

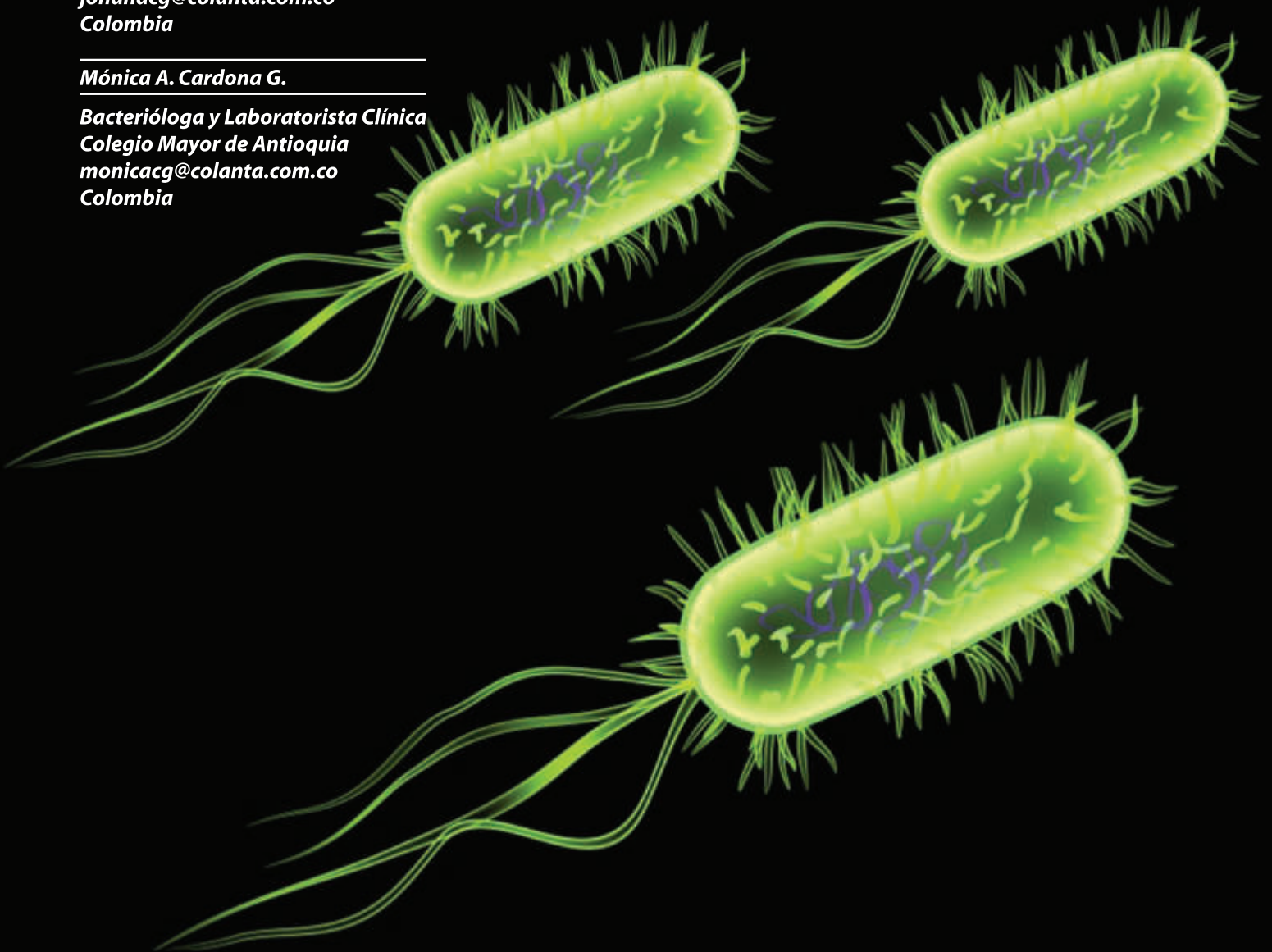
Las biopelículas: Un nuevo enemigo para las industrias alimentarias

Johana A. Castrillón M.

*Bacterióloga y Laboratorista Clínica
Colegio Mayor de Antioquia
johanacg@colanta.com.co
Colombia*

Mónica A. Cardona G.

*Bacterióloga y Laboratorista Clínica
Colegio Mayor de Antioquia
monicacg@colanta.com.co
Colombia*



Resumen

La formación de biopelícula (también conocida como biofilm) es un proceso dinámico y complejo que conlleva la adhesión, colonización y crecimiento de algunos microorganismos útiles y bacterias patógenas, como por ejemplo *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Escherichia*, *Salmonella*, *Listeria*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Mycobacteria*, que tienen la capacidad de adherirse y crecer en los alimentos y en las superficies que están en contacto con ellos formando biopelículas. Estas son significativamente importantes en el campo alimentario porque causan serios problemas que dificultan y perjudican las operaciones y los procesos al generar pérdidas de energía, reducción del flujo (en tuberías), problemas con los programas de limpieza y desinfección, dificultades con la transferencia de calor y taponamiento de poros de membranas, entre otros. Este documento considera los aspectos biológicos y fisicoquímicos relacionados con la formación y desarrollo de las biopelículas, lo cual, unido al desarrollo de metodologías de diagnóstico e identificación, permitirán desarrollar estrategias que faciliten la prevención y control de la contaminación en la industria de alimentos para mantener los sistemas libres de biopelículas y favorecer la calidad y seguridad de los alimentos.

Abstract

The biofilm formation is a dynamic and complex process that involves adhesion, colonization, and growth of some useful microorganisms and pathogenic bacteria such as *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Escherichia*, *Salmonella*, *Listeria*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, and *Mycobacteria*. These microorganisms and bacteria have the ability to attach and grow in foods and on surfaces in contact with them to form biofilms. These are significantly important when they are in food because they cause serious problems that impede and impair the operations and processes. They generate energy losses, reduction of flow (in pipes), problems with cleaning and disinfection programs, heat transfer difficulties, and clogged pores in membranes, among others. This paper considers biological and physicochemical aspects related to training and development of biofilms, which, together with the development of methodologies for diagnosis and identification, they will allow developing strategies for prevention and control of pollution in the food industry to maintain biofilm-free systems and promote quality and food safety.



Foto: Archivo COLANTA

Introducción

En la industria alimentaria es muy común la presencia de biopelículas en conducciones, equipos y materiales, porque ellos pueden formarse en cualquier tipo de superficie, incluyendo plástico, cristal, madera y metal. Puesto que estas formaciones pueden contener microorganismos patógenos y presentan una mayor resistencia a la desinfección, se incrementan las probabilidades de contaminación del producto e infecciones alimentarias, razón por la que se considera que la presencia de biopelículas en las superficies de contacto de la industria alimentaria constituye un evidente riesgo para la salud.

Uno de los principales problemas en la industria alimentaria está representado por la supervivencia de microorganismos patógenos o alterantes, debido a una desinfección insuficiente de las superficies o de los instrumentos en contacto con los alimentos.

La presencia de biopelículas en estas superficies es la causa principal de contaminación del producto final. La mayoría de las células se pueden adaptar porque se adhieren a superficies con presencia de sustratos, que generalmente están contenidos dentro de una matriz orgánica polimérica

de origen microbiano. Una biopelícula se considera como una matriz biológicamente activa formada por células de una o varias especies y sustancias extracelulares en asociación con una superficie sólida (Figura 1 y 2), incluyendo superficies minerales, tejidos vivos o muertos de animales o plantas, polímeros sintéticos, cerámicas y aleaciones de metales.



Figura 1. Biopelícula de diversas bacterias adheridas a una superficie (<http://bit.ly/s5obyn>).

A lo largo de la historia de la microbiología, investigadores han encontrado que las bacterias crecen en forma diferente después de su adhesión en superficies y posterior formación de biopelículas. En 1964, Mitchell y Kevin Marshall examinaron los primeros estados de formación de biopelículas por bacterias y diferenciaron la adsorción reversible e irreversible, esta última constituyendo el primer estado de formación de las biopelículas. Aunque las descripciones de las biopelículas han variado a través de los años, las características fundamentales se han mantenido.

Las biopelículas que se encuentran en la naturaleza consisten en comunidades de microorganismos primarios viables y no viables, protegidos por sustancias polímeros extracelulares (EPS) polianiónicas fijadas a la superficie. Las EPS pueden contener polisacáridos, proteínas, fosfolípidos, ácidos nucleicos, ácidos teicoicos y otras sustancias polímeros hidratadas con un porcentaje de agua entre 85 y 95%. Las EPS protegen a los microorganismos que hacen parte de la biopelícula contra agentes antimicrobianos, previenen al acceso de biocidas, secuestrantes metálicos y toxinas, evitan la deshidratación, refuerzan la resistencia de la biopelícula al estrés ambiental y permiten a los microorganismos capturar los nutrientes.



Figura 2. Biopelícula adherida a la superficie de equipos en un corral de aves (<http://bit.ly/tk4Ygr>).

Es importante considerar la formación de biopelículas, debido a que durante las últimas décadas se han presentado tanto en la industria: marítima, de alimentos, de aceites, de papel, odontológica, médica, de tratamiento de aguas; como en el ámbito doméstico. Infortunadamente, en la mayoría de los casos, su crecimiento y formación es perjudicial, al provocar corrosión, olores desagradables, taponamiento de tuberías, fallas en equipos y deficiencia en la transmisión de calor, lo que resulta en elevados costos de limpieza y mantenimiento.

Bases químicas y fisicoquímicas

El proceso de formación de las biopelículas inicia con la adherencia de células a la superficie, formando microcolonias por la activación de sus genes, con la producción de EPS y una subsecuente maduración de la biopelícula, como se muestra en la Figura 3.

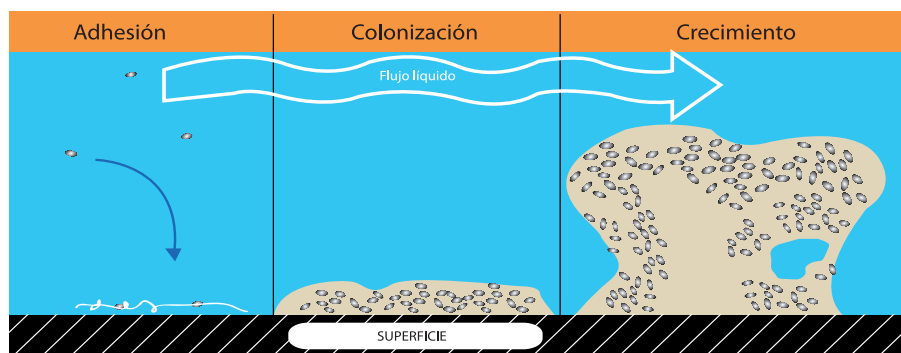


Figura 3. Formación de biopelículas.

Fuente: Centro para la ingeniería de biopelículas MSU-BOZEMAN, 1995
(<http://bit.ly/soHPmc>).

El mecanismo de adhesión al sustrato puede ser activo o pasivo dependiendo de la motilidad de las células. Una adhesión pasiva se da por la gravedad, difusión y dinámica del fluido. En una adhesión activa la superficie de la célula bacteriana facilita el proceso.

Los flagelos permiten la movilidad de las células hasta el sitio específico de adhesión y los pili, proteínas de adhesión, cápsulas y carga de las superficies, favorecen el proceso de agregación y adhesión.

Por medio de observaciones de microscopia en fase de contraste, se ha encontrado que, antes de la adhesión, las células bacteriales exploran el área donde se van a fijar, y generalmente se localizan donde se encuentran células de las mismas especies, si las hay, formando monocapas de células sobre la superficie colonizada.

Estas observaciones directas de las células demuestran que las mismas pueden percibir su proximidad a la superficie. A continuación, las células inician su estado de adhesión y formación de biopelícula, y deben producir nuevo material exopolisacárido para consolidar su adherencia a la superficie y a otras células bacteriales. En el proceso de unión inicial de las células, existe un estado reversible, seguido de uno irreversible.

En la segunda fase, un número de células adsorbidas, reversiblemente, permanecen inmobilizadas y se adsorben irreversiblemente por los apéndices físicos de la bacteria (flagelos, pili y fimbrias) que superan las fuerzas físicas repulsivas de la doble capa eléctrica. Además, el contacto de los apéndices estimula las reacciones químicas de oxidación e hidratación, permitiendo la formación de enlaces con la superficie. Por lo anterior, se requiere un mayor esfuerzo para remover la bacteria por la formación de fibrillas poliméricas, las cuales forman un puente entre la célula bacteriana y el sustrato, y habilitan la asociación irreversible con la superficie. Este tipo de uniones toman entre 20 minutos hasta cuatro horas para formarse, a una temperatura de 20 grados centígrados, pero son tan fuertes que impiden la remoción de estas colonias

ya formadas. Por ello los medios para removerlas requieren tratamientos químicos fuertes, aplicación de enzimas, detergentes, sanitizantes, surfactantes y condiciones de calor extremas.

Modelos de predicción

Varios modelos han sido propuestos para explicar el desarrollo y propiedades de las biopelículas.

1. Teoría de monocapa de la biopelícula. La primera teoría de la estructura de biopelícula es un modelo continuo, que describe las biopelículas como lisas, planas y homogéneas.

2. Teoría estructural en 3D. Teoría Multicapa. El modelo continuo fue adecuado por

predicciones ingenieriles, pero las observaciones en que se usaron microscopia de contraste diferencial de interferencia (DIC) mostraron una estructura heterogénea. El modelo de Kreft o swarm describe las biopelículas como un mosaico heterogéneo con microorganismos agrupados sostenidos por EPS.

3. Teoría actual. Está basada principalmente en la evidencia entregada por el microscopio de barrido con láser confocal. Este instrumento ha permitido visualizar una estructura como un hongo en la biopelícula, con estructuras aéreas denominadas torres, pedestales y canales de agua.

La porción más elevada es el hongo formado por un

tallo estrecho penetrado por canales. Este modelo propone que el crecimiento celular en la periferia es rápido y lento en el interior. Las torres o porciones del hongo pueden romperse y repoblar otros lugares. Se ha demostrado que el rango de la porosidad de las biopelículas maduras en la parte superior es de 89% y del 5% en la capa del fondo, evidencia que confirma este modelo.

Se ha descrito la estructura de la biopelícula en un rango de monocapas de células simples dispersadas en fragmentos de células, las cuales son esparcidas a lo largo de la mucosa de las capas en tres dimensiones, en las cuales los organismos pueden competir, operar independientemente, cooperar o ser predadores.

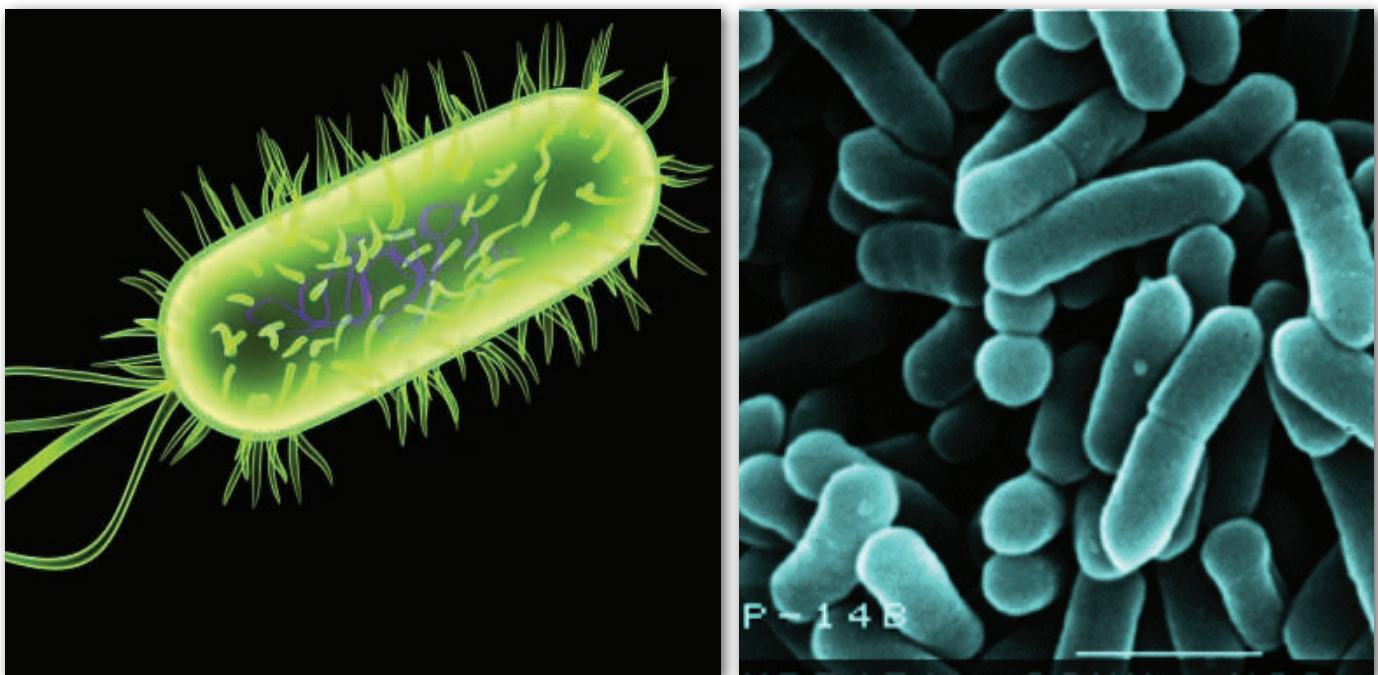


Figura 4. *Listeria monocytogenes* (<http://bit.ly/tMt5QT> y <http://bit.ly/swuBqC>).

Microrganismos formadores de biopelículas

Listeria monocytogenes (Figura 4). Es un patógeno con capacidad de proliferación en entornos fríos y húmedos, ideales para la formación de biopelículas tanto mono como multispecíficos. Las cepas de *Listeria* presentan gran facilidad para adherirse a superficies vivas e inertes y requieren solo un corto espacio de tiempo para la unión. Para iniciar la adhesión, utiliza flagelos, pilis y proteínas de membrana.

Se ha observado que *Listeria* muestra mayor adhesión cuando está en la fase de mayor actividad metabólica.

Salmonella spp. (Figura 5). La *Salmonella* se puede adherir y formar biopelículas en superficies de plástico, cemento y acero que se encuentran en las plantas de procesamiento de alimentos (Joseph et al., 2001; Chmielewsky y Frank, 2003).

Esto se debe a que posee estructuras de superficie, como la SEF 17 fimbriae, que le facilitan la adhesión a las superficies inanimadas y le proporcionan a las células cierta capacidad de resistencia frente a fuerzas mecánicas.

Estudios recientes han demostrado que *Salmonella*, *E. coli* y muchas otras

enterobacterias producen celulosa como exopolisacárido principal de la matriz de la biopelícula y que la formación de dicha celulosa es esencial para la supervivencia de la bacteria en el ambiente (Lasa et al., 2009).

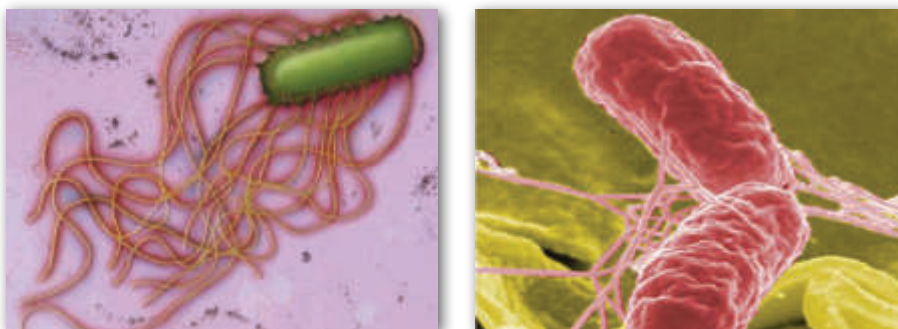


Figura 5. *Salmonella spp.* (Fuente: <http://bit.ly/uzUgR9> y <http://bit.ly/uiVOBq>).

Escherichia coli (Figura 6). Para la formación de biopelículas, *E. coli* emplea flagelos, pilis y proteínas de membrana para iniciar la adhesión. Cuando ya está unida a la superficie pierde sus flagelos e incrementa la producción de sustancias poliméricas extracelulares (González Ribas, 2005; Houdt y Michiels, 2005).

Algunos estudios han puesto de manifiesto que cepas de *E. coli* O157:H7 pueden desarrollar biopelículas como resultado de una mayor producción de exopolisacáridos y curli (Ryu et al., 2004). Además, se ha demostrado que la formación de biopelícula le proporciona una mayor resistencia al *E. coli* O157:H7 frente a soluciones de hipoclorito, uno de los desinfectantes de mayor uso en la industria alimentaria (Wilks et al., 2005; Ryu y Beuchat, 2005).



Figura 6. *Escherichia coli* (<http://bit.ly/w0fKY9> y <http://bit.ly/kjKj2>).

Pseudomonas (Figura 7). Estas bacterias son muy ubicuas y se encuentran en ambientes de procesamiento de alimentos, incluidos desagües, suelos, superficie de carnes, frutas y verduras y productos lácteos de baja acidez (Chmielewsky y Frank, 2003; González Ribas, 2005). *P. aeruginosa* es el modelo bacteriano en el que se han realizado la mayoría de los estudios de formación de biopelículas y regulación mediante quorum sensing (Golovlev, 2002). Produce una gran cantidad de sustancias poliméricas extracelulares lo que le permite unirse a superficies de materiales inorgánicos, como el acero inoxidable.

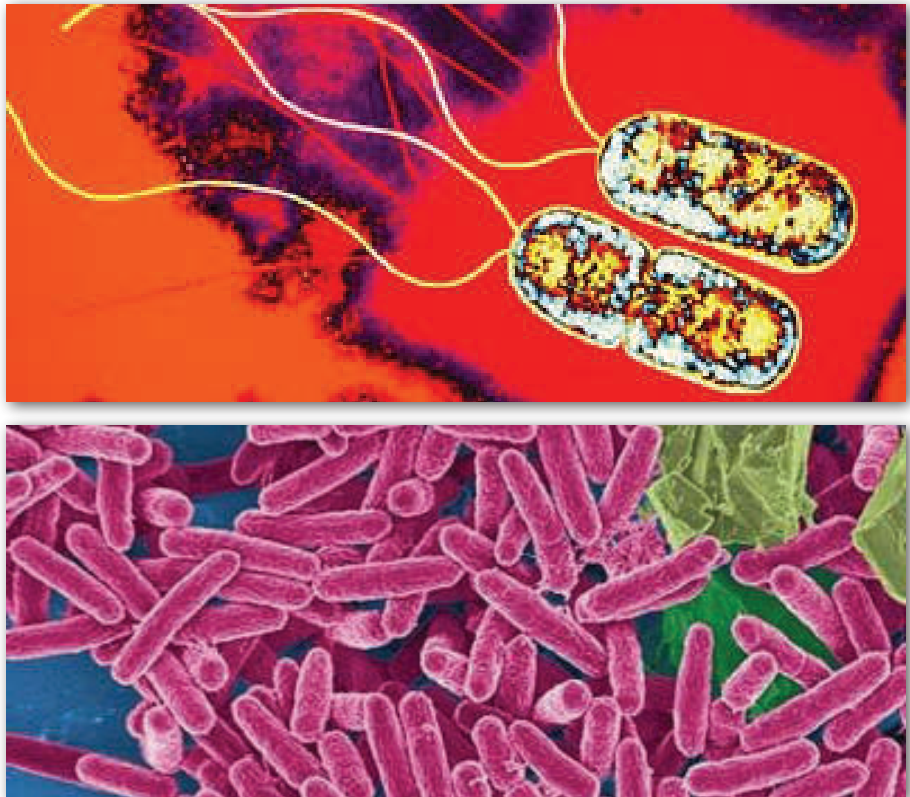


Figura 7. *Pseudomonas* (<http://bit.ly/sHRhKe> y <http://bit.ly/sHFdDa>).

Campylobacter jejuni (Figura 8). Uno de los mecanismos de supervivencia de *Campylobacter spp.* en el medio ambiente es la formación de biopelículas. Se ha visto que *Campylobacter* es capaz de producir estas biopelículas tanto en ambientes acuáticos como sobre superficies de acero inoxidable y de cristal.

El microambiente creado en el interior de la biopelícula, protege a *C. jejuni* de su inactivación por la presencia de oxígeno. Se ha demostrado que esta bacteria en el interior de la biopelícula es capaz de sobrevivir durante una semana a 10 grados

centígrados, con escasos niveles nutritivos y en condiciones atmosféricas normales, a pesar de su sensibilidad a este tipo de ambientes. También, se ha observado que *C. jejuni* desarrolla biopelículas más rápidamente bajo las condiciones aeróbicas más estresantes (20% de O_2) que en condiciones de microaerofilia (5% de O_2 , 10% de CO_2), lo que muestra la capacidad de este microorganismo de adaptar las condiciones propias de la biopelícula en su beneficio, actuando como reservorio de células viables (Reuter et al., 2010).

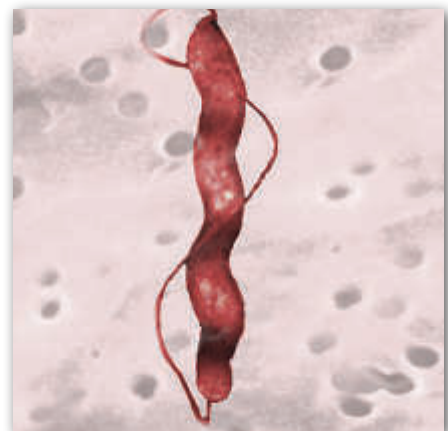


Figura 8. *Campylobacter jejuni* (<http://bit.ly/sieltZ> y <http://bit.ly/rpfo1C>).

Bacillus spp. (Figura 9). Es capaz de sobrevivir durante aquellos procesos que utilizan calor y acumularse en las tuberías y en las juntas de estos entornos de procesamiento de alimentos. Incluso si los líquidos y gases calientes fluyen continuamente sobre estas superficies durante más de 16 horas, *Bacillus* y otras bacterias termorresistentes son capaces de formar biopelículas (Chmielewsky y Frank, 2003; González Ribas, 2005).

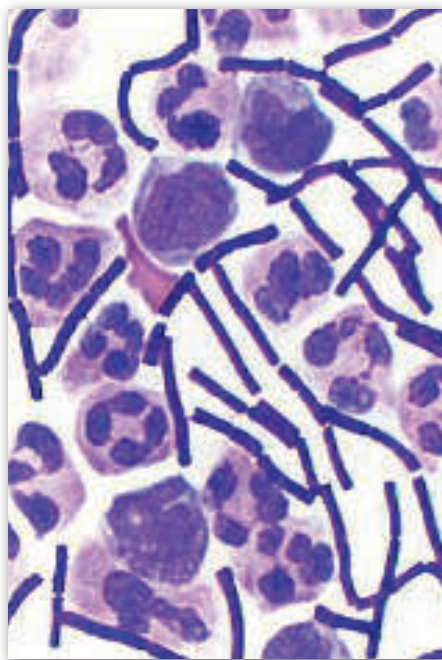


Figura 9. *Bacillus spp.* (<http://bit.ly/tnVlOT> y <http://bit.ly/tw3xVV>).

Control y remoción de las biopelículas

Los nutrientes, el agua limitante, el diseño de equipos y el control de temperatura son aspectos importantes en el control de la biopelícula. Es muy frecuente que las variables mencionadas anteriormente no se puedan cambiar, por tanto el control de la biopelícula queda reducido a la efectividad de la limpieza que se realice sobre las áreas y equipos de proceso. La limpieza puede estar acompañada por el uso de químicos o la combinación de efectos físicos y químicos. Los agentes químicos de limpieza suspenden y disuelven residuos de los alimentos por la disminución de la tensión superficial, emulsificación de grasas y peptización de las proteínas.

En la mayoría de las plantas de proceso de alimentos, las superficies de contacto con los alimentos son limpiadas y sanitizadas diariamente. Sin embargo, muchas otras superficies como los tanques de almacenamiento y los exteriores de las bombas, paredes y techos no presentan un plan de limpieza efectivo. Estos aspectos generan una oportunidad para la formación de biopelículas en presencia de humedad.

Para el caso de *Bacillus*, la remoción de las biopelículas que forma se encuentra influenciada por la velocidad de flujo, tiempo y temperatura de limpieza, agentes alcalinos, presencia de quelantes, especialmente EDTA. Estos han mostrado ser más efectivos en la remoción de biopelículas que la limpieza con agentes ácidos. Otros tratamientos como la esterilización con vapor, son útiles en este aspecto. Se ha reportado que la exposición a vapor (125 grados centígrados durante 30 minutos) de material contaminado con biopelículas, es un método de limpieza altamente efectivo.

La formación de aerosoles es, frecuentemente, la principal fuente de dispersión de los microorganismos. Estos son formados durante el lavado de las superficies y drenajes, o cuando las biopelículas se secan y liberan material particulado. La inundación de los desagües de los pisos, produce un aerosol que incrementa la microflora en el aire. Se ha demostrado que después de 210 minutos de la generación de un aerosol, *L. monocytogenes* era detectable en el aire. Es así, como la implementación y cumplimiento de sistemas de calidad, como las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP), sistemas ISO (9000, 14000, 22000), disminuyen los eventos que requieren un

tratamiento correctivo y que han sido generados por prácticas deficientes en el proceso. Tanto el consumidor como la industria exigen metodologías que garanticen la inocuidad de los alimentos. El número de regulaciones técnicas y estándares de calidad y competitividad se están incrementando en la mayoría de los países.

Aspectos en la industria de cárnicos

La microflora de aves incluye patógenos tales como *Salmonella sp.*, *Campylobacter jejuni*, *L. monocytogenes* y *E. coli*, esta última formando parte de la microflora intestinal. La aparición de *E. coli* enterohemorrágica 0157:H7 en la comida china, la ha convertido en la fuente de contaminación más importante, incluso mayor que la causada por *Salmonella*.

Estos microorganismos pueden atacar fuertemente tanto la piel como los músculos de las aves, y las superficies de los equipos de procesamiento. En este ámbito se han realizado investigaciones sobre métodos sinérgicos contra este tipo de biopelículas, es así como una combinación biocida de peróxido de hidrógeno, bisulfato de sodio y timol fue eficaz contra *E. coli* y *S. typhimurium* adheridas a la piel de pollos.

El uso de tales combinaciones biocidas brinda un método fácil, efectivo y seguro para desinfección de aves de corral, al mismo tiempo ofrece buenas perspectivas en esterilización de materiales de empaque, sanitizantes para huevos incubados, y desinfectantes de frutas y vegetales. Con garantías económicas, esta combinación puede ser un sustituto seguro y efectivo de los antibióticos comunes usados en el procesamiento de aves de corral.

La contaminación de carne en el ambiente de proceso puede ocurrir en cualquier estado, desde el sacrificio hasta el embalaje. Se ha reportado que las células de la biopelícula, podrían interactuar con proteínas (fibronectina, laminina y colágeno) de la carne y adherirse exitosamente a su superficie.

Diseño Sanitario. El diseño de equipos e instalaciones deben permitir el control sobre los riesgos de contaminación durante el procesamiento de productos de carne y pollo listos para comer (RTE). La construcción de nuevas instalaciones y la renovación

de las existentes deben realizarse de acuerdo con ese principio.

Aspectos en la industria láctea

El daño de leche pasteurizada por bacterias Gram positivas y de esporas termoresistentes es bien reconocido. Su presencia se da por su resistencia a tratamientos térmicos así como inadecuados métodos de limpieza y desinfección de superficies. El aumento del transporte de leche cruda refrigerada desde las fincas productoras hasta las fábricas se ha incrementado en las últimas décadas, generándose problemas de contaminación con *Bacillus cereus*, el cual promueve alteraciones de las proteínas de la leche y lípidos por proteasas y lipasas, y disminuye la vida útil de los productos. Se ha encontrado que las superficies de equipos post-pasteurización, así como otros equipos implicados en la cadena láctea, son reservorios de este microorganismo.



Con respecto a los problemas generados en las diferentes operaciones del procesamiento lácteo, la formación de depósitos en intercambiadores de calor es un problema que causa la reducción de la eficiencia y el aumento de la caída de presión, afectando la economía de las plantas de procesamiento. Como resultado de la formación de estos depósitos existe la posibilidad del deterioro en la calidad del producto porque el fluido no se puede calentar a la temperatura requerida debido a que los depósitos desalojados por el flujo pueden causar contaminación.

Al ser la leche un líquido biológico complejo, las respuestas térmicas de sus constituyentes difieren uno del otro, pudiéndose clasificar los depósitos en dos tipos. El tipo A corresponde a proteína y se lleva a cabo a temperaturas entre 75 y 110 grados centígrados. Estos depósitos son blancos, suaves y esponjosos y su composición es entre 50 a 70% de proteínas, 30 a 40% de minerales y 4 a 8% de grasa. Los depósitos tipo B corresponden a minerales y se presentan a temperaturas superiores a 110 grados centígrados. Estos depósitos son duros, de color gris, y su composición es de 70 a 80% de minerales, 15 a 20% de proteínas y 4 a 8% de grasa. La formación de estos depósitos promueve la adhesión

de microorganismos a la superficie de la transferencia de calor, formándose una bioincrustación. La presencia de microorganismos en el flujo del proceso y en la capa de depósitos no solo afecta la calidad del producto, sino que también tiene influencia en el proceso.

Entre los mecanismos de remoción de estas biopelículas se puede usar el ozono, el agua electrolizada y el lavado hidráulico, entre otros.

Ozono. El interés en el uso del ozono, como alternativa al cloro y otros desinfectantes químicos en operaciones de limpieza y desinfección, se basa en su alto poder biocida, amplio espectro microbiano, ausencia de productos que pueden causar daño a la salud, habilidad para aplicarse *in situ* y sus ventajas ambientales que permiten a las empresas el cumplimiento de obligaciones legales.

Agua Electrolizada (EO). También conocida como agua electrolizada fuertemente ácida (SAEW) o solución acuosa electrolizada fuertemente ácida (ESAAS), tiene aplicación sobre gran variedad de microorganismos. El EO es producida por el paso de una solución salina diluida a través de una celda electrolítica, dentro de la cual el ánodo y el cátodo están separados por una membrana.

Lavado Hidráulico o flushing

es una de las técnicas disponibles para mejorar la calidad del agua y la capacidad hidráulica del sistema de distribución de un acueducto porque retira la arena, los sedimentos y las biopelículas de las paredes de la tubería.

Tendencias

Teniendo en cuenta que un gran número de industrias están siendo afectadas por la formación de biopelículas y considerando también que actualmente existen estrictiones en algunos tipos de biocidas, es probable que las investigaciones mantengan un interés industrial que permita prever las circunstancias futuras.

La adhesión de las bacterias y la formación de las biopelículas no están completamente entendidas en términos de genética y efectos ambientales. Es probable que las técnicas como la micromanipulación y la microscopía de fuerza atómica sean mucho más exploradas, porque actualmente no están ampliamente disponibles.

Se han diseñado sistemas que se pueden montar *in situ*, para observar las condiciones de flujo de la biopelícula, sus propiedades elásticas y otras características utilizando microscopía de barrido con láser confocal (CLMS). Este tipo de técnicas permite analizar el comportamiento de una

superficie antes, durante y después de estar expuesta a diferentes compuestos químicos para evaluar la reducción de la adhesividad de las bacterias y consecuente formación de las biopelículas.

Sería importante que el sector agroalimentario pueda acceder a este tipo de tecnologías, en beneficio de las empresas y los consumidores.

Participación de las biopelículas en procesos infecciosos

Algunas de las infecciones en las que están involucradas las biopelículas y que afectan al hombre son endocarditis válvulas nativas, otitis media, prostatitis, entre otras entidades.

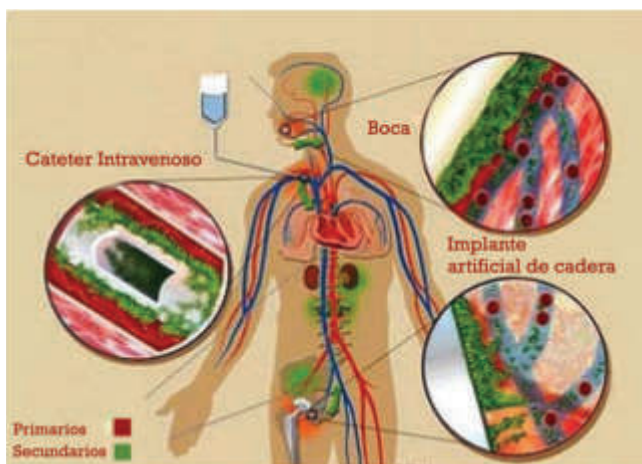


Figura 10. Sitios de infección, primaria y secundaria, causadas por biopelículas (<http://bit.ly/ttowFO>).

Sobre los implantes médicos las biopelículas pueden estar compuestas por bacterias Gram positivas, Gram negativas o levaduras según se ha reportado. Estos microorganismos pueden proceder de la piel del propio paciente, del personal sanitario o del ambiente. Existen diferentes factores que influyen en la formación de una biopelícula.

Una vez que se produce la contaminación bacteriana

estos microorganismos deben adherirse a la superficie del implante el tiempo suficiente para que la adherencia sea irreversible. Esta adherencia depende del flujo de líquido al que está sometido el implante, del número de bacterias que se adhieren y de las características físico-químicas del implante. Una vez que la bacteria se ha adherido a la superficie del implante y ha formado la biopelícula actúa como una fuente de infección sobre todo en pacientes inmunocomprometidos.



Foto: Archivo COLANTA

Existen numerosas evidencias epidemiológicas que relacionan las biopelículas con distintos procesos infecciosos:

1. Colonización de sustratos por bacterias adhesivas formadoras de biopelícula.
2. Presencia de un biomaterial, tejido dañado, o sustrato de tejido relativamente acelular.
3. Iniciación de infección por pequeños inóculos bacterianos.
4. Resistencia mediada por la biopelícula bacteriana a los mecanismos de defensa del huésped y a la terapia antibiótica.
5. Infecciones causadas con mucha frecuencia por *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* y *Pseudomonas aeruginosa*.
6. Infecciones persistentes por resistencia al tratamiento antimicrobiano.
7. Presencia de inflamación, tejido celular dañado y necrosis en la interfase tejido implante (zona fibroinflamatoria, inmunoincompetente) generado por partículas debridadas del biomaterial.
8. Alteración de la respuesta mediada por células y posiblemente humoral del huésped por la presencia del biomaterial y bacterias.

En medicina humana, diversas publicaciones recientes señalan que, por lo menos, el 65% de

todos los procesos infecciosos bacterianos humanos podrían involucrar biopelículas.

En los últimos 10 años, debido a su prevalencia abrumadora, las biopelículas han sido reconocidas progresivamente como factores importantes en la patogenia de muchas infecciones humanas persistentes, incluyendo placa dental, caries, infección periodontal, neumonía por *Pseudomonas* en fibrosis quística, cistitis crónica, endocarditis bacteriana, osteomielitis y prostatitis crónica.

Se ha demostrado que una variedad de dispositivos médicos pueden portar biopelículas, provocando infecciones asociadas, entre las que se destaca la sepsis por catéteres endovenosos y arteriales. Además se han encontrado biopelículas en catéteres urinarios y lentes de contacto. Constituyen, también, un problema serio cuando se encuentran en válvulas cardíacas artificiales, marcapasos y prótesis ortopédicas, las cuales una vez infectadas generan infecciones excepcionalmente difíciles de resolver mediante antibióticos (Figura 10). Se han reportado además la presencia de biopelículas en hongos como candidiasis y *Aspergillus fumigatus*, los cuales pudieran estar relacionados con la etiopatogenia de las enfermedades que producen.

Conclusiones

Las biopelículas generalmente están asociadas a procesos de contaminación en la industria de alimentos. No obstante, el desarrollo de nuevas tecnologías permite su aplicación en procesos benéficos como fermentaciones y biorremediación.

La falta de control y prevención en la formación de biopelículas puede generar problemas de salubridad y pérdidas económicas por daños en instalaciones, equipos y aditamentos.

Los problemas ocasionados por la formación de biopelículas en la industria de alimentos pueden ser prevenidos mediante la correcta implementación y aplicación de sistemas de calidad y el uso de técnicas de remoción tales como ozono, agua electrolizada oxidizada y lavado hidráulico, entre otros.

La comprensión de las interacciones de los complejos ecosistemas microbianos, especialmente aquellos que tienen un impacto importante en los resultados terapéuticos de las enfermedades, ha conllevado a comprender el papel fundamental que juegan las biopelículas en la etiopatogenia de las mismas y su rol en la prevención eficaz de infecciones y en la creación de protocolos de tratamiento integrales, donde se incluyen los desinfectantes y el uso de antibióticos. Este enfoque

combinado ha cambiado radicalmente el paradigma del control de las enfermedades y promete nuevas posibilidades terapéuticas de las mismas. ●

Referencias

BIOFILMS BACTERIANOS: su papel en la etiopatogenia de las enfermedades bacterianas. Disponible en Internet: <http://www.monografias.com/trabajos87/biofilms-bacterianosetiopatogenia/biofilms-bacterianos-etiotatogenia.shtml>

LOS BIOFILMS y su recuperación en la industria alimentaria. En: Revista VISAVET

Divulgación. Mayo, 2010, no. 12 . Disponible en Internet: <http://www.vigilanciasanitaria.es/es/articulos/biofilms-repercusion-industria-alimentaria.php>

NAVIA, Diana y VILLADA, Paola. Las biopelículas en la industria de alimentos. En: Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Jul.-Dic., 2010, vol. 8, p. 118-128.

Hay un producto **ZOO** para sus necesidades específicas de control parasitario.

Fenbenda-Zoo[®] 25

Control parasitario productivo

- Por eficacia contra parásitos gastrointestinales y pulmonares.
- Por acción vermícida, larvívica y ovívica.
- Por más tiempo de control en animales y praderas.
- Por facilidad de aplicación.
- No tiene tiempo de retiro en leche.



www.laboratorioszoo.com
Servicio al Cliente:
01 8000 91 0533

Laboratorios Zoo
Productos veterinarios de absoluta confianza

