

Prácticas sanitarias en una planta de procesado de la leche

La industria lechera tiene fama entre las industrias alimentarias de ser líder en lo referente a normas y prácticas higiénicas, así como en la implantación de estándares sanitarios. También ha contribuido a este liderazgo el reconocimiento por la industria lechera de la necesidad primaria de unas buenas prácticas sanitarias para asegurar una mejor estabilidad y elevada calidad de los productos lácteos que requieren refrigeración.

Las propiedades físicas y químicas de los productos lácteos, especialmente de los que se presentan en estado líquido, han hecho posible la mecanización de la limpieza de las instalaciones de procesado. Algunas de las siguientes circunstancias reseñadas por Seiberling (1987) han contribuido con su puesta en práctica a la mecanización:

- Se han instalado circuitos conductores permanentes de elementos «soldados» entre sí casi en su totalidad, para reducir la limpieza manual de tuberías y piezas de unión.
- Se han creado sistemas de control basados en relés ad hoc, controladores especiales, pequeños ordenadores y contro-

ladores programables «inteligentes», conectados o programados para llevar a cabo complejas secuencias de limpieza.

- Sistemas de limpieza *in situ* (CIP) controlados automáticamente han proporcionado un método que asegura la limpieza diaria y uniforme de tanques, válvulas y tuberías.
- Las válvulas sanitarias de limpieza CIP accionadas por aire han eliminado la limpieza manual de las válvulas de tipo obturador, permitiendo el control remoto y/o automático del flujo de la solución encargada de la CIP.
- Se han diseñado tanques de depósito tipo silo y procesadores en cúpula alta de forma que puedan limpiarse eficazmente con equipo CIP.
- Se ha diseñado equipo de procesado especial para limpieza CIP (homogeneizadores, placas de intercambio de calor, determinados aparatos de llenado, y la máquina centrifugadora autodescargable (autolimpiable).

Estos ingenios funcionan con máxima eficacia cuando se integran adecuadamente en un

sistema completo de limpieza diseñado e instalado para el control automático de todas las operaciones sanitarias y de limpieza.

El origen de la leche resulta de máxima importancia. Ni siquiera la pasteurización más eficaz es capaz de mejorar la calidad ni eliminar los problemas dimanantes de las bacterias indeseables que están presentes en la materia prima. Aunque la pasteurización es un arma efectiva contra los gérmenes patógenos y de la putrefacción, sólo es una medida de seguridad que en ningún caso debe utilizarse tratando de ocultar una materia prima insana o un saneamiento inadecuado.

Polifosfatos y detergentes sintéticos se han responsabilizado de alteraciones en las operaciones de limpieza corriendo parejas con nuevos equipos de limpieza y saneamiento y nuevos materiales. Estos avances han permitido formular compuestos limpiadores específicos que se adaptan a las características del agua, tipos de metales y propiedades del terreno. También cuentan con la propiedad «buffer» de minimizar la corrosión. Han abierto un ancho camino de estrecha unión e íntima asociación entre compuestos limpiadores y agentes saneadores que incrementa los efectos de ambas fases de la higienización.

PAPEL DE LOS GÉRME- NOS PATÓGENOS

Pese a los logros y buena reputación alcanzados por la industria lechera en lo referente a programación y prácticas higiénicas, los gérmenes patógenos continúan invadiendo los productos lácteos. Durante 1985 hubo numerosos brotes de salmonelosis en leche pasteurizada. Otras afecciones recientes de origen alimentario, resultantes del consumo de productos lácteos, han sido intoxicaciones estafilocócicas provocadas por helados, la presentación de campilobacteriosis de aparición esporádica sin que se haya aclarado definitivamente el modo

de transmisión, y casos de listeriosis a partir de queso contaminado. El último brote provocó varias muertes. Como consecuencia, la industria lechera ha tenido que retirar del mercado un gran número de artículos, con el correspondiente perjuicio económico. Estos hechos han motivado la actuación, con toda su fuerza legal, de los estamentos oficiales sobre la industria lechera y han dado lugar a que diversas empresas del sector deban invertir grandes sumas de dinero en la mejora de la sanidad de sus instalaciones de producción. Tales experiencias han subrayado la trascendencia y urgencia de los programas de higienización eficaces. Debido a estudiarse los gérmenes patógenos en el Capítulo 2, sólo nos ocuparemos aquí de la *Listeria monocytogenes* y el *Escherichia coli* O157:H7, microbios de máxima importancia para los productos lácteos.

Listeria monocytogenes

El descubrimiento de *L. monocytogenes* en productos lácteos fermentados y sin fermentar, ha impulsado a los procesadores de alimentos a reforzar su preocupación por la higiene de las instalaciones y la seguridad de los productos. La *Listeria monocytogenes* está muy repartida en la naturaleza y se encuentra con frecuencia en el tracto digestivo del ganado vacuno. Aproximadamente el 5% de las personas sanas normales excretan con las heces este microorganismo. Alrededor del 5-10% de la leche de vaca cruda aparece contaminada con *L. monocytogenes*. Este microbio ha sido aislado de ensilados inadecuadamente fermentados, de plantas frondosas y del suelo; de hecho, este último es reservorio de listerias.

La presencia de listerias en helados y quesos ha provocado importantes cambios en el procesado y saneado de los establecimientos de productos lácteos. Muchos industriales están adoptando voluntariamente los estándares de Categoría A exigidos para producir leche pas-

teurizada. La importancia de un programa higiénico eficaz para combatir la *L. monocytogenes* ha contribuido a incrementar en gran manera la formación, supervisión y aumento del número de operarios, así como a subir los salarios de los empleados que trabajan en las plantas de procesado de la leche.

La participación epidemiológica de la leche pasteurizada en el foco de listeriosis registrado en Massachusetts en 1983 y en el brote de Los Angeles en 1985, atribuibles a un queso blando fabricado al estilo mexicano, motivó la creación del protocolo estándar de la U.S. Food and Drug Administration (FDA) para la detección de este germen patógeno. Estos hechos también condujeron a la realización de una gran encuesta en la industria láctea en busca de microorganismos patógenos. Esta investigación reveló que, en casi todos los casos, la contaminación de los productos por *L. monocytogenes* obedecía a la contaminación de éstos después de su procesado.

Para controlar la presencia de *L. monocytogenes* en las instalaciones lecheras de EE UU, se han creado normas específicas. Estas directrices ponen énfasis en la necesidad de: (a) reducir la posibilidad de que las materias primas contengan listerias, (b) reducir al mínimo la contaminación ambiental en las instalaciones procesadoras de alimentos, y (c) utilizar métodos de procesado y técnicas de higiene que reduzcan la probabilidad de que este germen se encuentre en los alimentos.

Unas instalaciones y equipo adecuadamente construidos y mantenidos son fundamentales para la puesta en práctica de un programa eficaz de limpieza y saneamiento con vistas a controlar la *L. monocytogenes*. Las características de construcción que se describirán en este Capítulo y en los Capítulos 15, 16 y 17 deben tomarse en consideración al redactar un programa de control de este germen.

La *Listeria monocytogenes* es sensible a los agentes sanitarios empleados de ordinario en la industria alimentaria. Los productos clorados,

yodados, ácido-aniónicos, y/o del tipo del amonio cuaternario son eficaces contra el germen utilizados en concentraciones de 100 ppm, 25-45 ppm, 200 ppm y 200 ppm, respectivamente. Aunque estas cantidades pueden necesitar ser corregidas para compensar el modo de empleo (como puede ser la actuación de factores de óxido-reducción resultantes de la calidad y dureza del agua), las concentraciones recomendadas no deben excederse marcadamente, ya que la aplicación de concentraciones excesivas incrementa el riesgo que corren los operarios, aumenta el peligro de contaminación de los alimentos, y, en algunos casos, provoca la corrosión del equipo.

Los productos higienizantes a base de amonio cuaternario no son recomendables para utilizarse en superficies en contacto con alimentos, no debiendo emplearse tampoco en las fábricas de queso, ya que los cultivos «starter» de bacterias acidolácticas son inactivados rápidamente por pequeños residuos de estos saneadores. En cambio, los productos higienizantes ácido-aniónicos y yodados sirven mejor para las superficies del equipo, neutralizando los primeros muy bien la alcalinidad excesiva resultante de compuestos limpiadores y evitando la formación de depósitos minerales alcalinos. Debe desistirse de emplear vapor (a causa de su elevado coste), y, si se utiliza, debe limitarse a sistemas cerrados, por los posibles peligros derivados de la formación de aerosoles. El saneamiento con agua caliente no es aconsejable, debido al elevado coste energético que implica el agua caliente y a que no es posible mantener con facilidad las temperaturas elevadas.

La eficacia de un programa de control de la *Listeria* puede medirse con métodos microbianos preoperativos convencionales y rutinarios, tales como el recuento de gérmenes en placas aerobias y el recuento de coliformes (ver Capítulos 2 y 6). Sin embargo, la experiencia industrial ha llegado a la conclusión de que la medición más exacta se basa en descubrir la presencia de listerias en el ambiente de la planta. Se orga-

nizará la toma de muestras ambientales para orientar las prácticas de saneamiento preoperativo y la conducta a seguir de manera directa en la lucha contra las listerias.

Escherichia coli O157:H7

Los brotes de este germen patógeno asociados a la leche cruda han inducido a los investigadores a un estudio más profundo de este microorganismo en productos lácteos. Este germen puede multiplicarse en los quesos cottage y cheddar, pero resulta inactivado al pasteurizar la leche.

Buchanan y Doyle (1997) apuntaron que tecnologías alternativas al tratamiento térmico pueden controlar el *E. coli* O157:H7, manteniendo la aceptación de los productos lácteos. Una alternativa factible para el tratamiento de productos lácteos, cárnicos y de pollería son las radiaciones ionizantes. El *E. coli* es relativamente sensible a la radiación; dosis de radiación para la pasteurización de 1,5-3,0 KGy parecen actuar destruyendo los niveles que se presentan con máxima frecuencia en la carne de vacuno (Clavero *et al.*, 1994).

CONSIDERACIONES SOBRE CONSTRUCCIONES SANITARIAS

Los puntos más importantes para la higiene de una planta lechera son el drenado (desagües) y el tratamiento de las aguas residuales. Debe contarse con sumideros adecuados para las aguas de lluvia y las conducciones sanitarias. En las zonas y municipios rurales con medios limitados para tratar las aguas, las empresas lecheras deben crear sus propias instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Son esenciales a este respecto un suficiente abastecimiento de agua potable y unos medios adecuados de drenado y recogida de aguas residuales. En el Capítulo 12 se mencionan otros extremos.

Características de la edificación

El proyecto y construcción de una planta lechera están sujetos a la aprobación de uno o varios estamentos reguladores. Todo el equipo y utensilios deben adquirirse de acuerdo con lo dispuesto por las autoridades competentes.

La ventilación es importante, especialmente en áreas en que deba eliminarse la gran cantidad de calor generado durante el procesado. La ventilación se adaptará a los diversos tipos de recintos, debiendo contar con la flexibilidad requerida para cubrir las necesidades de cualquier futura modificación de la producción. Con frecuencia es preciso filtrar el aire de entrada, sobre todo si la planta está ubicada en una zona muy industrializada. Asimismo se dedicará la atención necesaria al control de la humedad, condensación, polvo y esporas.

Directrices para la construcción

Si la construcción no está cuidadosamente proyectada, tanto estructura como equipo pueden contribuir a que exista contaminación. Este problema puede soslayarse reduciendo al mínimo el equipo suspendido en la altura, lo que disminuye la contaminación resultante del mantenimiento de dicho equipo. El equipo en alto también resulta difícil de limpiar. Se habilitará un suelo independiente de servicio para que acoja la mayor parte de conductos, tuberías, compresores y demás equipo. Esta disposición permite disponer de techos despejados, fáciles de limpiar y de mantener en adecuado estado sanitario.

Otras características de diseño y construcción conducentes a unas adecuadas condiciones higiénicas son:

- Toda la construcción metálica estará fabricada de manera que resista la corrosión.
- El aislamiento de las tuberías correrá a cargo de un material resistente a la al-

teración y corrosión, que además se someterá a frecuentes limpiezas.

- Los puntos de condensación continua se protegerán instalando un sistema colector de drenado.
- Todas las aberturas deben equiparse con mallas o tela metálica, y las ventanas encajarán bien en los marcos.

Los acabados se harán con materiales que requieran mínimo mantenimiento. Paredes, suelos y techos serán impermeables a la humedad. Los materiales del suelo serán resistentes a la leche, ácidos, grasa, compuestos limpiadores, vapor y a la acción mecánica de los golpes. Son buenas elecciones las de baldosas, ladrillos y epoxy. No se pintará, si existen otras alternativas idóneas. En el caso de aplicar pintura, será de características aceptables en las plantas de alimentos. El drenado de los suelos se diseñará de manera que se controlen insectos y olores. Es recomendable un desnivel aproximado del 2,1 cm/m, para reducir la acumulación de aguas y residuos en el suelo, que podrían comprometer la debida higiene y originar la multiplicación de *L. monocitogenes*.

Los sistemas de drenado y ventilación pueden contribuir a la contaminación por gérmenes del aire, en lugar de actuar como barreras sanitarias. En cambio, un sistema de ventilación correctamente diseñado, con filtración del aire, mejora la calidad de éste. Filtros muy baratos permiten eliminar el polvo y otros materiales contaminantes que en otro caso penetrarían en estos espacios o recintos.

El diseño y construcción del equipo permitirán una limpieza fácil y la reducción de la contaminación. En el pasado, la distribución del equipo era importante para el eficaz funcionamiento del establecimiento, atribuyendo sólo importancia secundaria a las operaciones sanitarias. Las especificaciones más importantes relativas a la sanidad del equipo incluyen una localización que permita realizar las operaciones higiénicas entre la maquinaria y las paredes o tabiques de separación, un exterior con superficie fácil de lim-

piar, y un diseño que permita limpiar bien los espacios comprendidos entre la maquinaria y el suelo. Todo el equipo será accesible (desmontable en lo posible), fácil de limpiar y estará diseñado para el drenado y el saneamiento.

CARACTERÍSTICAS DE LA SUCIEDAD DEPOSITADA EN LAS PLANTAS LECHERAS

En la industria lechera, la suciedad depositada está constituida principalmente por sales minerales, lípidos, carbohidratos, proteínas y agua. Otros componentes pueden ser el polvo, lubricantes, microorganismos, compuestos de limpieza y sustancias higienizantes.

Las películas blancas o grisáceas que se forman sobre el equipo de lechería son generalmente de residuos de leche o de agua evaporada. Estas películas se acumulan por lo común lentamente sobre superficies sin calentar, debido a escasa limpieza o a utilizar aguas duras, o por ambas causas. Las sales de calcio y magnesio precipitan cuando se añaden a las aguas duras carbonato sódico. Durante la limpieza, parte de este precipitado puede adherirse al equipo, dejando una película de los residuos del agua (costra). Cuando las proteínas desnaturalizadas por el calor se adhieren a las superficies y otros componentes las absorben, sobre las superficies calentadas puede formarse rápidamente una costra de «leche» reseca. Debido a ser menos solubles a altas temperaturas, los fosfatos de calcio de la leche están presentes en grandes cantidades. La naturaleza de las costras difiere en su composición según se trate de superficies calentadas y sin calentar. Así, cada tipo de depósito de suciedad requiere un procedimiento distinto de limpieza. La costra de residuos lecheros es por lo general un depósito poroso que puede albergar gérmenes contaminantes que en ocasiones desafían los métodos de saneamiento. Puede destruirse con un producto limpiador ácido, que disuelve los mine-

rales alcalinos y elimina la película. Los depósitos abundantes exigen un compuesto limpiador más fuerte que los empleados en depósitos más ligeros. Asimismo, las costras recién depositadas en una superficie sin calentar se disuelven mejor que las costras formadas en la misma superficie que se han secado o que se han «cocido» en una superficie calentada.

Los depósitos de suciedad pueden reducirse y después eliminarse más fácilmente aplicando los principios siguientes:

- En términos generales, las superficies encargadas de calentar el producto deben enfriarse antes e inmediatamente después de vaciar los tanques de procesado en caliente.
- Las espumas y otros productos limpiadores deben enjuagarse después de aplicarse y antes de que se sequen.
- Siempre que sea posible y práctico, los depósitos formados deben mantenerse húmedos hasta el inicio de la operación de limpieza.
- El enjuagado debe realizarse con agua templada (no caliente).

La deposición aumenta en los calentadores de temperatura ultraelevada, si la leche tiene acidez alta. Este problema se agrava cuando el movimiento es de baja velocidad y la agitación es escasa durante las operaciones. El precalentamiento y el mantenimiento de una temperatura elevada reduce la deposición de película. La naturaleza de la superficie determina la facilidad o dificultad de la eliminación de las costras de suciedad. Hoyos en las superficies corroidas, el agrietado de las partes de goma y las irregularidades existentes en las superficies mal pulidas protegen a las películas de suciedad y a los microorganismos de la acción de los compuestos limpiadores y productos saneadores. El tipo de costra a eliminar determina el método de limpieza a poner en práctica, así como la composición y concentración del compuesto limpiador.

PRINCIPIOS DE SANEAMIENTO

La limpieza y el correcto estado sanitario de edificaciones y equipo son esenciales para la producción, procesado y distribución de productos lácteos sanos. La mayor parte de los costos totales de limpieza corresponde a la mano de obra. Por consiguiente, es importante utilizar compuestos y equipos limpiadores adecuados para que el programa de saneamiento resulte eficaz, llevado a la práctica en el tiempo más breve y con la menor mano de obra posible.

El personal sanitario debe saber cuál es el tiempo necesario para limpiar cada pieza del equipo con la mecanización y compuestos limpiadores disponibles. Las tareas de limpieza se asignarán a operarios específicos, que se responsabilizarán del equipo y área a su cuidado. Su asignación se hará mediante notificación oficial o bien grapando el plan de limpieza o las asignaciones en un tablón de anuncios.

Papel del agua

El principal elemento constitutivo de casi todos los productos limpiadores, incluidos los utilizados en las plantas de lechería, es el agua. Como la mayor parte de las aguas de las plantas no son ideales, los compuestos limpiadores elegidos deben adaptarse al tipo de agua disponible o bien debe tratarse ésta para incrementar la eficacia del producto limpiador en cuestión. Resulta de particular importancia reducir al mínimo la cantidad de materias suspendidas en el agua, con objeto de evitar la formación de depósitos en las superficies limpiadas del equipo. La dureza del agua complica la operación de limpieza. La materia en suspensión y el hierro y manganoso en solución sólo pueden eliminarse mediante tratamiento adecuado, mientras que cifras pequeñas de dureza pueden corregirse con agentes quelantes presentes en los compuestos limpiadores empleados en la operación de sa-

neamiento. Cuando el agua es dura o muy dura, suele resultar más económico tratarla previamente para eliminar o reducir las sustancias responsables de su dureza.

Papel de los compuestos limpiadores

Como todos los compuestos limpiadores, los utilizados en la limpieza de plantas lecheras son generalmente mezclas complejas de productos químicos, combinados con el fin de alcanzar un propósito determinado. Las siguientes funciones de limpieza se refieren al papel de los compuestos limpiadores en las operaciones higiénicas realizadas en los establecimientos lecheros:

1. El preenjuagado se lleva a cabo para eliminar la mayor cantidad posible de suciedad depositada y aumentar la eficacia del compuesto limpiador.
2. El compuesto limpiador se aplica sobre las costras para facilitar su posterior eliminación mediante un eficaz humedecido y en virtud de sus propiedades de penetración.
3. Los depósitos sólidos y líquidos de suciedad existentes en la superficie y que deben limpiarse, se eliminan mediante saponificación de la grasa, peptización de las proteínas y disolución de las sales minerales.
4. Los depósitos de suciedad se dispersan en el medio limpiador mediante dispersión, floculación o emulsión.
5. Se lleva a cabo un enjuagado eficaz para impedir la reposición de la suciedad dispersada en la superficie limpia.

El valor de un compuesto limpiador se determina con máxima exactitud midiendo el área que puede limpiarse eficazmente con mínimos costos. Los compuestos limpiadores de alto costo resultan frecuentemente los más económicos, en virtud de los ahorros de mano de obra,

energía y compuesto limpiador que significan. En el Capítulo 7 se aporta más información sobre compuestos limpiadores.

Aplicación de los compuestos limpiadores

Para facilitar la limpieza es necesario determinar los factores energéticos externos y los métodos de aplicación óptimos. Si la limpieza se hace a mano, se evitarán los ácidos y álcalis fuertes porque irritan la piel de las personas. En su lugar, se pondrá énfasis en la energía exterior, como el calor y la fuerza. Se logran espléndidos resultados con la limpieza circulante y si se realiza o no *in situ*. La Tabla 14-1 orienta sobre cuál es el compuesto limpiador más apropiado, procedimiento y equipo de limpieza en aplicaciones limpiadoras mayores.

Papel de los productos desinfectantes

Después de limpiar, deben aplicarse productos desinfectantes a la superficie limpiada para ayudar a la destrucción de los gérmenes. Entre los muchos métodos de saneamiento (ver Capítulo 8), los utilizados más frecuentemente en las plantas lecheras son el vapor, agua caliente y productos químicos saneadores.

Desinfección mediante el vapor

Este método de higienización se basa en que el vapor actúe durante un tiempo determinado sobre las superficies que han de establecer contacto con el producto procesado. Se ha comprobado que los parámetros más efectivos son 15 minutos de exposición cuando el condensado que sale del conjunto del equipo lo hace a 80°C. Este método de saneamiento es de utilidad limitada, ya que es difícil mantener constante una temperatura adecuada y resulta excesivamente caro el costo energético. La aplicación de vapor puede también ser más peligrosa que otros métodos de saneamiento, por lo que no es recomendable generalmente.

Tabla 14-1 Normas de limpieza óptimas para equipos procesadores de leche.

<i>Espacios a limpiar</i>	<i>Compuesto limpiador</i>	<i>Medio limpiador</i>	<i>Equipo de limpieza</i>
Suelos de las plantas	Mayormente tipos de autoespuma o generadores de espuma añadidos a limpiadores de actuación entre moderada e intensa	Espuma (alta presión y bajo volumen deben utilizarse en depósitos con mucha grasa o proteína)	Equipo de limpieza (espuma) portátil o centralizado, con pistolas de espuma para inyectar aire en la solución limpiadora
Paredes y techos de las plantas	Como lo dicho más arriba	Espuma	Como lo dicho más arriba
Equipo de procesado y transportadores*	Álcalis entre moderados y fuertes que pueden ser clorados o no alcalinos	Spray de alta presión y bajo volumen	Equipo de alta presión y bajo volumen, portátil o centralizado; los <i>sprays</i> deben ser hidráulicos rotatorios
Equipo cerrado	Álcalis de poca espuma, clorados, entre moderados y fuertes, con uso periódico de limpiadores ácidos como abrillantadores y neutralizadores de acabado	CIP	Bombas, ventiladores o sprays de bola, y tanques para CIP

* El equipo de envasado puede limpiarse eficazmente con equipo de gel limpiador.

Fuente: Adaptado de Stenson y Forwalter, 1978.

Desinfección con agua caliente

El agua caliente se bombea a través del equipo conectado para humedecer las superficies del producto que contactarán con agua a una temperatura determinada y durante un tiempo especificado. La temperatura del agua mantenida a 80°C a la salida del equipo durante 5 minutos sirve como agente de saneamiento. Esta técnica es cara debido a los costos de energía requeridos.

Desinfección con productos químicos

Este método se realiza bombeando un agente desinfectante como son los halógenos (por lo general compuestos de cloro o yodo) a través del equipo al menos durante 1 minuto. El procedimiento requiere que se establezca contacto en-

tre el producto higienizante y todas las superficies que vayan a contactar con el producto. Como es esencial el contacto entre producto saneador y superficie, el modo de aplicación en las operaciones lecheras resulta importante.

En las operaciones mecanizadas de gran volumen, el producto saneador puede aplicarse a través de cañerías sanitarias mediante *circulación*, o bien bombeando una solución higienizante a través del sistema. En un depósito se prepara la cantidad adecuada de solución higienizante, que se bombea a continuación. Se ejercerá una discreta presión posterior en el sistema para asegurar el contacto con la superficie interna de la parte superior de la cañería.

En pequeñas operaciones que no justifican la mecanización, el limpiado higiénico puede

realizarse por *inmersión* del equipo, utensilios y demás objetos en la solución desinfectante. Esta operación requiere por lo común una inmersión de aproximadamente 2 minutos, para después escurrir y secar al aire la superficie limpia.

Los recipientes cerrados, como tanques y cubas, pueden higienizarse de manera fácil y eficaz mediante *nebulización*. La concentración de la solución higienizante debe ser doble que la de uso ordinario, y debe aplicarse por lo menos durante 5 minutos.

Si el líquido limpiador se aplica por *spray*, todas las superficies deben contactar con éste y humedecerse por completo. Como en la nebulización, la concentración de la solución limpiadora será doble que la de empleo ordinario.

Cuando no se disponga de equipo mecánico de saneamiento, los grandes contenedores, como las cubas de quesería, pueden higienizarse mediante *cepillado*. Todas las áreas establecerán contacto con el cepillo. Este método resulta caro en concepto de mano de obra.

Las superficies higienizadas no deben enjuagarse con agua, pues en tal caso tanto el equipo como los utensilios pueden volverse a contaminar con gérmenes aerobios que reducen la estabilidad del producto. Huelga decir que deben evitarse otras recontaminaciones de las superficies higienizadas.

Fases de la limpieza

Las operaciones lecheras requieren ocho fases de limpieza:

1. *Cubrir el equipo eléctrico.* El material de cobertura debe ser polietileno o equivalente.
2. *Retirar los residuos más voluminosos.* Esta tarea conviene realizarla durante la etapa de producción y/o antes del pre-enjuagado.
3. *Desmontar el equipo en la medida necesaria.*

4. *Preenjuagar.* El enjuagado previo puede eliminar eficazmente hasta el 90% de las materias solubles. Esta operación también «afloja» las costras sólidamente adheridas y facilita la penetración del compuesto limpiador en la siguiente fase de limpieza.

5. *Aplicar el compuesto limpiador.* Esta fase puede simplificarse eligiendo y aplicando adecuadamente los equipos de procesado y limpieza, colocando correctamente el equipo y reduciendo la acumulación de suciedad. La formación de costra puede reducirse más utilizando la temperatura requerida mínima con objeto de calentar los productos un tiempo mínimo; enfriando las superficies de calentamiento del producto, antes y después de vaciar las cubas de procesado; y manteniendo las costras de suciedad húmedas enjuagando la espuma y otros productos con agua a 40-45°C y dejándola en las cubas de procesado hasta la limpieza.

6. *Post-enjuagado.* Esta operación solubiliza y arrastra la costra. El enjuagado también elimina la suciedad residual y los compuestos limpiadores, a la vez que evita la nueva deposición de la suciedad en la superficie limpiada.

7. *Inspección.* Esta etapa es esencial para comprobar que la zona y el equipo están limpios, y para corregir posibles deficiencias.

8. *Desinfectar.* Se añade un producto higienizador para destruir cualquier microorganismo residual. Al destruir éstos, el área y el equipo contribuyen en menor grado a la contaminación de los productos elaborados.

Otras formas de limpieza

Cuando no es factible practicar una limpieza mecanizada, debe recurrirse a la limpieza manual, siguiendo las siguientes directrices:

- La limpieza implica un preenjuagado con agua a 37-38°C.
- El producto limpiador utilizado debe tener un pH menor de 10, para reducir al mínimo la irritación cutánea. La temperatura de la solución limpiadora conviene mantenerla a 45°C. Los cepillos empapados en solución pueden emplearse eficazmente en las operaciones de limpieza a mano. Partes de los dispositivos de rellenado y otras partes difíciles de limpiar, deben limpiarse con equipo de limpieza fuera-de-lugar (COP) para eliminar con mayor eficacia el lubricante superficial y otros depósitos.
- En la operación de post-enjuagado debe emplearse agua a 37-38°C, con subsiguiente secado al aire.
- La operación de higienizado debe incluir un producto desinfectante clorado, que se aplicará en spray o en baño.

La Tabla 14-2 clasifica y resume consideraciones especiales referentes a varios tipos de equipo de limpieza manual de plantas lecheras.

EQUIPO DE LIMPIEZA

La limpieza de las instalaciones lecheras comprende la eliminación física de la costra de suciedad de todas las superficies en contacto con el alimento después de cada período de empleo, con subsiguiente aplicación de un producto higienizante. Aunque las superficies que no contactan con alimentos son menos críticas, deben limpiarse. Las técnicas de limpieza de plantas lecheras varían de acuerdo con las dimensiones de la planta. La mayor parte de una planta de gran tamaño se limpia mediante algún sistema de CIP. Esta técnica de limpieza es el estándar reconocido para conducciones de tuberías, máquinas ordeñadoras, depósitos de almacenamiento a granel y la mayor parte del equipo empleado en las operaciones de procesado. Debido a ser inferior a 24 horas la duración

normal de empleo del equipo de una planta procesadora de leche, equipo y área se limpian a diario. La utilización más prolongada y continuada de los sistemas de conducción y depósito permite reducir la frecuencia de la limpieza a una vez cada 3 días.

Equipo de recirculación y CIP

La eficacia del método de limpieza CIP (*in situ*) depende de las variables de procesado que son el tiempo, la temperatura, la concentración y la fuerza. La duración del enjuagado y lavado debe minimizarse para conservar agua y compuestos limpiadores, pero será lo suficientemente prolongada para eliminar la suciedad y limpiar con eficacia. Sobre el tiempo actúan temperatura, concentración y fuerza. Un sistema CIP que aproveche eficientemente la energía, puede reducir el costo de la limpieza en más de un 35%, con un consumo de energía menor en un 40% aproximadamente.

Un brote de salmonelosis a partir de leche pasteurizada que surgió en la década de 1980, provocado al parecer por una conexión cruzada en la CIP entre leche cruda y pasteurizada, ha sido la causa de la instalación en muchas empresas lecheras de un tercer sistema CIP completamente independiente en el área de recepción de las plantas.

La temperatura de la solución limpiadora para el equipo CIP debe ser lo más baja posible, de forma que permita todavía una limpieza eficaz con empleo mínimo del compuesto limpiador. La temperatura de enjuagado debe ser lo suficientemente baja como para impedir la formación de depósitos a partir de aguas duras.

La fuerza o acción mecánica determina la eficacia con que el compuesto limpiador penetra en las áreas a limpiar y cómo es controlado por el sistema diseñado. Puede asegurarse una fuerza (o acción física) suficiente eligiendo y empleando bombas adecuadas de alta presión, para generar suficiente turbulencia en el interior y a

Tabla 14-2 Consideraciones especiales sobre el equipo de limpieza a mano de una planta lechera.

<i>Equipo</i>	<i>Pautas de limpieza recomendadas</i>
Tanques de pesado (bidones recepción y/o bidones transportados a planta)	Enjuagar inmediatamente después de extraer la leche; desconectar y desmontar todas las válvulas y piezas de conexión; lavar el tanque de pesado, enjuagarlo, así como las piezas de conexión; higienizar antes de volver a utilizar.
Camiones, tanques de depósito, tanques de procesado	Retirar la válvula de salida, escurrir, enjuagar varias veces con pequeños volúmenes de agua templada (38°C), retirar conexiones y el agitador; cepillar o limpiar a presión cubas, tanques y piezas intermedias; enjuagar y volver a montar tras higienizar conexiones inmediatamente antes de volver a utilizar. Limpiar a fondo las coberturas de bocas de entrada, salida de válvulas, marcos de mirillas y conductos de aire. Se preferirán los sprays a alta presión para mantener el personal limpio fuera de tanques o cubas y reducir al mínimo el daño a las superficies y la contaminación de superficies limpias.
Pasteurizadores de partida entera y superficies de procesado en caliente	Reducir la temperatura a menos de 49°C inmediatamente después de vaciar el producto; enseguida enjuagar; retirar con cepillo el producto quemado. Si no se puede enjuagar la cuba, llenarla con agua templada (32-38°C) hasta que se limpie. Limpiar de la misma forma que las demás cubas de procesado.
Cubas de serpentín	Aunque no son de uso general, resultan difíciles de limpiar debido a lo inaccesible que son algunas superficies del serpentín. Después de preenjuagar, llenar con agua caliente hasta cubrir el fondo del serpentín. Añadir compuestos limpiadores y hacer girar el serpentín mientras se cepillan todas las superficies expuestas del mismo.
Homogeneizadores	Preenjuagar mientras se monta el aparato; desmontar y limpiar cada pieza; colocar las piezas limpias en un carrito para que se sequen. Higienizar y volver a montar.
Bombas de saneamiento	Tras su empleo, retirar la cabeza de la bomba y enjuagar a fondo con agua templada (38°C); retirar los impulsores y colocarlos en un cubo con solución limpiadora a 49-50°C. Lavar las partes de aspiración y descarga y la cámara. Cepillar los impulsores y depositarlos en un cesto o una mesa auxiliar para que se sequen.
Máquinas de centrifugación	Los modelos que no puedan limpiarse por el sistema CIP deben limpiarse a mano. Enjuagar con agua a 38°C hasta que el líquido que fluya esté limpio. Desmontar, retirar las piezas interiores y discos y enjuagar todo antes de colocarlo en la tina de lavado. Es aconsejable una tina independiente para el separador y las partes de clarificación, para evitar daños en los discos y otras partes delicadas. Cada disco debe lavarse por separado, enjuagado y secado a fondo. Si una centrífuga se utiliza de forma intermitente durante el día, debe enjuagarse con agua templada abundante después de cada empleo. El uso de un agente humedecedor ligeramente alcalino mejora los efectos del enjuagado.

lo largo de las tuberías de conducción y tanques de depósito, desarrollando una gran eficacia.

Las operaciones de CIP en plantas lecheras se dividen normalmente en dos categorías prin-

cipales: limpieza con spray y limpieza en línea. También se utilizan con frecuencia otros circuitos cerrados, como las unidades de alta temperatura y corto tiempo (HTST).

Aunque en la industria procesadora lechera se utilizan muchos tipos de sprays, las instalaciones de sprays permanentemente instaladas son más duraderas que las máquinas portátiles y que las unidades de rotación u oscilación. Otras ventajas son carecer de partes móviles, construcción de acero inoxidable y escasa dificultad de funcionamiento, debido a menores variaciones en el aporte de presión.

El principio de la limpieza en línea puede comprender circuitos CIP de conducción de producto, con puntos fácilmente accesibles, desde los cuales puede alimentarse un circuito y al que puede retornar. Las líneas de retorno desde tanques de depósito hasta una bomba de retorno deben contar con una pendiente aproximada del 2%, continua hacia la entrada de la bomba de retorno. Cada aparato de spray debe contar con control de presión y flujo.

En los circuitos de tuberías CIP pueden incorporarse intercambiadores de calor de cubierta y tubos equipados con conexiones de retorno de diseño CIP, o bien pueden limpiarse independientemente como operación separada. Los intercambiadores de calor tubulares de triple tubo pueden instalarse de manera que resulten de autodrenado. Los intercambiadores de calor de placas se emplean más que los de tubos porque pueden examinarse mejor, son de diseño más flexible, y fáciles de adaptar a nuevas aplicaciones.

En la limpieza *in situ* (CIP), el compuesto limpiador debe aplicarse con fuerza suficiente para que se establezca un íntimo contacto con las superficies con costra de suciedad, y debe estar reponiéndose continuamente. Existen diversos sistemas de equipos CIP. (Las formas básicas se exponen en el Capítulo 9). Algunos sistemas CIP se han modificado para permitir el aprovechamiento del enjuagado final como solución limpiadora para el agua del siguiente

ciclo de limpieza y para separar y recuperar los enjuagues iniciales con objeto de reducir la cantidad de aguas residuales.

Desde mediados de la década de 1970, las instalaciones han incorporado sistemas CIP que combinan las ventajas de la flexibilidad y seguridad de los sistemas de un solo uso con técnicas de recuperación de agua y solución que ayudan a reducir la cantidad de agua necesaria para un ciclo de limpieza. La intención de estos sistemas es recuperar la solución limpiadora gastada y el agua del post-enjuagado de un ciclo de limpieza y guardarlas temporalmente, para volver a emplear la mezcla de detergente-agua de enjuagado como líquido de preenjuagado en el siguiente ciclo de limpieza. Este proceder reduce en un 25-30% la necesidad total de agua de los sistemas de limpieza con spray, en comparación con otros métodos alternativos. Por este procedimiento, el consumo de vapor disminuye en un 12-15%, y el empleo de compuesto limpiador en un 10-12%, porque un preenjuagado con la solución gastada aporta calor al recipiente, lo que favorece la eliminación de la costra de suciedad. Si se utiliza una unidad de recirculación CIP para limpiar un equipo con mucha cantidad de suciedad insoluble, en el sistema de retorno puede incorporarse un tamiz, centrífuga o depósito de sedimentación para impedir que este material vuelva a circular y dificulte la acción del spray. El buen funcionamiento de todo el sistema CIP debe comprobarse a partir de datos recogidos en fichas de registro que deben archivar como referencias para el futuro.

Equipo COE

Cuando se utilice equipo COP en plantas lecheras, se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Un preenjuagado con agua templada a 37-38°C para eliminar la suciedad gruesa.

2. Una fase de lavado haciendo circular durante 10-12 minutos una solución limpiadora alcalina clorada, a 30-65°C, para desprender y eliminar la suciedad que no fue expulsada en la fase de preenjuagado.
3. Un postenjuagado con agua templada a 37-38°C para eliminar posibles residuos de suciedad o compuesto limpiador.

Limpieza del equipo de almacenamiento

Para efectuar una limpieza eficaz por el método del spray, es esencial contar con tanques correctamente diseñados y que cuenten con dispositivos generadores de spray instalados de forma conveniente. El spray instalado permanentemente en la base se utiliza en la industria más que los modelos de spray oscilantes o rotatorios. Los primeros requieren menos mantenimiento cuando están fabricados de acero inoxidable sin partes móviles, y son más resistentes. El rendimiento de estas unidades no se ve afectado por pequeñas variaciones en la presión aplicada, y el spray actúa continuamente sobre toda la superficie circundante. Los tanques cilíndricos y rectangulares se limpian bien cuando el spray actúa a razón de 4-10 litros/min/m² de superficie interna, con modelos diseñados para humedecer el tercio superior del depósito de almacenamiento. Como el equipo alberga serpentines de calentamiento o refrigeración con complejos agitadores, por lo común hace falta un modelo especial de spray, al necesitarse un consiguiente aumento de presión y volumen para alcanzar todas las superficies.

El tanque vertical de tipo silo exige flujos de 27-36 litros por metro lineal de la circunferencia del tanque. Debido a la dificultad que entraña alcanzar los aparatos de spray para inspecciones o limpiezas ocasionales, en estos modelos de depósitos se utilizan normalmente sprays de disco libre. Aunque la mayoría de las limpiezas por spray se llevan a cabo con sprays

estándares, existe un surtido de modelos especiales, como los sprays de disco, de anillo o de balón, que se emplean en cámaras de vacío, desecadores, evaporadores y recipientes complejos de características especiales.

La limpieza de grandes tanques que utilizan dispositivos de spray se diferencia de las aplicaciones de limpieza en línea, ya que tanto el enjuagado previo como el posterior se practican generalmente utilizando una técnica de cepillado en la que el agua se aplica en tres o más chorros fuertes de 15-30 segundos cada uno, vaciando por completo el tanque entre chorros sucesivos. Este procedimiento es más eficaz en la eliminación de suciedad sedimentada y espuma que el sistema de enjuagado continuo; además, su realización supone un menor consumo de agua.

La costra de suciedad depositada en los tanques de depósito y recipientes de procesado es más variable que la generada en circuitos de tuberías; así, las técnicas de limpieza de estos equipos son más variadas. En superficies ligeramente sucias, como las de los tanques de leche o subproductos lácteos bajos en grasa, se logra una limpieza eficaz mediante preenjuagado con tres cepillados y agua templada. También contribuye a una limpieza eficaz la circulación repetida de un detergente alcalino clorado durante 5-7 minutos a 55°C, la práctica de un post-enjuagado con dos cepillados y agua a temperatura tibia, y la circulación repetida durante 1-2 minutos de un líquido de enjuagado final acidificado. El tiempo y temperatura de recirculación pueden aumentarse ligeramente cuando se trabaja con productos más viscosos y con un contenido más alto de grasa y extracto seco.

La composición de la suciedad depositada en superficies frías difiere de la de los depósitos socarrados, que contiene más proteína y sales minerales. La suciedad muy calentada exige mayor concentración de compuesto limpiador, y temperaturas de solución hasta de 82°C, con un tiempo de aplicación que llega a los 60 minutos. Las grandes cantidades de costras reque-

madras pueden también limpiarse eficientemente con la aplicación y circulación de un detergente alcalino caliente y con una solución de detergente ácido también caliente.

En la Tabla 14-3 se relacionan las concentraciones típicas de compuestos limpiadores y desinfectantes a utilizar en diversas aplicaciones de limpieza. Aunque puede haber variaciones, se tomarán en consideración las concentraciones sugeridas.

Los programas de limpieza dependen de las características del producto que circula por la instalación durante el procesado. Además de las operaciones de limpieza descritas más arriba, se recomienda la siguiente pauta de actuación para los sistemas de procesado que se citan:

Equipo para el procesado de leche entera, leche descremada y productos bajos en grasa. Debido al contenido de sales minerales de estos productos, el equipo puede limpiarse eficazmente haciendo circular por él repetidamente durante 20-30 minutos un detergente ácido, con adición inmediata de un agente limpiador alcalino fuerte, que se hará circular durante unos 45 minutos. Un enjuagado intermedio con agua fría permite separar los limpiadores ácido y alcalino.

Equipo para procesar crema y helados. Estos productos, que contienen elevados porcentajes de grasa y baja tasa de minerales, pueden limpiarse mejor dejando circular primero por

ellos un producto limpiador alcalino durante unos 30 minutos. La concentración de la solución alcalina puede oscilar entre el 0,5 y el 1,5%. El ácido se añade generalmente para lograr un pH de 2,0-2,5. Una regla práctica es la de utilizar durante la circulación repetida una temperatura de la solución limpiadora que sea aproximadamente 5°C más alta que la temperatura máxima actuante en el procesado del producto.

Área y equipo de la fabricación de queso

Los dos principales tipos de alteración de las variedades dura y semidura de queso son el crecimiento superficial de microorganismos (por lo común mohos) y la producción de gas a cargo de gérmenes que crecen en el seno del queso. El *Penicillium* es responsable hasta del 80% de los casos de alteración; otras especies de alteración corrientes pertenecen a los géneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Candida*, *Monilia* y *Mucor*. Pueden reducirse los casos de alteración por enmohecimiento esterilizando el aire mediante filtración, desinfectando con rayos ultravioleta las superficies de manipulación, y revistiendo el material de envoltura con sustancia antimicótica. Los *Bacillus*, *Enterobacteriaceae*, *Clostridium* y *Candida* son algunos gérmenes corrientes responsables de la producción de gas. De acuerdo con Varnam y

Tabla 14-3 Concentraciones típicas para diversas operaciones de limpieza.

<i>Instalaciones a limpiar</i>	<i>Compuestos limpiadores clorados (ppm)</i>	<i>Desinfectantes clorados ácidos/ácidos aniónicos (ppm)</i>
Tanques de depósito y transporte de leche	1.500-2.000	100
Tanques de depósito de crema, leche condensada y helados	2.500-3.000	100-130
Recipientes de procesado con tratamiento calórico moderado	4.000-5.000*	100-200
Costras «requemadas» gruesas	0,75-1,0% (cáustico)	Lavado ácido con pH 2,0-2,5

* También se considerará la posibilidad de practicar un enjuagado ácido después de limpiar.

Sutherland (1994), los quesos blandos pueden verse afectados por bacterias Gram-negativas tales como *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida* y *Enterobacter agglomerans*; por cepas de *E. coli* productoras de diarrea, procedentes del lavado con agua o de ingredientes añadidos; y por bacterias Gram-positivas como la *L. monocytogenes*.

La leche debe almacenarse en tanques fabricados con diseños y materiales que permitan su fácil limpieza. Sin embargo, los tanques de gran tamaño tipo silo que no pueden limpiarse con los procedimientos ordinarios, conviene equiparlos con equipos CIP y limpiarlos cada vez que se vacíen. Deben enjuagarse con agua para eliminar la suciedad grosera, para lavarse luego con soluciones de detergentes, enjuagarse de nuevo y esterilizarse. Se hará uso de las soluciones ácidas cuando lo permitan los materiales con que esté fabricado el tanque. Se preferirá el método de la esterilización química, evitándose la esterilización con vapor.

Como con otras plantas de procesado lechero, el sistema de cañerías debe proyectarse con todo cuidado para evitar la contaminación cruzada entre leche pasteurizada y sin pasteurizar. Ambos productos dispondrán de equipos CIP separados. Limpieza y esterilización pueden realizarse haciendo circular productos tales como el hidróxido sódico y ácido nítrico (Varnam y Sutherland, 1994).

Los tanques de salmuera deben forrarse con materiales resistentes a la corrosión, como baldosas o plástico. La salmuera debe mantenerse en su punto correcto de concentración, con objeto de atenuar el crecimiento de gérmenes halófilos. Las paredes, suelos y techos de las naves de maduración y de almacenamiento de quesos deben lavarse con soluciones fungicidas.

Los brotes de *L. monocytogenes*, *S. aureus* y *Yersinia enterocolitica* son motivo de preocupación porque estos gérmenes pueden adherirse a las superficies y provocar una contaminación cruzada de los productos alimenticios o

exponer a los empleados a contaminaciones, si las superficies no se limpian y sanean convenientemente. Como los desinfectantes afectan a los gérmenes de manera diferente y a distinta concentración, se llevarán a cabo tests para determinar cuáles son los desinfectantes y concentraciones adecuados para cada fase del proceso de fabricación de quesos.

RESUMEN

El diseño y la construcción del establecimiento influye sobre la contaminación microbiana y estado sanitario de los productos elaborados. Resulta de particular importancia asegurar que se dispone de aire y agua limpios y que las superficies en contacto con los alimentos lácteos no reaccionan con estos productos.

Las costras de suciedad que se encuentran en las plantas lecheras incluyen sales minerales, proteínas, lípidos, carbohidratos, agua, polvo, lubricantes, compuestos limpiadores, productos higienizantes y microorganismos. Unas eficaces prácticas higiénicas pueden reducir el depósito de suciedad y eliminar efectivamente ésta y los microorganismos mediante combinación óptima de energía mecánica y química con la aplicación de productos desinfectantes. Este objetivo se alcanza eligiendo el agua limpia, compuestos limpiadores, equipo de limpieza y saneamiento, y productos higienizantes más adecuados para cada operación de limpieza. Se registra hoy la tendencia a modificar los sistemas de CIP para permitir aprovechar los enjuagados finales de un ciclo como «agua» para la solución limpiadora del siguiente ciclo de limpieza; así, recogiendo y recuperando el agua de los enjuagados iniciales, se reduce la cantidad de aguas residuales producidas. Todo establecimiento procesador debe comprobar la eficacia de su programa de limpieza y saneamiento mediante análisis bacteriológicos diarios tanto de los productos como de los diversos equipos y áreas.

PREGUNTAS DE ESTUDIO

1. ¿Qué características debe tener la construcción de las plantas lecheras para poder llevar a cabo un eficaz saneamiento?
2. ¿Qué temperatura es necesaria para la desinfección con agua caliente del equipo procesador de una planta lechera?
3. ¿Cómo se lleva a cabo la desinfección química del equipo procesador lechero?
4. ¿Cuáles son las dos clases principales de limpieza CIP?
5. ¿Qué tipos de cepillos son los mejores para limpiar el equipo procesador de una planta lechera?

BIBLIOGRAFÍA

- Buchanan, R.L., and M.P. Doyle. 1997. Foodborne disease: Significance of *Escherichia coli* O157:H7 and other enterohemorrhagic *E. coli*. *Food Technol* 51, no. 10: 69.
- Clavero, M.R.S., et al. 1994. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonellae*, and *Campylobacter jejuni* in raw ground beef by gamma irradiation. *Appl. Environ Microbiol* 60: 2069-2075.
- Seiberling, D.A. 1987. Process/CIP engineering for product safety. In *Food protection technology*, 181. Chelsea, MI: Lewis Publishers.
- Stenson, W.S., and Forwalter. 1978. Selection guide to cleaning and sanitizing compounds. *Food Processing* 39: 34.
- Varnam, A.H., and J.P. Sutherland. 1994. *Milk and milk products: Technology, chemistry and microbiology*. New York: Chapman & Hall.

LECTURAS SELECCIONADAS

- Jowitt, R. 1990. *Hygienic design and operation of food plant*. Westport, CT: AVI Publishing Co.
- Marriott, N.G. 1990. *Meat sanitation guide II*. American Association of Meat Processors and Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg.