



## Beneficios y riesgos potenciales del sistema de la lactoperoxidasa en la conservación de la leche cruda

Informe de la reunión técnica de la FAO/OMS

Sede de la FAO, Roma, Italia, 28 de noviembre - 2 de diciembre de 2005



Organización  
Mundial de la Salud



Las publicaciones de la  
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación  
pueden solicitarse al  
Grupo de Comercialización y Ventas  
Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica  
FAO, Dirección de Información  
Viale delle Terme di Caracalla  
00153 Roma, Italia  
Correo electrónico: [Publications-Sales@fao.org](mailto:Publications-Sales@fao.org)  
Fax: + 39 06 5705 3360  
o en la dirección de Internet  
<http://www.fao.org/icalog/inter-s.htm>

Las publicaciones de la  
Organización Mundial de la Salud  
pueden solicitarse a  
Ediciones de la OMS  
Organización Mundial de la Salud  
20 Avenue Appia  
1211 Ginebra 27, Suiza  
Tel.: + 41 22 791 3264  
Fax: + 41 22 791 4857  
Correo electrónico: [bookorders@who.int](mailto:bookorders@who.int)  
o en la dirección de Internet <http://www.who.int/publications/es/index.html>

Las publicaciones de la  
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación  
pueden solicitarse al  
Grupo de Comercialización y Ventas  
Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica  
FAO, Dirección de Información  
Viale delle Terme di Caracalla  
00153 Roma, Italia  
Correo electrónico: [Publications-Sales@fao.org](mailto:Publications-Sales@fao.org)  
Fax: + 39 06 5705 3360  
o en la dirección de Internet  
<http://www.fao.org/icalog/inter-s.htm>

Las publicaciones de la  
Organización Mundial de la Salud  
pueden solicitarse a  
Ediciones de la OMS  
Organización Mundial de la Salud  
20 Avenue Appia  
1211 Ginebra 27, Suiza  
Tel.: + 41 22 791 3264  
Fax: + 41 22 791 4857  
Correo electrónico: [bookorders@who.int](mailto:bookorders@who.int)  
o en la dirección de Internet <http://www.who.int/publications/es/index.html>

# **Beneficios y riesgos potenciales del sistema de la lactoperoxidasa en la conservación de la leche cruda**

---

Informe de la reunión técnica de la FAO/OMS  
Sede de la FAO, Roma, Italia  
28 de noviembre - 2 de diciembre de 2005

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación ni de la Organización Mundial de la Salud, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Las opiniones expresadas en el presente informe son las de los autores y no representan necesariamente las de la Organización Mundial de la Salud ni las de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación o sus organizaciones afiliadas.

La Organización Mundial de la Salud y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación no garantizan que la información contenida en la presente publicación sea completa y correcta y no podrá exigírseles responsabilidades por daño alguno que se derive de su uso.

#### **Catalogación por la Biblioteca de la OMS:**

Beneficios y riesgos potenciales del sistema de la lactoperoxidasa en la conservación de la leche cruda : informe de la reunión técnica de la FAO/OMS sede de la FAO Roma, Italia, 28 de noviembre-2 de diciembre de 2005.

1.Lactoperoxidasa. 2.Lече – microbiología. 3.Lече – análisis. 4.Conservación de alimentos. 5.Medición de riesgo. I.Organización Mundial de la Salud. II.Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

(OMS) ISBN 92 4 359465 6 (Clasificación NLM: WA 716)

(OMS) ISBN 978 92 4 359465 1

(FAO) ISBN 978 92 5 305577 7

Todos los derechos reservados. Las solicitudes de autorización para reproducir o traducir el material contenido en esta publicación – ya sea para la venta o para la distribución sin fines comerciales – deben dirigirse al Jefe de la Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la Dirección de Información de la FAO, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia, o por correo electrónico a [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org), o bien a Ediciones de la OMS, Organización Mundial de la Salud, 20 Avenue Appia, 1211 Ginebra 27, Suiza, por fax a +41 22 791 4806 o por correo electrónico a [permissions@who.int](mailto:permissions@who.int).

# Índice

<b>Agradecimientos</b>	<b>v</b>
<b>Participantes en la reunión</b>	<b>vi</b>
<b>Declaraciones de interés</b>	<b>viii</b>
<b>Abreviaturas</b>	<b>ix</b>
<b>Resumen</b>	<b>x</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>xii</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes	2
1.2 Alcance y finalidad de la reunión técnica	4
<b>2. Efectos Microbiológicos Y Resultados Del Sistema De La Lactoperoxidasa</b>	<b>5</b>
2.1 Eficacia del sistema de la lactoperoxidasa en la prevención del deterioro de la leche cruda	5
2.2 Eficacia del sistema de la lactoperoxidasa frente a los microorganismos patógenos	8
2.3 Posibles consecuencias de la aplicación prolongada del sistema de la lactoperoxidasa en su eficacia antimicrobiana	12
2.4 Conclusiones y recomendaciones	12
<b>3. Salud Y Nutrición Humanas</b>	<b>14</b>
3.1 Contexto del sistema de la lactoperoxidasa	14
3.2 Posibles cuestiones relativas a la salud asociadas con la aplicación del sistema de la lactoperoxidasa: Aspectos toxicológicos	15
3.3 Efectos nutricionales	18
3.4 Efectos sobre los patógenos transmitidos por la leche	18
3.5 Conclusiones y recomendaciones	19
<b>4. Elaboración Y Tecnología</b>	<b>21</b>
4.1 Métodos de activación del sistema de la lactoperoxidasa	21

4.2	Inactivación térmica del sistema de la lactoperoxidasa	23
4.3	Otros métodos de conservación de la leche aprobados	23
4.4	Efectos del sistema de la lactoperoxidasa en la calidad organoléptica de la leche y la manufactura de los productos	24
4.5	Otros métodos de control microbiológico	26
4.6	Efectos de la adopción del sistema de la lactoperoxidasa en la aplicación de métodos no aprobados de conservación de la leche	27
4.7	Conclusiones y recomendaciones	27
<b>5.</b>	<b>Valor Económico Y Comercio</b>	<b>29</b>
5.1	Situación actual	29
5.2	Costo de la refrigeración y del sistema de la lactoperoxidasa	31
5.3	Comercio internacional	32
5.4	Normas sobre los productos lácteos, políticas y sistema de la lactoperoxidasa	32
5.5	Valor económico y repercusiones	33
5.6	Disponibilidad de los componentes del sistema de la lactoperoxidasa	34
5.7	Conclusiones y recomendaciones	34
<b>6.</b>	<b>Conclusiones Y Recomendaciones Generales</b>	<b>36</b>
<b>7.</b>	<b>Referencias</b>	<b>42</b>
<b>Apéndice A</b>	<b>Documentos presentados en respuesta a la petición de datos por la FAO/OMS</b>	<b>53</b>
<b>Apéndice B</b>	<b>Documentos informativos adicionales presentados durante la reunión</b>	<b>56</b>
<b>Apéndice C</b>	<b>Cuadro resumido de comparación del sistema de la lactoperoxidasa, la refrigeración y la combinación de ambos</b>	<b>57</b>
<b>Apéndice D</b>	<b>Exposición al tiocianato basada en los regímenes alimenticios regionales del SIMUVIMA/Alimentos con leche tratada con lactoperoxidasa y sin ella</b>	<b>58</b>
<b>Apéndice E</b>	<b>Suministro de alimentos de acuerdo con los regímenes regionales del SIMUVIMA/Alimentos en kg/año</b>	<b>59</b>

# Agradecimientos

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) desean expresar su agradecimiento a todos los que contribuyeron a la preparación del presente informe con la aportación de su tiempo y conocimientos prácticos, datos y otra información de interés y examinando el documento y haciendo observaciones.

También se desea hacer extensivo el agradecimiento a todos los que respondieron a la solicitud de datos por parte de la FAO y la OMS y que nos señalaron información que realmente no estaba disponible en la bibliografía más conocida y la documentación oficial.

La coordinación del trabajo preparatorio y la reunión técnica convocada para preparar este informe estuvo a cargo de los Servicios de Producción Animal y de Calidad de los Alimentos y Normas Alimentarias de la FAO. Participaron Anthony Bennett, Sarah Cahill, Ruth Charrondiere, María de Lourdes Costarrica, Frederic Lhoste y Simon Mack en la FAO y Hae Jung Joon y Jørgen Schlundt en la OMS. La publicación del informe estuvo coordinada por Anthony Bennett, Sarah Cahill y Frederic Lhoste. La dirección artística fue realizada por Nicoletta Forlano y el diseño por James Morgan. James Edge se encargó de la edición del informe.

El trabajo contó con el respaldo y la financiación de los Servicios de Producción Animal y de Calidad de los Alimentos y Normas Alimentarias de la FAO y del Departamento de Inocuidad de los Alimentos, Zoonosis y Enfermedades de Transmisión Alimentaria de la OMS.



# Participantes en la reunión

**Prof. Olivia Calisay EMATA**

Profesora Ayudante e Investigadora Universitaria  
Instituto de Capacitación e Investigación Lecheras  
ADSC. UP Los Baños College  
Laguna, Filipinas

**Dr. Alistair GRANDISON**

Profesor Titular  
Universidad de Reading  
Reino Unido

**Prof. Hannu Jaakko Tapani KORHONEN**

Director de Investigaciones Bromatológicas  
MTT Agrifood Research  
Finlandia

**Prof. Christiaan Wilfried MICHIELS**

Profesor de Microbiología de los Alimentos y Jefe del Laboratorio de Microbiología de los Alimentos  
Universidad Católica de Lovaina  
Bélgica

**Sr. Hezekiah Gichere MURIUKI**

Consultor de Economía Lechera  
Kenya

**Ing. Pastor Ceballo PONCE**

Director del Centro Nacional de Referencia y Control de la Calidad de la Leche (CEN-LAC) del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA)  
Cuba

**Prof. Jean Paul RAMET**

Profesor de Ciencia y Tecnología de los Alimentos [jubilado]  
Escuela Nacional Superior de Agronomía y de las Industrias Alimentarias  
Francia

**Dr. John VANDERVEEN**

Científico Emérito, Centro de Inocuidad de los Alimentos y Nutrición Aplicada  
Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos  
Estados Unidos de América

**Prof. Ronald WALKER**

Profesor Emérito de Bromatología  
Universidad de Surrey  
Reino Unido

## Declaraciones de interés

**Ing. Ponce:** Como investigador del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), es el autor de una patente sobre un producto basado en la activación del sistema de la lactoperoxidasa. No tiene derechos de explotación comercial ni obtiene beneficios derivados de ella, como estipula la legislación cubana en materia de propiedad intelectual.

# Abreviaturas

<b>CAO</b>	Comunidad del África Oriental
<b>CCFH</b>	Comité del Codex sobre Higiene de los Alimentos
<b>COMESA</b>	Mercado Común para África Oriental y África Austral
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<b>GLP</b>	Grupo Mundial de Expertos de la FAO sobre la Lactoperoxidasa
<b>HTST</b>	Temperatura alta durante un período corto
<b>JECFA</b>	Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>SADC</b>	Comunidad para el Desarrollo del África Meridional
<b>SIMUVIMA</b>	Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente
<b>Sistema LP</b>	Sistema de la lactoperoxidasa
<b>UHT</b>	Temperatura ultraalta (esterilización) / (Leche) tratada con temperatura ultraalta

# Resumen

Esta reunión técnica, organizada conjuntamente por los Servicios de Producción Animal y de Calidad de los Alimentos y Normas Alimentarias de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en cooperación con el Departamento de Inocuidad de los Alimentos, Zoonosis y Enfermedades de Transmisión Alimentaria de la Organización Mundial de la Salud (OMS), tenía por objeto lograr el mejor asesoramiento científico disponible sobre cuestiones relativas al sistema de la lactoperoxidasa (sistema LP) en la conservación de la leche cruda.

Tras examinar la información científica disponible (Referencias, Apéndices A y B), la reunión técnica llegó a la conclusión de que el sistema LP es un método inocuo de prevención de las pérdidas de leche debidas a la descomposición microbiana cuando se utiliza conforme a las directrices del Codex, ya sea solo o bien en combinación con otros procedimientos aprobados. El sistema LP es particularmente idóneo para su aplicación en situaciones en las cuales por motivos técnicos, económicos y/o prácticos no se puede recurrir al uso de instalaciones de refrigeración para mantener la calidad de la leche cruda. La aplicación del sistema LP no excluye la necesidad de la pasteurización de la leche cruda con el fin de mejorar su inocuidad para el consumo humano ni la sustituye.

Las pérdidas después de la recogida son un problema importante en la producción lechera de los países en desarrollo. Los productores de leche en pequeña escala podrían aumentar su participación en la producción, la elaboración y la comercialización mundiales de leche si pudieran reducir sus pérdidas utilizando cualquier método aprobado de conservación. La refrigeración es el método preferido de conservación de la leche, pero se requiere una inversión de capital elevada y los costos de funcionamiento y mantenimiento pueden ser altos. El sistema LP proporciona un método eficaz en función de los costos para aumentar la disponibilidad de leche, contribuyendo así a la generación de ingresos, la seguridad alimentaria familiar y la nutrición en los países en desarrollo.

El sistema LP desencadena una actividad antimicrobiana frente a una gran variedad de microorganismos de descomposición de la leche y patógenos, con inclusión de bacterias, el virus VIH-1, hongos, levaduras, micoplasmas y protozoos. Además, el sistema

---

<sup>1</sup>En condiciones de laboratorio.

<sup>2</sup>En el Código del Codex de Prácticas de Higiene para la Leche y los Productos Lácteos, el sistema LP se clasifica como "microbiostático" (CAC/RCP/57 - 2004) (CAC, 2004b).

LP no fomenta el crecimiento de microorganismos patógenos tras la desaparición del efecto bacteriostático<sup>1</sup>. El sistema LP activado es eficaz en la leche cruda de distintas especies, siendo la actividad general fundamentalmente bacteriostática<sup>2</sup>, en función de la carga bacteriana total inicial, las especies y cepas de bacterias contaminantes y la temperatura de la leche.

Las observaciones de los estudios de laboratorio y de campo indican que el sistema LP no induce efectos adversos en las características químicas, físicas o sensoriales de la leche cruda y los productos lácteos elaborados. En condiciones prácticas no se puede utilizar el sistema LP activado para ocultar la mala calidad microbiológica de la leche.

Ninguno de los componentes del sistema LP presenta un riesgo toxicológico significativo para la salud pública en los niveles propuestos. Cuando la deficiencia de yodo es un problema común, se deben adoptar medidas de salud pública para corregir la deficiencia de yodo, con independencia de la aplicación o no del sistema LP.

Al aprobar las "Directrices para la conservación de la leche cruda mediante la aplicación del sistema de la lactoperoxidasa" en 1991, la Comisión del Codex Alimentarius convino en subrayar que el sistema LP no debería aplicarse a los productos destinados al comercio internacional. Se considera que esta disposición representa un obstáculo importante para la adopción del sistema, limitando el comercio tanto regional como internacional de leche y productos lácteos tratados con el sistema LP.

Basándose en los datos disponibles y en su evaluación, la reunión técnica consideró que el sistema LP era un método inocuo de conservación de la leche cruda cuando se aplicaba de acuerdo con las directrices establecidas del Codex. La reunión llegó a la conclusión de que el presente informe proporcionaba base científica para que el Codex reexaminara la disposición relativa a la limitación sobre el comercio internacional de la leche y los productos lácteos tratados con el sistema LP.

# Recomendaciones

Al formular sus recomendaciones, la reunión reiteró la inocuidad del sistema de la lactoperoxidasa en la conservación de la leche cruda cuando se utilizaba de acuerdo con las directrices vigentes (CAC, 1991b), recomendando su aplicación en situaciones en las que por razones técnicas, económicas y/o prácticas no se pudieran utilizar instalaciones de refrigeración. Basándose en sus deliberaciones, se formularon las siguientes recomendaciones.

## **AL CODEX**

Examinar la posibilidad de ampliar la directriz relativa a la temperatura de aplicación del sistema LP, con objeto de incluir también la gama de temperaturas de 31°C a 35°C durante 4–7 horas y hasta 4°C durante 5–6 días.

Elaborar normas sobre la leche y los productos lácteos que se puedan adoptar fácilmente a nivel regional o nacional, fomentando y respaldando la participación activa de una serie representativa de Estados Miembros en su elaboración.

Eliminar la disposición vigente relativa a la restricción de la aplicación del sistema LP a la leche o los productos lácteos destinados al comercio internacional, puesto que la reunión no encontró ninguna base científica o técnica ni justificación económica para la disposición.

## **A LOS ESTADOS MIEMBROS, LA FAO, LA OMS, EL CODEX, LAS ONG Y LA INDUSTRIA LECHERA**

Reconocer el sistema LP como método eficaz y viable de conservación de la leche cruda que no presenta efectos negativos para su elaboración ulterior.

Debido a su efecto bacteriostático, examinar la posibilidad de aplicar el sistema LP como parte de un programa para mejorar la higiene y la inocuidad de la leche a lo largo de la cadena lechera.

Examinar la posibilidad de aplicar el sistema LP para complementar la refrigeración, en orden a prolongar el mantenimiento de la calidad de la leche cruda y detener la proliferación de microorganismos de descomposición de la leche y patógenos.

Utilizar el sistema LP para mejorar la calidad de los productos elaborados por su efecto bacteriostático demostrado desde la recogida de la leche hasta su elaboración

final, y en particular para aumentar las distancias de recogida de la leche en los países en desarrollo, con el consiguiente aumento de la cantidad de leche disponible para la comercialización. Esto puede tener beneficios directos importantes tanto para los productores de leche como para los consumidores.

Reconocer que la utilización del sistema LP es una opción económicamente viable (ya sea de manera aislada o en combinación con la refrigeración) para reducir de manera significativa las pérdidas de leche y aumentar su disponibilidad.

Además de estas recomendaciones específicas sobre la aplicación del sistema LP, se examinaron varias otras cuestiones conexas, con respecto a las cuales la reunión técnica formuló las siguientes recomendaciones.

Promover el consumo de leche como fuente valiosa para la nutrición humana que contribuye a un desarrollo y crecimiento sanos.

Promover la contribución de la producción lechera en pequeña escala a la nutrición, la seguridad alimentaria y el alivio de la pobreza a nivel familiar.

Aplicar medidas para corregir la deficiencia de yodo en zonas yodopénicas reconocidas, acompañadas de la vigilancia apropiada de su prevalencia. La leche también puede ser una fuente valiosa de yodo, siempre que haya una proporción adecuada de éste en la alimentación de los animales lecheros.





# 1. Introducción

Esta reunión técnica, organizada conjuntamente por los Servicios de Producción Animal y de Calidad de los Alimentos y Normas Alimentarias de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en cooperación con el Departamento de Inocuidad de los Alimentos, Zoonosis y Enfermedades de Transmisión Alimentaria de la Organización Mundial de la Salud (OMS), tenía por objeto lograr el mejor asesoramiento científico disponible sobre cuestiones relativas al sistema de la lactoperoxidasa (sistema LP). El sistema LP consiste en añadir a la leche tiocianato de sodio y peróxido de hidrógeno para reactivar la enzima lactoperoxidasa presente, a fin de mantener la calidad inicial sin refrigeración hasta su elaboración o pasteurización.

La FAO y la OMS reconocen la importante función que desempeñan los pequeños productores lecheros en el suministro de leche y productos lácteos a los mercados de los países en desarrollo y alientan su participación continuada en estos mercados. La leche es un producto básico importante que contribuye a la nutrición y la salud a nivel familiar y al mismo tiempo puede proporcionar ingresos. Por consiguiente, los métodos para aumentar la disponibilidad de leche y productos lácteos inocuos son importantes con miras a la mejora continua de la nutrición y la salud a nivel familiar.

Esta reunión se celebró como parte de las actividades de la FAO y la OMS relativas al suministro de asesoramiento científico al Codex y a sus Estados Miembros. Las directrices del Codex (CAC/GL 13 – 1991 (CAC, 1991b)) para la conservación de la leche cruda mediante la aplicación del sistema de la lactoperoxidasa se aprobaron en 1991, cuando la Comisión del Codex Alimentarius “convino también en subrayar que el sistema de la lactoperoxidasa no debería aplicarse a los productos destinados al comercio internacional” (CAC, 1991a). Desde entonces numerosos Estados Miembros han expresado su preocupación sobre esta disposición. A este respecto, se pidió a la FAO y la OMS que proporcionaran asesoramiento científico basándose en una información exhaustiva y pertinente para respaldar la adopción de decisiones apropiadas en el sistema del Codex sobre la aplicación del sistema LP (CAC, 2004a).

Participaron en la reunión expertos de cinco regiones –África, Asia, Europa, América del Norte y América Latina y el Caribe– en calidad de profesionales independientes y no como representantes de sus gobiernos, empleadores o instituciones. La reunión contó con el respaldo de varios documentos presentados tras la solicitud abierta de información y datos a los Estados Miembros sobre cuestiones relativas al sistema LP. Se abordaron en particular aspectos relacionados con los efectos microbiológicos y el funcionamiento, la salud y la nutrición humanas, la elaboración y la tecnología y el valor económico y el comercio. Estos documentos, que figuran en el Apéndice A, se dis-

tribuyeron a los expertos antes de la reunión. El material adicional consultado y proporcionado por los participantes durante la reunión se incluye en la sección de Referencias y en el Apéndice B del presente informe.

## 1.1 ANTECEDENTES

La lactoperoxidasa es una enzima que está presente de manera natural en la leche. Una de sus funciones biológicas únicas es el efecto bacteriostático en presencia de peróxido de hidrógeno y tiocianato. Ambas sustancias se encuentran presentes de manera natural en la leche en concentraciones variables. El método de activación del sistema LP en la leche consiste en añadir unas 10 ppm (partes por millón) de tiocianato (preferiblemente en forma de polvo) a la leche cruda para aumentar la concentración total a 15 ppm (en condiciones naturales hay presentes unas 5 ppm). La solución se mezcla bien durante 30 segundos y luego se incorpora una cantidad equimolar (8,5 ppm) de peróxido de hidrógeno (generalmente en forma de percarbonato de sodio granulado). La activación de la lactoperoxidasa tiene un efecto bacteriostático en la leche cruda y aumenta de manera efectiva su duración en siete u ocho horas a una temperatura ambiente de unos 30°C, o más con una temperatura inferior. Así se dispone de tiempo suficiente para el transporte de la leche desde el punto de recogida hasta el centro de elaboración sin necesidad de refrigeración.

Hay varias maneras de controlar el deterioro de la leche, entre ellas la refrigeración, el tratamiento térmico (pasteurización a granel o en bolsas), la microfiltración (con pasteurización o sin ella), la bactofugación, el tratamiento con alta presión y el uso de conservantes químicos (con inclusión de la adición de sales en concentraciones del 3–12 por ciento). Algunos de estos procedimientos requieren un equipo costoso y no son aplicables de manera generalizada, sobre todo en los sistemas de producción y elaboración de la leche en pequeña escala de los países en desarrollo, donde hasta el 80 por ciento de la leche producida se puede incorporar al mercado no estructurado.

En julio de 1998 se creó el Grupo Mundial de Expertos de la FAO sobre la Lactoperoxidasa (GLP). Su principal objetivo era promover el sistema LP y realizar demostraciones en regiones específicas del mundo donde la refrigeración es difícil. Integraban este grupo la Universidad Lund de Suecia, la OMS, la Federación Internacional de Lechería y la FAO, con el respaldo de los Gobiernos de Suecia, Francia, Hungría e Irlanda. La estrategia del GLP consistía en informar a los países y valorar su interés en estas cuestiones, para identificar instituciones colaboradoras regionales, instituciones nacionales y expertos, impartir capacitación y realizar demostraciones a nivel nacional en colaboración con los ministerios pertinentes y tomar medidas complementarias mediante expertos y gobiernos nacionales. Entre los resultados del GLP cabe mencionar carteles y manuales sobre el uso del sistema LP en español, francés e inglés, la impresión y distribución de manuales prácticos, la capacitación y la realización de demostraciones en 35 países, la celebración de reuniones anuales y el programa de “leche de arbusto” (Lait de brousse) en el África occidental.

El Codex aprobó las “Directrices para la conservación de la leche cruda mediante la aplicación del sistema de la lactoperoxidasa” en 1991 (CAC, 1991a, b). En numerosas reuniones del Codex se han planteado cuestiones relativas al sistema LP de conservación de la leche cruda, últimamente durante el período de sesiones de la Comisión del Codex Alimentarius celebrado en Ginebra en 2004 (CAC, 2004a). Numerosos Estados Miembros de la FAO también han planteado cuestiones relacionadas con las directrices como motivo de preocupación.

En 2002, el GLP pidió que el Comité del Codex sobre la Leche y los Productos Lácteos (CCMMP) examinara la posibilidad de introducir modificaciones en las directrices (CAC, 2002a). Destacando la necesidad de que cualquier modificación tuviera una base científica, el Comité transmitió a finales de ese mismo año la cuestión al Comité Ejecutivo del Codex, que convino en que ésta podría ser una cuestión de particular interés para los países en desarrollo e invitó a los comités regionales a estudiar las cuestiones planteadas (CAC, 2002b). Se reconoció que se debían examinar todos los aspectos pertinentes a la salud de esta compleja cuestión, para garantizar que cualquier revisión de las directrices se basara en principios científicos sólidos y en un análisis del riesgo.

En 2002, el Comité Coordinador del Codex para África respaldó estas decisiones y sostuvo que, hasta que no se solucionaran ciertas incertidumbres relacionadas con el proceso, se debían mantener las disposiciones sobre la aplicación de este sistema (CAC, 2002c). El Comité Coordinador del Codex para América del Norte y el Pacífico Sudoccidental también recomendó en 2002 que el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) realizara un nuevo examen de la inocuidad química y microbiológica del sistema LP antes de la revisión de las directrices (CAC, 2002d). En 2003, el Comité del Codex sobre Higiene de los Alimentos (CCFH) llegó a la conclusión de que se debían seguir aplicando las disposiciones en vigor que excluían el uso del sistema de la lactoperoxidasa para los productos destinados al comercio internacional y que no había necesidad de revisar las directrices vigentes en el marco de un examen del Codex o del JECFA (CAC, 2003).

La cuestión se volvió a plantear en el CCFH en 2004, cuando se informó al Comité de que se estaban obteniendo nuevos datos. También se debatió en el 27o período de sesiones de la Comisión del Codex Alimentarius en 2004 en el curso de la adopción del Proyecto de Código de Prácticas para la Leche y los Productos Lácteos, añadiéndose al Código el texto siguiente: “El Comité del Codex sobre Higiene de los Alimentos (CCFH) reexaminará el uso del sistema de la lactoperoxidasa para la leche y los productos lácteos que son objeto de comercio internacional una vez que se haya completado un examen de los datos disponibles a cargo de expertos de la FAO y la OMS, y teniendo en cuenta el informe del Grupo de Expertos de la FAO sobre la lactoperoxidasa acerca de los posibles riesgos y beneficios del sistema de la lactoperoxidasa. El CCFH examinará luego la cuestión en 2006” (CAC, 2004a).

## **1.2 ALCANCE Y FINALIDAD DE LA REUNIÓN TÉCNICA**

La presente reunión se celebró para responder a las preocupaciones de los Estados Miembros y proporcionar a la próxima reunión del CCFH en 2006 asesoramiento científico sobre los beneficios y los posibles riesgos asociados con la aplicación del sistema LP a la conservación de leche cruda y de cualquier producto lácteo obtenido a partir de leche tratada.

El objetivo de la reunión técnica era determinar los beneficios (económicos y nutricionales) y el nivel de riesgo para la salud, si lo hubiera, que planteaba la aplicación del sistema LP, asesorar sobre la inocuidad de la leche tratada con dicho sistema y de los productos lácteos derivados de ella y abordar la cuestión de la limitación impuesta sobre su uso cuando estaban destinados al comercio internacional.

El grupo acordó examinar estas cuestiones en los cuatro apartados siguientes y asignar un presidente y un relator a cada uno de los cuatro temas.

### **1. Efectos microbiológicos y resultados del sistema LP**

Presidente: C. Michiels

Relator: H. Korhonen

### **2. Efectos de la leche y los productos lácteos tratados con el sistema LP en la salud y la nutrición humanas**

Presidente: J. Vanderveen

Relator: R. Walker

### **3. Elaboración, tecnología y conservación de la leche**

Presidente: J. P. Ramet

Relator: A. Grandison

### **4. Valor económico y comercial de la leche y los productos lácteos tratados con el sistema LP**

Presidente: H. G. Muriuki

Relator: O. C. Emata

En el presente informe se resumen las deliberaciones, los resultados y las conclusiones de la reunión.

## 2. Efectos microbiológicos y resultados del sistema de la lactoperoxidasa

La eficacia del sistema LP en el mantenimiento de la calidad higiénica de la leche cruda durante un período limitado de tiempo es un hecho demostrado en numerosos estudios experimentales y de campo en diferentes regiones geográficas. El método se puede aplicar a la conservación de la leche cruda procedente de distintas especies. La eficacia depende de la carga inicial y el tipo de contaminación microbiológica y de la temperatura de la leche durante el período de tratamiento. El sistema LP tiene ante todo un efecto bacteriostático en la leche cruda. Los datos experimentales y la experiencia práctica indican que el sistema LP se puede aplicar fuera de los límites de temperatura (15–30°C) mencionados en las directrices del Codex de 1991 (CAC, 1991b). En el extremo inferior de la escala de temperaturas, varios estudios indican que la activación del sistema LP puede retrasar varios días el crecimiento de bacterias psicrótroficas de la leche y de esta manera retardar su deterioro, en comparación con lo que se podría conseguir con la refrigeración exclusivamente.

Es importante subrayar que la finalidad de la utilización del sistema LP no es obtener una leche más inocua para el consumo, sino conservar su calidad inicial. Para que el sistema LP sea eficaz y para la calidad microbiológica de la leche es fundamental que haya buenas prácticas higiénicas en la producción lechera. La inocuidad de la leche sólo se consigue mediante una combinación de buenas prácticas higiénicas y el tratamiento térmico de la leche, con independencia del sistema LP. A continuación se examina la eficacia del sistema LP en diversas condiciones y frente a una serie de microorganismos.

### 2.1 EFICACIA DEL SISTEMA DE LA LACTOPEROXIDASA EN LA PREVENCIÓN DEL DETERIORO DE LA LECHE CRUDA

#### a) Eficacia en las condiciones especificadas en las directrices del Codex

Las directrices del Codex se concentran en la aplicación del sistema LP para prevenir el deterioro de la leche cruda (de vaca y de búfala) durante la recogida y el transporte a una instalación de elaboración en situaciones en las que no es posible disponer de una refrigeración adecuada. La directriz se basa en varios documentos científicos de finales del decenio de 1970 en los que se explican los principios prácticos del método y se dan pruebas del concepto (Björck, Claesson y Schulthess, 1979; Reiter *et al.*, 1976; Björck, 1978).

Desde la aprobación de las directrices del Codex se ha obtenido abundante información sobre la eficacia del sistema LP, no sólo a partir de estudios de laboratorio y de campo, sino también de la experiencia de la aplicación del sistema en gran escala a la producción comercial de leche en algunos países. Durante la reunión se presentaron informes resumidos con los resultados de numerosos países, por ejemplo Cuba, Colombia, Perú, Venezuela, Camerún, Kenya, Uganda y Pakistán, que abarcaban una gran variedad de condiciones diferentes de producción [Björck, Claesson y Schulthess, 1979; Bibi y Bachmann, 1990; Ponce *et al.*, 2005; Albuja, Ludena y Castillo, 2004; Siirtola, 2005; Fonteh, Grandison y Lewis, 2005]. En conjunto, estos datos confirman la eficacia del sistema LP en la prevención del deterioro de la leche cruda no refrigerada en el marco definido en las directrices del Codex, es decir:

Se deben respetar los principios de las buenas prácticas higiénicas en la producción de leche a fin de garantizar una buena calidad microbiológica inicial de la leche cruda (véase infra).

El efecto inhibitor del tratamiento depende de la temperatura de almacenamiento de la leche tratada con el sistema LP, como sigue (Cuadro 1):

**Cuadro 1:** Prolongación del tiempo de mantenimiento de la calidad de la leche mediante el sistema LP a distintas temperaturas

Temperatura (°C)	Tiempo (horas)	Referencia
31-35	4-7	Ponce <i>et al.</i> , 2005
30	7-8	CAC, 1991b
25	11-12	CAC, 1991b
20	16-17	CAC, 1991b
15	24-26	CAC, 1991b
4	5-6 días	Zapico <i>et al.</i> , 1995; Lin y Chow, 2000

Hay que subrayar que estos tiempos de retraso del deterioro se deben considerar como indicativos, porque dependen en gran medida de la carga bacteriana inicial (véase infra).

### **b) Eficacia en distintas condiciones ambientales**

El hecho de que la eficacia del sistema LP dependa de la temperatura, como se ha indicado más arriba y como ya se especificó en las directrices iniciales de la Comisión del Codex Alimentarius (CAC, 1991b), demuestra que, con respecto a la prevención del deterioro de la leche cruda, el sistema LP puede ser complementario de la refrigeración. En otras palabras, puede compensar la falta de refrigeración siempre que no se pueda disponer de ésta. Sin embargo, la eficacia del sistema LP se mantiene durante un período limitado de tiempo, que disminuye a medida que aumenta la temperatura ambiente. En las directrices iniciales del Codex, esta dependencia que la eficacia del sistema LP tiene de la temperatura se definió solamente para una gama comprendida

entre 15 y 30°C. Sin embargo, las temperaturas de almacenamiento de la leche en algunas regiones sin sistemas de refrigeración pueden superar los 30°C durante el día y descender por debajo de los 15°C durante la noche. Por consiguiente, la eficacia del sistema LP a temperaturas fuera de esta gama es una cuestión importante.

La temperatura es uno de los factores que más influyen en el crecimiento microbiano. La función de la refrigeración y la cadena del frío en el mantenimiento de la calidad y la inocuidad de la leche tanto cruda como pasteurizada es bien conocida. Muchas bacterias son mesófilicas y como mejor crecen es a temperaturas de 30°C a 40°C. Sin embargo, las bacterias psicrótróficas y psicrófilicas pueden crecer a temperaturas bajas, siendo algunas cepas capaces de sobrevivir y crecer a temperaturas de hasta 0°C. *Listeria monocytogenes* es un ejemplo de bacteria patógena que puede crecer a temperaturas muy bajas. Sin embargo, en productos como la leche, que tiene una microflora muy diversificada, normalmente se verían superadas por bacterias de la descomposición psicrótrófica, como las pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Micrococcus*.

Algunos estudios de campo recientes realizados con leche cruda tratada mediante el sistema LP y almacenada a 30–35°C pusieron de manifiesto una inhibición sistemática del crecimiento microbiano durante 4–7 horas (Ponce *et al.*, 2005).

La eficacia del sistema LP también puede ser pertinente por lo que atañe a las cuestiones relativas a la calidad microbiana y la inocuidad en relación con el mayor tiempo de conservación de la leche cruda en condiciones de refrigeración. Entre las cuestiones actuales que despiertan preocupación con respecto al almacenamiento a baja temperatura cabe mencionar la formación de proteasas termoestables por *Pseudomonas* spp. psicrótróficas y el crecimiento excesivo de patógenos psicrótróficos como *Listeria monocytogenes* y algunas cepas de *Bacillus cereus*. Varios estudios indican que en este extremo de la escala de temperaturas la activación del sistema LP puede retrasar el crecimiento de las bacterias psicrótróficas de la leche y de esta manera retardar su deterioro durante varios días, en comparación con lo que se puede conseguir exclusivamente con la refrigeración. Por ejemplo, los estudios realizados en Taiwán pusieron de manifiesto que tras la activación del sistema LP el período de conservación sin deterioro de la leche cruda a 4°C aumentaba seis días (Lin y Chow, 2000). En otro estudio se demostró que el sistema LP impedía el crecimiento de la bacteria psicrótrófica *Pseudomonas fluorescens* durante cinco días a 4°C y durante tres días a 8°C (Zapico *et al.*, 1995). En el Apéndice C figura un cuadro resumido en el que se comparan el sistema LP, la refrigeración y la combinación de ambos.

### **c) Eficacia en la leche de distintas especies (vaca, búfala, oveja, cabra, camella)**

La enzima lactoperoxidasa está presente en la leche de todos los mamíferos. Aunque hay variaciones intraespecíficas, e incluso individuales (Fonteh, Grandison y Lewis,



2002], las concentraciones de la enzima en las leches que se utilizan para consumo humano no se consideran un factor limitante de la eficacia del sistema LP. En general, los estudios disponibles ponen de manifiesto que la combinación tiempo/temperatura indicada para la leche de vaca y de búfala también es aplicable a la leche de cabra y de oveja. En la leche de camella, la activación del sistema LP puede inducir un efecto bacteriostático más duradero que en la leche de vaca, debido a la presencia de niveles superiores de otros componentes antimicrobianos nativos (Ramet, 2001). Para la leche procedente de otras especies se dispone de menos información.

#### **d) Eficacia en relación con los principios de producción higiénica de la leche**

En las directrices del Codex se indica que, “dado el efecto principalmente bacteriostático del sistema, la aplicación de este método no permite ocultar la calidad inferior de la leche cuando ésta se halla contaminada ya por numerosas bacterias”, y “la aplicación del método de la lactoperoxidasa no excluye la necesidad de pasteurizar la leche antes de destinarla al consumo humano. Tampoco excluye la necesidad de tomar las precauciones normales y seguir las rutinas de manipulación aplicadas para asegurar una buena calidad higiénica de la leche cruda” (CAC, 1991b).

Los estudios microbiológicos realizados durante los 10 - 15 últimos años respaldan esta opinión. Siempre se observa que la eficacia antibacteriana del sistema LP tiene una correlación inversamente proporcional a la densidad de células bacterianas. La eficacia antibacteriana del sistema LP es escasa con concentraciones bacterianas altas, fundamentalmente bacteriostática con concentraciones intermedias y principalmente bactericida con concentraciones bajas. Ésta es la conclusión que se deriva tanto de las observaciones de laboratorio con cultivos puros de bacterias patógenas o de descomposición suspendidas en tampón o en caldo de cultivo (El-Shenawy, García y Marth, 1990; García-Graells *et al.*, 2003) como de los estudios de campo utilizando leche con su microflora mixta natural (Ponce, 2005; Albuja, Ludena y Castillo, 2005). En consecuencia, la salvaguardia de una calidad bacteriológica elevada de la leche antes de la aplicación del sistema mediante la adopción de buenas prácticas higiénicas es fundamental para su eficacia. A este respecto, la aplicación del sistema LP para proteger la calidad de la leche antes de la pasteurización no es diferente del uso de la refrigeración con el mismo fin. Es importante destacar que el objetivo de ambos métodos es impedir el deterioro (microbiológico) de la leche tras el ordeño y antes de la pasteurización, y no obtener leche más inocua para el consumo, lo que se consigue por medio de su pasteurización posterior.

## **2.2 EFICACIA DEL SISTEMA DE LA LACTOPEROXIDASA FRENTE A LOS MICROORGANISMOS PATÓGENOS**

Se ha demostrado la actividad antimicrobiana del sistema LP en la leche, el suero y medios sintéticos frente a una amplia gama de microorganismos, entre ellos bacterias, el virus VIH-1, hongos, levaduras, micoplasmas y protozoos (véanse las reseñas en Korhonen, 1980; Reiter y Härnolv, 1984; IDF, 1991; Wolfson y Sumner, 1993; Stad-

houders y Beumer, 1994; de Wit y van Hooijdonk, 1996; van Hooijdonk, Kussendrager y Steijns, 2000; Seifu, Buys y Donkin, 2005). Estos microorganismos incluyen cultivos iniciadores no patógenos y bacterias de descomposición, así como microorganismos patógenos que provocan infecciones gastrointestinales en las personas e infecciones en las ubres a las vacas. Sin embargo, se han encontrado diferencias considerables en la sensibilidad de distintas bacterias al sistema LP. En función de la especie bacteriana, o incluso de la cepa del microorganismo, el efecto puede ser bactericida o bacteriostático, incluso en condiciones idénticas. Se ha observado que el sistema LP es menos eficaz frente algunos estreptococos y lactococos no patógenos.

Las variaciones de sensibilidad entre las cepas se puede explicar por las distintas estructuras de la pared celular y los compuestos inhibidores generados por los microorganismos en cuestión. Las bacterias del ácido láctico, por ejemplo, carecen de la enzima catalasa, y muchas especies producen en su metabolismo  $H_2O_2$  que se acumula en el medio de crecimiento. Este  $H_2O_2$  puede activar el sistema LP y dar lugar a una autoinhibición del crecimiento bacteriano. Muchos cultivos lácteos son sensibles al sistema LP y, aunque en algunos informes se indica que hay interferencia con los procesos de fermentación (Wright y Tramer, 1958; De Valdez, Bibi y Bachmann, 1988; Seifu, Buys y Donkin, 2003), el efecto no siempre es igual. Esta cuestión se examina también en la sección 4.4. La mayor parte de las bacterias Gram-negativas tienen la enzima catalasa, que descompone el  $H_2O_2$  que se genera. Por consiguiente, estas bacterias no sufren autoinhibición en la leche mediante el sistema LP, y para activar éste se tiene que suministrar  $H_2O_2$  de una fuente exógena, por ejemplo añadiendo percarbonato de sodio. En estas condiciones se pueden destruir las bacterias patógenas y de descomposición Gram-negativas o interrumpir su crecimiento durante un cierto período de tiempo (Reiter *et al.*, 1976; Sandholm *et al.*, 1988; Dionysius, Grieve y Vos, 1992).

Se han realizado varios estudios sobre los efectos del sistema LP en algunos de los patógenos más comunes transmitidos por la leche y en otros microorganismos causantes de infecciones en las personas y los animales domésticos. En el Cuadro 2 se presenta un resumen de algunos de esos patógenos comunes que se transmiten por la leche, a saber, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* y *Brucella melitensis*. En varios estudios experimentales se ha demostrado el efecto bacteriostático o bactericida del sistema LP frente a algunos otros microorganismos patógenos humanos, por ejemplo *Streptococcus mutans* (Carlsson, Iwami y Yamada, 1983), *Aeromonas hydrophila* (Santos *et al.*, 1995), *Candida albicans* (Lenander-Lumikari, 1992) y *Helicobacter pylori* (Shin *et al.*, 2002). También se ha demostrado que el sistema LP inhibe la actividad enzimática de la transcriptasa inversa del virus VIH-1 (Wang, Ye y Ng, 2000). Además, en un estudio reciente realizado por Armenteros *et al.* (2005) se ha puesto de manifiesto que la activación del sistema LP en la leche cruda no aumenta la presencia de patógenos humanos, en particular de *E. coli* O157: H7, *L. monocytogenes*, *S. aureus* y *S. typhimurium*, tras su introducción en leche cruda en condiciones de laboratorio.

Se considera que el sistema LP es uno de los mecanismos de defensa naturales del organismo frente a las infecciones microbianas. En la leche de vacas con mastitis se encuentran concentraciones más elevadas de lactoperoxidasa y de iones tiocianato que en la procedente de animales sanos. En general ocurre lo mismo con otros factores antimicrobianos importantes presentes en la leche, por ejemplo las inmunoglobulinas, la lactoferrina, la lisozima y las células fagocíticas (Korhonen *et al.*, 1977; Reiter, 1978; Reiter, 1985; Reiter y Perraudin, 1991; Korhonen, 2002). Se ha demostrado que el sistema LP tiene *in vitro* actividad bactericida o bacteriostática frente a numerosos microorganismos que provocan infecciones en las ubres, por ejemplo *E. coli*, *S. aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus uberis* y *Pseudomonas aeruginosa* (Mickelson, 1966; Reiter *et al.*, 1976; Marshall, Cole y Bramley, 1986; Sandholm *et al.*, 1988). Muchas de estas bacterias también representan un riesgo potencial para la salud humana. Hay algunos datos experimentales que ponen de manifiesto que el sistema LP no es tan eficaz en la leche de vacas con mastitis como en la de vacas sanas, debido a una concentración más elevada de agentes reductores y a una mayor actividad de la enzima catalasa presente en la leche de los animales con mastitis (Sandholm *et al.*, 1988). En ningún estudio se ha descrito hasta ahora actividad antibacteriana del sistema LP frente a microorganismos de la mastitis resistentes a los antibióticos o a estafilococos coagulasa-negativos. Estos microorganismos se aíslan con frecuencia de ubres con mastitis.

**Cuadro 2:** Resumen de los estudios sobre los efectos del sistema LP en algunos patógenos comunes transmitidos por la leche

Patógeno	Efecto del sistema LP	Demostrado en	Bibliografía
<i>Escherichia coli</i> , con inclusión d <i>E. coli</i> O157:H7	Bactericida  Tasa reducida de colonización gastrointestinal de bacterias coliformes Bacteriostático	Leche cruda de vaca, solución tampón y medio sintético  Terneras y lechones infectados  Leche cruda de vaca, cabra y camella, medio de cultivo y preparaciones para lactantes	Reiter <i>et al.</i> , 1976; Reiter, Marshall y Philips, 1980; Earnshaw <i>et al.</i> , 1990; Farrag, EL-Gazzar y Marth, 1992a; Grieve, Dionysius y Vos, 1992; Zapico <i>et al.</i> , 1995; Kangumba, Venter y Coetzer, 1997; Heuvelink <i>et al.</i> , 1998; Bosch, van Doormen y De Vries, 2000; Seifu, Donkin y Buys, 2004
<i>Salmonella</i> Typhimurium	Bactericida y bacteriostático (en función del número de microorganismos)	Leche cruda	Reiter <i>et al.</i> , 1976; Purdy <i>et al.</i> , 1983; Earnshaw <i>et al.</i> , 1990; Pitt, Harden y Hull, 2000
<i>Salmonella typhi</i> , otras <i>Salmonella</i> spp.	Bactericida	Medio de cultivo, preparaciones para lactantes y queso fresco	
<i>Campylobacter jejuni</i> (diversas cepas)	Bactericida	Leche de vaca	Borch <i>et al.</i> , 1989; Beumer <i>et al.</i> , 1985
<i>Staphylococcus aureus</i> (varias cepas)	Bactericida y bacteriostático	Leche de vaca, cabra y camella	Kamau, Doores y Pruitt, 1990; El-Agamy <i>et al.</i> , 1992; Kangumba, Venter y Coetzer, 1997; Pitt, Harden y Hull, 2000; Seifu, Donkin y Buys, 2004
<i>Listeria monocytogenes</i> (varias cepas)	Bactericida y bacteriostático (actividad dependiente de la temperatura, la duración de la incubación y la cepa)	Leche cruda de vaca y cabra, leche UHT, queso blando y medio sintético	Dennis y Ramet, 1989; Siragusa y Johnson, 1989; Bibi y Bachmann, 1990; EL-Shenawy, García y Marth, 1990; Gaya, Medina y Núñez, 1991; Zapico <i>et al.</i> , 1993; Pitt, Harden y Hull, 1999; Seifu, Donkin y Buys, 2004; Gay y Amgar, 2005
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Bactericida	Leche de vaca	Beumer <i>et al.</i> , 1985; Farrag, EL-Gazzar y Marth, 1992b
<i>Brucella melitensis</i>	Bactericida	Leche de cabra	Seifu, Donkin y Buys, 2004

## 2.3 POSIBLES CONSECUENCIAS DE LA APLICACIÓN PROLONGADA DEL SISTEMA DE LA LACTOPEROXIDASA EN SU EFICACIA ANTIMICROBIANA

Se examinó la cuestión de si la aplicación prolongada del sistema LP daría lugar a algún riesgo microbiológico, por ejemplo la aparición de bacterias resistentes al sistema LP o a los antibióticos o productoras de toxinas.

En varios estudios se ha puesto de manifiesto que los residuos de ciertos antibióticos utilizados en el tratamiento de la mastitis presentes en la leche podían interferir con la eficacia del sistema LP (Ali-Vehmas, Vikerpuur y Sandholm, 1994). Recientemente se han aislado y caracterizado en el laboratorio mutantes de *Escherichia coli* con mayor tolerancia al sistema LP (De Spiegeleer *et al.*, 2005). Para una categoría de estos mutantes (waaQ y waaO), la tolerancia al sistema LP estaba vinculada a una deficiencia del polisacárido de la cubierta externa de lipopolisacáridos, que provoca una disminución de la permeabilidad de la membrana externa para el anión hipotiocianato (OSCN-) debido a una reducción del contenido de porina en esa membrana. Este tipo de mutación también causa un ligero aumento de la resistencia a algunas penicilinas (Nikaido, 2003). Sin embargo, nunca se han aislado mutantes tolerantes al sistema LP a partir de leche tratada con este sistema, lo cual puede deberse a una adaptación reducida en estas condiciones. Por ejemplo, la mutación waaQ antes mencionada da lugar al denominado fenotipo rugoso, que también está asociado con una mayor sensibilidad a la lactoferrina y la lisozima, otros dos factores antimicrobianos importantes presentes en la leche. En consecuencia, los datos disponibles indican que no es probable que la adopción del sistema LP estimule la aparición de resistencia al propio sistema LP o de microorganismos resistentes a los antibióticos. Sin embargo, como ocurre con todos los sistemas antimicrobianos y debido a la capacidad de adaptación de los microorganismos, la reunión consideró que la vigilancia y las investigaciones en curso en ese sector estaban justificadas.

## 2.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sistema LP desencadena actividad antimicrobiana frente a una gran variedad de microorganismos de descomposición de la leche y patógenos, con inclusión de bacterias, virus, hongos, levaduras, micoplasmas y protozoos. La actividad general es fundamentalmente bacteriostática<sup>3</sup>, en función de la carga bacteriana total inicial, las especies y cepas de bacterias contaminantes y la temperatura de la leche. Si bien su eficacia frente a microorganismos conocidos de descomposición de la leche y patógenos es bien conocida, sería útil la realización de nuevos estudios sobre la eficacia del sistema LP frente a virus y nuevos microorganismos patógenos transmitidos por la leche.

El sistema LP activado es eficaz en la leche cruda de distintas especies, y algunos estudios disponibles también indican que se puede aplicar a la leche de cabra y de oveja

<sup>3</sup> En el Código del Codex de Prácticas de Higiene para la Leche y los Productos Lácteos, el sistema LP se clasifica como "microbiostático" (CAC/RCP/57 - 2004) (CAC, 2004b).

la misma relación de tiempo-temperatura que se señala en las directrices del Codex (CAC, 1991b).

El sistema LP no fomenta el crecimiento de microorganismos patógenos tras la desaparición del efecto bacteriostático y no hay pruebas que demuestren que la aplicación prolongada de este sistema pueda dar lugar a algún riesgo microbiológico de este tipo, por ejemplo la aparición o acumulación de bacterias productoras de toxinas.

En condiciones prácticas no se puede utilizar el sistema LP activado para ocultar la mala calidad microbiológica de la leche. Para que sea eficaz es fundamental la aplicación de buenas prácticas de higiene en la producción de la leche.

El sistema LP es eficaz en la leche cruda refrigerada. En estudios experimentales y de campo se ha demostrado que este sistema activado es eficaz para prolongar el mantenimiento de la calidad de la leche cruda hasta 5-6 días en condiciones de refrigeración (+4°C) y hasta 4-7 horas a temperatura ambiente elevada (de 31 a 35°C).

No es probable que la aplicación del sistema LP estimule la aparición de resistencia al propio sistema LP o a otros agentes antimicrobianos, pero debido al carácter dinámico de los microorganismos sería razonable la vigilancia constante de la situación.

Basándose en lo expuesto, la reunión recomendó que:

- Cuando la refrigeración no fuera viable desde el punto de vista técnico o económico, se aplicase a la leche cruda el sistema LP para detener la proliferación de microorganismos de descomposición de la leche y patógenos
- La aplicación del sistema LP se considerase como parte de un programa orientado a mejorar la higiene y la inocuidad de la leche a lo largo de la cadena lechera, debido a su efecto bacteriostático.
- Se estudiase la posibilidad de aplicar el sistema LP como complemento de la refrigeración, a fin de prolongar el mantenimiento de la calidad de la leche cruda.
- El Codex examinase la posibilidad de ampliar la directriz relativa a la aplicación del sistema LP con respecto a la temperatura a la que se aplica para incluir también la gama comprendida entre 31 y 35°C durante 4-7 horas y hasta 4°C durante 5-6 días.
- Se vigilase la aparición de resistencia para detectar la formación de cualquier microorganismo resistente.

## 3. Salud y nutrición humanas

La leche tiene una función nutricional importante en la alimentación, en particular para el crecimiento de los niños, en todo el mundo y no sólo en los países en desarrollo. Representa una fuente primordial de proteínas, calcio, fósforo, magnesio y vitaminas liposolubles y puede contribuir de manera significativa a la ingesta alimentaria de algunas otras vitaminas y minerales, incluido el yodo. Puede ser asimismo un vehículo útil para complementar algunos nutrientes, como las vitaminas A y D (OMS, en prensa). La lactosa presente en la leche interviene en la regulación de la presión osmótica, pero también se ha indicado una posible función adicional de facilitación de la absorción del calcio en los lactantes (Abrams, Griffin y Davila, 2002; Garrow, James y Ralph, 2000).

Hay una correlación inversa entre el consumo de leche y la morbilidad y mortalidad por enfermedades infantiles, y a este respecto el establecimiento de programas de suministro de leche a las escuelas ha sido eficaz para mejorar el estado sanitario y nutricional infantil (Scrimshaw y San Giovanni, 1997).

Si bien la condición de intolerancia a la lactosa puede limitar las cantidades de leche que pueden consumir algunas personas/poblaciones sin efectos adversos, se suele tolerar hasta una taza de leche (unos 200 ml). Además, la lactosa actúa como sustrato en los productos lácteos que han sufrido fermentación láctica, dando lugar a una reducción de los niveles en esos productos, y la fermentación por levaduras provoca la hidrólisis de la lactosa por la acción de la  $\beta$ -galactosidasa microbiana. Considerando la importante función de la leche en la nutrición y la salud humanas, en esta sección se examinan los efectos de la aplicación del sistema LP en la conservación de la leche cruda desde la perspectiva de la salud pública y la nutrición.

### 3.1 CONTEXTO DEL SISTEMA DE LA LACTOPEROXIDASA

El sistema LP difiere únicamente de otros métodos de conservación en que se trata de un método de protección biológica natural que está presente en los animales. Funciona como mecanismo de protección antimicrobiana en el tejido mucoso, incluidos la cavidad oral y los pulmones (Tenovuo, 2002; Geiszt et al., 2003). En ese sentido, el sistema LP no introduce en la leche sustancias que no sean metabolitos humanos normales.

El sistema LP se puede aplicar para reducir el deterioro de la leche cuando no se dispone de una refrigeración inmediata. Sin embargo, su uso no es exclusivo y se puede combinar con otros procedimientos (por ejemplo la refrigeración) a fin de reducir las pérdidas de leche tanto en los mercados estructurados como en los no estructurados. La evaluación de la inocuidad de la aplicación del sistema LP en la leche realizada por

el JECFA en su 35a reunión (véase infra) se limitó, por mandato, a la aplicación del sistema “cuando es prácticamente imposible refrigerarla”, así como por las directrices del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos Gubernamentales sobre el Código de Principios Referentes a la Leche y los Productos Lácteos. Se admite que entonces no se abordaron las cuestiones de inocuidad relativas a la aplicación más amplia del sistema LP, junto con otros métodos de control del deterioro, incluida la refrigeración.

### **3.2 POSIBLES CUESTIONES RELATIVAS A LA SALUD ASOCIADAS CON LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE LA LACTOPEROXIDASA: ASPECTOS TOXICOLÓGICOS**

Como ya se ha mencionado, los componentes o metabolitos del sistema LP, a saber, la lactoperoxidasa, el ión tiocianato y el hipotiocianato, se han detectado en los tejidos y secreciones animales y humanos, incluida la leche. Los niveles de peróxido de hidrógeno introducidos en la leche mediante el percarbonato de sodio son más bajos que los considerados anteriormente aceptables por el JECFA en su 24a reunión (OMS, 1980), por lo que no despiertan preocupación.

La aplicación del sistema LP no requiere una adición de lactoperoxidasa superior a los niveles de la enzima presentes en la leche cruda. Dado que las concentraciones de la enzima presentes de manera natural en la leche no cambian, no se considera que este componente tenga importancia toxicológica.

Se ha detectado hipotiocianato en la saliva humana (Thomas, Bates y Jefferson, 1980) y tiene una semivida muy corta en la leche, de manera que los niveles residuales en la leche tratada con el sistema LP no representan un riesgo toxicológico. Los productos de la degradación se consideran inocuos.

En su evaluación anterior, en su 35a reunión celebrada en 1990, el JECFA llegó a la conclusión de que “si se utiliza con arreglo al proyecto de pautas, el sistema de la lactoperoxidasa no presenta ningún riesgo toxicológico y debe emplearse, con preferencia al agua oxigenada sola, para conservar la leche cruda, aunque sólo cuando sea absolutamente necesario, es decir, cuando no existan instalaciones de refrigeración adecuadas”. Son muy pocos los nuevos datos que se han podido obtener sobre la toxicología del tiocianato desde la evaluación anterior del JECFA.

El presente grupo examinó el posible efecto tóxico del tiocianato, que se consideraba que interfería con el metabolismo y la absorción del yodo por el tiroides (OMS, 1990). El mecanismo de acción del efecto bociogénico consiste en la inhibición competitiva de la oxidación del yodo y la tirosina, con el resultado de niveles inferiores de tiroxina (T4) y la inhibición de la absorción por el tiroides. Sin embargo, este efecto aparece con concentraciones relativamente elevadas de tiocianato en el plasma (60–80  $\mu$ molar, es decir, 4,8–6,4 mg/l), mientras que a niveles más bajos (0,5–1,0  $\mu$ molar) se registra un efecto estimulante por la interacción con la peroxidasa del tiroides (Green, 1978).



Si hay concentraciones elevadas de tiocianato en el plasma, aumenta la excreción de yodo y disminuye su absorción por la glándula tiroides, produciéndose una razón tiocianato/excreción de yodo (SNC/I) baja. El valor del nivel de umbral para esta razón parece ser tres (Delange y Ahluwalia, 1983), después del cual aparece el bocio endémico. Este fenómeno puede ocurrir sólo cuando la absorción de yodo es inferior a 100 µg/día. Con razones SNC/I inferiores a dos hay un riesgo para la función cognitiva y el desarrollo (Erman et al., 1983). Una razón baja da lugar a niveles anormales de hormona estimulante del tiroides (TSH) y concentraciones bajas de tiroxina (T4). Ayangade, Oyelola y Oke (1982) observaron que en mujeres embarazadas el nivel de tiocianato en la sangre del cordón era proporcional al del suero materno, lo que indicaba que el tiocianato puede atravesar la barrera placentaria y afectar al feto. Sin embargo, en la leche materna hay muy poco tiocianato, de donde se deduce que no se concentra en la glándula mamaria, de manera que los lactantes no se ven afectados.

En este contexto, en estudios clínicos sobre el tiocianato de sodio en la leche sólo se observaron efectos negativos en el metabolismo del yodo a concentraciones de 200-400 mg/l (Vilki y Piironen, 1962). Además, en estudios realizados en individuos eutiroides normales no se observaron efectos significativos en la función del tiroides (T4, T3, TSH) como consecuencia del consumo diario de 8 mg de tiocianato en la leche durante 12 semanas (Dahlberg et al., 1984), aunque los niveles en el suero y la orina aumentaron. En cambio, el grupo con un consumo diario (supuesto) de productos lácteos con unos 45 mg/l tenía en el suero niveles más elevados de T4 y más bajos de T3 y TSH que un grupo testigo (Banerjee et al., 1997). Hay que señalar que este último estudio se publicó sólo en forma de comunicación breve y el nivel de información no permitió al grupo realizar una evaluación crítica.

A partir de lo expuesto se puede llegar a la conclusión de que los grupos que probablemente tengan el máximo riesgo debido a la exposición al tiocianato son las personas con deficiencia de yodo. Sin embargo, en un estudio en el que se administró a personas con deficiencia de yodo leche con 19 mg de tiocianato/l (a los testigos 3,6 mg/l), propiciando una ingesta diaria adicional de 4,75 mg, no se observó ningún efecto aparente sobre la función del tiroides (Dahlberg et al., 1985). La leche utilizada en este estudio contenía una concentración de yodo de 100 µg/l.

No se encontraron datos experimentales sobre los efectos de la administración de tiocianato con los alimentos en la función reproductiva o sobre su genotoxicidad. Las concentraciones de tiocianato en el plasma pueden alcanzar los 100 mg/l durante la terapia con nitroprusiato de sodio, pero con frecuencia se produce toxicidad a concentraciones superiores a 120 mg/l. En casos de fallecimiento se han notificado concentraciones en el plasma del orden de 200 mg/l.

Se ha realizado una biovaloración de dos años de la toxicidad/carcinogenicidad crónica del tiocianato de sodio (solo o en combinación con nitrito de sodio) en ratas F344. Los animales recibieron tiocianato de sodio en una concentración de 3,2 g/l en el agua de

bebida. Los resultados de este estudio llevaron a la conclusión de que el tiocianato de sodio no es carcinogénico para las ratas (Lijinsky y Kovatch, 1989).

Desde hace más de 80 años se conocen los síntomas clínicos de una deficiencia de yodo evidente durante embarazo que se manifiestan en el desarrollo fetal y el crecimiento de los niños. Entre ellos cabe mencionar la mortalidad prenatal, los abortos y las anomalías congénitas (Hetzl, 1983; Mastovinovic, 1983). En investigaciones realizadas en los últimos años se ha puesto de manifiesto que la deficiencia de yodo durante el embarazo, incluso cuando no hay síntomas maternos evidentes, puede afectar al crecimiento del niño, por ejemplo con pérdida de audición (Wang y Yang, 1985).

Las concentraciones normales de tiocianato en la leche dependen de sus niveles y los de sus precursores en la alimentación de los animales, incluidos los tioglucósidos (glucosinolatos) y los glucósidos cianogénicos. Se han notificado concentraciones que oscilan entre 2,3 y 35 mg/l en la leche de determinadas vacas y de alrededor de 8 mg/l en la leche a granel (Ponce et al., 2005). Los niveles son superiores en el calostro y en la leche de animales con mastitis. Se obtuvieron resultados semejantes para la leche de vaca (6-12 mg/l; media de 8,5 mg/l) y la leche de cabra (6,6-8 mg/l; media de 7 mg/l) (Fonteh, Grandison y Lewis, 2002). Utilizado de acuerdo con las directrices del Codex, el nivel de tiocianato de sodio complementario para activar el sistema LP era de 10-15 mg/l, de manera que el nivel global en la leche a granel activada sería del orden de 20 mg/l, de 10 a 20 veces inferior a los que se han notificado como causantes de efectos detectados en el metabolismo del yodo. Un estudio de las concentraciones de tiocianato en mezclas de leche en las condiciones prácticas de las zonas tropicales americanas indica que oscilan entre 5,8 y 8,12 mg/l, aunque los niveles en la leche de las distintas vacas varían ampliamente, entre 2,9 y 34,8 mg/l. Por este motivo, el contenido total de tiocianato en una mezcla de leche una vez activado el sistema LP no sobrepasa la concentración máxima natural de la leche de cualquier vaca concreta (Ponce et al., 2005). No se observaron efectos no deseados en las poblaciones que consumieron leche activada con el sistema LP durante más de 10 años (Fernández, Marrero y Capdevila, 2005).

El tiocianato se encuentra en los tejidos y los fluidos de los animales y las personas, donde forma parte del sistema de defensa (por ejemplo, hay niveles elevados en el calostro y en la leche de vacas con mastitis) y es un metabolito del proceso de desintoxicación de los glucósidos cianogénicos. También está presente en alimentos de origen vegetal y se forma en el cuerpo humano o de los animales a partir de sustancias presentes en las plantas, como los glucosinolatos (en Brassica hay como promedio 100 mg/kg) o los glucósidos cianogénicos. Se encuentra tiocianato en las habas de Lima crudas (100-3100 mg/kg), los tubérculos de yuca crudos (10-462 mg/kg), las hojas de yuca crudas (68-468 mg/kg), la corteza seca de las raíces de yuca (2450 mg/kg), las almendras (6,2 mg CNH/almendra amarga), las yemas terminales del bambú (8000 mg/kg), las frutas de hueso y el sorgo (2500 mg/kg) (FAO, 1990). Los cianuros se descomponen con facilidad por calentamiento, de manera que su presencia en los alimentos cocinados es escasa o nula; por ejemplo, los tubérculos de yuca cocinados contenían

1-10 mg/kg, en función del método de cocción y del contenido inicial. Los glucosinolatos y los productos de su degradación son hidrófilos, por lo que durante la ebullición puede pasar al agua de cocción hasta un 63 por ciento del contenido de glucosinolatos de una hortaliza (OMS, 1993).

La ingesta adicional de tiocianato de sodio al tomar una taza (200 ml) de leche tratada con el sistema LP sería de 3 mg, cantidad que también está presente en 30 g de col cruda, 1 g de habas de Lima crudas u 8 g de tubérculo de yuca crudo. Cuando se aplica el suministro de alimentos de los 13 regímenes alimenticios regionales del Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente (SIMUVIMA)/Alimentos (véase el Apéndice D), se estima que la exposición al tiocianato de sodio es del orden de 2,8 a 9,5 mg/día. Si toda la leche estuviera tratada con el sistema LP, la exposición aumentaría hasta quedar entre 5,9 y 21,2 mg/día.

El riesgo potencial más elevado del tiocianato correspondería a los niños pequeños, debido a la gran necesidad de energía por kg de peso corporal y a la alimentación unitaria. En un niño de 10 kg de peso, por ejemplo, 500 ml de leche tratada con el sistema LP darían lugar a 1 mg/kg de peso corporal de tiocianato de sodio, frente a los 0,3 mg/kg de peso corporal con la leche no tratada. Se ha indicado que la DL50 del tiocianato de sodio administrado por vía oral a ratas, que es la medida de la toxicidad aguda, es de 764 mg/kg de peso corporal (FAO/OMS, 1965). Es evidente que la toxicidad aguda no es un aspecto importante de la exposición por medio de la leche tratada con el sistema LP.

En personas no fumadoras, las concentraciones de tiocianato en el plasma son del orden de 0,1 a 0,4 mg/l, mientras que en las muy fumadoras las concentraciones suelen estar entre 5 y 20 mg/l (OMS, 1995). El tiocianato se concentra en otros fluidos corporales humanos, en particular la saliva y el jugo gástrico, con niveles que oscilan entre 10 y 300 mg/l (Björck, Claesson y Schulthess, 1979; Korhonen, 1980; Reiter y Härnulf, 1984; Farrag y Marth, 1992, Food Standards Australia and New Zealand, 2002).

### **3.3 EFECTOS NUTRICIONALES**

El sistema LP reduce las pérdidas de leche debidas a la descomposición microbiana, de manera que puede aumentar el volumen de leche disponible como componente nutricional importante de la alimentación. Aunque como resultado del tratamiento con el sistema LP se puede producir una disminución de las concentraciones de folato en la leche, no se considera que la leche sea una fuente alimentaria significativa de folato y no parecen importantes los efectos globales en la alimentación.

### **3.4 EFECTOS SOBRE LOS PATÓGENOS TRANSMITIDOS POR LA LECHE**

Si bien el sistema LP puede tener cierta eficacia limitada contra algunos patógenos, no se debe considerar como una alternativa a la pasteurización en este sentido. Los efectos

sobre varios patógenos se examinan con más detalle en la sección 2. No hay datos disponibles sobre los efectos del sistema LP en los virus transmitidos por la leche, aunque se han realizado algunas investigaciones sobre sus efectos en el virus VIH-1 (Wang, Ye y Ng, 2000).

### **3.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En conjunto, la reunión consideró que el sistema LP era un método inocuo de prevención de las pérdidas de leche debidas a la descomposición microbiana cuando se utilizaba conforme a las directrices (y con una gama más amplia de temperaturas, como se recomienda en el apartado 2.5), solo o en combinación con otros procedimientos aprobados.

Se llegó a la conclusión de que las ventajas del sistema LP se derivaban fundamentalmente de una reducción significativa de las pérdidas de leche debidas a su deterioro, mejorando así la disponibilidad de leche como buena fuente de nutrientes en la alimentación, en beneficio tanto de los productores de leche como de los consumidores.

La leche mejoraba la salud y reducía la morbilidad y la mortalidad que provocaban las enfermedades infantiles. Por consiguiente, la aplicación del sistema LP se podía considerar como parte de un programa para mejorar la salud pública, aumentando la disponibilidad de leche y su inocuidad.

Basándose en la información científica disponible, la reunión llegó a la conclusión de que ninguno de los componentes del sistema LP presentaba un riesgo toxicológico significativo para la salud pública en los niveles propuestos. No obstante, cuando la deficiencia de yodo fuera un problema común se debían adoptar medidas de salud pública para corregir la deficiencia de yodo, con independencia de la aplicación o no del sistema LP.

Tomando como base la evaluación, se consideraba que el sistema LP era un método inocuo de conservación de la leche cruda cuando se aplicaba de acuerdo con las directrices establecidas (con una gama más amplia de temperaturas, según lo recomendado en el apartado 2.5); permitía reducir las pérdidas de leche, con un beneficio importante tanto para los productores de leche como para los consumidores.

A partir de lo expuesto, la reunión recomendó que:

- El sistema LP se considerase inocuo cuando se aplicase de acuerdo con las directrices del Codex, para utilizarlo en situaciones en las cuales por motivos técnicos, económicos y/o prácticos no se pudiera recurrir a instalaciones de refrigeración, y que se aplicase como parte de un programa integrado de mejora de la producción y la calidad de la leche.

- Se promoviera el consumo de leche por su valor en la nutrición humana para lograr un desarrollo y un crecimiento sanos.
- Se adoptaran medidas para corregir la deficiencia de yodo en zonas yodopénicas reconocidas, acompañadas de la vigilancia adecuada de su prevalencia. Se señaló que la leche también podía ser una fuente valiosa de yodo, siempre que hubiera una proporción adecuada de éste en la alimentación de los animales lecheros.

## 4. Elaboración y tecnología

Es un hecho admitido que la leche es un alimento muy nutritivo y una fuente valiosa de vitaminas y minerales. Sin embargo, se deteriora con gran rapidez y cruda tiene un tiempo de conservación relativamente corto. Hay numerosos métodos para prolongar la conservación de la leche y los productos lácteos y es cada vez mayor el número de tecnologías que se pueden aplicar para mejorar la inocuidad y la calidad de la leche.

Si bien la refrigeración y el tratamiento térmico de la leche cruda son también métodos muy eficaces y ampliamente utilizados para prolongar su conservación, además han surgido, y se están utilizando, tratamientos físicos más avanzados, como la microfiltración y la elaboración de alta presión. El costo de estos procedimientos y las tecnologías asociadas es relativamente elevado en comparación con la combinación del calentamiento y la refrigeración que se utiliza en la pasteurización (temperatura elevada durante poco tiempo o temperatura baja durante un tiempo prolongado). Además, en muchas zonas rurales sigue siendo prohibitivamente alto incluso el costo de la refrigeración. La aplicación del sistema LP no está orientada a sustituir un tratamiento térmico adecuado, que destruye las bacterias perjudiciales, pero permite aumentar la calidad y cantidad de la leche cruda disponible para su ulterior transformación en productos lácteos.

El sistema LP es uno de los métodos de la creciente familia de biostáticos que pueden tener efectos beneficiosos en la elaboración de la leche, al prolongar el tiempo de conservación y mejorar la calidad de la leche recogida o conservada. En esta sección se analiza la activación/inactivación del sistema LP y se examinan sus posibles riesgos y beneficios.

### 4.1 MÉTODOS DE ACTIVACIÓN DEL SISTEMA DE LA LACTOPEROXIDASA

#### **Adición de tiocianato/peróxido**

El sustrato de la lactoperoxidasa está formado por iones tiocianato (en forma de sal de sodio o potasio), que se añaden normalmente a la leche en una cantidad aproximada de 14 mg/l, aunque se puede ajustar en función de las variaciones de su concentración en la leche. A continuación se añade peróxido, en forma de peróxido de hidrógeno o de percarbonato de sodio.

El peróxido de hidrógeno se añadiría en una concentración de 1-10 mg/l. Estas cantidades son difíciles de conseguir con exactitud y se puede llegar a una sobredosis perjudicial. El peróxido de hidrógeno es inestable y reacciona también con las proteínas, aunque es poco probable que esto dificulte la elaboración a esa concentración. Por consiguiente, el Codex recomienda el percarbonato de sodio (30 mg/l) como fuente de

iones peróxido, puesto que provoca una liberación más lenta de los agentes activos.

Los estuches de activación contienen bolsas de tiocianato y percarbonato y se pueden comprar a una serie de compañías a un precio por tratamiento de 0,0025–0,01 dólares EE.UU. por litro de leche, y se recomienda su administración exclusivamente por personal capacitado. Hay que señalar que la mayor parte del costo se debe al embalaje que limita la gama de tamaños de los envases, en particular para volúmenes pequeños de leche. La mayor parte de los estuches están diseñados para utilizarlos con lotes de 50 litros de leche, aunque en el comercio hay estuches para el tratamiento de 500 a 10 000 litros. Los principales problemas asociados con estos materiales son los siguientes:

- i) el tiocianato es higroscópico y se puede deteriorar con el tiempo, aunque este problema se puede evitar utilizando revestimientos o envases herméticos;
- ii) algunas fuentes de tiocianato no se ajustan a las normas de calidad aceptadas;
- iii) el percarbonato puede producir oxígeno, haciendo que se hinchen los paquetes de activador.

**Adición de glucosa oxidasa** (1–2 mg/l): Se ha demostrado a escala de laboratorio que su adición a la leche, tras los iones de tiocianato, activa el sistema LP por conversión de la glucosa en ácido glucónico y peróxido. Normalmente hay una cantidad suficiente de glucosa en la leche cruda como resultado de la acción de la  $\beta$ -galactosidasa, procedente sobre todo de las levaduras, aunque también se pueden añadir 2–3 g/l de glucosa exógena. Es un método costoso y el control de la dosificación a niveles tan bajos sería muy difícil.

**Adición de bacterias lácticas iniciadoras** (catalasa negativas): Se puede utilizar en la leche para la fabricación de queso en los casos en que sea inaceptable la adición de productos químicos. La utilización de  $10^4$ – $10^5$  células/ml es eficaz, por ejemplo, para combatir los microorganismos psicrotróficos.

**Adición de microorganismos** (introducidos de manera deliberada o inadvertida) como levaduras o corinebacterias: Puede activar el sistema LP. Se ha demostrado que la aplicación de este sistema tras el lavado superficial con tiocianato es eficaz contra *Listeria* en la superficie del queso blando. La autoinhibición de microorganismos contaminantes puede contribuir a prolongar la conservación de la leche y los productos lácteos pasteurizados cuando sigue habiendo niveles importantes de actividad tras el tratamiento térmico (véase la sección 4.2 infra).

**Leucocitos:** Pueden activar el sistema LP mediante la producción de peróxido de hidrógeno, aunque lógicamente su presencia no es deseable, poniendo de manifiesto una mastitis.

<sup>4</sup> El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios ha especificado los criterios sobre la pureza del tiocianato (se pueden consultar en la base de datos del JECFA para los aditivos alimentarios <http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/search.html?lang=en>).

**Residuos de peróxido de hidrógeno** procedentes de soluciones desinfectantes tras la limpieza de los recipientes de leche: También pueden activar el sistema.

## 4.2 INACTIVACIÓN TÉRMICA DEL SISTEMA DE LA LACTOPEROXIDASA

La cinética de la inactivación térmica de la enzima lactoperoxidasa es bien conocida (por ejemplo, Ramet, 2004; Barrett, Grandison y Lewis, 1999). En la práctica, la pasteurización de lotes (por ejemplo, 65°C/30 minutos) tiene pocos efectos en la actividad de la enzima, y la pasteurización HTST (72°C/15 segundos) da lugar a la retención de alrededor del 70 por ciento de la lactoperoxidasa, mientras que el tratamiento a temperaturas de 80°C o superiores (con inclusión de la esterilización tradicional o UHT) provoca una destrucción completa de la enzima. Se ha indicado (Marks, Grandison y Lewis, 2001) que esta actividad residual explica el hecho de que la leche pasteurizada a 72°C tenga un tiempo de conservación más prolongado que la leche tratada a 80°C, con las consiguientes repercusiones en los casos en que en la industria lechera pueda plantearse una intensificación creciente de las condiciones de pasteurización. En realidad, es posible que la lactoperoxidasa residual desempeñe una función en el mantenimiento de la calidad de la leche pasteurizada y los productos lácteos en general.

La lactoperoxidasa se podría utilizar como enzima marcadora para determinar la eficacia del tratamiento térmico HTST, debido a su similitud con la fosfatasa en cuanto a la inactivación térmica. En el método oficial se efectúa una estimación de la fosfatasa, aunque no es útil en la leche de camella (Ramet, Abeideirrahmane y Ould Mohammed, 2004), porque la fosfatasa sigue siendo activa tras el tratamiento térmico a 82–86°C durante dos minutos. Es evidente que en este último caso sería más adecuado realizar un ensayo con la lactoperoxidasa como enzima marcadora.

## 4.3 OTROS MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE LA LECHE APROBADOS

Los principales métodos de conservación de la leche aprobados son la refrigeración y/o el tratamiento térmico, aunque ambos tienen limitaciones con respecto a la elaboración.

### REFRIGERACIÓN

Si bien la refrigeración<sup>5</sup> es sin duda muy eficaz en la inhibición del crecimiento bacteriano, se pueden producir algunos efectos físicos y químicos negativos limitados que podrían tener pequeñas repercusiones en los parámetros de elaboración. Los más importantes son la solubilización de la  $\beta$ -caseína, la solubilización de minerales, los cambios en la cristalización de las grasas y la alteración del equilibrio de las bacterias

<sup>5</sup> Según las directrices del Codex, la leche destinada a una elaboración ulterior se debe enfriar en un plazo de dos horas a una temperatura de 6°C o inferior cuando la recogida es diaria, o a una temperatura de 4°C o inferior cuando no se recoge todos los días (CAC, 2004b).



en la leche, con un aumento de microorganismos psicrotróficos. La actividad enzimática proteolítica y lipolítica residual procedente de los microorganismos psicrotróficos tras la elaboración da lugar a problemas como el desagradable sabor rancio o amargo de los productos (en particular el queso), la gelificación de la leche UHT y la gelificación de la leche en polvo reconstituida para la alimentación de los terneros.

Hay países en los que no es posible la refrigeración en algunos lugares de producción debido a su costo prohibitivo (tanto de inversión inicial como de funcionamiento), pero también a causa de problemas técnicos, como la ausencia o la irregularidad del suministro eléctrico. El sistema LP se podría utilizar como tratamiento complementario cuando no se pueda disponer de energía eléctrica segura.

### **Tratamiento térmico**

Es evidente que el calentamiento es la manera más eficaz de destruir los microorganismos y se aplica a la leche en tratamientos de intensidad variable (termización, pasteurización, esterilización). Se pueden presentar varios efectos químicos negativos en los productos en función de la intensidad del tratamiento. La desnaturalización de las proteínas del suero produce cambios en la funcionalidad que pueden dar lugar a problemas relacionados con una sinéresis menor del cuajo del queso, aunque son necesarios tratamientos con temperaturas elevadas para obtener una textura satisfactoria del yogur, donde la sinéresis no es deseable. La unión de la  $\beta$ -lactoglobulina a la  $\kappa$ -caseína en la superficie de las micelas de la caseína a temperaturas elevadas determina una menor capacidad de la leche para coagularse con las enzimas coagulantes. Por consiguiente, no es posible elaborar queso de cuajo natural con leche esterilizada. El calentamiento de la leche da lugar a la reacción de Maillard (entre las proteínas y los azúcares reductores), produciendo reacciones de pardeamiento debido a la formación de melanoidina, así como un olor desagradable a 'cocido'. El calentamiento de la leche provoca la insolubilización del fosfato de calcio (y los complejos con proteínas), que da lugar a incrustaciones en las superficies de elaboración, y puede ser necesario complementar con sales de calcio la leche calentada antes de la elaboración del queso.

Hay que señalar que el tratamiento térmico es más eficaz si se reduce al mínimo el número de células iniciales antes de la elaboración, por lo que la aplicación del sistema LP antes del calentamiento proporciona una combinación complementaria y posiblemente sinérgica.

## **4.4 EFECTOS DEL SISTEMA DE LA LACTOPEROXIDASA EN LA CALIDAD ORGANOLÉPTICA DE LA LECHE Y LA MANUFACTURA DE LOS PRODUCTOS**

Cabe suponer que la aplicación del sistema LP podría dar lugar a cambios químicos limitados en la leche, por ejemplo mediante la oxidación de grasas y proteínas. Los efectos físicos posteriores, combinados con los cambios microbiológicos, pueden producir efectos negativos en la calidad organoléptica de la leche y los productos lácteos y en la manufactura y textura de algunos productos. Sin embargo, en un informe de Ponce

et al. (2005) se indica que en la práctica no se han observado tales efectos.

Se ha comprobado que la adición a la leche cruda de los reactivos utilizados en la activación del sistema LP no modifica las propiedades sensoriales de la leche tratada en comparación con la leche testigo (Ramet, 2004). El sabor de la leche y el queso de cabra fermentados puede mejorar en la práctica como consecuencia de la acción del sistema LP, que modifica el equilibrio de la microflora (Seifu, Buys y Donkin, 2005).

Hay una posibilidad clara de inhibición de las bacterias lácticas iniciadoras como consecuencia de la actividad de la lactoperoxidasa, dando lugar a una producción reducida de ácidos y a problemas de coagulación con productos de gelificación ácida. Además, la interacción de la lactoperoxidasa con los grupos sulfhidrido de las proteínas podría alterar la textura de los productos gelificados, por ejemplo la reducción de la interacción  $\beta$ -lactoglobulina/ $\beta$ -caseína en el yogur. Las pruebas en relación con estos fenómenos son desiguales. Los datos de algunos estudios realizados en América Latina parecen indicar que el sistema LP no tiene efectos negativos en la calidad del queso y los productos fermentados cuando se ha sometido la leche a un tratamiento térmico adecuado tras la aplicación del sistema LP (Ponce et al., 2005). Ozer et al. (2003) describieron algunos efectos de la activación del sistema LP en relación con la textura gelificada del yogur, mientras que Revol-Junelles y Milliere (2005) y Seifu, Buys y Donkin (2005) examinaron el tema y encontraron algunos indicios de una coagulación más lenta del cuajo y de geles menos firmes en el queso, así como una producción menor de ácido en el yogur. Sin embargo, los efectos fueron en general muy limitados y los informes no coinciden en que sí.

La sensibilidad de las bacterias iniciadoras del ácido láctico a la acción del sistema LP depende fundamentalmente de la susceptibilidad de las cepas específicas. La susceptibilidad se puede clasificar en los tres grupos siguientes (Seifu, Buys y Donkin, 2005; Guirguis y Hickey, 1987):

- los grupos de microorganismos más sensibles que generan peróxido de hidrógeno, por ejemplo *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*;
- microorganismos que son sensibles, pero no tienen capacidad para generar peróxido de hidrógeno, por lo que necesitan una fuente exógena del mismo, por ejemplo *Lactobacillus helveticus*, *S. thermophilus*;
- microorganismos resistentes a la inhibición, por ejemplo *Lactococcus lactis*.

En resumen, la conclusión es que cualquier efecto de la activación del sistema LP en la elaboración de la leche es bastante limitado. No hay pruebas de que la activación del sistema LP dé lugar a ningún efecto negativo grave.

Hay que subrayar que la aplicación del sistema LP con objeto de mantener el estado

microbiológico de la leche para su elaboración debe conducir a una mayor calidad del producto, y esto se ha tenido en cuenta en algunos ensayos de campo de la FAO sobre distintos productos fermentados (FAO, 2004a).

#### 4.5 OTROS MÉTODOS DE CONTROL MICROBIOLÓGICO

**Microfiltración:** Se utiliza en algunos países para reducir las poblaciones bacterianas antes de la pasteurización. Posiblemente se podría utilizar como técnica “independiente” en el futuro. El proceso tiene la ventaja de que es un tratamiento puramente físico basado en la filtración por membrana, que evita muchos de los inconvenientes del tratamiento térmico. Un problema es que el diámetro de los glóbulos de grasa y los microorganismos son semejantes, de manera que la microfiltración se limita a la leche desnatada, que en caso necesario se puede volver a mezclar posteriormente con corrientes ricas en grasa sometidas a tratamiento térmico. La microfiltración también se ha propuesto como solución alternativa a los riesgos para la salud en la manufactura del queso elaborado con leche cruda. Sin embargo, es poco probable que esta técnica se adopte por el momento en los países donde la refrigeración no se utiliza de manera habitual, debido a la complejidad técnica y los costos más elevados.

**Centrifugación de alta velocidad:** Se ha utilizado para reducir el número de células bacterianas y esporas en la leche antes de la elaboración de queso duro y semiduro. Se trata también de un proceso físico, pero es poco probable que se adopte por el momento en los países en desarrollo, debido a su complejidad técnica.

**Elaboración de alta presión (400–800 MPa):** Puede inactivar los microorganismos en la leche y alterar la funcionalidad de las proteínas. Esta técnica no se ha aplicado a nivel comercial.

**Adición de clorhidrato de lisozima** (derivado de huevos): Es un tratamiento permitido para evitar el “hinchamiento” debido al crecimiento excesivo de esporas de *Clostridium* durante la maduración de los quesos duros y semiduros. Sin embargo, tiene una aplicación limitada.

**Adición de niveles elevados de cloruro de sodio (3–12 por ciento):** Reduce la actividad del agua ( $A_w$ ) de la leche en un grado suficiente para detener el crecimiento bacteriano. La técnica se utiliza en algunos países de Oriente Medio en la fabricación tradicional del queso local en salmuera. Aunque se trata de un procedimiento tradicional, tiene muchos efectos negativos, entre ellos un sabor muy salado, la alteración de las micelas, problemas de coagulación y corrosión del equipo de elaboración. Por consiguiente, la aplicación es extraordinariamente limitada.

#### **4.6 EFECTOS DE LA ADOPCIÓN DEL SISTEMA DE LA LACTOPEROXIDASA EN LA APLICACIÓN DE MÉTODOS NO APROBADOS DE CONSERVACIÓN DE LA LECHE**

En algunos países se aplican métodos no aprobados de conservación de la leche, entre ellos los siguientes:

- Adición de niveles elevados (300–800 mg/l) de peróxido de hidrógeno, con un efecto bactericida directo, pero que crea problemas en la elaboración, porque desestructura las proteínas, y desde una perspectiva nutricional reduce las concentraciones de vitamina A y carotenoides.
- Adición directa de antibióticos.
- Adición de hielo (hecho con agua que puede estar contaminada), que evidentemente diluye la leche.
- Transferencia de sustancias químicas de los recipientes de madera quemados a la leche.
- Alcalinización con hidróxido de sodio o dihidrato de calcio.
- Adición de otras sustancias químicas, por ejemplo formalina o cloro.

Es evidente que la ausencia de procedimientos de control de la calidad en los países en desarrollo, o su eficacia limitada, hace que no se detecten estos métodos no aprobados. Si bien la adopción del sistema LP tiene la posibilidad de reducir la aplicación de estos métodos no aprobados y, por consiguiente, de disminuir el riesgo potencial para la salud del consumidor, las pruebas disponibles para su demostración, en la actualidad son escasas. Sin embargo, hay datos de estudios amplios realizados en Cuba y otros países de América Latina (Ponce, 2005) que parecen indicar que la aplicación de la activación del sistema LP ha reducido la utilización de algunas de las prácticas no aprobadas antes mencionadas.

#### **4.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La reunión, basándose en numerosas observaciones de estudios de laboratorio y de campo, llegó a la conclusión de que el sistema LP no induce efectos adversos en las características químicas, físicas o sensoriales de la leche cruda y los productos lácteos elaborados. Por consiguiente, el sistema LP es una alternativa eficaz para la conservación de la leche cruda destinada a una elaboración ulterior. No se excluye la necesidad de pasteurización y no tiene efectos negativos en la elaboración posterior ni interfiere con ella.

El sistema LP se puede aplicar de manera aislada cuando no se dispone de refrigeración o en sinergia con el enfriamiento y se puede considerar un instrumento eficaz para mejorar la calidad y la cantidad de la leche y los productos lácteos, gracias al mantenimiento de la calidad microbiológica de la leche cruda.

Teniendo en cuenta que el sistema LP se considera, desde el punto de vista técnico, un método eficaz de conservación de la leche destinada a una elaboración ulterior, la reunión recomendó que:

- El sistema LP se considerase adecuado para aumentar las distancias de recogida de la leche, sobre todo en los países en desarrollo, y de esta manera aumentar la cantidad disponible para la elaboración ulterior y la posterior comercialización.
- El sistema LP se utilizara para mejorar la calidad de los productos elaborados por su efecto bacteriostático demostrado desde la recogida de la leche hasta la elaboración final.

## 5. Valor económico y comercio

Además de los beneficios nutricionales de la leche y su contribución a la seguridad alimentaria familiar, sobre todo en los países en desarrollo, la producción lechera también puede contribuir de manera considerable a la generación de ingresos. Esto es particularmente importante en las zonas donde se comercializa por canales no estructurados hasta un 80 por ciento de toda la leche.

La refrigeración es el método preferido de conservación de la leche, pero requiere una fuerte inversión de capital y puede incurrir en costos elevados de funcionamiento y mantenimiento. La aplicación del sistema LP es un método seguro y económico de conservación de la leche cruda, en comparación con la refrigeración, en empresas lecheras en pequeñas escala, en combinación con unas buenas prácticas de higiene y saneamiento.

Hay un comercio regional e internacional creciente de leche y productos lácteos procedentes de países que en el pasado eran importadores netos de leche. Por consiguiente, cada vez tienen más importancia las normas y la equivalencia regionales, sobre todo debido a los bloques comerciales regionales y los acuerdos comerciales mundiales.

### 5.1 SITUACIÓN ACTUAL

En 2004, la producción mundial total de leche fue de 613 millones de toneladas, de los cuales 263 millones se produjeron en países en desarrollo, lo que supone una contribución aproximada del 30 por ciento a la producción mundial total, correspondiendo a los pequeños productores lecheros alrededor del 70 por ciento del total (NDA, 2004). El cálculo de la contribución de los pequeños agricultores a la producción de leche puede ser prudente, teniendo en cuenta su proporción del mercado no estructurado. En 2003 se registró un aumento del 10,4 por ciento en las ventas mundiales de leche y productos lácteos (NDA, 2004). El grupo observó que uno de los factores que habían contribuido a ello era el rápido crecimiento de nuevos mercados como China, Filipinas y la Arabia Saudita.

En 2003, la FAO realizó una evaluación rápida de las pérdidas de leche después de la recogida en cinco países, con inclusión del Cercano Oriente y África oriental (FAO, 2004b). En Kenya, por ejemplo, el estudio puso de manifiesto que en total se perdía un 15,4 por ciento de la leche en las explotaciones y en el mercado. Las pérdidas nacionales totales se estimaron en 95 millones de litros, por un valor de unos 22,4 millones de dólares EE.UU. Las pérdidas en las explotaciones eran equivalentes a 15,4 millones de dólares.

Teniendo en cuenta el nivel de pobreza, dado que casi el 60 por ciento de la población sobrevive con menos de un dólar al día, sólo las pérdidas en las explotaciones equivalen al salario anual de 32 000 jornaleros rurales, de 40 dólares al mes (FAO, 2003).

Aunque los costos de la producción lechera en los países en desarrollo son bajos, se pueden registrar pérdidas elevadas cuando la temperatura ambiente es alta y la cadena comercial de la leche carece de infraestructura y de recursos para la refrigeración y cuando hay problemas de suministro de energía eléctrica. El Banco Mundial estima que en los países en desarrollo se pierde el 20 por ciento de la leche. La oportunidad de aumentar la producción lechera y crear ingresos adicionales para los agricultores también tropieza con el problema de la limitada capacidad de absorción del mercado, la falta de instalaciones para almacenar la leche (leche de la mañana y de la tarde) y las dificultades para entregar la leche a tiempo a las instalaciones de elaboración/centros de recogida.

Los precios de la leche varían entre 13 y 50 dólares EE.UU. por 100 kg, con un costo total de producción de 18 a 28 dólares EE.UU. por 100 kg de leche (IFCN, 2002). Debido a los bajos insumos de los sistemas de producción y a los tipos de cambio, los costos de producción y los precios de la leche son más bajos en los países en desarrollo. Según las Perspectivas alimentarias de la FAO relativas a la leche (FAO, 2002), los precios más elevados de la leche en la explotación se registraban en el Japón y los más bajos en países en desarrollo como Kenya, Malawi, Pakistán y Colombia (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Precios en la explotación (leche de vaca) en dólares EE.UU./kg (octubre de 2002)

Escala en dólares EE.UU.	País (precio en dólares EE.UU./kg)
0.61 – 0.70	Japón (0.62)
0.51 – 0.60	Suiza (0.53)
0.41 – 0.50	Mauritania (0.42)
0.31 – 0.40	Malta (0.37), Canadá/Italia/Mauricio (0.35) Francia/Irlanda/Alemania (0.33), Suecia (0.31)
0.21 – 0.30	Costa Rica/Tailandia/Estados Unidos (0.28), Filipinas/ Reino Unido (0.27)(0,27), Ecuador/Países Bajos (0,26), Egipto (0,24), Nepal (0,22)
0.11 – 0.20	Kenya/Malawi (0.20), Pakistan/Colombia (0.18)

Fuente: Cálculo a partir de las Perspectivas alimentarias de la FAO relativas a la leche (Muriuki, 2002)

Se considera que para aumentar la producción total de leche y su comercialización es necesario conservarla utilizando el método más práctico y económico, manteniendo al mismo tiempo su calidad inicial. Esto es particularmente importante en el caso de los países en desarrollo, mediante la reducción de las pérdidas de leche después de la recogida, fomentando su recogida por la tarde y la captación de un volumen más elevado

de leche procedente de los mercados no estructurados.

## **5.2 COSTO DE LA REFRIGERACIÓN Y EL SISTEMA DE LA LACTOPEROXIDASA**

Al examinar la eficacia del sistema LP en función de los costos, hay que tener en cuenta que es difícil de comparar con otros métodos aplicados en todo el mundo, porque hay costos como la energía que varían ampliamente y han aumentado de manera significativa en los últimos años. Es importante realizar dicha evaluación examinando caso por caso.

En Filipinas, la inversión inicial en equipo de refrigeración en pequeña escala es de 3000 a 5000 dólares EE.UU., y dados los costos actuales de la electricidad no sería viable el funcionamiento de dicho equipo en una sociedad cooperativa con una recogida de 100 litros al día. En 1994, el costo total de la refrigeración de 100 litros de leche era de unos 0,5 dólares EE.UU. frente a 0,35 si se aplica el sistema LP. La conservación mediante el sistema LP es más económica y no requiere un desembolso importante para el equipo y las instalaciones de refrigeración (Barraquío et al., 1994).

En Kenya, el costo de la refrigeración de un litro de leche era del orden de 0,017 dólares (refrigeradores en gran escala) a 0,032 dólares (en pequeña escala), mientras que la aplicación del sistema LP era inferior a 0,014 dólares (Wanyoike et al., 2005). Sin embargo, la refrigeración de la leche en gran escala no soluciona el problema, considerando el elevado costo del equipo, que va de 197 000 dólares EE.UU. a 4 millones de dólares, a lo que hay que sumar los costos de mantenimiento y de recogida de la leche.

En Cuba no se refrigera más del 50 por ciento de la leche, entre otras razones debido al elevado costo del equipo de refrigeración y la falta de electricidad. Sin embargo, la aplicación del sistema LP ha permitido incorporar a la cadena alimentaria una cantidad significativa de leche, por un valor de 100 millones de dólares EE.UU. durante 13 años, que de otra manera se habría perdido. El sistema LP ha resultado eficaz en la cadena lechera, en el mantenimiento de la calidad inicial de la leche desde la explotación hasta la central lechera. En América Latina, entre 2000 y 2005 se activaron 30 millones de litros de leche mediante la aplicación del sistema LP. Gracias a este sistema se recupera el 50 por ciento de la leche que de otra manera se perdería, por un valor aproximado de 3 millones de dólares. En la región de América Latina, el costo de la refrigeración de un litro de leche puede ser del orden de 0,05 a 0,1 dólares por litro, frente a un costo de 0,0025 a 0,05 dólares por litro con la aplicación del sistema LP, y también en este caso sin tener en cuenta el elevado desembolso de capital que habría que invertir en el equipo de refrigeración y en su mantenimiento.

El costo de la aplicación del sistema LP es ventajoso en comparación con el de la refrigeración, en particular para los pequeños productores lecheros. Se ha demostrado que el sistema LP es más eficaz en función de los costos que la refrigeración en zonas en las que las cantidades de leche son pequeñas o el suministro de energía eléctrica es



irregular o inexistente. Es también la mejor manera de aumentar el flujo de leche de las explotaciones a los mercados, con la consiguiente creación de ingresos adicionales para las familias que producen leche.

### **5.3 COMERCIO INTERNACIONAL**

Aunque los costos de la producción de leche son más bajos en los países en desarrollo que en los desarrollados, los primeros han sido importadores netos de leche y productos lácteos. Sin embargo, lentamente se van observando signos de cambio, con cierta mejora del comercio regional, por ejemplo entre varios de los bloques comerciales regionales, como la Comunidad del África Oriental (CAO), el Mercado Común para África Oriental y África Austral (COMESA), la Autoridad Intergubernamental sobre el Desarrollo y la Comunidad para el Desarrollo del África Meridional (SADC). Debido al mayor comercio internacional en países como Kenya en la CAO y Sudáfrica en la zona de la SADC, es necesario armonizar las normas relativas a la leche y los productos lácteos para facilitar el comercio. La mayoría de estos países basan sus normas nacionales en las del Codex. Por consiguiente, su armonización resulta fácil, aunque es importante que en la formulación de las normas del Codex se tengan en cuenta las diferencias regionales a fin de que sigan siendo pertinentes para esos países.

Es difícil estimar la pérdida de oportunidades comerciales como consecuencia de la disposición del Codex de que el sistema LP no se debe utilizar para productos destinados al comercio internacional. Sin embargo, la cuestión no sólo está relacionada con el comercio, sino también con el hecho de que el sistema LP no se adopta debido en primer lugar al temor de quedar excluidos de los mercados internacionales. Si los productos tratados con el sistema LP no se consideran adecuados para el comercio internacional, esto plantea dudas acerca de si su uso es apropiado e inocuo para la leche y los productos lácteos destinados al mercado interno. A pesar de esto, el sistema LP se aplica en algunos países en los que es la opción más práctica para la conservación de la leche cruda. Kenya, por ejemplo, exporta productos lácteos por un valor superior a 4 millones de dólares EE.UU. (estimación de 2003) a la región inmediata, y su volumen va en aumento. Éste es el comercio que posiblemente se podría perder si se adoptara oficialmente la aplicación del sistema LP y se cumpliera la condición de no comercializar la leche tratada con dicho sistema. La reunión observó que era probable que en África, América Latina y otros países en desarrollo se presentaran situaciones semejantes.

### **5.4 NORMAS SOBRE LOS PRODUCTOS LÁCTEOS, POLÍTICAS Y SISTEMA DE LA LACTOPEROXIDASA**

Las normas elaboradas por la Comisión del Codex Alimentarius están reconocidas, en el marco del Acuerdo MSF de la OMC, como las normas internacionales de referencia para la inocuidad de los alimentos. El Codex ha elaborado varias normas para la leche y los productos lácteos. En ellas se inspiran muchas de las normas sobre los productos lácteos adoptadas en los países tanto desarrollados como en desarrollo. Los gobiernos

nacionales adoptan o modifican estas normas en función de las necesidades del país y las estrategias en materia de políticas de fomento lechero y su aplicación. Es importante que se tengan en cuenta las condiciones del mundo en desarrollo a la hora de formular las normas. De esto dependerá la facilidad con la cual los gobiernos las comprendan y las puedan adoptar, adaptándolas a las condiciones predominantes dentro del marco jurídico nacional que rige la industria lechera y la leche y los productos lácteos.

Los pequeños productores de leche desempeñan una importante función en el suministro de leche y productos lácteos frescos a los centros urbanos de los países en desarrollo, cada vez más grandes. A fin de garantizar el suministro del volumen necesario de leche, las políticas de fomento lechero tienen que poder disponer de opciones adecuadas para la conservación de la leche, que pueda adoptar la industria lechera nacional (Muriuki et al., 2003). En la actualidad hay sólo dos métodos del Codex aprobados para la conservación de la leche cruda, la refrigeración y el sistema de la lactoperoxidasa. El sistema LP está reconocido como un método eficaz en función de los costos de conservación de la leche cruda y puede ser eficaz en la disminución de las pérdidas de leche y en la ampliación de los sistemas para recogerla. Además, también parece ofrecer posibilidades importantes de utilización junto con la refrigeración como medio complementario de conservación de la leche. Por consiguiente, el examen de la aplicación del sistema LP en el marco de las políticas y estrategias nacionales de fomento lechero es esencial para satisfacer las necesidades de los grupos de productores, recolectores y elaboradores de leche, sobre todo en los países en desarrollo y los países en transición, donde la refrigeración no es una opción viable y práctica de manera inmediata.

## 5.5 VALOR ECONÓMICO Y REPERCUSIONES

Según el Banco Mundial, en África occidental se pierden anualmente unos cinco millones de litros de leche debido a su deterioro. Cuba ha informado de que la aplicación del sistema LP ha aportado una amplia gama de beneficios durante un período de 13 años. Les ha permitido incorporar al mercado un volumen total de leche superior a 1000 millones de litros. En una estimación prudente se ha indicado que la aplicación del sistema LP ha evitado la pérdida de unas 50 000 toneladas de leche, equivalentes a las importaciones anuales de leche y productos lácteos del país en divisas. Además, ha dado lugar a la creación de empleo y la mejora de los ingresos de los productores lecheros (P. Ponce, comunicación personal, 2005).

Un sistema funcional de conservación de la leche cruda puede estimular una producción mayor, en beneficio tanto de los productores como de los consumidores. En un país como Kenya, la producción lechera fluctúa entre las estaciones y en general llega a la cadena de mercados sólo la leche que se recoge por la mañana. Durante una estación de producción alta, hay pérdidas de leche muy elevadas debido a la logística de la recogida, agravada por la falta de sistemas de conservación. La leche de la tarde no se recoge, ante la ausencia de sistemas viables de conservación. Se estimó que el volumen total de leche comercializada aumentaría alrededor de un 30 por ciento mediante la

recogida de la leche de la tarde. Esto se traduciría en un aumento anual de más de 100 millones de litros. En un estudio de la FAO (FAO, 2005) se calcularon no obstante unas pérdidas más bajas. Una estimación razonable de Muriuki (H. Muriuki, comunicación personal, 2005) es que del crecimiento del mercado se derivaría un aumento de 68 millones de litros de leche.

Los mercados de la leche suelen primar la de calidad. En Kenya, los elaboradores pagan el litro de leche de calidad elevada unos 0,06 dólares EE.UU. por encima del precio corriente de la leche normal. El aumento de la leche comercializada, en particular la procedente del sector de los pequeños productores, mejoraría también los medios de subsistencia, gracias al empleo, el aumento de los ingresos y la mejora de la nutrición. Otras cuestiones que habrá que examinar si se comercializa un volumen mayor de leche es si esto provocará una reducción de su consumo en el hogar y si los ingresos pasarán de las mujeres a los hombres. En algunas comunidades, las mujeres controlan los ingresos procedentes de la venta de leche en los barrios cercanos y los hombres los procedentes del sector estructurado.

## **5.6 DISPONIBILIDAD DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE LA LACTOPEROXIDASA**

La mayoría de los países con instalaciones farmacéuticas pueden producir activadores, siempre que cumplan las especificaciones estipuladas en las directrices de Codex y tengan en cuenta la pureza y el carácter higroscópico del percarbonato. En la actualidad son pocos los países que producen los activadores del sistema LP, como Suecia, Cuba y Francia. Cabe suponer que el sistema LP sería más económico si los activadores se fabricaran en los países que lo aplican. También hay que tener en cuenta el costo del envasado, dado que sólo éste representa alrededor del 40-60 por ciento del costo total del producto.

## **5.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Uno de los beneficios económicos de la producción lechera es la generación de ingresos familiares, que puede contribuir de manera importante a los ingresos ordinarios y a la seguridad alimentaria y la nutrición familiares, en particular de los grupos vulnerables de los países en desarrollo, por ejemplo los niños y las mujeres. La producción, la recogida, la elaboración y la comercialización de los productos lácteos en pequeña escala son una fuente importante de empleo rural no agrícola. No obstante, las pérdidas después de la recogida constituyen un problema importante en la producción lechera de los países en desarrollo. Los productores de leche en pequeña escala podrían aumentar su participación en la producción, la elaboración y la comercialización mundiales de leche si pudieran reducir sus pérdidas utilizando cualquier método aprobado de conservación. El posible aumento de la calidad y el tiempo de conservación de la leche y los productos lácteos puede suponer un beneficio social y económico considerable a nivel local. Si bien la refrigeración es el método preferido de conservación de la leche,

requiere una inversión de capital elevada y los costos de funcionamiento y mantenimiento pueden ser altos debido a que el equipo es costoso. Así pues, la aplicación del sistema LP proporciona una alternativa segura y económica para la conservación de la leche cruda, sobre todo en las empresas lecheras en pequeñas escala, cuando se combina con buenas prácticas de higiene y saneamiento. Su viabilidad económica, ya sea de manera aislada o en combinación con la refrigeración, y su capacidad para reducir de manera significativa las pérdidas de leche, con el consiguiente aumento del volumen de leche recogida, producen beneficios directos tanto para los productores como para los consumidores.

Cada vez es mayor el comercio regional e internacional de leche y productos lácteos procedentes de países que en el pasado eran importadores importantes. Ante la demanda creciente y el aumento de la producción de leche en los países en desarrollo y los países en transición, las normas regionales adquieren una importancia cada vez mayor, junto con las prácticas adecuadas de higiene y saneamiento a lo largo de la cadena lechera. Dichas normas se basan con frecuencia en las del Codex, puesto que en la OMC éstas se consideran las normas de referencia para los alimentos en el comercio internacional. Sin embargo, la disposición relativa a la aplicación del sistema LP lo convierte en un caso más bien excepcional y supone una limitación importante para la adopción del sistema, debido a la posibilidad de que esos productos queden excluidos del comercio internacional.

Basándose en estas conclusiones, la reunión recomendó que:

- Se promoviera la producción lechera en pequeña escala, dada su contribución a la nutrición, la seguridad alimentaria y el alivio de la pobreza a nivel familiar.
- El Codex Alimentarius elaborase normas sobre los productos lácteos que se pudieran adoptar fácilmente a nivel regional o nacional. Se debería respaldar la participación activa de una serie representativa de Estados Miembros en la elaboración de las normas.
- Se eliminara la presente limitación del Codex relativa a la aplicación del sistema LP a la leche o los productos lácteos destinados al comercio internacional.

## 6. Conclusiones y recomendaciones generales

La reunión trató de adoptar un enfoque integral en su examen del sistema LP como método de conservación de la leche cruda, teniendo en cuenta la situación microbiológica, la salud y la nutrición humanas, la elaboración y la tecnología, el valor económico y los aspectos del comercio.

Está bien demostrada tanto en el laboratorio como en condiciones prácticas la actividad antimicrobiana del sistema LP frente a una gran variedad de microorganismos de descomposición de la leche y patógenos, como bacterias, virus, hongos, levaduras, micoplasmas y protozoos. La actividad global es fundamentalmente bacteriostática, en un grado que depende de la carga bacteriana total inicial, las especies y cepas de bacterias contaminantes y la temperatura de la leche. Aunque su eficacia frente a los microorganismos de descomposición de la leche y patógenos es bien conocida, se llegó a la conclusión de que sería útil realizar nuevos estudios sobre la eficacia del sistema LP frente a virus y nuevos microorganismos patógenos transmitidos por la leche.

También se examinó la eficacia del sistema en la leche cruda de distintas especies y en diferentes condiciones ambientales. Las directrices del Codex se concentran en la aplicación del sistema LP a la leche de vaca y de búfala. Sin embargo, la reunión llegó a la conclusión de que se puede aplicar a la leche de cabra y de oveja la misma combinación de tiempo y temperatura que se indica en las directrices del Codex (CAC, 1991b). Se ha demostrado asimismo que el sistema LP es eficaz en la leche de camella, aunque, debido a la presencia de otros antimicrobianos en esta leche, es posible que se observe una pauta diferente en cuanto al nivel de actividad a diversas temperaturas.

Un aspecto importante examinado en la reunión fue el de los efectos del sistema LP en los microorganismos patógenos de la leche. Basándose en las pruebas disponibles, la reunión llegó a la conclusión de que el sistema LP no fomenta el crecimiento de microorganismos patógenos tras la desaparición del efecto bacteriostático<sup>6</sup> y no hay pruebas que demuestren que la aplicación prolongada de este sistema LP da lugar a algún riesgo microbiológico, por ejemplo la aparición o acumulación de bacterias productoras de toxinas. Además, la reunión llegó a la conclusión de que no es probable que la aplicación del sistema LP estimule la aparición de resistencia al propio sistema LP o a otros agentes antimicrobianos, pero debido al carácter dinámico de los microorganismos sería conveniente realizar una vigilancia constante de la situación.

<sup>6</sup> En condiciones de laboratorio.

La reunión prestó particular atención a los datos sobre la eficacia del sistema LP en combinaciones de tiempo y temperatura distintas de las indicadas en el documento del Codex. Llegó a la conclusión de que el sistema LP también tiene efectos positivos en el mantenimiento de la calidad de la leche cruda a temperatura ambiente de 31–35°C, aunque sólo durante 4-7 horas. No obstante, se consideró que esto era importante, porque marcaba la diferencia en cuanto a que permitía llevar la leche en buenas condiciones a los puntos de recogida refrigerados, sobre todo en zonas de temperatura ambiente cálida o muy cálida. También se examinaron los efectos del sistema LP a temperaturas de refrigeración, en particular su capacidad para reducir al mínimo el crecimiento de bacterias psicrófilas. Ante la eficacia del sistema LP a temperaturas más bajas, la reunión llegó a la conclusión de que la aplicación de este sistema se podría ampliar para prolongar el período de almacenamiento de la leche cruda refrigerada.

La cinética de la inactivación térmica de la enzima lactoperoxidasa es bien conocida y el nivel de su destrucción depende de la duración y la temperatura del tratamiento térmico. La reunión tomó nota de las indicaciones de que la lactoperoxidasa residual desempeñaba una función en la conservación de la calidad de la leche y los productos lácteos pasteurizados en general. Con respecto a la elaboración ulterior de la leche, se observó que, si bien el sistema LP podía tener efectos en la calidad organoléptica de la leche y la manufactura de los productos, en la práctica no se habían observado. Numerosas observaciones de estudios de laboratorio y de campo indican que el sistema LP no induce efectos adversos en las características químicas, físicas o sensoriales de la leche cruda y los productos lácteos elaborados. Al examinar los posibles efectos del sistema LP en los productos fermentados, se observó que los datos al respecto eran algo contradictorios, lo que parece estar en relación con la diferencia de susceptibilidad al sistema LP de las diversas cepas de cultivo iniciadoras. Cuando se notificaron efectos negativos fueron limitados.

La reunión llegó a la conclusión de que el sistema LP había de desempeñar una función como parte de un sistema integrado para mejorar la calidad y la inocuidad de la leche. Se insistió repetidamente en que el sistema LP no se podía utilizar para ocultar la mala calidad de la leche y que era más eficaz aplicado en combinación con buenas prácticas de higiene. Si bien se reconoce que la refrigeración y el tratamiento térmico son medios eficaces de conservación de la leche y que hay otros muchos sistemas que se utilizan en menor escala o se están preparando, el aumento de la producción de leche, sobre todo en los países en desarrollo en los que no siempre es posible contar con infraestructura y equipo apropiados para la refrigeración, el tratamiento térmico u otros procesos físicos, hace que sea importante poder disponer de alternativas eficaces en función de los costos. La aplicación de sistemas de conservación presentes en la naturaleza, uno de los cuales es el sistema LP, es objeto de amplia investigación en la actualidad para su aplicación a una serie de alimentos diferentes en distintos puntos de la cadena alimentaria. Su aplicación no se considera una sustitución de las tecnologías existentes que son eficaces, como la refrigeración y el tratamiento térmico, sino que proporciona alternativas complementarias, en particular en la fase de producción primaria, cuando

no hay otros métodos disponibles, viables o adecuados.

A este respecto, la reunión consideró que el sistema LP proporcionaba una alternativa real para la conservación de la leche cruda a corto plazo. El hecho de que se pueda utilizar sin necesidad de infraestructura o equipo costosos lo convierte en una opción potencialmente viable, en particular para muchos pequeños productores lecheros del medio rural. La capacidad para prolongar la conservación de la leche cruda de una manera reglamentada es fundamental para garantizar que los consumidores puedan disponer de leche inocua, y además hay un beneficio económico para los pequeños productores lecheros. Gracias a la prolongación de la conservación de la leche cruda, se puede garantizar que todavía siga en buenas condiciones cuando llega a las instalaciones de elaboración, a pesar de las largas distancias o la deficiente infraestructura de transporte en condiciones ambientales cálidas o muy cálidas. Las pérdidas de leche se reducen, beneficiando también en este caso tanto a los productores como a los consumidores.

Observando el creciente comercio regional e internacional de leche y productos lácteos procedentes de países que en el pasado eran importadores destacados de leche y el crecimiento cada vez mayor de su demanda y producción en los países en desarrollo y los países en transición, la reunión insistió en la creciente importancia de la aplicación de normas que se ajustaran a las obligaciones establecidas en el marco de los acuerdos de la OMC. Estas normas se basan con frecuencia en las del Codex, consideradas en la OMC como punto de referencia para los alimentos en el comercio internacional. Sin embargo, la disposición relativa a la aplicación del sistema LP lo convierte en un caso más bien excepcional y supone una limitación importante para la adopción del sistema, debido a la posibilidad de que esos productos queden excluidos del comercio regional e internacional.

En este contexto se examinaron los aspectos relativos a la salud y nutricionales de la leche, en particular la que había sido objeto de tratamiento con el sistema LP. En cuanto a la salud y la nutrición humanas, en primer lugar se llegó a la conclusión de que las ventajas del sistema LP se derivaban fundamentalmente de una reducción importante de las pérdidas de leche por deterioro, con el consiguiente aumento de la disponibilidad de leche como buena fuente de nutrientes en la alimentación, en beneficio tanto de los productores de leche como de los consumidores. La leche mejora la salud y reduce la morbilidad y la mortalidad que provocan las enfermedades infantiles. Por consiguiente, la aplicación del sistema LP se podía considerar como parte de un programa para mejorar la salud pública, aumentando la disponibilidad y la inocuidad de la leche. En la reunión se examinaron los datos toxicológicos disponibles sobre el sistema LP y se confirmó la evaluación del JECFA en su 35ª reunión de que el sistema LP no presentaba riesgos toxicológicos cuando se aplicaba de acuerdo con las directrices establecidas del Codex. En la reunión se observó también que se habían obtenido muy pocos datos desde la evaluación del JECFA. No obstante, la reunión reconoció la importancia de la deficiencia de datos y subrayó que en las zonas donde era común este problema se debían

adoptar medidas de salud pública para corregir esta situación, con independencia de la aplicación o no del sistema LP.

En conjunto, la reunión llegó a la conclusión de que el sistema LP ofrecía numerosas ventajas cuando se utilizaba como parte de un sistema integrado para mejorar la calidad y la inocuidad de la leche, reducir sus pérdidas y aumentar su disponibilidad. Basándose en los datos disponibles y en su evaluación, la reunión técnica consideró que el sistema LP era un método inocuo de conservación de la leche cruda. La reunión llegó a la conclusión de que, cuando se aplicaba de acuerdo con las directrices establecidas del Codex, no había en la actualidad ninguna base científica para mantener la disposición relativa a la limitación sobre el comercio internacional de la leche y los productos lácteos tratados con el sistema LP.



## RECOMENDACIONES

Al formular sus recomendaciones, la reunión reiteró la inocuidad del sistema de la lactoperoxidasa en la conservación de la leche cruda cuando se utilizaba de acuerdo con las directrices vigentes (CAC 13/91), recomendando su aplicación en situaciones en las que por razones técnicas, económicas y/o prácticas no se pudieran utilizar instalaciones de refrigeración. Basándose en sus deliberaciones, se formularon las siguientes recomendaciones.

### Al Codex

Examinar la posibilidad de ampliar la directriz relativa a la temperatura de aplicación del sistema LP, con objeto de incluir también la gama de temperaturas de 31°C a 35°C durante 4–7 horas y hasta 4°C durante 5–6 días.

Elaborar normas sobre la leche y los productos lácteos que se puedan adoptar fácilmente a nivel regional o nacional, fomentando y respaldando la participación activa de una serie representativa de Estados Miembros en su elaboración.

Eliminar la disposición vigente relativa a la restricción de la aplicación del sistema LP a la leche o los productos lácteos destinados al comercio internacional, puesto que la reunión no encontró ninguna base científica o técnica ni justificación económica para la disposición.

### A los Estados Miembros, la FAO, la OMS, el Codex, las ONG y la industria lechera

Reconocer el sistema LP como método eficaz y viable de conservación de la leche cruda que no presenta efectos negativos para su elaboración ulterior.

Debido a su efecto bacteriostático, examinar la posibilidad de aplicar el sistema LP como parte de un programa para mejorar la higiene y la inocuidad de la leche a lo largo de la cadena lechera.

Examinar la posibilidad de aplicar el sistema LP para complementar la refrigeración, en orden a prolongar el mantenimiento de la calidad de la leche cruda y detener la proliferación de microorganismos de descomposición de la leche y patógenos.

Utilizar el sistema LP para mejorar la calidad de los productos elaborados por su efecto bacteriostático demostrado desde la recogida de la leche hasta su elaboración final, y en particular para aumentar las distancias de recogida de la leche en los países en desarrollo, con el consiguiente aumento de la cantidad de leche disponible para la comercialización. Esto puede tener beneficios directos importantes tanto para los productores de leche como para los consumidores.

Reconocer que la utilización del sistema LP es una opción económicamente viable (ya

sea de manera aislada o en combinación con la refrigeración) para reducir de manera significativa las pérdidas de leche y aumentar su disponibilidad.

Además de estas recomendaciones específicas sobre la aplicación del sistema LP, se examinaron varias otras cuestiones conexas, con respecto a las cuales la reunión técnica formuló las siguientes recomendaciones.

Promover el consumo de leche como fuente valiosa para la nutrición humana que contribuye a un desarrollo y crecimiento sanos.

Promover la contribución de la producción lechera en pequeña escala a la nutrición, la seguridad alimentaria y el alivio de la pobreza a nivel familiar.

Aplicar medidas para corregir la deficiencia de yodo en zonas yodopénicas reconocidas, acompañadas de la vigilancia apropiada de su prevalencia. La leche también puede ser una fuente valiosa de yodo, siempre que haya una proporción adecuada de éste en la alimentación de los animales lecheros.

## 7. Referencias

Abrams, S.A., Griffin, I.J. & Davila, P.M. 2002. Calcium and zinc absorption from lactose-containing and lactose-free infant formulas. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76: 442-6.

Albujar, R., Ludena, F. & Castillo, L. 2004. *Evaluación de la conservación de leche en distintas regiones del Perú mediante la activación del sistema de la lactoperoxidasa*. Lima, Molina University.

Ali-Vehmas, T., Vikerpuur, M. & Sandholm, M. 1994. Lactoperoxidase antagonizes anti-staphylococcal activity of cell-wall destabilizing antibiotics. Actas del Seminario de la Federación Internacional de Lechería sobre los agentes antimicrobianos nativos de la leche – Últimas novedades. Uppsala, Suecia, 31 de agosto – 1o de septiembre de 1993. IDF Special Issue, No 9404 164-174.

Armenteros, M., Ponce, P., Riveron, Y., Leyva, V., Martino, T. & Capdevila, J. 2005. Exacerbation risk analysis of certain potential human pathogens in cow milk activated with the lactoperoxidase system. (presentado).

Ayangade, S.O., Oyelola, O.O. & Oke, O.L. 1982. A preliminary study of amniotitis and serum thiosulphate levels in cassava eating women. *Nutrition Reports International*, 26: 73-75.

Banerjee, K., Marimuthu, P., Bhattacharyya, P. & Chatterjee, M. 1997. Effect of thiocyanate ingestion through milk on thyroid hormone homeostasis in women. *British Journal of Nutrition*, 78: 679-681.

Barraquio, V. L., Resubal, L. E., Bantoc, I. B. M., & Almazan, E. N. 1994. Preservation of raw milk with lactoperoxidase /hydrogen peroxide/thiocyanate system, hydrogen peroxide system and by refrigeration. *The Asian International Journal of Life Sciences*, 3(1): 1-10.

Barrett, N., Grandison, A. & Lewis, M.J. 1999. Contribution of the lactoperoxidase system to the keeping quality of pasteurized milk. *Journal of Dairy Research*, 66: 73-80.

Beumer, R.R., Noomen, A. Marijs, J.A. & Kampelmacher E.H. 1985. Antibacterial action of the lactoperoxidase system on *Campylobacter jejuni* in cow's milk. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 39: 107-114.

Bibi, W. & Bachmann, M.R. 1990. Antibacterial effect of the lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide system on the growth of *Listeria* spp. in skim milk. *Milchwissenschaft*, 45: 26–28.

Björck, L. 1978. Antibacterial effect of the lactoperoxidase system on psychrotrophic bacteria in milk. *Journal of Dairy Research*, 45: 109–118.

Björck, L., Claesson, O. & Schulthess, W. 1979. The lactoperoxidase/thiocyanate/hydrogen peroxide system as a temporary preservative for raw milk in developing countries. *Milchwissenschaft*, 34: 726–729.

Borch, E., Wallentin, C., Rosén, M. & Björck, L. 1989. Antibacterial effect of the lactoperoxidase/thiocyanate/hydrogen peroxide system against strains of *Campylobacter jejuni* isolated from poultry. *Journal of Food Protection*, 52, 638–641.

Bosch, E.H., Van Doormen, & De Vries, S. 2000. The lactoperoxidase system: the influence of iodide and the chemical and antimicrobial stability over the period of about 18 months. *Journal of Applied Microbiology*, 89(2): 15–224.

Carlsson, J., Iwami, Y. & Yamada, T. 1983. Hydrogen peroxide excretion by oral streptococci and effect of lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide. *Infection and Immunity*, 40: 70–80.

CAC [Comisión del Codex Alimentarius]. 1991a. Informe del 19o período de sesiones de la Comisión del Codex Alimentarius. Roma, Italia, 1o – 10 de julio de 1991.

CAC. 1991b. Directrices para la Conservación de la Leche Cruda mediante la Aplicación del Sistema de la Lactoperoxidasa [CAC GL 13/91]. Disponible en [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/29/CXG\\_013e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/29/CXG_013e.pdf)

CAC. 2002a. Informe de la quinta reunion del Comité del Codex sobre la Leche y los Productos Lácteos. Wellington, Nueva Zelanda, 8 – 12 de abril de 2002. Disponible en [http://www.codexalimentarius.net/download/report/60/Al03\\_11e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/report/60/Al03_11e.pdf)

CAC. 2002b. Informe de la 50a reunión del Comité Ejecutivo de la Comisión del Codex Alimentarius. Roma, Italia, 26 – 28 de junio de 2002. Disponible en <http://www.codexalimentarius.net/download/report/500/Al0303ae.pdf>

CAC. 2002c. Informe de la 15a reunión del Comité Coordinador FAO/OMS para África. Kampala, Uganda, 26 – 29 de noviembre de 2002. Disponible en [http://www.codexalimentarius.net/download/report/407/Al03\\_28e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/report/407/Al03_28e.pdf)

CAC. 2002d. Informe de la séptima reunión del Comité Coordinador FAO/OMS para América del Norte y el Pacífico Sudoccidental. Vancouver, Canadá, 29 de octubre – 1o de noviembre de 2002. Disponible en [http://www.codexalimentarius.net/download/report/604/Al03\\_32e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/report/604/Al03_32e.pdf)

CAC. 2003. Informe de la 35a reunión del Comité del Codex sobre Higiene de los Alimentos. Orlando, Florida, Estados Unidos de América, 27 de enero – 1o de febrero de 2003. Disponible en <http://www.codexalimentarius.net/download/report/117/Al0313ae.pdf>

CAC. 2004a. Informe del 27o período de sesiones de la Comisión del Codex Alimentarius. Ginebra, Suiza, 28 de junio – 3 de julio de 2004. Documento no 04/27/41. Disponible en [http://www.codexalimentarius.net/download/report/621/al04\\_41e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/report/621/al04_41e.pdf)

CAC. 2004b. Código de Prácticas de Higiene para la Leche y los Productos Lácteos (CAC/RCP 57–2004). Disponible en [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/10087/CXC\\_057\\_2004e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/10087/CXC_057_2004e.pdf)

Dahlberg, P., Bergmark, A., Eltom, M., Björck, L., Bruce, Å., Hambraeus, L. & Claesson, O. 1984. Intake of thiocyanate by way of milk and its possible effect on thyroid function. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 39: 416–420.

Dahlberg, P., Bergmark, A., Eltom, M., Björck, L. & Claesson, O. 1985. Effect of thiocyanate levels in milk on thyroid function in iodine deficient subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 41: 1010–1014.

Delange, F. & Ahluwalia, R. (Eds). 1983. *Cassava toxicity and Thyroid Research and Public Health Issues*. Ottawa: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.

Dennis, F. & Ramet, J.P. 1989. Antibacterial activity of the lactoperoxidase system on *Listeria monocytogenes* in trypticase soy broth, UHT milk and French soft cheese. *Journal of Food Protection*, 52: 706–711.

De Spiegeleer, P., Sermon, J., Vanoirbeek, K., Aertsen, A. & Michiels C.W. 2005. Role of porins in sensitivity of *E. coli* to antibacterial activity of the lactoperoxidase enzyme system. *Applied and Environmental Microbiology*, 71: 3512–3518.

De Valdez, G.F., Bibi, W. & Bachmann, M.R. 1988. Antibacterial effect of the lactoperoxidase/thiocyanate/hydrogen peroxide (LP) system on the activity of thermophilic starter culture. *Milchwissenschaft*, 49: 144–146.

de Wit, J.N. & van Hooijdonk, C.C.M. 1996. Structure, functions and applications of lactoperoxidase in natural antimicrobial systems. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 50: 227–244.

Dionysius, D.A., Grieve, P.A. & Vos, A.C. 1992. Studies on the lactoperoxidase system: reaction kinetics and antibacterial activity using two methods for hydrogen peroxide generation. *Journal of Applied Bacteriology*, 72: 146–153.

Earnshaw, R.G., Banks, J.G., Francotte, C. & Defrise, D. 1990. Inhibition of *Salmonella typhimurium* and *Escherichia coli* in infant formula milk by an activated lactoperoxidase system. *Journal of Food Protection*, 53: 170–l 72.

El-Agamy, E.I., Ruppner, R., Ismail, A., Champagne, C.P. & Assaf, R. 1992. Antibacterial and antiviral activity of camel milk protective proteins. *Journal of Dairy Research*, 59: 169–175.

El-Shenawy, M.A., Garcia, H.S. & Marth, E.H. 1990. Inhibition and inactivation of *Listeria monocytogenes* by the lactoperoxidase system in raw milk, buffer or semi-synthetic medium. *Milchwissenschaft*, 45: 638–641.

Erman, A.M., Bourdoux, P., Kinthaert, J., Lagasse, K., Luivila, R., Mafuta, M., Thilly, C.H. & Delange, F. 1983. Role of cassava in the etiology of endemic goitre and cretinism. In Delange, F. & Ahluwalia, R. (eds.). *Cassava toxicity and thyroid: research and public health issues*, p.9–16. Ottawa, IDRC (IDRC-207e).

FAO. 1990. *Roots, tubers, plantains and bananas in human nutrition*. FAO, Rome.

FAO. 2002. Perspectivas alimentarias – Leche y productos lácteos. No 2, mayo de 2002. Disponible en [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/005/y6668e/Y6668e14.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/005/y6668e/Y6668e14.htm)

FAO. 2003. The Smallholder dairy sub-sector in Kenya. A national sub-sector assessment for FAO Action Programme for the Prevention of Food Losses. Disponible en <http://www.fao.org/ag/againfo/projects/en/pfl/documents.html>

FAO. 2004a. The lactoperoxidase system of milk preservation. Field application. Disponible en <http://www.fao.org/ag/againfo/subjects/documents/LPS/dairy/mpv/Lactoperoxidase/field.htm>

FAO. 2004b. Más de 90 millones de dólares de pérdidas de leche al año en Africa oriental y el Cercano Oriente. Proyecto de tres años para ayudar a países a combatir el problema. Comunicado de prensa, 22 de octubre de 2004. Roma, FAO. Disponible en <http://www.fao.org/newsroom/en/news/2004/51147/index.html>

FAO. 2005. Project Milk and Dairy Products, Post-Harvest Losses and Food Safety in sub-Saharan Africa and the Near East (PFL). Disponible en <http://www.fao.org/ag/againfo/projects/en/pfl/home.html>

FAO/OMS. 1965. Evaluation of the hazards to consumers resulting from the use of fumigants in the protection of food. Informe de una reunión de la FAO, No PL/1965/10/2 WHO/Food Add/28.65. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/jmpr/jmpmono/v65apr09.htm>

Farrag, S.A., El-Gazzar, F.E. & Marth, E.H. 1992a. Use of lactoperoxidase system to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 in a semi-synthetic medium and in raw milk. *Milchwissenschaft*, 47: 15–17.

Farrag, S.A., El-Gazzar, F.E. & Marth, E.H. 1992b. Inactivation of *Yersinia enterocolitica* by the lactoperoxidase system in a semi-synthetic medium and in raw milk. *Milchwissenschaft*, 47: 95–97.

Farrag, S.A. & Marth, E.H. 1992. *Escherichia coli* O157:H7, *Yersinia enterocolitica* and their control in milk by the lactoperoxidase system: a review. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie – Food Science and Technology*, 25: 201–211.

Fernández, O., Marrero, E. & Capdevila, J.Z. 2005. Technical Note: Safety considerations on lactoperoxidase system use for milk preservation. *Rev. Salud Animal (Cuba)*, 27(3): 205–209.

Fonteh, F.A., Grandison, A.S. & Lewis, M.J. 2002. Variations of lactoperoxidase activity and thiocyanate content in cows' and goats' milk throughout lactation. *Journal of Dairy Research*, 69: 401–409.

Fonteh, F.A., Grandison, A.S., & Lewis, M.J. 2005. Factors affecting lactoperoxidase activity. *International Journal of Dairy Technology*, 4(58): 233–236.

Food Standards Australia and New Zealand. 2002. Final Assessment Report. Application 404. Disponible en: [http://www.catallix.com/image/z\\_fsanz.pdf](http://www.catallix.com/image/z_fsanz.pdf)

García-Graells, C., van Opstal, I., Vanmuysen, S.C.M. & Michiels, C.W. 2003. The lactoperoxidase system increases efficacy of high-pressure inactivation of foodborne bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 81: 211–221.

Garrow, J.S., James, W.P.T. & Ralph, A. 2000. *Human Nutrition and Dietetics 10<sup>th</sup> Edition*. p.452. London: Churchill Livingstone.

Gay, M. & Amar, A. 2005. Factors moderating *Listeria monocytogenes* growth in raw milk and in soft cheese made from raw milk. *Lait*, 85: 153–170.

Gaya, P., Medina, M. & Nuñez, M. 1991. Effect of the lactoperoxidase system on *Listeria monocytogenes* behaviour in raw milk at refrigeration temperatures. *Applied and Environmental Microbiology*, 57: 3355–3360.

Geiszt, M., Witta, J., Baffi, J., Lekstrom, K. & Leto, T. 2003. Dual oxidases represent novel hydrogen peroxide sources supporting mucosal surface host defence. *The FASEB Journal*, 17: 1502–1504.

Green, W.L. 1978. Mechanism of action of antithyroid compounds. In Werner, S.C. Ingbar, S.H. (eds). *The thyroid* (4<sup>th</sup> ed.). New York, NY: Harper and Row Publishers, 41–51.

Grieve, P.A., Dionysius, D.A. & Vos, A.C. 1992. In vitro antibacterial activity of the lactoperoxidase system towards enterotoxigenic strains of *Escherichia coli*. *Journal of Veterinary Medicine Series B*, 39: 537–545.

Guirguis, N. & Hickey, M.W. 1987. Factors affecting the performance of thermophilic starters II. Sensitivity to the lactoperoxidase system. *Australian Journal of Dairy Technology*, 42: 14–16.

Hetzel, B.S. 1983. Iodine deficiency disorders (IDD) and their eradication. *Lancet*, ii: 1126–1129.

Heuvelink, A.E., Bleumink, B., Van den Biggelaar, F.L., Te Giffel, M.C., Beumer, R.R. & de Boer, E. 1998. Occurrence and survival of verocytotoxin-producing *Escherichia coli* O157 in raw cow's milk in The Netherlands. *Journal of Food Protection*, 61: 1597–1601.

IDF (International Dairy Federation). 1991. Significance of the indigenous antimicrobial agents of milk to the dairy industry. *Bulletin of the International Dairy Federation*, 264: 2–19.

IFCN (The International Farm Comparison Network). 2002. Dairy Report. *Status and Prospects of Typical Dairy Farms Worldwide*.

JECFA. 1990. Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. Report of the thirty fifth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), Annex 4. Available at <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v26je01.htm>

Kamau, D.N., Doores, S. & Pruitt, K.M. 1990. Antibacterial activity of the lactoperoxidase system against *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in milk. *Journal of Food Protection*, 53: 1010–1014.

Kangumba, J.G.K., Venter, E.H. & Coetzer, J.A.W. 1997. The effect of the lactoperoxidase system and souring on certain potential human pathogen in cow's milk. *Journal of the South African Veterinary Association*. 68: 130–136.



Korhonen, H., Rintamäki, O., Antila, M., Tuori, M. & Poutiainen, E. 1977. A polyol mixture or molasses treated beet pulp in the silage based diet of dairy cows. II. The effect on the lactoperoxidase and thiocyanate content of milk and the udder health. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland*, 49: 330–345.

Korhonen, H. 1980. A new method for preserving milk - the lactoperoxidase antibacterial system. *World Animal Review*, 35: 23–29.

Korhonen, H. 2002. Antibacterial and antiviral activities of whey proteins. In *Proceedings of the 3rd International Whey Conference*, 12–14 Sept. 2001, Munich, Germany, B.Behr's Verlag GmbH & Co., Hamburg, pp. 303–321.

Lenander-Lumikari, M. 1992. Inhibition of *Candida albicans* by the peroxidase thiocyanate hydrogen peroxide system. *Oral Microbiology and Immunology*, 7: 315–320.

Lijinsky, W. & Kovatch, R.M. 1989. Chronic toxicity tests of sodium thiocyanate with sodium nitrate in F344 rats. *Toxicology and Industrial Health*, 5(1): 25–29.

Lin, G. & Chow, C. 2000. Studies on the lactoperoxidase system and its use in extending the storage period of cow's raw milk. *Journal of the Chinese Society of Animal Science*, 29: 89–99.

Marks, N.E., Grandison, A.S. & Lewis, M.J. 2001. Challenge testing of the lactoperoxidase system in pasteurized skim milk. *Journal of Applied Microbiology*, 91: 735–741.

Marshall, V., Cole, W.M. & Bramley, A.J. 1986. Influence of the lactoperoxidase system on susceptibility of the udder to *Streptococcus uberis* infection. *Journal of Dairy Research*, 53: 507–514.

Mastovinic, J. 1983. Endemic goiter and cretinism at the dawn of the third millennium. *Annual Review of Nutrition*, 3: 341–412.

Mickelson, M.N. 1966. Effect of lactoperoxidase and thiocyanate on the growth of *Streptococcus pyogenes* and *Streptococcus agalactiae* in chemically defined culture medium. *Journal of General Microbiology*, 43: 31–43.

Muriuki H.G. 2002. Smallholder dairy production and marketing in Kenya. En Rangnekar D. & Thorpe W. (eds.). *Smallholder dairy production and marketing - Opportunities and constraints*. Actas de un taller Sur-Sur celebrado en la NDDB, Anand, India, 13–16 de marzo de 2001. NDDB (Junta Nacional de Fomento Lechero), Anand, India, e ILRI (Instituto Internacional de Investigaciones Agropecuarias), Nairobi, Kenya.

Muriuki, H., Waithaka M., Omoro A., Hooton N., Staal S.J. & Odhiambo, P. 2003. *The Policy Environment in the Kenya Dairy Sub-Sector: A Review*. Nairobi, MoA/KARI/ILRI Col-

laborative Research Report. Smallholder Dairy (Research and Development) Project.

NDA (National Dairy Authority). 2004. *Annual Report*. National Dairy Authority in the Department of Agriculture, Philippines.

Nikaido, H. 2003. Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 67: 593–656.

Ozer, B.A., Grandison, A., Robinson, R. & Atamer, M. 2003. Effects of lactoperoxidase and hydrogen peroxide on rheological properties of yoghurt. *Journal of Dairy Research*. 70(2): 227-232.

Pitt, W.M., Harden, T.J. & Hull, H.R. 2000. Investigation of the antimicrobial activity of raw milk against several foodborne pathogens. *Milchwissenschaft*, 55: 249–252.

Pitt, W.M., Harden, T.J. & Hull, R.R. 1999. Antibacterial activity of raw milk against *Listeria monocytogenes*. *Australian Journal of Dairy Technology*, 54: 90–93.

Ponce, C.P. 2005. Reports of field studies from Cuba and other South-American and central-American countries presented at the technical meeting on the benefits and potential risks of the LP-system of raw milk preservation. Rome, 28 Nov. 2005 – 2 Dec. 2005.

Ponce, C.P., Armenteros, A. M., Villoch, C., Montes de Oca, N. & Carreras, J. 2005. Evaluation of microbiological and chemical risks of the lactoperoxidase system activation in raw milk. Available at [http://bvs.sld.cu/uats/rtv\\_files/2005/rtv0505.htm](http://bvs.sld.cu/uats/rtv_files/2005/rtv0505.htm)

Purdy, M.A., Tenovuo, J., Pruitt, K.M. & White, W.E. 1983. Effect of growth phase and cell envelop structure on susceptibility of *Salmonella typhimurium* to the lactoperoxidase-hydrogen peroxide system. *Infection and Immunity*, 39: 1187–1195.

Ramet, J.P. 2001. The technology of making cheese from camel milk (*Camelus dromedarius*). *Estudio FAO: Producción y sanidad animal* no 113. FAO, Roma.

Ramet, J.P. 2004. Influence of sodium thiocyanate and percarbonate on the freezing point and on the sensory properties of milk. Ecole Nationale Supérieure Agronomie et des Industries Agro-alimentaire (ENSAIA), Nancy, Francia. *Documento técnico presentado a la Quinta Reunión Mundial de Expertos sobre la Lactoperoxidasa*. Ciudad del Cabo, Sudáfrica, noviembre de 2004.

Ramet, J.P., Abeideirrahmane, N. & Ould Mohammed, M.A. 2004. Preservation of raw camel's milk by activation of LP-s in Mauritania. Documento del proyecto técnico GCP/INT/793/FRA. FAO, Roma.

Reiter, B. 1978. Review of the progress of dairy science: Antimicrobial systems in milk.

*Journal of Dairy Research*, 45: 131–147.

Reiter, B. 1985. Protective proteins in milk- biological significance and exploitation. *IDF Bulletin*, No. 191: 1–35.

Reiter, B. & Härnuly, G. 1984. Lactoperoxidase antibacterial system: natural occurrence, biological functions and practical applications. *Journal of Food Protection*, 47: 724–732.

Reiter, B., Marshall, V.M., Björck, L. & Rosén, C.G. 1976. Non specific bactericidal activity of the lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide system of milk against *Escherichia coli* and some Gram-negative pathogens. *Infection and Immunity*, 13: 800–807.

Reiter, B., Marshall, V.M. & Philips, S.M. 1980. The antibiotic activity of the lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide system in the calf abomasum. *Research in Veterinary Science*, 28: 116–123.

Reiter, B. & Perraudin, J-P. 1991. Lactoperoxidase: biological functions. In J. Everse, K.E. Everse and M.B. Grisham, eds. *Peroxidases in Chemistry and Biology*, pp. 143–180, CRC Press Boca Raton.

República de Cuba. 2005. Información de la República de Cuba sobre el sistema de la lactoperoxidasa para la conservación de la leche cruda, presentado en la reunión técnica sobre los beneficios y riesgos potenciales del sistema LP en la conservación de la leche cruda, Roma, 28 de noviembre – 2 de diciembre de 2005.

Revol-Junelles, A-M. & Milliere, J-B. 2005. *The lactoperoxidase system (LP-s) on milk preservation: its use, antimicrobial activity and effects on milk products*. Monografía técnica.

Sandholm, M., Ali-Vehmas, T., Kaartinen, L. & Junnila, M. 1988. Glucose oxidase (GOD) as a source of hydrogen peroxide for the lactoperoxidase (LPO) system in milk: Antibacterial effect of the GOD-LPO system against mastitis pathogens. *Journal of Veterinary Medicine B*, 35: 346–352.

Santos, J.A., López-Díaz, T.M., García-Fernández, M.C., García-López, M.L. & Otero. 1995. Antibacterial effect of the lactoperoxidase system against *Aeromonas hydrophila* and psychrotrophs during the manufacturing of the Spanish sheep fresh cheese Villalón. *Milchwissenschaft*, 50(12): 690–692.

Scrimshaw, N.S. & San Giovanni, J.P. 1997. Synergism of nutrition, infection, and immunity: an overview. *American Journal of Clinical Nutrition*, 66: 464S–477S.

Seifu, E., Buys, E.M. & Donkin, E.F. 2003. Effect of the lactoperoxidase system on the activity of mesophilic cheese starter cultures in goat milk. *International Dairy Journal*, 13: 953–959.

Seifu E., Donkin E.F., Buys E.M., 2004. Application of the lactoperoxidase system to improve the quality of goat milk cheese. *South African Journal of Animal Science*, 184–187.

Seifu, E., Buys, E.M. & Donkin, E.F. 2005. Significance of the lactoperoxidase system in the dairy industry and its potential applications: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 16: 137–154.

Shin, K., Yamauchi, K., Teraguchi, S., Hayasawa, H. & Imoto, I. 2002. Susceptibility of *Helicobacter pylori* and its urease activity to the peroxidase-hydrogen peroxide-thiocyanate antimicrobial system. *Journal of Medical Microbiology*, 51: 231–237.

Siirtola, T.V.A. 2005. Report from field studies in Uganda presented at the technical meeting on the benefits and potential risks of the LP-system of raw milk preservation, Rome, 28 Nov. 2005 – 2 Dec. 2005.

Siragusa, R. & Johnson, M.G. 1989. Inhibition of *Listeria monocytogenes* growth by the lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide antimicrobial system. *Applied and Environmental Microbiology*, 55: 2802–2805.

Stadhouders, J. & Beumer, R.R. 1994. Actual and potential applications of the natural antimicrobial agents of milk in the dairy industry. Proceedings of the IDF Seminar on Indigenous Antimicrobial Agents of Milk- Recent Developments. Uppsala, Sweden, 31 Aug–1 Sep 1993. *IDF Special Issue No. 9404*: 175–197.

Tenovuo, J. 2002. Clinical applications of antimicrobial host proteins lactoperoxidase, lysozyme and lactoferrin in xerostomia: efficacy and safety. *Oral Diseases*, 8: 23–29.

Thomas, E., Bates, K. & Jefferson, M. 1980. Hypothiocyanate ion: detection of the antimicrobial agent in human saliva. *Journal of Dental Research*, 59: 1466–1472.

van Hooijdonk, A.C.M., Kussendrager, K.D. & Steijns, J.M. 2000. In vivo antimicrobial and antiviral activity of components in bovine milk and colostrums involved in non-specific defence. *British Journal of Nutrition*, 84 [Suppl.1]: S127–134.

Vilkki, P. & Piironen, E. 1962. Studies on the goitrogenic influence of cow's milk on man. *Annales Academiae Scientiarum Fennicae Sreies. A. II. Chemica*, 110: 3–14.

Wang, H., Ye X. & Ng, T. 2000. First demonstration of an inhibitory activity of milk proteins against human immunodeficiency virus-1 reverse transcriptase and the effect of

succinylation. *Life Sciences*, 67 [22]: 2745–2752.

Wang, Y-Y. & Yang, S-H. 1985. Improvement in hearing among otherwise normal school-children in iodine-deficient areas of Guizhou, China, following use of iodised salt. *The Lancet*, September 7, 1985.

Wanyoike, F.N., Kutwa, J., Mwambia, M., Staal, S. & Omore, A. 2005. Comparison of costs and feasibility of different milk preservation systems in Kenya. Documento presentado al taller del SDP sobre opciones de conservación de la leche, 2005.

OMS (Organización Mundial de la Salud). *Guidelines on food fortification with micronutrients*. Allen, L., de Benoist, B., Dary, O. & Hurrell, R. (eds.). OMS, Ginebra (en prensa).

OMS. 1990. Evaluación de ciertos aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos. de la [35a reunión del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios]. OMS, Serie de Informes Técnicos, No 789 (y corrigenda). OMS, Ginebra.

OMS. 1993. Toxicological evaluation of certain food additives and naturally occurring toxicants. Serie de Aditivos Alimentarios de la OMS, No 30. OMS, Ginebra.

OMS. 1995. Basic analytical toxicology. R.J. Flanagan, R.J., Braithwaite, R.A., Brown, S.S., Widdop, P. & de Wolff, F.A. 6.106 Thiocyanates. Disponible en [http://www.who.int/ipcs/publications/training\\_poisons/basic\\_analytical\\_tox/en/index11.html](http://www.who.int/ipcs/publications/training_poisons/basic_analytical_tox/en/index11.html)

Wolfson, L. M. & Sumner, S. S. 1993. Antibacterial activity of the lactoperoxidase system: A review. *Journal of Food Protection*, 56: 887–892.

Wright, R.C. & Tramer, J. 1958. Factors influencing the activity of cheese starters. The role of milk peroxidase. *Journal of Dairy Research*, 25: 104–118.

Zapico, P., Gaya, P., Nunez, M. & Medina, M. 1993. Goats' milk lactoperoxidase system against *Listeria monocytogenes*. *Journal of Food Protection*, 56: 988–990.

Zapico, P., Gaya, P., Nunez, M. & Medina, M. 1995. Activity of goat's milk lactoperoxidase system on *Pseudomonas fluorescens* and *Escherichia coli* at refrigeration temperature. *Journal of Food Protection*, 58: 1136–1138.

## Apéndice A – Documentos presentados en respuesta a la petición de datos por la FAO/OMS

Bennett, A. 2000. The Lactoperoxidase System (LP-s) of preservation. Cartel presentado en una conferencia por correo electrónico sobre “Recogida y elaboración de leche en pequeña escala en los países en desarrollo “. Disponible en [www.fao.org/ag/againfo/subjects/documents/LPS/DAIRY/ecs/Papers/pp\\_lp\\_s.htm](http://www.fao.org/ag/againfo/subjects/documents/LPS/DAIRY/ecs/Papers/pp_lp_s.htm)

Dimitrov, T. & Slavchev, G. 1998. Effect of the activated Lactoperoxidase system in bovine milk on the quality of white brined cheese. Central Veterinary Medical Research Institute, Sofia. *Veterinary Medicine*, 1: 23–25.

Ephanto, R.K. 2005. *Workshop on milk preservation options of Kenya*. Nairobi, ILRI y Junta Lechera de Kenya.

FAO. 2003. *Workshop on the prospectives on the application of lactoperoxidase system in milk handling and preservation in Indonesia*. FAO, Jakarta.

Florence, A., Fonteh, F.A., Grandison, A.S. & Lewis, M.J. *Factors affecting lactoperoxidase activity*.

Fonteh, F.A., Grandison, A.S., and Lewis, M.J. 2005. Factors affecting lactoperoxidase activity. *International Journal of Dairy Technology*, 2005, 4(58): 233–236.

Fonteh, F.A., Grandison, A.S., Lewis, M.J. & Niba, A. 2005. The keeping quality of LPS-activated milk in the western highlands of Cameroon. *Livestock Research for Rural Development*, 17: Artículo 114.

Food Standards Australia and New Zealand. 2002. Final Assessment Report. Application 404. Disponible en [http://www.catallix.com/image/z\\_fsanx.pdf](http://www.catallix.com/image/z_fsanx.pdf)

Korhonen, H. 2004. The lactoperoxidase system in mastitic milk. Reunión FAO de expertos sobre la lactoperoxidasa. Ciudad del Cabo, Sudáfrica, 29 de febrero – 1o de marzo de 2004.

Maigné, D., Revol, A.M., Millière, J.B. 2002. Stabilité thermique des enzymes participant à l'activité inhibitrice du système Lactoperoxydase (LPS). *Rapport interne*. ENSAIA.

Muriuki, H.G. 2005. Dairy Industry in Kenya - Use of alternative milk preservation System to improve producers' livelihood, presentado en la reunión técnica sobre los beneficios y riesgos potenciales del sistema LP en la conservación de la leche cruda. Roma, 28 de noviembre – 2 de diciembre de 2005.

Quattara, B. & Sawagodo, L.L. 1993. Lactic acid production and bacterial growth in hydrogen peroxide treated milk. *Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride*, 5: 101–111.

Quattara, B., Thombiano, A. & Bere, A. 1992. Delimitation of thiocyanates in zebu of the Sudanese Sahel part of Burkina Faso. *Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride*, 4: 73–82.

Ponce, C.P. 2005. Información de la República de Cuba sobre el sistema de la lactoperoxidasa para la conservación de la leche cruda, presentado en la reunión técnica sobre los beneficios y riesgos potenciales del sistema LP en la conservación de la leche cruda. Roma, 28 de noviembre – 2 de diciembre de 2005.

Ponce, C.P., Armenteros, A. M., Villoch, C., Montes de Oca N. & Carreras, J. 2005. Evaluation of microbiological and chemical risks of the lactoperoxidase system activation in raw milk. Disponible en [http://bvs.sld.cu/uats/rtv\\_files/2005/rtv0505.htm](http://bvs.sld.cu/uats/rtv_files/2005/rtv0505.htm) en español. También presentado por la Oficina Nacional de Normalización, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba.

Quattara, B. & Sawadogo, L.L. 1993. Lactic Acid Production and Bacterial Growth in Hydrogen Peroxide Treated Milk. *Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride*, 5: 101–111.

Ramet, J.P. *Influence of sodium of thiocyanate and percarbonate on the freezing point and on the sensory properties of milk.*

Ramet, J.P., Abeideirrahmane, N. & Ould Mohammed, M.A. 2004. *Preservation of raw camel's milk by activation of LP-s in Mauritania.* Documento del proyecto técnico GCP/INT/793/FRA. FAO, Roma.

Ramet, J.P. 2002. Influence of sodium thiocyanate on the freezing point and on the sensory quality of milk. Com. *Fifth Meeting of the LP Group of Experts.* Ciudad del Cabo, Sudáfrica.

Ramet, J.P. & Lhoste, F. 2004. Preservation of zebu's milk by activation of LP-s in Mauritania. Technical Project document, project GCP/INT/793/FRA, FAO, Rome.

SDP (Smallholder Dairy Project). 2004. LP-s: a practical alternative for reducing post-harvest milk losses. In *SDP policy Brief 8.* Kenya, Smallholder Dairy Project.

Siirtola, T.V.A. 1995. *Preservation of Raw Milk by Activation of its Lactoperoxidase Sys-*

tem: *Trials in Uganda*. Proyecto FAO/UGA/TCP 4453.

Siirtola, T.V.A. 2003. *Workshop on the prospectives on the application of lactoperoxidase system in milk handling and preservation in Indonesia*. Yakarta, 6 de octubre de 2003.

Wanyoike, F.N., Kutwa, J., Mwambia, M., Staal, S. & Omoro, A. 2005. Comparison of costs and feasibility of different milk preservation systems in Kenya. Documento presentado al taller del SDP sobre opciones de conservación de la leche, 2005.



## Apéndice B – Documentos informativos adicionales presentados durante la reunión

Björck, L., Rosen, C.G., Marshall, V. & Reiter, B. 1975. Antibacterial activity of the lactoperoxidase system in milk against pseudomonads and other Gram-negative bacteria. *Applied Microbiology*, 30: 199–204.

Fernández, O., Marrero, E. & Capdevila, J.Z. 2005. Technical Note: Safety considerations on lactoperoxidase system use for milk preservation, *Rev. Salud Anim.* 27(3): 205–209.

Loimaranta, V., Tenovuo, J. & Korhonen, H. 1998. Combined inhibitory effect of bovine immune whey and peroxide-generated hypothiocyanite against glucose uptake by *Streptococcus mutans*. *Oral Microbiol. Immunol.*, 13: 378–381.

MoALD&M (Ministry of Agriculture Livestock Development and Marketing). 1993. *Kenya Dairy Development Policy*. Nairobi, Ministry of Agriculture, Livestock Development and Marketing.

Muriuki, H., Waithaka, M., Omore, A., Hooton, N., Staal, S.J. & Odhiambo, P. 2003. *The Policy Environment in the Kenya Dairy Sub-Sector: A Review*. Nairobi, MoA/KARI/ILRI Collaborative Research Report. Smallholder Dairy (Research and Development) Project.

Özer, B., Grandison, A.S., Robinson, R. & Atamer, M. 2003. Effects of lactoperoxidase and hydrogen peroxide on rheological properties of yoghurt. *Journal of Dairy Research*, 70: 227–232.

SITE (Strengthening Informal Sector Training). 2005. *Analysis of market access barriers for the dairy SMEs in Kenya. Challenges and Opportunities*. Nairobi, SITE and Traidcraft Exchange.

Tonacchera, M., Pinchera, A., Dimida, A., Ferrarini, E., Agretti, P., Vitti, P., Santini, F., Crump, K. & Gibbs, J. 2004. Relative potencies and additivity of perchlorate, thiocyanate, nitrate, and iodide on the inhibition of radioactive iodide uptake by the human sodium iodide symporter. *Thyroid*, 14(12): 1012–1019.

## Apéndice C – Cuadro resumido de comparación del sistema LP, la refrigeración y la combinación de ambos

	Inocuidad	Actividad antimicrobiana	Aplicabilidad	Costos/beneficios
<b>Sistema LP</b>	Sin problemas de inocuidad para la salud pública cuando se utiliza de acuerdo con las directrices del Codex.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Primordialmente bacteriostático para muchos microorganismos patógenos transmitidos por la leche y otros patógenos humanos.</li> <li>2. Mantiene la calidad inicial de la leche 4–7 horas (a 30–35°C) y hasta 24–26 horas a 15°C.</li> <li>3. No mejora la calidad de la leche.</li> <li>4. No se prevé resistencia microbiológica a largo plazo.</li> </ol>	<p>Leche de todas las especies.</p> <p>Puede interferir con la fermentación cuando la leche no ha recibido el tratamiento térmico apropiado.</p> <p>Sin efectos adversos significativos en las características químicas, físicas o sensoriales de la leche cruda y los productos lácteos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Costos bajos de introducción y mantenimiento.</li> <li>2. No se necesita energía.</li> <li>3. Se puede aplicar en zonas donde la refrigeración no es una opción viable.</li> <li>4. Puede aumentar la disponibilidad de leche y productos lácteos.</li> <li>5. Para su uso se requiere capacitación adecuada de personal.</li> </ol>
<b>Refrigeración</b>	Sin problemas de inocuidad para la salud pública.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Primordialmente bacteriostático para muchos microorganismos patógenos transmitidos por la leche y otros patógenos humanos.</li> <li>2. Mantiene la calidad inicial de la leche varios días (dependiendo de la temp. de refrigeración y la calidad microbiana inicial de la leche).</li> <li>3. No mejora la calidad de la leche.</li> </ol>	<p>Leche de todas las especies.</p> <p>Efectos físicos y químicos negativos limitados.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prolonga varios días el tiempo de conservación de la leche.</li> <li>2. No se añade nada a la leche.</li> <li>3. Se necesita electricidad.</li> <li>4. Costo relativamente elevado de la inversión inicial y el mantenimiento.</li> </ol>
<b>Refrigeración con el sistema LP</b>	Sin problemas de inocuidad para la salud pública cuando se utiliza de acuerdo con las directrices del Codex.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Primordialmente bacteriostático para muchos microorganismos patógenos transmitidos por la leche y otros patógenos humanos.</li> <li>2. Mantiene la calidad inicial de la leche 5–6 días a 4°C.</li> <li>3. No mejora la calidad de la leche.</li> <li>4. No se prevé resistencia microbiológica a largo plazo.</li> </ol>	<p>Leche de todas las especies.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumenta la duración de la leche y los productos lácteos en comparación con la refrigeración sola.</li> <li>2. Aumento mínimo del costo.</li> </ol>

# Apéndice D – Exposición al tiocianato basada en los regímenes alimenticios regionales del SIMUVIMA/Alimentos con leche tratada con lactoperoxidasa y sin ella

## EXPOSICIÓN AL TIOCIANATO SIN EL SISTEMA LP UTILIZANDO EL SUMINISTRO DE ALIMENTOS DE LOS REGÍMENES REGIONALES DEL SIMUVIMA/ALIMENTOS EN MG/AÑO

Regímenes de los grupos de consumo del SIMUVIMA/Alimentos <sup>7</sup>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Hortalizas del género Brassica	87.8	1001.5	379.1	1761.9	1267.1	1125.5	1071.2	203.5	492.0	80.4	173.3	2240.2	814.4
Tomate	19.6	370.0	236.0	121.4	63.2	74.4	47.1	63.1	29.9	25.0	71.2	19.9	180.5
Yuca	971.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	62.4	96.5	685.3	1128.7	230.9	79.2	2.6
Habas de Lima secas	0.0	4.8	4.7	17.4	0.0	0.0	9.5	32.9	0.0	0.0	0.0	15.4	2.9
Leche solamente	344.2	953.3	396.6	1512.6	898.0	1189.4	330.1	604.0	408.1	511.6	1038.4	285.5	1439.7
Exposición total al tiocianato	1422.9	2329.7	1016.5	3413.4	2228.3	2389.3	1520.3	999.9	1615.3	1745.7	1513.9	2640.2	2440.1
<b>Exposición total al tiocianato (mg/día)</b>	<b>4.0</b>	<b>6.5</b>	<b>2.8</b>	<b>9.5</b>	<b>6.2</b>	<b>6.6</b>	<b>4.2</b>	<b>2.8</b>	<b>4.5</b>	<b>4.8</b>	<b>4.2</b>	<b>7.3</b>	<b>6.8</b>

## EXPOSICIÓN AL TIOCIANATO CON LA ADICIÓN DEL SISTEMA LP UTILIZANDO EL SUMINISTRO DE ALIMENTOS DE LOS REGÍMENES REGIONALES DEL SIMUVIMA/ALIMENTOS EN MG/AÑO<sup>8</sup>

Hortalizas del género Brassica	87.8	1001.5	379.1	1761.9	1267.1	1125.5	1071.2	203.5	492.0	80.4	173.3	2240.2	814.4
Tomate	19.6	370.0	236.0	121.4	63.2	74.4	47.1	63.1	29.9	25.0	71.2	19.9	180.5
Yuca	971.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	62.4	96.5	685.3	1128.7	230.9	79.2	2.6
Habas de Lima secas	0.0	4.8	4.7	17.4	0.0	0.0	9.5	32.9	0.0	0.0	0.0	15.4	2.9
Leche solamente	1307.9	3622.5	1507.2	5747.9	3412.3	4519.6	1254.3	2295.0	1550.7	1944.0	3945.8	1084.9	5470.7
Exposición total al tiocianato*	2386.6	4998.9	2127.1	7648.7	4742.6	5719.5	2444.5	2691.0	2757.9	3178.2	4421.4	3639.5	6471.2
*incl. 100% de leche tratada con el sistema LP (mg/año)													
<b>Exposición total al tiocianato*</b>	<b>6.6</b>	<b>13.9</b>	<b>5.9</b>	<b>21.2</b>	<b>13.2</b>	<b>15.9</b>	<b>6.8</b>	<b>7.5</b>	<b>7.7</b>	<b>8.8</b>	<b>12.3</b>	<b>9.6</b>	<b>18.0</b>

<sup>7</sup>Véase la lista completa de los códigos asignados a los países (lista A-M supra) en <http://www.who.int/foodsafety/chem/gems/en/index1.html>

<sup>8</sup>La exposición media al tiocianato de sodio se ha estimado multiplicando el consumo medio de los 13 regímenes regionales del SIMUVIMA/Alimentos por la concentración media en determinados productos alimenticios.

# Apéndice E – Suministro de alimentos de acuerdo con los regímenes regionales del SIMUVIMA/Alimentos<sup>9</sup> en kg/año

Código	Simuvima	Notas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Tiocianato de sodio o CNH en mg/kg
VB 40	Hortalizas Brassica <sup>10</sup>	(14)	2.2	25.0	9.5	44.0	31.7	28.1	26.8	5.1	12.3	2.0	4.3	56.0	20.4	40 <sup>11</sup>
VO 448	Tomate <sup>12</sup>	(9)	9.8	185.0	118.0	60.7	31.6	37.2	23.5	31.6	15.0	12.5	35.6	9.9	90.3	2
VR 463	Yuca <sup>13</sup>	(1)	242.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6	24.1	171.3	282.2	57.7	19.8	0.7	4 <sup>14</sup>
VD 534	Habas de Lima (Secas) <sup>15</sup>		0.0	0.2	0.2	0.7	0.0	0.0	0.4	1.3	0.0	0.0	0.0	0.6	0.1	25 <sup>16</sup>
ML 106	Leche <sup>17</sup>	(11)(2)	68.8	190.7	79.3	302.5	179.6	237.9	66.0	120.8	81.6	102.3	207.7	57.1	287.9	5 (19 with LP-s)
<b>A0 31</b>	<b>Total de Leche Y Productos Lácteos</b>		<b>70.5</b>	<b>223.4</b>	<b>87.9</b>	<b>317.4</b>	<b>249.7</b>	<b>301.4</b>	<b>66.6</b>	<b>136.2</b>	<b>85.6</b>	<b>103.5</b>	<b>211.7</b>	<b>63.9</b>	<b>6.8</b>	

<sup>9</sup>Véase la lista completa de los códigos asignados a los países (lista A-M supra) en <http://www.who.int/foodsafety/chem/gems/en/index1.html>

<sup>10</sup>Normas Alimentarias de Australia y Nueva Zelanda, 2002

<sup>11</sup>Cocinadas (un 60 por ciento pasa al agua de cocción).

<sup>12</sup>Tonachera, et al., 2004

<sup>13</sup>OMS, 1993

<sup>14</sup>Cocinada (1 por ciento de la cruda)

<sup>15</sup>OMS, 1993

<sup>16</sup>Cocinadas (1 por ciento de las crudas)

<sup>17</sup>Introducción 1.1 del documento CAC/GL 13-1991 (CAC, 1991b)

La lactoperoxidasa es una enzima presente de manera natural en la leche. La activación de la lactoperoxidasa en presencia de peróxido de hidrógeno y tiocianato, ambos presentes de manera natural en la leche en concentraciones variables, tiene un efecto bacteriostático en la leche cruda y prolonga eficazmente en siete u ocho horas el período de conservación de ésta con una temperatura ambiente de unos 30°C o durante más tiempo con temperaturas inferiores. Esta prolongación del período de conservación, especialmente en ambientes cálidos, deja tiempo suficiente para que se pueda transportar la leche desde el lugar de recogida hasta el centro de elaboración sin necesidad de refrigerarla.

El Codex adoptó en 1991 las "Directrices para la Conservación de la Leche Cruda Mediante el Sistema de la Lactoperoxidasa" con el fin de facilitar su aplicación en situaciones en que, por razones técnicas, económicas o prácticas, no es posible utilizar medios de refrigeración. Sin embargo, en esa época la Comisión del Codex Alimentarius acordó también hacer hincapié en que el sistema no debía utilizarse para productos destinados al comercio internacional. En los años transcurridos desde entonces, numerosos países han expresado su preocupación acerca de los motivos por los que el sistema puede ser aplicado a los productos destinados al comercio nacional, y no a los que son objeto de comercio internacional. Para que el Codex reconsiderase esta cuestión, pidieron a la FAO y la OMS que convocaran una reunión técnica en la que se examinara la información científica más reciente sobre los riesgos y beneficios del sistema de la lactoperoxidasa. El presente informe recoge los resultados de esa reunión, incluido un resumen de la información más reciente sobre la utilización del sistema de la lactoperoxidasa para la conservación de la leche cruda, así como las deliberaciones y recomendaciones de la reunión técnica.

ISBN 978-92-5-305577-7



TC/M/A0729S/1/11.06/500