.

En los países industriales los problemas de contaminación de las aguas se presentan muy agudamente.

En un principio el estudio más exhaustivo de tratamiento de agua se enfocó a los procedentes de zonas urbanas. Hoy en día, ya existen estudios dedicados a las aguas residuales industriales.

Desde el punto de vista del tratamiento de las aguas residuales de una industria láctea, la leche es un líquido que tiene una composición media de 3.5% de proteínas, 3.4% de grasa, 5% de lactosa, 0.7 de sales minerales y 87.4% de agua.

Otro líquido muy importante en las industrias lácteas es el suero, subproducto resultante de la fabricación de queso y manteca. Como vimos anteriormente, es un líquido con un 93.5% de agua, 4.8-5.0% de lactosa y pequeñas cantidades de proteínas (0.6%) y sales minerales (0.5-0.8%). El suero no se debe arrojar por el desagüe ya que debido a su contenido en lactosa, es un producto muy contaminante ( $DBO_5 \approx 40\,000$  ppm).

Como vemos la leche es rica en materias orgánicas con una alta demanda de oxígeno. Una leche con el 3.5% de grasa tiene una  $DBO_5 \approx 100\,000$  ppm. Si se trata de leche desnatada su  $DBO_5$  es aproximadamente de 70 000 ppm. La nata con un 40% de grasa tiene una  $DBO_5$  de 400 000 ppm.

Las aguas residuales de las industrias lácteas pueden ser clasificadas básicamente en tres calidades:

.- Aguas de procesos de enfriamiento, calentamiento y refrigeración. Esta agua circula por tuberías y aparatos sin entrar en contacto directo con los productos. Por ello su contaminación es mínima. Se deben volver a reutilizar para disminuir el consumo de agua de la industria, así como el consumo energético. Normalmente, el consumo de agua en una

industria láctea puede ser 2.5 m<sup>3</sup> por tonelada de producto. Prestando atención a los sistemas de ahorro, se puede llegar a un consumo de 1 m<sup>3</sup> por cada tonelada de producto.

- Aguas sanitarias procedentes de lavados, retretes, cocinas, etc. que se envían a la planta de tratamiento de aguas residuales o al sistema municipal.

- Aguas industriales procedentes del lavado de depósitos, de máquinas con soluciones de limpieza, etc., por lo que llevan residuos de productos (leche, suero, etc.).

En una industria láctea las pérdidas de producto pueden oscilar entre el 1 y 5%, que va en su mayoría a parar a las aguas residuales. Los productos lácteos ácidos son más viscosos y se pegan más a las paredes y tuberías, por lo que las pérdidas son mayores y la contaminación de las aguas también aumenta.

Con objeto de reducir al máximo la contaminación de una industria láctea, se pueden dar varias recomendaciones:

- hacer un buen vaciado de los depósitos de leche, para evitar el arrastre posterior de la leche con las aguas de lavado del tanque.

- identificar correctamente todas las tuberías a los efecto de minimizar equívocos al momento de habilitar líneas de procesos y lavados de instalaciones.

- las tuberías deben tener una ligera inclinación para conseguir un buen drenaje.

- los depósitos deben tener un control automático de nivel para evitar que rebalsen y pierdan producto.

- cuando los suelos se mantienen secos, se detectan mejor las pérdidas.

- en las fábricas de queso se aconseja aprovechar el suero como vimos anteriormente. Los granos de cuajada que se recogen del suelo no se deben tirar con las aguas residuales, ya que se pueden emplear tal cual como alimento para ganado.

- la grasa se suele pegar mucho a las paredes de los depósitos, máquinas y tuberías, por ello en las instalaciones de elaboración de manteca, nata y otros productos grasos, se recomienda quitar esta grasa y tratarla a parte, sin llevarla a la planta de tratamiento de aguas residuales.

- en las plantas donde se elabora leche o suero en polvo, se deben evitar sobrecalentamientos del producto en los evaporadores. En todo caso, el producto quemado que se recoja se debe separar y utilizarlo en alimentación animal. Las aguas de condensados se deben reutilizar. La leche en polvo que se recoge del suelo y equipos también se debe disponer como alimento para animales.

- en las líneas de embotellado y envasado de leche y productos lácteos, se debe disponer de sistemas de drenaje que conduzcan el producto a un depósito. El contenido de los envases estropeados también se debe verter en ese depósito, y como otras veces, destinarlo a nutrición animal.

Veamos en primer lugar y de forma rápida el tratamiento de aguas municipales ya que nos servirá de introducción.

#### 12.5.1 Tratamiento de las aguas residuales urbanas (DBO/DQO).

Esta agua suelen ser de una composición bastante uniforme en todo el mundo y contienen bastantes sustancias orgánicas.

Cuando se plantea una planta de tratamiento hay que tener en cuenta:

- 1.- Volumen de aguas residuales que se reciben diariamente. Esto determinará las dimensiones generales de la instalación.

- 2.- Demanda biológica de Oxígeno que nos sirve para prever la magnitud del tratamiento biológico. La demanda Biológica de Oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno que se necesitaría los primeros cinco días para descomponer la carga residual del agua

contaminada, a 20°C, bajo acción biológica aeróbica. Se suele dar en mg de O<sub>2</sub> por litro, o más bien en ppm.

Otra forma de medida es el DBO siete días. La relación existente entre ambos datos en aguas de origen municipal es  $DBO_7 \approx 1.15 DBO_5$ .

3.- Otro concepto importante es la Demanda Química de Oxígeno (DQO) que indica la cantidad de contaminantes en el agua residual que puede ser oxidada químicamente. Los agentes químicos que se utilizan en este proceso de oxidación son soluciones ácidas fuertes tales como el dicromato potásico o el permanganato potásico a altas temperaturas.

El consumo de estos productos químicos está en relación directa con el contenido en sustancias orgánicas de las aguas residuales, pudiendo también referirse a la cantidad correspondiente de oxígeno. Se expresa en mg O<sub>2</sub>/litro o ppm. La relación DQO/DBO nos da una idea de la biodegradabilidad de los efluentes. Para valores de DQO/DBO < 2, estamos ante sustancias fácilmente biodegradables. Para valores de DQO/DBO > 2 las sustancias ya nos son fácilmente biodegradables.

La federación internacional de lechería, ha indicado que las aguas residuales de industrias lácteas (leche, queso, manteca) tienen una relación DQO/DBO<sub>5</sub> de aproximadamente 1.45, mientras que las industrias lácteas de fabricación de leche en polvo, suero en polvo, lactosa o caseína, tienen una relación DQO/DBO<sub>5</sub> de 2.15 de media.

La cantidad de impurezas sólidas. Determinan el tamaño de la planta de separación de lodos.

Hay varias fases en tratamiento de aguas residuales:

- A. Purificación mecánica
- B. Purificación biológica
- C. Tratamiento químico
- D. Tratamiento de los lodos.

La purificación mecánica se realiza haciendo pasar las aguas residuales por una serie de tamizados y decantaciones que consiguen separar hasta un 30-35 % de las impurezas presentes.

En los tanques de decantación hay lodos más pesados que el agua y que van al fondo y otros más ligeros que flotan. Ambos son eliminados.

Las aguas residuales ya más libres de impurezas pasan a la siguiente etapa: el tratamiento biológico, que puede hacerse por dos sistemas:

- B.1 Filtración biológica
- B.2 Lodos Activados
- B.3 Digestión Anaeróbica

En todos los casos se trata de descomponer la materia orgánica por la acción de microorganismos (bacterias principalmente) como ocurre de forma natural en los ríos, lagos, etc.

#### 12.5.2 Tratamiento mecánico y químico de las aguas residuales.

El tratamiento mecánico de las aguas residuales se emplea para la separación de partículas en suspensión, arena, plásticos, residuos orgánicos de ciertas dimensiones, etc.

En primer lugar se dispone de tamices que retienen las impurezas groseras como plásticos, bolsas, residuos orgánicos, etc.

Con este sistema se puede conseguir una reducción de la DBO del agua residual de hasta un 50%.

En el tratamiento químico, se adicionan productos a las aguas residuales para eliminar el fósforo presente en forma de fosfatos. Estos fosfatos, como ya se ha dicho, proceden de las soluciones de limpieza (detergentes), de los excrementos humanos y de los residuos orgánicos.

Con floculante a base de hierro y aluminio se puede conseguir la precipitación de la mayor parte de fósforo presente. Se realiza la operación en depósitos de floculación donde se añaden los floculantes, se agita el contenido y se producen precipitaciones de fósforo insolubles que van a parar al fondo del depósito.

### 12.5.3 Tratamiento biológico aerobio de las aguas residuales

Los procesos aeróbicos se pueden dividir en dos grandes grupos, los que soportan un cultivo de microorganismos fijado a un soporte (biofiltración) y en los que la microflora se encuentra en suspensión (fangos activados).

#### 12.5.3.1 La filtración biológica (biofiltración)

Se lleva a cabo en unos depósitos de 2.5 metros de altura donde se colocan capas porosas (piedras, rellenos sintéticos, cintas plásticas). El agua a tratar, en forma descendente, se vierte sobre una superficie en donde se desarrollan microorganismos anaerobios, facultativos y aerobios. Estos biodegradan la materia orgánica contaminante. El diseño del biofiltro contempla que se manifieste una contracorriente natural o forzada de aire para mantener los procesos biológicos activos. Se trata pues de un proceso aeróbico en el que por roturas de esos compuestos orgánicos se producen  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , nitratos, sulfatos, etc.

Allí se forma una especie de fango que se envía a tanques de decantación separándose los lodos en forma de flóculos o grumos.

#### 12.5.3.2 Fangos Activados

El proceso de los lodos activados para el tratamiento de aguas residuales, está basado en proporcionar un contacto íntimo entre estas y lodos biológicamente activos. Los lodos se desarrollan inicialmente por una aireación prolongada bajo condiciones que favorecen el crecimiento de organismos que tienen la habilidad especial de oxidar materia orgánica. Cuando los lodos que contienen estos organismos entran en contacto con las aguas residuales, los materiales orgánicos se oxidan, y las partículas en suspensión y los coloides tienden a coagularse y formar un precipitado que se sedimenta con bastante rapidez. Es necesario un control de operación muy elevado para asegurar que se tenga una fuente suficiente de oxígeno, que exista un contacto íntimo y un mezclado continuo de las aguas contaminadas y de los lodos, y que la relación del volumen de los lodos activados agregados al volumen de aguas que están bajo tratamiento, se mantenga prácticamente constante.

**Funcionamiento.** En el proceso de lodos activados los microorganismos son completamente mezclados con la materia orgánica en el agua residual de manera que ésta les sirve de alimento para su desarrollo. Es importante indicar que la mezcla o agitación se efectúa por medios mecánicos (aeradores superficiales, aeradores de profundidad, sopladores, membranas, eyectores, etc.) los cuales tienen doble función: producir mezcla completa y agregar oxígeno al medio para que el proceso se desarrolle.

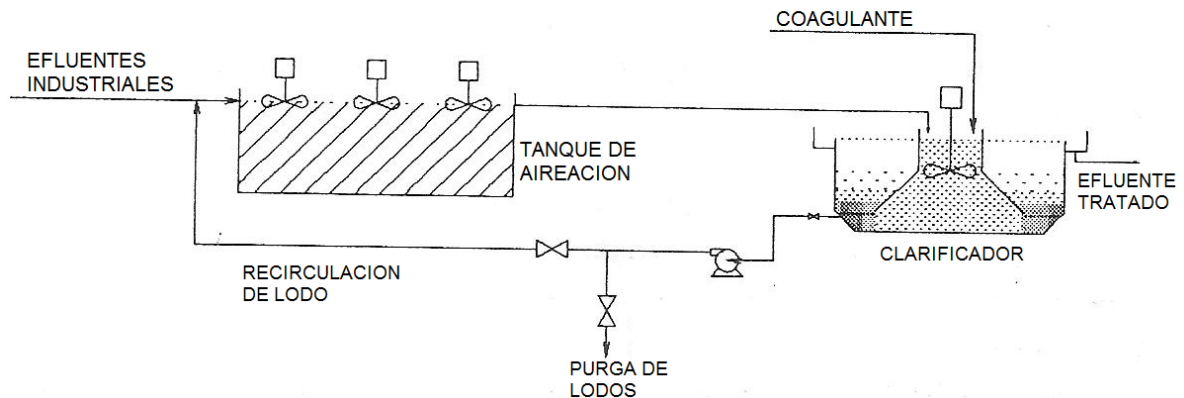
La representación esquemática del proceso se observa en el esquema 12-3.

Los elementos básicos de las instalaciones del proceso de lodos activados son:

- tanque de Aeración. Estructura donde las aguas residuales y los microorganismos son mezclados. Se produce la reacción biológica.

- tanque Sedimentador. Los líquidos efluentes mezclados (licor mixto) procedente del tanque aireador, es sedimentado separando los sólidos suspendidos (lodos activados), obteniéndose un agua tratada clarificada.

- equipo de Aeración. Inyección de oxígeno para activar las bacterias heterotróficas.
- sistema de retorno de lodos. El propósito de este sistema es el de mantener una alta concentración de microorganismos en el tanque de aeración. Una gran parte de sólidos biológicos sedimentables en el tanque sedimentador son retornados al tanque de aeración.
- exceso de lodos y su disposición. El exceso de lodos, debido al crecimiento bacteriano en el tanque de aeración, es retirado del circuito, tratado y dispuesto (purga de barros).



Esquema 12-3 - Diagrama del proceso de Fangos Activados

La operación básica consiste en:

- un pretratamiento/ajuste de las aguas residuales. En algunos casos las aguas residuales deben ser acondicionadas antes de procederse con ellos el proceso de lodos activados, esto debido a que ciertos elementos inhiben el proceso biológico (grandes cantidades sólidos, aguas residuales con valores anormales de pH, etc).
- remoción de DBO en un tanque de aeración. Las aguas residuales crudas mezcladas con el lodo activado retornado del tanque de sedimentador final es aireado hasta obtener al menos 2 mg/l (2 ppm) de oxígeno disuelto, en donde una parte de materia orgánica contenida en las aguas residuales es mineralizada y gasificada, y la otra parte, es asimilada como nuevas bacterias.
- operación sólido-líquido en el tanque de sedimentación. Los lodos activados deben ser separados del licor mezclado provenientes del tanque de aeración, proceso que se realiza en el tanque de sedimentación, concentrándolos por gravedad. Las finalidades de este proceso es conseguir un efluente clarificado con un mínimo de sólidos suspendidos, y, asegurar el lodo de retorno.
- descarga del Exceso de Lodos. Con la finalidad de mantener la concentración de los lodos activados en el licor mezclado a un determinado valor, una parte de los lodos son eliminados del sistema a lechos de secado o a espesadores seguidos de filtros mecánicos (filtros prensa, de banda, centrífugas, etc) para posteriormente disponer el lodo seco como residuo sólido.

#### 12.5.3.3 Espesamiento de los lodos.

Los lodos obtenidos después del tratamiento biológico, aún contienen una elevada cantidad de agua, por lo que es preciso someterlos a un proceso de espesamiento. Los lodos procedentes de depósitos de sedimentación contienen un 98% de agua y 2% de sustancias sólidas.

Con el objeto de disminuir el contenido de agua de los lodos retirados del sistema, se pueden aplicar las siguientes operaciones:

- .- someterlos a centrifugación en un decantador giratorio horizontal de alta velocidad. Permite obtener un semisólido con 75% de humedad y un 25% de materia sólida.
- .- también pueden espesarse por evaporación. Es la más radical de las soluciones y la más cara por su alto consumo energético. Se suelen utilizar evaporadores de varios efectos con el objeto de reducir el consumo de vapor.
- .- filtración a través de filtros-banda, filtros prensa o filtros rotativos al vacío.
- .- emplear secadores que utilizan aire o gases calientes como fluido calefactor. Para evitar el bloqueo del aparato, el lodo entrante no debe tener más de un 40% de sólidos. Por cada kilogramo de fuel utilizado, se pueden evaporar unos 12 kilos de agua

#### 12.5.3.4 Usos de los lodos.

Aunque se ha hablado de su secado, en general podemos decir que todas las plantas de aguas residuales, acaban el tratamiento de los lodos en su centrifugación, dejándolos con un 18-20% de sólidos.

Son muchos los países que utilizan este producto como acondicionador de suelos para cultivos. Sin embargo algunas limitaciones para su uso en este campo se han fijado como por ejemplo, no deben contener más de 15 ppm de cadmio, 300 ppm de plomo y 8 ppm de mercurio si se quieren utilizar como fertilizante. Depende del marco legal de cada país. Como regla general no hay disposiciones claras, incluso en países muy avanzados, que regulen el uso de los lodos en la agricultura.

Se están llevando a cabo estudios para demostrar su efecto beneficioso sobre las cosechas.

En la actualidad la mayoría de las plantas de tratamiento, someten a los barros a un proceso de compostado para estabilizar definitivamente su carga orgánica, y poder disponerlo como enmienda de suelos.

#### 12.5.3.5 Inactivación de lodos por pasterización.

Un problema íntimamente conectado con el vertido de aguas residuales, al que no se ha considerado mucho, es la presencia en las mismas de una serie de microorganismos infecciosos, entre los que podemos citar las salmonellas, que producen las fiebres tifoideas.

Si los lodos correspondientes se utilizan como fertilizantes, pueden transmitirse esos microorganismos a las personas y animales domésticos. Por ello es importante el tratamiento de los mismos para la inactivación de esas bacterias patógenas.

Existen varios sistemas para ello:

- .- compostar, los procesos termófilos por los cuales pasa la masa tratada en esta técnica, desinfecta el material final.
- .- tratamiento químico, por ejemplo clorinación
- .- radiación con rayos gamma
- .- tratamiento térmico (pasterización)

#### 12.5.3.6 Digestión anaerobia de los lodos.

Este procedimiento consiste en atacar los lodos por microorganismos en un ambiente pobre en oxígeno. Las bacterias anaeróbicas descomponen las materias orgánicas presentes, desprendiéndose en el proceso  $\text{CO}_2$ , amoníaco, hidrógeno y sobre todo metano que se puede utilizar como fuente energética.

Los lodos obtenidos por digestión anaerobia son homogéneos, de color oscuro, sin olor y con 94-97% de agua. Si se envía a un decantador centrífugo se pueden obtener unos lodos

con 25% de sólidos, apropiados para su utilización como fertilizante o para enviar directamente a un proceso de compostaje.

#### 12.5.4 Tratamiento biológico anaerobio de las aguas residuales

Muchos compuestos orgánicos presentes en los efluentes líquidos de las usinas lácteas, pueden ser digeridos por algunos microorganismos en ausencia de aire, produciendo un gas inflamable, el cual puede ser utilizado como combustible, junto con una pequeña producción de biomasa. Este procedimiento es habitualmente utilizado como una etapa preliminar de tratamiento secundario para efluentes de alta carga.

Los materiales orgánicos complejos son hidrolizados en azúcares libres, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), alcoholes, ácidos volátiles e hidrógeno. Los organismos acetogénicos luego de oxidar los alcoholes y ácidos de etilo e hidrógeno, son convertidos en metano por las bacterias metanógenicas. Si el sulfato está presente se reduce a sulfuro de hidrógeno.

El proceso funciona adecuadamente a pH 7. El óptimo de temperatura varía de acuerdo con los tipos de microorganismos establecidos. La operación habitual es a  $35^\circ\text{C}$ , temperatura disponible en los efluentes de la molienda húmeda. Se requieren trazas de hierro, cobre, níquel y sulfuro para el crecimiento adecuado de los microorganismos. Dado que la producción de biomasa es lenta, los requerimientos de nutrientes de nitrógeno y fósforo son 10-20% del necesario para procesos aeróbicos. El gas producido contiene aproximadamente 50% de metano y 50% dióxido de carbono. La producción teórica de metano es de  $0.35\text{m}^3/\text{kg DQO}$ .

Ya que los organismos crecen más lentamente, el proceso anaeróbico requiere un tiempo de residencia mayor que uno aeróbico, para igual eliminación de carga orgánica. Por lo tanto el sistema necesita más tiempo para ponerse en marcha, y para recuperarse de un shock tóxico.

Sin embargo, el sistema utiliza muy poca energía, genera un combustible útil, y los costes de eliminación de lodos son mínimos.

Existen una gran variedad de procesos para digestión anaeróbica patentados, con tiempos de residencia hidráulicos que varían entre 6 horas a 3 días. El proceso de lecho de lodo suspendido, o por sus siglas en ingles UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), ver Fig. 2.5.4. Los tiempos de residencia cortos dan un tratamiento preliminar eliminado 80-90% de la DQO presente. Económicamente es atractivo, y produce un efluente libre de materiales tóxicos. Una laguna profunda proporciona un tratamiento similar, pero genera olores y es más difícil la recuperación del gas.

Si el gas contiene una cantidad significativa de sulfuro de hidrógeno, debe ser lavado antes de utilizarlo como combustible.

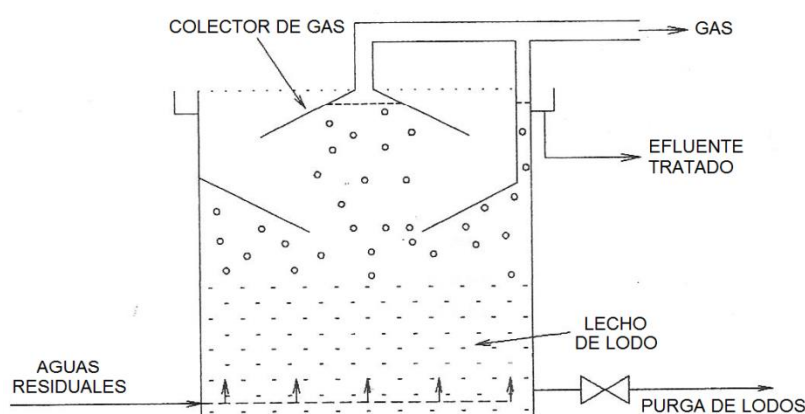


Figura 2.5.4 - Proceso anaeróbico lecho de lodo

### 12.5.5 Tratamiento biológico por Lagunas

Cuando hay disponibilidad de tierra, el sistema de lagunas proporciona un tratamiento de bajo costo para los residuos de baja carga orgánica, pero tiene una eficacia limitada en el tratamiento de los residuos de alta carga. Dependiendo de la profundidad del agua, una laguna puede operar aeróbica o anaeróbicamente o una combinación de los dos. En la industria de los lácteos se utilizan para proporcionar un tratamiento previo, una serie de lagunas poco profundas (1.5 a 3 m) además de la ecualización. El equipo de aireación se emplea para reducir al mínimo los olores. La eliminación de DBO<sub>5</sub> alcanzada es de 112 a 224 kg DBO / hectárea día.

El proceso requiere limpieza ocasional de lodos y se debe considerar siempre, su impermeabilización mediante geomembranas superiores a las 500 micras para evitar infiltraciones y la consecuente contaminación de los acuíferos.

Un uso más eficaz de la laguna aireada es para dar un pulido final del efluente después de una eliminación gruesa de DBO<sub>5</sub> por medio de un sistema de lodos activados.

## Referencias Bibliográficas

Amiot Jean. **“Ciencia y Tecnología de la Leche”**. Editorial Acribia, S.A. Editores: la fundación de tecnología Lechera de Quebec, Canada. I.S.B.N.: 84-200-0713-7. Zaragoza, España (1991)

Alais, Charles **“Ciencia de la Leche”**. Editorial Reverte. ISBN:8429118152 84-291-1815-2. Madrid, España (1985)

Madrid Vicente, Antonio Vicente **“Curso de Industrias Lácteas”**. ISBN:84-87440-82-7. Munci-Prensa Libreos S.A. Madrid, España (1996)

SENASA, **“Decreto Nacional-4238-1968”**- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria.

<http://www.senasa.gob.ar/normativas/decreto-nacional-4238-1968-senasa-servicio-nacional-de-sanidad-y-calidad-agroalimentaria>