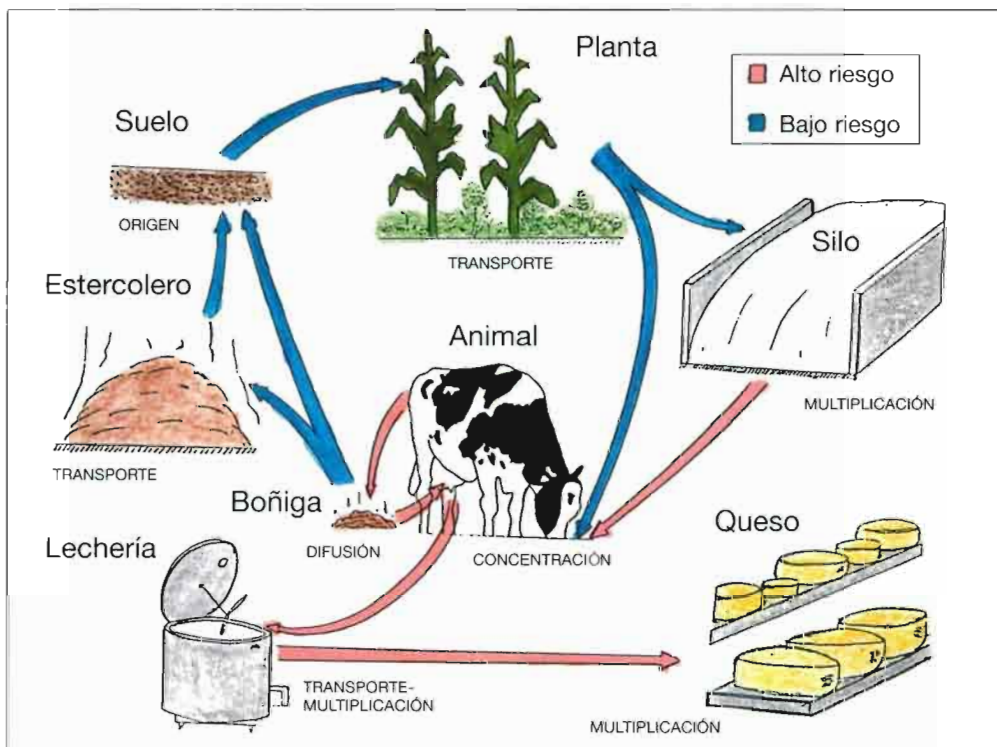


LA CONTAMINACIÓN BUTÍRICA DE LA LECHE. CAUSAS Y EFECTOS SOBRE LOS QUESOS



ANA VILLAR BONET. Bióloga. Doctora en Veterinaria

BENITO FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ-ARANGO. Ingeniero Agrónomo
 Consejería de Ganadería, Agricultura y Pesca. Gobierno Regional de Cantabria



LA CONTAMINACIÓN BUTÍRICA DE LA LECHE. CAUSAS Y EFECTOS SOBRE LOS QUESOS

INTRODUCCIÓN

La hinchazón tardía es uno de los problemas más graves que afectan a las queserías. Aparece durante el período de maduración o afinado de los quesos, manifestándose por una hinchazón que, en los casos más graves, puede hacerlos reventar. Este fenómeno se puede producir días, semanas e incluso meses después de la elaboración. Generalmente, su detección tardía impide tomar medidas correctoras para paliar sus efectos en los lotes posteriores, de tal forma que cuando se descubre la hinchazón en un lote, posiblemente estén también afectados y sin posibilidad de recuperación los siguientes.

La causa de esta hinchazón es la formación de anhídrido carbónico e hidrógeno durante la degradación del lactato por determinados microorganismos. Estos gases ocupan espacios dentro del queso (“ojos”) de forma irregular y tamaño variable, aunque normalmente mayores que los producidos por las bacterias coliformes (hinchazón precoz). Al partir el queso o reventarse por efecto de los gases, éstos se liberan originando el mal olor característico.

Este defecto suele perjudicar gravemente la comercialización de los quesos afectados, obligando a su desecho o reutilización, con una importante merma en el beneficio económico.

La extensión de este problema es muy grande, abarcando tanto a los diferentes países como a la mayor parte de los tipos de quesos elaborados y, dentro de cada tipo, a un alto porcentaje de los fabricantes. Así, Baraton *et al*, del Institut Technique de L’Elevage Bovin (ITEB), estimaron en 1983 que el problema concernía al menos a la mitad de la producción quesera francesa. Dentro de España, en una encuesta realizada en Cantabria desde el Centro de Investigación y Coordinación de Muriedas durante 1993-1994, y con datos de 25 em-



presas queseras artesanales, se refleja que más de dos terceras partes de ellas han sufrido o sufren con alguna periodicidad este problema (Tabla 1). El porcentaje aumenta hasta el 74% cuando se excluyen las que elaboran quesos frescos.

Tabla 1. INCIDENCIA DE LA HINCHAZÓN BUTÍRICA EN QUESERÍAS ARTESANALES DE CANTABRIA. (ENCUESTA DEL CICAT DE MURIEDAS. 1993-94)

TIPO DE QUESO ELABORADO	QUESERÍAS ENCUESTADAS Produc. media		TIEMPO MADUR. (días)	QUESERÍAS AFECTADAS Produc. media	
	(%)	(Kg/año)		(%)	(Kg/año)
Fresco	8,7	75.200	–	0,0	–
Quesuco Nata	60,9	56.000	≤ 60	71,4	65.950
Picón Oveja maduro	30,4	52.400	> 60	85,7	51.900

Como se ve en la tabla 1, la empresa media dentro de cada tipo de queso es de pequeño tamaño, predominando la fabricación de quesos semicurados. Se observa el aumento de la incidencia de la hinchazón a medida que se incrementa el período de maduración. El problema es trasladable en su debida proporción a las grandes queserías industriales.

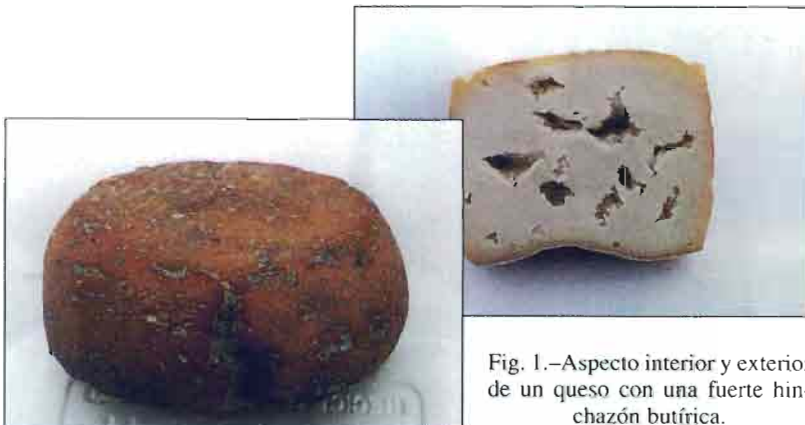


Fig. 1.–Aspecto interior y exterior de un queso con una fuerte hinchazón butírica.

La hinchazón tardía se llama también hinchazón butírica en alusión a sus principales responsables. Éstos son bacterias de la familia Bacillaceae, del género *Clostridium*, destacando entre ellas la especie *Clostridium tyrobutyricum*.

CARACTERÍSTICAS Y CICLO VITAL DEL *Clostridium tyrobutyricum*

Es una bacteria no patógena, cuya presencia en la leche o los productos lácteos no constituye un riesgo para el consumidor. Es una bacteria anaerobia obligada y, por lo tanto, incapaz de desarrollarse en presencia del aire.

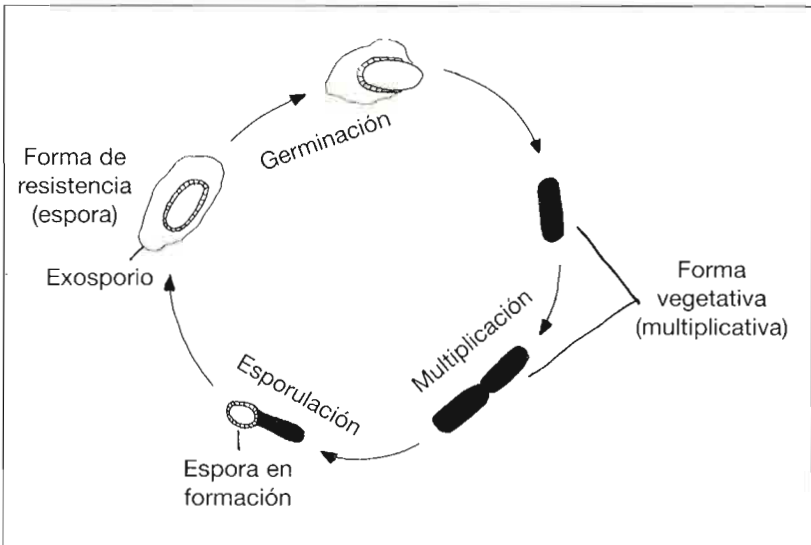


Fig. 2.—Diferentes fases y formas del desarrollo vital del *Clostridium tyrobutyricum*.

Una de sus principales características es que, bajo ciertas circunstancias, produce esporas. Las esporas son unas nuevas células, diferentes estructuralmente de las originarias (células vegetativas) y caracterizadas por una gruesa pared, capaces de resistir altas temperaturas y numerosos agentes químicos; en principio, son de vida ilimitada. En ausencia de oxígeno y en condiciones favorables de temperatura y presencia de nutrientes, las esporas germinan dando lugar, de nuevo, a las formas vege-



tativas que se multiplican y llevan a cabo la fermentación del lactato hasta ácido butírico. Su pH óptimo es de 5,8 pudiendo desarrollarse en medios con pH comprendido entre 4,6 y 7,5. Su temperatura óptima es de 37 °C, aunque pueden desarrollarse entre 10 y 50 °C. Al final de la fase de crecimiento, un porcentaje de células vegetativas da lugar a esporas; la tasa de transformación depende de factores ambientales.

PROCESO DE LA CONTAMINACIÓN BUTÍRICA

La contaminación butírica de la leche abarca varias fases. En algunas de ellas los butíricos se encuentran predominantemente en forma esporulada y en otras en forma multiplicativa. En el ciclo de la contaminación SUELO-FORRAJE-ANIMAL-LECHE se ven los diferentes medios donde se desenvuelven estas bacterias y la forma dominante en cada uno de ellos (Fig. 3).

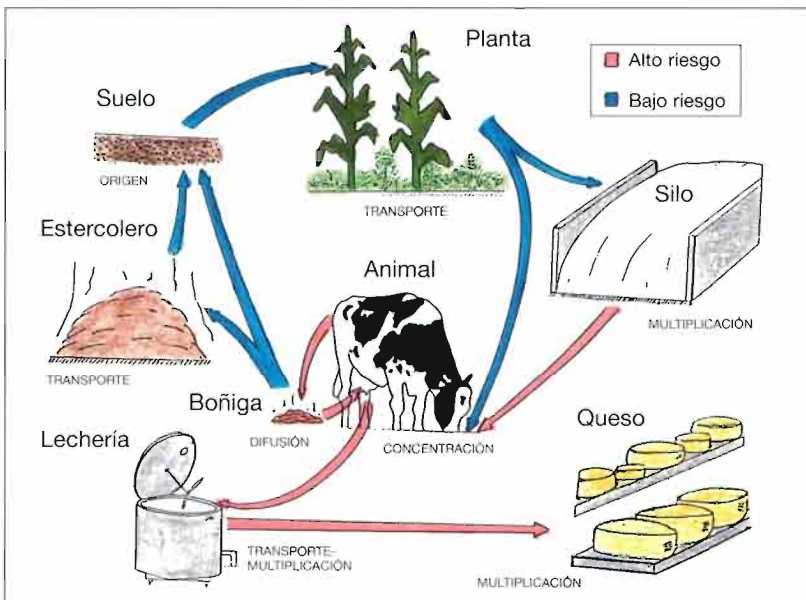
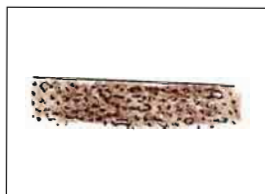


Fig. 3.-Ciclo de la contaminación butírica. El contenido de esporas en el forraje fresco suele ser bajo; el proceso del ensilado, si no se realiza adecuadamente, favorece su aumento de manera importante; su paso por el tracto digestivo y aparición en las boñigas no hace aumentar su número, pero sí su concentración; la aplicación del estiércol al suelo cierra el ciclo.

A) EL SUELO. Se considera como el medio habitual de donde parte la contaminación. La cantidad de esporas butíricas presentes en la tierra es muy variable, dependiendo de:



– **Tipo de suelo.** A menor permeabilidad más acumulación de agua y por ello mayor probabilidad de que se den condiciones de anaerobiosis, más favorables para el desarrollo de los butíricos.

– **Sistema de explotación.** La práctica del pastoreo o la aplicación de enmiendas orgánicas de origen animal y más concretamente de estiércoles ricos en bacterias suponen una acumulación de éstas en el suelo.

B) LOS FORRAJES VERDES. En este medio la forma dominante de las bacterias butíricas sigue siendo la esporulada.

La contaminación de los forrajes verdes suele ser pequeña y se debe fundamentalmente al trasvase de los microorganismos desde el suelo hasta la planta (salpicaduras, etc.). La cantidad de esporas está en función, por lo tanto, de los mismos factores mencionados para el suelo.



El contenido medio encontrado en estudios realizados sobre hierba de pradera natural en Cantabria fue de 31,6 esporas por gramo, que coincide con las cifras consideradas como normales en otros países (30 esporas/g). La influencia del manejo se refleja en las cantidades encontradas en estos trabajos según fueran explotadas en régimen de pastoreo, 33,9 esporas/g, o mediante siega, 14,1 esporas/g.

El estado de la hierba también influye en los recuentos de esporas realizados. Así en esos estudios se contabilizaron 26,9 esporas/g en la fase vegetativa, mientras que durante el espigado descendieron a 12,3.

También es importante el porte de la planta por su alejamiento relativo del suelo, fuente de la contaminación. Así el maíz, en igualdad de condiciones, tiene menos concentración de esporas que la hierba



verde. Esto parece estar relacionado con lo dicho en el párrafo anterior.



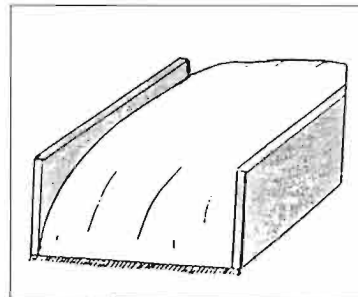
Fig. 4.—El tipo de forraje así como su altura en el momento del aprovechamiento influye en el grado de contaminación butírica.

Un factor que altera de forma importante estos contenidos es la aportación tardía de purines, pudiendo encontrarse como resultado de ello cantidades hasta cien veces mayores de esporas.

La altura del corte en el aprovechamiento del forraje, tanto si éste es a diente como mecanizado, influye también en el grado de contaminación. En pastoreo dicha altura estará en función de la especie animal (vacuno, ovino, otras) y de la cantidad de forraje ofertada (alta o baja carga de ganado). En la recolección mecanizada la altura suele ser regulable e influenciada por la uniformidad de la superficie a segar, existencia de toperas, etc. La altura mínima recomendada es de 7 cm en el caso de la hierba y 20 cm para el maíz. Estas alturas están en consonancia con las recomendadas por diferentes autores en el pastoreo de vacas lecheras, tanto rotacional (8-10 cm) como continuo (7 cm), para obtener la máxima producción por vaca.

C) EL ENSILADO. Es un medio considerado como “multiplicativo” para las bacterias butíricas. En la tabla 2 se muestran valores indicativos del nivel de contaminación de los ensilados.

La importancia del ensilaje como método de conservación del forraje ha ido aumentando progresiva-



mente en los últimos años y sobre todo en las explotaciones de vacuno de leche, donde se ha impuesto de forma clara sobre otros sistemas. Los forrajes más utilizados son la hierba de pradera y el maíz.

En síntesis, el ensilado es una fermentación controlada del forraje. Esta fermentación es anaerobia (sin aire) y pretende la transformación de los hidratos de carbono en ácido láctico por la acción de las bacterias lácticas, aumentando la acidez hasta valores de pH estables, próximos a 4. El valor del pH de estabilización del ensilado es función del contenido en materia seca (MS) del forraje: cuanto más MS, mayor pH. Además de los carbohidratos, también se modifican otros componentes del forraje como los ácidos orgánicos, proteínas y compuestos minerales. En este proceso junto a las bacterias lácticas, cuyo metabolismo conduce a esa estabilización, intervienen otras bacterias que, en unas mismas condiciones de anaerobiosis, mantienen una fuerte competencia por los principios nutritivos existentes y cuyo metabolismo entorpece dicho proceso de acidificación. Entre estas bacterias cabe destacar los Clostridios cuyo metabolismo fermentativo y proteolítico produce ácido butírico, compuestos aminados y amoníaco. En esta pugna influye, además de los factores exter-



Fig. 5.-El ensilado es la fase más importante del ciclo contaminante de la leche por su carácter de medio multiplicativo de las esporas butíricas.



nos e internos que favorecerán el desarrollo de un determinado tipo de microorganismos, la cantidad de bacterias presentes de uno u otro tipo y su desarrollo posterior, que determinarán a su vez una fermentación de tipo butírico o de tipo láctico. Cuanto más pronto y en mayor proporción actúen las bacterias lácticas más rápidamente harán aumentar la acidez hasta niveles que impidan el desarrollo de los butíricos ($\text{pH} < 4,6$). La calidad posterior del ensilado y su nivel de contaminación en esporas dependerá por lo tanto, de la microflora inicial del forraje y de la proliferación de ésta en el interior del silo:

C.1.-Contaminación inicial. Depende fundamentalmente del contenido en esporas del forraje a ensilar, de la limpieza del silo antes del proceso de ensilaje y de los aportes de tierra durante el proceso del ensilado, bien en la recolección (toperas, boqueras de "*Arvicola terrestris*", etc.) o bien en el pisado con el tractor, si se da el caso. En este último proceso, si el ensilado se realiza sobre silo trinchera o zanja y éste da a un patio de ejercicio conteniendo deyecciones, las maniobras del tractor pueden llevar las esporas hasta el silo a través de las ruedas.

C.2.-Proliferación de la contaminación. El desarrollo de las esporas butíricas, y por lo tanto la fermentación, va a estar en función de diferentes factores. Entre ellos destacan los siguientes:

1).-**Balance carbohidratos/proteína** de la masa a ensilar. Cuanto mayor sea este balance mejor fermentará la masa favoreciéndose el desarrollo de las bacterias lácticas. Va a depender de la especie vegetal y su estado vegetativo, por un lado, y del aporte de azúcares en forma de aditivos (melazas, etc.) o de productos nitrogenados (urea, amoníaco, etc.) por otro. Es sabido que las leguminosas, en general, tienen este balance más bajo que las gramíneas y se



Fig. 6.-El trébol y otras especies leguminosas tienen una mala ensilabilidad si no se mezclan con otras especies o aditivos que aporten carbohidratos solubles.

destaca la dificultad de ensilar en solitario alfalfa o trébol. Esto es debido al fuerte poder estabilizador del pH que tienen las proteínas, y que es el mismo que poseen otros aditivos nitrogenados, diferentes ácidos orgánicos y sustancias minerales. Por el contrario, destaca la alta ensilabilidad del maíz forrajero, debido no sólo a su alto contenido en glúcidos fermentescibles, sino también a su bajo poder tampón (escaso contenido en proteína).

2).-**Humedad del forraje.** Como se ha dicho con anterioridad, el pH de equilibrio del ensilado varía con el porcentaje de materia seca del forraje. En cualquier caso, si se alcanzan valores de pH inferiores a 4 se asegura el equilibrio tanto en el caso del maíz como en el de la hierba. Se puede afirmar, dentro de ciertos límites, que un ensilado contendrá menor número de esporas butíricas cuanto mayor contenido tenga de materia seca.

Por otro lado, cuanto menor sea el desarrollo de la hierba y por lo tanto menos se aleje de la fase vegetativa, más calidad bromatológica tendrá pero menor contenido en materia seca.

Además, una humedad adecuada del forraje facilita la anaerobiosis al permitir una mejor compactación de la masa a ensilar, y hace disminuir las pérdidas por efluentes.

Como consecuencia de todo ello, el contenido de materia seca del forraje a ensilar recomendado, oscila entre un 25% y un 40%. Lo idóneo es recolectar hierba joven y efectuar un tratamiento de presecado para que se alcancen los contenidos mencionados. Para ello se efectúa un prehenificado o se utiliza maquinaria específica (p.ej. segadora acondicionadora). Esto permite elevar la presión osmótica en el interior del forraje favoreciendo la acción de las bacterias lácticas, más resistentes a estas condiciones que las butíricas, o, dicho de otro modo, las sustancias solubles se concentran en la fase acuosa y decrece la “actividad del agua”, lo que inhibe el desarrollo de bacterias perjudiciales, clostridios especialmente.

3).-**Ausencia de oxígeno (anaerobiosis).** Para que se produzca una fermentación adecuada es imprescindible que se alcancen las condiciones adecuadas de anaerobiosis. En ello influye fundamentalmente una correcta compactación de la masa y un buen sellado del silo. Para conseguir una masa compacta, además de su humedad, es importante el pisado o prensado -según se utilice un procedimiento tradicional o



una rotoempacadora- y el picado del forraje. Esto último favorece además una rápida liberación de los jugos celulares y más concretamente de los azúcares, lo que hace aumentar la velocidad de fermentación de las bacterias lácticas. En cuanto al cierre del silo, además de pretender un buen sellado, debe ser lo más rápido posible, intentando que el proceso de ensilaje dure lo mínimo (nunca más de una semana).

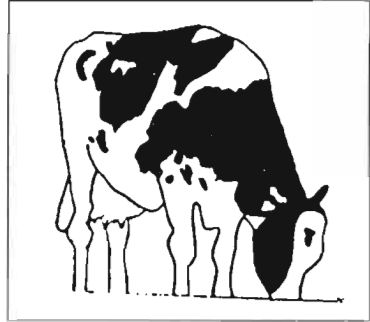
4).- **Tipo de silo y situación dentro de éste.** En el riesgo de contaminación por esporas influye de manera importante la relación volumen/superficie externa del silo. En efecto, la capa externa del forraje ensilado suele estar sometida a condensaciones de humedad o a una mayor exposición al aire. De lo primero es un claro ejemplo el fondo de un silo zanja y de lo segundo la capa superior bajo plástico del mismo tipo de silo. Estas superficies presentan unos niveles



Fig. 7.-La forma del silo y, en mayor medida, su sellado, influyen en el desarrollo de las esporas.

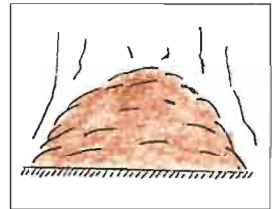
mucho más altos de esporas considerándose, según diferentes estudios, que en ellas se encuentran más de la mitad de las esporas presentes. Dentro de las formas paralelepípedas (silos zanja, trinchera, etc.) la búsqueda de una relación máxima volumen/superficie conduciría al cubo, como forma geométrica ideal. En el caso de las “rotopacas” (grandes pacas cilíndricas) la forma ideal sería con el diámetro del cilindro igual a su altura. En principio las rotopacas serían menos favorables que los grandes silos por dos razones: mayor superficie externa para el volumen de ensilaje de una explotación y mayor riesgo de roturas del plástico tanto si son embolsadas como encintadas.

D) EL ANIMAL. Considerado como un medio de transmisión de la contaminación, el animal, y en particular su tracto digestivo, cumple una función concentradora de esporas butíricas. Al no ser digeridas por el animal ni ser éste un medio óptimo para su desarrollo, en las heces sólidas reaparecen prácticamente las mismas que se ingerieron aunque más concentradas. Estas boñigas con alta concentración de esporas representan el principal foco de contaminación de la leche cruda mediante su contacto con la ubre del animal.

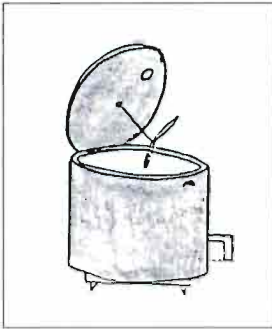


E) INSTALACIONES GANADERAS. Dentro de las instalaciones, y además de los alojamientos donde se posibilitará el contacto de la ubre con las heces, destacan en el ciclo de la contaminación butírica el estercolero y la lechería:

– **El estercolero** almacena las heces que contienen las esporas y desde él se extiende la contaminación mediante la distribución de estiércoles y purines al suelo, cerrándose así el ciclo de los butíricos en las explotaciones ganaderas. El estercolero puede presentar formas diversas (plataforma de sólidos, estercolero fosa abierto o cubierto), afectando su diseño a la composición del estiércol (incorporación de orines, recogida de aguas, inclusión de material de cama) y a sus condiciones de conservación (aerobiosis/ anaerobiosis, acumulación o no de gases, etc.). Esto unido a la variabilidad propia de las deyecciones en función de los alimentos que los originan y la especie animal que los ingiere, conforma un sustrato variable que puede adecuarse o no a las condiciones de desarrollo de los butíricos (acidez, balance C/N, etc.). En general, se estima que no es un medio muy adecuado para que se produzca una multiplicación de éstos.



En la tabla 2 (pág. 15) se muestran valores indicativos de diferentes niveles de contaminación de las heces sólidas (boñigas).



- **La lechería** debe constar de un tanque de frío o sistema alternativo, para el mantenimiento de la leche refrigerada a menos de 4 °C desde el ordeño hasta su recogida o utilización.

Es muy conveniente que disponga, también, de un sistema de lavado automático del circuito de ordeño, si existiera éste, ya que el circuito es una de las principales fuentes de contaminación bacteriana de la leche. Todos los componentes del circuito deben ser objeto de un mantenimiento continuado, debiendo procederse a la sustitución periódica de sus componentes móviles, especialmente las piezas de goma. La lechería tiene que ser fácil de limpiar y de desinfectar, debiendo constar de un buen drenaje y de una ventilación e iluminación adecuadas. En la tabla 2 se muestran los valores indicativos de diferentes niveles de contaminación de la leche cruda.



Fig. 8.-La lechería es el lugar donde se almacena el producto considerado ya como alimento. Por ello se deben extremar las medidas de higiene.

Además del contacto de la ubre con las heces, bien directamente o a través del ordeñador, en las instalaciones hay otras posibles fuentes contaminantes de la leche cruda: el aire ambiental del establo o de la lechería y el agua de limpieza

– En los sistemas modernos de ordeño se hacen pasar grandes cantidades de **aire** a través de la leche. Algunos investigadores encontraron como media de varios establos, que hasta un 33% de las esporas butíricas en la leche cruda derivaban del aire circundante. Estos porcentajes eran muy variables, llegando a alcanzar hasta el 89%. En general, y estudios posteriores así lo demuestran, el número de esporas butíricas en el aire es normalmente muy bajo, excepto cuando se está alimentando al ganado con un forraje muy contaminado (ensilado normalmente) o se acumulan dentro de los alojamientos ganaderos estiércoles procedentes de estos alimentos.

– El **agua**, si está contaminada, puede ser un agente transmisor de las esporas a las ubres al ser utilizada para su lavado y el del material de ordeño.

NIVELES DE CONTAMINACIÓN BUTÍRICA

Dentro de todos los factores mencionados como componentes del ciclo de la contaminación butírica, la “bestia negra” para los queseros es el uso de ensilados en las explotaciones. Así, en la encuesta del CICAT de Muriedas, un 47% de los queseros mencionaban este factor como causa de la hinchazón tardía, mientras que el uso de otros forrajes contaminados era señalado por un 27%, la manipulación de las ubres por el 27%, el aire por un 20%, y el resto de los factores en porcentajes mucho más pequeños. Ninguno mencionó el agua entre ellos.

A la hora de evaluar, no hay criterios unánimes sobre los valores de la contaminación butírica aceptables en los diferentes productos que intervienen o afectan a los procesos transformadores del forraje en leche y de ésta en queso. En la tabla 2 se muestran unos niveles indicativos, publicados por ITEB-RNED BOVIN de Francia en 1985, para los ensilados, boñigas y leches crudas, elaborados a partir del trabajo conjunto con el Institut Technique du Gruyère.



Tabla 2. VALORES INDICATIVOS DEL NIVEL DE CONTAMINACIÓN EN ENSILADOS, BOÑIGAS Y LECHE CRUDAS, SEGÚN NORMAS PUBLICADAS POR EL ITEB-RNED BOVIN DE FRANCIA (1985).

PRODUCTO/Contenido	NIVEL DE CONTAMINACIÓN
ENSILADO (esporas/gramo) menos de 100 de 100 a 1.000 de 1.000 a 5.000 de 5.000 a 10.000 más de 10.000	bueno medio mediocre malo muy malo
BOÑIGA (esporas/gramo) menos de 10.000 de 10.000 a 40.000 de 40.000 a 100.000 más de 100.000	bueno medio a mediocre malo muy malo
LECHE (esporas/litro) menos de 400 de 400 a 1.000 de 1.000 a 4.000 de 4.000 a 10.000 más de 10.000	bueno poco contaminada bien contaminada muy contaminada malo

LUCHA CONTRA LA CONTAMINACIÓN BUTÍRICA

Contra la contaminación butírica se puede actuar a dos niveles: preventivo, con medidas a tomar fundamentalmente en las explotaciones, y paliativo, en las queserías. Un factor básico en la lucha contra los butíricos es su detección antes de que originen consecuencias irreparables.

Detección

Para determinar el grado de contaminación butírica, normalmente se realizan conteos de sus formas esporuladas. El método más empleado para el recuento de esporas butíricas es su estimación mediante la técnica del **Número Más Probable (NMP)**, especialmente utilizada en microbiología de los alimentos cuando el número de bacterias es demasiado bajo para ser enumerado sobre placas de agar.



Fig. 9.–El Número Más Probable es la técnica más extendida de detección de la contaminación butírica.

La técnica, con base estadística, consiste en inocular quince tubos que contienen 10 ml del medio de cultivo líquido con 1 ml de tres diluciones decimales consecutivas de la muestra (leche, macerado de forraje o estiércol). El método pretende la estimación del número de esporas por lo que es necesario un tratamiento térmico previo que elimine las formas vegetativas. Tras la inoculación se añade una capa de 2-3 cm de parafina o agar estériles, para asegurar la anaerobiosis. Se consideran tubos con reacción positiva aquellos que presentan formación de gas tras el período de incubación. Una vez obtenida la relación de tubos positivos, se consultan las tablas NMP correspondientes para estimar el número de esporas por unidad de muestra.

A pesar de la generalización del método descrito para el recuento, tanto la composición del medio de cultivo como la temperatura y tiempo del tratamiento térmico son variables. En general, se recomienda un tratamiento térmico entre 75 y 80 °C durante 5-10 minutos. El medio de cultivo más ampliamente utilizado es el de Bryant & Burkey con lactato, modificado por Bergere. El período de incubación es de 7 días a 37 °C.



El prolongado tiempo de respuesta (7 días) y la laboriosidad e imprecisión inherentes al método NMP han conducido a la búsqueda de métodos alternativos. Una posibilidad es la **filtración previa** de las muestras con el fin de concentrar las esporas sobre un filtro, lo cual permite su posterior recuento sobre placas de agar. Sin embargo, el futuro parece dirigirse hacia los **métodos basados en las técnicas inmunológicas**. Estas técnicas posibilitan una detección directa de esporas mediante anticuerpos contra los antígenos de las propias esporas o bien una detección indirecta mediante anticuerpos específicos contra las células vegetativas de *Clostridium tyrobutyricum*. Estos test se encuentran en fase experimental dado que presentan problemas de reacciones inespecíficas y límites de detección. Estas técnicas presentan un problema adicional: su alto coste por muestra, lo que de momento imposibilita su uso a gran escala.

La **impedancia** es un método indirecto de valoración de carga microbiana. Relaciona cambios en la conductividad eléctrica en el medio de cultivo debida a la actividad microbiana con el número de bacterias. Este método se está utilizando con éxito en algunos laboratorios de control de calidad para el recuento de butíricos, utilizando un medio y unas condiciones de cultivo específicos.

Lucha preventiva

La mejor forma de combatir la contaminación butírica es prevenirla en su lugar de origen, las explotaciones. Para ello son precisos **la buena práctica del ensilaje y el mantenimiento de unas estrictas condiciones de higiene, en unas explotaciones adecuadamente diseñadas:**

– En el ensilaje ya se han visto los factores que influyen en la consecución de una buena o mala fermentación y, por lo tanto, en un mayor o menor desarrollo de las esporas butíricas. De todo ello se deducen unas normas prácticas para la obtención de un buen ensilado:

1º) **Ensilar forraje de calidad**. Ello implica, en el caso de praderas, que tengan una adecuada composición botánica (alto porcentaje de gramíneas) y que se corten en el momento adecuado (estado hojoso previo al espigado).

2º) **Presecar** el forraje mediante un prehenificado, si el tiempo lo permite, o utilizando máquinas acondicionadoras.



Fig. 10.–El ensilado del forraje es un proceso sencillo si se cumplen unas normas básicas de forma cuidadosa.

3°) **Evitar la contaminación de la hierba con tierra.** Influye el tipo de cosechadora (aportan más tierra las de mayales, generalmente por su mala regulación) y la altura del corte (que no sea inferior a 7 cm para la hierba). Si el pisado se realiza con tractor, hay que cuidar que sus ruedas estén limpias alargando la solera del silo, si es posible, para que el tractor pueda maniobrar sin meterse en la tierra.

4°) **Limpiar** adecuadamente el silo antes de empezar a llenarlo.

5°) **Ensilar en poco tiempo**, nunca más de siete días; **pisar bien** el forraje, de forma uniforme y **cerrar rápida y herméticamente** el silo, evitando que se formen bolsas de aire en su interior.

6°) **Utilizar un aditivo**, especialmente si el presecado ha sido deficiente y el forraje está muy húmedo (lluvia, hierba muy tierna, etc.). Los aditivos pueden ser químicos (inorgánicos u orgánicos, principalmente ácidos y sus sales derivadas, y además, pulpas y melazas) y biológicos (fermentos lácticos y enzimas). No todos son válidos como han demostrado diferentes experiencias, ya que algunos no tienen efectos beneficiosos claros y de otros pueden derivarse incluso consecuencias perjudiciales (como la inducción de fermentaciones butí-



ricas por la utilización de ciertos complejos enzimáticos). El más eficaz hasta el momento, según investigaciones recientes, parece ser el ácido fórmico en dosis de 3 kg por tonelada de forraje.

– La limpieza de los animales, de las instalaciones y del utillaje, es fundamental en la lucha contra la contaminación butírica. Esta función recae íntegramente sobre el ganadero. La higiene de todos y cada uno de los elementos que intervienen en la cadena de transmisión de los butíricos es muy importante, destacando en este contexto **la higiene del ordeño, la recogida de las deyecciones y su distribución:**

a) **Higiene del ordeño.** Hay que tener en cuenta que es en el ordeño donde la leche se contamina con los butíricos existentes en los pezones. Además de una sala de ordeño bien diseñada, con esquinas redondeadas, paredes azulejadas o de otro material impermeable y fácilmente lavable, desagüe con arqueta sifónica, buena ventilación e iluminación y suelo antideslizante, es preciso realizar una buena práctica del ordeño. Para ello es conveniente seguir las siguientes recomendaciones:

1º. Higiene del ordeñador. Lavado de manos, ropas limpias, etc.



Fig. 11.–Una sala de ordeño sencilla pero bien diseñada y con una higiene adecuada permite un mayor control de la contaminación que en el caso del ordeño en plaza.

-
- 2°. Lavado de la sala de ordeño y de la sala de espera.
 - 3°. Separación de las vacas con posibles infecciones dejándolas para ordeñar al final o con otro equipo.
 - 4°. Lavado individualizado de pezones para impedir la contaminación cruzada entre cuarterones de una misma vaca, evitando el contacto con la ubre. Se hará con la mano directamente y agua corriente, a ser posible tibia.
 - 5°. Secado con una toallita o papel absorbente para cada pezón. Es fundamental secarlos una vez lavados. Está demostrada la eliminación física de las esporas por arrastre durante el secado.



Fig. 12.—Durante el ordeño, se debe utilizar una toallita para el secado de cada pezón.



6º. Eliminación de los primeros chorros de leche en un recipiente, para detectar las posibles mamitis y eliminación de los microorganismos del canal del pezón.

7º. Colocación de las pezoneras con movimientos rápidos pero suaves.

8º. Retirada de las pezoneras inmediatamente después de finalizado el ordeño, cortando el vacío y tirando con suavidad de una de ellas. No se debe realizar apurado a no ser con animales que presenten alguna anomalía, ya que aumenta el tiempo de ordeño y favorece las irritaciones de las mamas.

9º. Baño desinfectante de los pezones con una solución no irritativa de la piel, generalmente clorada o yodada.

10º. Limpieza de la sala de ordeño con agua a presión.

11º. Limpieza de la máquina de ordeño, según las indicaciones de los fabricantes. En general, se recomienda lavar las pezoneras exteriormente con agua fría y frotando con las manos e interiormente con un cubo de agua caliente con detergente y un cepillo de cerda de plástico.

12º. Limpieza del circuito de lavado, mediante aclarado con agua fría durante cinco minutos antes y después del lavado, realizándose éste con agua caliente y detergente alcalino durante cinco minutos en circuito cerrado. Periódicamente el detergente debe ser ácido para evitar la formación de “piedra de leche”. Al terminar, desconectar las pezoneras de los tubos de lavado.

b) Recogida de las deyecciones. Es muy importante retirar lo antes posible las heces del alojamiento del ganado o evitar los contactos entre ellas y las ubres. Cuando existen lisieres o arrobaderas mecánicas automatizadas, si su diseño es correcto, este problema está resuelto; en el caso de estabulaciones con cama caliente, el riesgo de infección es mayor, requiriéndose un aporte diario de cama limpia (paja, normalmente) en el área de reposo; en el resto de los casos y en todos los patios de ejercicio se recomienda una limpieza periódica lo más frecuente posible, con un mínimo de dos veces diarias. **¡Nunca deben almacenarse las heces en lugares accesibles al ganado!**



Fig. 13.-Para la recogida de las deyecciones, además de los suelos emparrillados, son muy útiles las arrobaderas tanto acopladas a una máquina autopropulsada como automáticas.



c) Distribución de las deyecciones. Es conveniente seguir las siguientes recomendaciones:

1.-Aplicar el estiércol al suelo antes del desarrollo de los pastos o cultivos.

2.-Si se han aplicado purines con el forraje ya desarrollado, evitar la ingestión de éste antes de un período de lluvias o aporte de riego que lave los restos depositados sobre las hojas.

3.-No depositar las deyecciones sobre zonas donde se van a manipular forrajes (p.ej., pasillos de alimentación y anexos al comedero), especialmente cuando se alimenta a pesebre.

– Un buen diseño de la explotación minimiza los riesgos de contagio. Su concepción es función del técnico y, en resumen, debe contemplar:

a) **Emplazamiento adecuado.**-Dimensión y forma del solar, pendiente y naturaleza del terreno, infraestructura, proximidad a los pastos, etc.

b) **Buena orientación**, que condicionará la iluminación natural, la ventilación estática y la temperatura.

c) **Disposición racional de los edificios e instalaciones** que permita una buena circulación de los animales, de las deyecciones y de los alimentos por una parte, y que dificulte la transmisión de gérmenes, por otra. Así, debe evitarse la colocación de la sala de ordeño y la lechería al lado o encima del estercolero, como se ve con demasiada frecuencia.

d) **Previsión de los edificios e instalaciones precisos y bien dimensionados**, adecuados a las necesidades del ganado, de la maquinaria a utilizar y de la mano de obra empleada. Todas las instalaciones son importantes desde un punto de vista higiénico-sanitario: los alojamientos, la sala de ordeño, los abrevaderos, el lazareto-enfermería, los comederos, el estercolero, el silo (sobre todo si es de autoconsumo), etc. Es importante orientar el diseño del equipo de ordeño hacia longitudes de circulación de la leche escasas, evitando áreas de difícil acceso y tramos de ascenso brusco.



Fig. 14.–Un adecuado diseño es la base para el buen funcionamiento de una explotación.

e) **Elección de los materiales** más adecuados en función de su precio, duración, facilidad de limpieza, etc.

¡En resumen, como prevención: un buen ensilado, una estricta higiene y un diseño adecuado!

Medidas paliativas

Este tipo de medidas se aplican fundamentalmente a nivel de queso. Se pueden clasificar en tratamientos previos de la leche —químicos o mecánicos— y en la práctica de ciertas técnicas durante la fabricación del queso. En la Tabla 3 se puede apreciar un ejemplo del uso que los queseros artesanales hacen de dichos métodos de lucha. Se observa que el uso del nitrato es el método más extendido, aunque conviene señalar que la lisozima se apunta ya como un método alternativo.

TRATAMIENTOS QUÍMICOS

1. El nitrato

El nitrato es un medio eficaz para prevenir la fermentación butírica. La enzima xantina oxidasa, presente en la leche en pequeñas con-



Tabla 3. UTILIZACIÓN POR LAS QUESERÍAS ARTESANALES DE MÉTODOS QUÍMICOS O MECÁNICOS PARA LA PREVENCIÓN DE LA FERMENTACIÓN BUTÍRICA. (ENCUESTA DEL CICAT DE MURIEDAS. 1993-1994)

MÉTODO	%
Nitratos	36
Agua oxigenada (H ₂ O ₂)	4
Nisina	0
Levaduras	4
Lisozima	8
Otros químicos	4
Alta concentración de sal	14
Bactofugación	0
Desnatado estático	4

centraciones, es esencial para la efectiva reducción del nitrato a nitrito, base de la inhibición de la germinación de esporas (el nitrito formado de otra manera no parece tener efecto inhibitorio). Tratamientos térmicos superiores a 80 °C/10 segundos inactivan la enzima, que permanece intacta a temperaturas de pasterización (72-74 °C/20 segundos). Es posible añadir la xantina oxidasa junto con el nitrato para mejorar su efectividad.

La actividad fermentadora de los coliformes reduce también el nitrato compitiendo con la acción de la oxidasa, por lo que es necesario controlar esta población microbiana. La mejor forma es reducir el número de bacterias en la leche de origen, es decir, elaborar quesos a partir de una leche con buena calidad bacteriológica. Así mismo, algunos lactobacilos también pueden descomponer el nitrato.

La presencia de nitrato en el queso puede inducir la formación de compuestos N-nitrosados o nitrosaminas, catalogados como sustancias potencialmente cancerígenas. Por esta razón, el uso del nitrato en la fabricación de queso está regulado por las reglamentaciones vigentes en cada país, estando prohibido su uso como aditivo en algunos de ellos. La legislación española determina una concentración

máxima en el queso de 50 mg/kg, mientras que el Comité de la FAO recomienda una adición de nitrato no superior a 0,02% (200 mg/kg).

La cantidad de nitrato capaz de inhibir la germinación de las esporas en un queso va a depender tanto de la concentración misma de esporas en el queso como de las características de la fabricación. Por ello, al no poder variar estas últimas, para asegurar su eficacia a dosis reglamentarias, la adición de nitrato debe ir acompañada de medidas a nivel de granja destinadas a reducir el número de esporas en la leche.

2. El agua oxigenada

El agua oxigenada o peróxido de hidrógeno (H_2O_2) oxida algunos compuestos esenciales para el crecimiento microbiano, por lo que inhibe el desarrollo de los clostridios. El efecto del agua oxigenada depende de la concentración de uso, su distribución, el grado de contaminación microbiana y la presencia de células somáticas. Se recomienda una concentración de 0,1% (130 volúmenes) durante 24 horas a 28 °C. Sin embargo, para leches muy contaminadas la dosis efectiva puede ser del orden de 10 veces superior. Tras el tratamiento se adiciona catalasa; si bien esta enzima descompone el agua oxigenada en compuestos inocuos para la salud, provoca la oxidación de algunos componentes lácteos, así como la hidrólisis de ciertos enlaces de las caseínas, dando lugar a una cuajada más blanda y a un alargamiento del tiempo de cuajado. Además se han descrito sabores “a quemado” al utilizar altas dosis de agua oxigenada.

3. Nisina

La nisina es un antibiótico de amplio espectro contra bacterias Gram positivas (entre ellas el *Clostridium tyrobutyricum*) y la germinación de sus esporas. Al ser producida por ciertas cepas de bacterias lácticas (*Lactococcus lactis*) se ha ensayado la adición de los propios fermentos productores de nisina a la cuajada. Los resultados no han sido demasiado esperanzadores dado que la nisina inhibe el desarrollo de otros fermentos lácteos impidiendo el desarrollo normal de la fabricación. Un problema adicional es la gran sensibilidad de las cepas productoras de nisina a infecciones por virus (fagos), lo cual dificulta su cultivo.



La legislación española autoriza una dosis máxima de 12,5 mg/kg en queso terminado.

4. *Formaldehido*

La legislación italiana ha permitido el empleo de 25 ppm de formaldehido para prevenir la hinchazón tardía del queso Grana Padano y del Provolone. En España no existe legislación específica al respecto.

5. *Lisozima*

La lisozima es un enzima ampliamente distribuido en la naturaleza tanto en plantas como en animales (en estos últimos se encuentra en la saliva, en las lágrimas, etc.) y tiene la propiedad de descomponer la pared celular de las bacterias Gram positivas (entre ellas los



Fig. 15.-Los tratamientos químicos son eficaces para niveles de contaminación bajos.

clostridios) entorpeciendo funciones vitales como la respiración, el crecimiento y la división.

Desde finales de los años sesenta se contempla el valor potencial de la lisozima para controlar la fermentación butírica en quesos. Su eficacia depende, como en el resto de los inhibidores, de la importancia de la contaminación y del tipo de queso, fundamentalmente en lo que se refiere al salado y a las condiciones de la maduración. Hay que tener en cuenta que la lisozima no inhibe la germinación de esporas sino el crecimiento de las formas vegetativas que emergen de ellas durante la maduración.

Con la dosis estándar (500 unidades de lisozima/ml) se han obtenido resultados muy variables para los distintos tipos de queso y condiciones de producción, requiriéndose en algunos casos dosis mucho más elevadas.

En España, su uso está legalizado desde mayo de 1988 para quesos de mercado interior, permitiéndose una dosis máxima de 35 mg/l ó 400 mg/kg queso acabado. No se permite en ningún caso el empleo conjunto de lisozima y nitrato potásico.

TRATAMIENTOS MECÁNICOS

1. *Bactofugación*

Es un método de eliminación física de esporas mediante una centrifugación controlada de la leche (7.000-9.000 rpm), en base a la mayor densidad de las esporas respecto a los componentes lácteos.

Para mejorar la eficacia de la centrifugación se recomienda calentar la leche a una temperatura superior a 60 °C. De esta forma se inactivan las aglutininas, inmunoglobulinas con capacidad aglutinante, y se disminuye la viscosidad de la leche. En las mejores condiciones se puede conseguir una eliminación del orden del 90-95% de las esporas, lo cual no asegura la ausencia de fermentación butírica si la contaminación es elevada.

La centrifugación, además, va acompañada de una ligera pérdida de ingredientes lácteos, en particular proteínas, lo que se puede traducir en una disminución del rendimiento.

De cualquier forma, ante el problema que puede suponer la inhibición de la fermentación láctica o propiónica en los quesos por la



presencia de dosis elevadas de los inhibidores (lisozima, peróxido de hidrógeno, nisina, etc.) o la presencia de altas concentraciones de nitratos o nitritos en el queso hasta dosis no permitidas o perjudiciales, la bacto-fugación puede constituir, si no un método alternativo, sí un método complementario.

2. *Desnatado estático*

Consiste en un simple proceso de desnatado por gravedad, por el que se obtienen finalmente dos fracciones, una fracción no grasa (70%) y una fracción grasa donde se localizan las esporas. Esta última fracción, una vez separada, se puede someter a un proceso de bacto-fugación o a un tratamiento térmico UHT para la eliminación de las esporas. Esta nata bacto-fugada se adiciona después al resto de la leche para su estandarización.

Como en el caso de la bacto-fugación, la eliminación de esporas, aún en las mejores condiciones, no es del 100%, por lo que, en casos de grave contaminación, sólo debe constituir un método complementario.

3. *Microfiltración a través de membranas de cerámica*

El método consiste en hacer pasar a la fracción no grasa obtenida mediante desnatado estático o con una desnatadora a través de una membrana de cerámica de $1,4 \mu$. Las proteínas, los azúcares, las sales minerales y los pequeños glóbulos de grasa son permeables y atraviesan el microfiltro. En la membrana quedan retenidas al menos el 99,5% de las esporas y bacterias presentes.

Este proceso podría complementar al anterior aumentando el margen de seguridad, pero requiere disponer del sistema de microfiltración.

MÉTODOS DE CONTROL A NIVEL DE FABRICACIÓN

Se ha sugerido la modificación de algunas prácticas durante la fabricación tendentes a reducir el riesgo de fermentación butírica, sin embargo, no parecen constituir una alternativa seria a los métodos físicos ya citados.

1. *Maduración previa del queso a baja temperatura*

La idea consiste en llevar a cabo una maduración previa del queso a 7 °C durante un tiempo tal que asegure que la sal se ha distribuido homogéneamente por el queso. En ese momento, se inicia la maduración a la temperatura propia del queso en cuestión. Al margen de otros problemas de tipo tecnológico, se ha observado un desarrollo anormal de la flora de superficie por la condensación del agua al pasar los quesos del frío a la temperatura de maduración.



Fig. 16.-La existencia de cámaras de oreo refrigeradas en las queserías permite la maduración del queso a baja temperatura.

2. *Introducción de la sal directamente al interior*

Se pretende distribuir la sal de forma directa y homogénea en el queso a una concentración superior al 3% tal que inhiba el desarrollo de los clostridios. Se ha comprobado, sin embargo, que esta práctica afecta negativamente a la estructura del queso haciéndola más débil y granulosa.

3. *Tratamiento de la leche a altas temperaturas*

Se pretende aplicar un tratamiento térmico (relación temperatura/tiempo) tal que se consiga una máxima destrucción de esporas y se

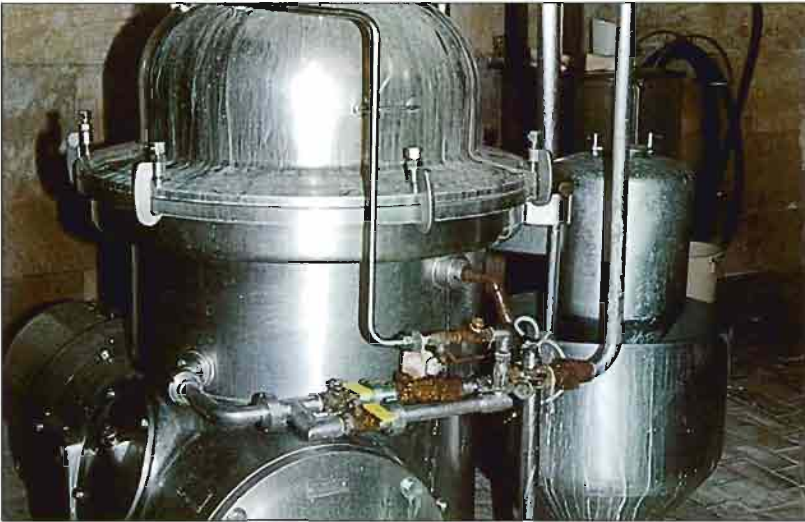


Fig. 17.–Bactofugadora: las células esporuladas se separan de la leche casi en un 100% debido a su alta densidad. La bactofugación puede ser un método complementario al tratamiento químico en caso de altos niveles de contaminación por esporas.



Fig. 18.–El desnatado y la posterior eliminación de las esporas de la nata antes de su reincorporación es un método alternativo a la bactofugación.

minimicen, por el contrario, los cambios fisico-químicos que acompañan a todo tratamiento de este tipo. Con temperaturas entre 110 y 120 °C y tiempos entre 0,3 y 0,5 segundos se han obtenido reducciones del orden del 96-99%. Por lo tanto, con altos niveles de contaminación el método no garantiza su eficacia antibutírica. Por otra parte, los quesos obtenidos presentan cambios apreciables en la estructura y el sabor. Así mismo no hay una buena formación de ojos.



MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN

SECRETARIA GENERAL TÉCNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

Paseo de la Infanta Isabel, 1 - 28014 Madrid