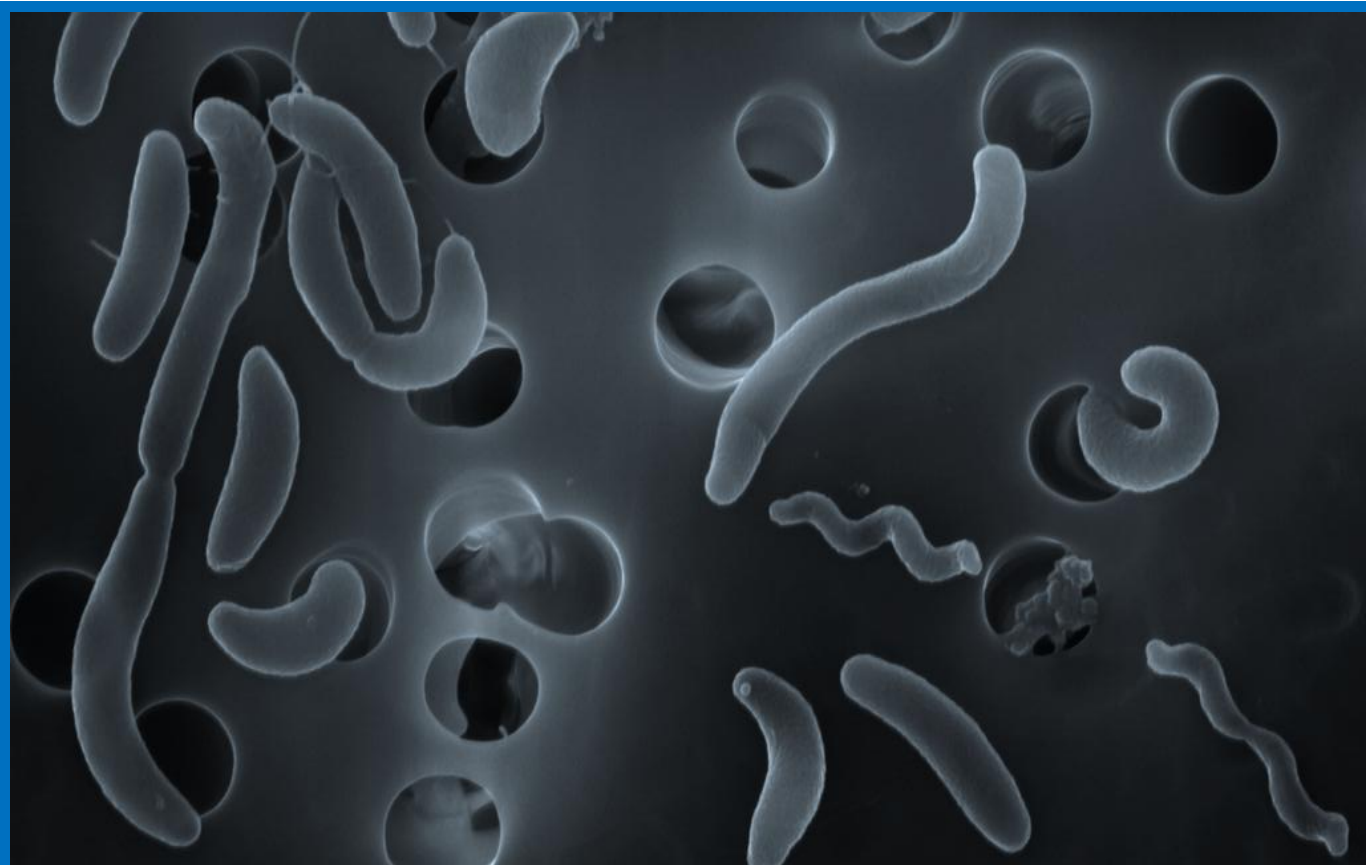


DESINFECTANTES UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA:

Características, modo de actuación y
aspectos que inciden en su eficacia



Especialistas en higiene y seguridad
alimentaria, cosmética y farmacéutica

Desinfectantes utilizados en la industria alimentaria: características, modo de actuación y aspectos que inciden en su eficacia

Introducción

La desinfección de las superficies y ambientes en la industria alimentaria es fundamental para garantizar la inocuidad de los alimentos, evitar que puedan causar toxiinfecciones alimentarias y conseguir una mayor vida comercial del producto. Todos los equipos y utensilios de las zonas de trabajo deben ser desinfectados para asegurar que se alcanzan unas condiciones higiénicas suficientes para lograr este objetivo. Por ello, es importante conocer las materias activas biocidas disponibles y los diferentes productos formulados con ellas, así como sus características e idoneidad de aplicación en cada caso concreto. Betelgeux, como empresa especializada en el diseño, formulación, fabricación y aplicación de desinfectantes en la industria alimentaria, dispone en su catálogo de una amplia gama de formulados biocidas que cubren todas las necesidades de sus clientes.

La acción biocida de los desinfectantes sobre las superficies de la industria alimentaria está influida por numerosos factores, como tiempo de contacto, temperatura de aplicación, concentración, tensión superficial de la solución desinfectante, pH, número y localización de los microorganismos o tipo de microorganismo objetivo. En la práctica, además de los factores enumerados, también influye enormemente la eficacia de la fase de limpieza previa, en la separación de la suciedad orgánica e inorgánica de las superficies de trabajo que deben ser desinfectadas. La acción de los detergentes debe conseguir la separación de la suciedad y de gran parte de los microorganismos de las superficies. El hecho de que un microorganismo sea separado de su soporte aumenta la superficie de contacto con el desinfectante, e incrementa su eficacia biocida. Por sí sola, la limpieza es capaz de eliminar el 80% de la carga microbiana, la desinfección de las superficies debe conseguir una reducción de la contaminación microbiana de alrededor del 95%. No debe confundirse desinfección con esterilización, esta última puede conseguir reducciones de un 99,999%.



El desinfectante tiene como objetivo atacar a los elementos vitales del microorganismo, lograr su destrucción y, por tanto, causar la lisis de la célula. En la industria alimentaria, debe conseguir la eliminación de los microorganismos patógenos, y la reducción hasta niveles considerados aceptables de los microorganismos alterantes.

La clasificación de los desinfectantes está basada, esencialmente, en la materia activa biocida con la que se formulan. En ocasiones, en una misma formulación pueden encontrarse dos

materias activas, por ejemplo, existen desinfectantes que combinan glutaraldehído con amonios cuaternarios, como el [DECTOCIDE® SB5](#) desarrollado por Betelgeux ; o peróxido de hidrógeno y ácido peracético, como el [BETELENE® OX150](#).

Tipos de microorganismos de interés en la industria alimentaria

Antes de desarrollar un plan de desinfección es conveniente definir el tipo de microorganismos sobre los que se desea actuar, para prevenir o reducir su presencia en las superficies, ambientes e instalaciones de las salas de trabajo. En muchos casos, el desinfectante debe ejercer su acción sobre más de un tipo de microorganismo.

En la industria alimentaria es posible encontrar cuatro grupos microbianos que pueden causar toxiinfecciones en los consumidores:

- Mohos y levaduras.
- Micobacterias.
- Virus (Encapsulados o no)
- Bacterias (Gram +, Gram – y en forma esporulada).

Cada uno de estos grupos de microorganismos tiene características biológicas específicas que influyen sobre su capacidad para adaptarse a la presencia de agentes desinfectantes.

Los microorganismos: bacterias, micoplasmas, mohos y virus están envueltos por una membrana citoplasmática. Esta membrana delimita al microorganismo del medio externo, y tiene gran importancia en los intercambios moleculares entre el interior de la célula y el exterior, además de ejercer un efecto protector de la misma.

La membrana citoplasmática está compuesta, fundamentalmente, por una doble capa lipídica en la que se insertan proteínas, y está formada por fosfolípidos. En la parte central de la bicapa de lípidos se encuentra una zona hidrófoba y en la periferia presenta una parte hidrófila. Estas características influyen sobre la resistencia a los principios activos biocidas.

Características de los microorganismos

- Bacterias Gram + y Gram –

Las bacterias tienen capacidad de sintetizar una pared anexa a la membrana citoplasmática. Esta pared presenta diferencias entre distintos tipos de bacterias y permite diferenciarlas en bacterias Gram + y bacterias Gram -. Una primera diferencia entre ellas se aprecia al comparar el espesor de la pared en ambos tipos de bacterias, en las bacterias Gram +, como en *Estafilococos aureus*, el espesor oscila entre 20-80 nm; en tanto que en bacterias Gram -, como *Escherichia coli*, su espesor oscila entre 10-15 nm. Sin embargo, la pared de las bacterias Gram – es más compleja que las de las bacterias Gram +. Este mayor complejidad proporciona a la pared un mayor grado de impermeabilidad a las sustancias, excepto para aquellas que pueden penetrar por los poros de las células. Por tanto, las bacterias Gram – son menos sensibles a los desinfectantes que las bacterias Gram +.

Además, ciertas bacterias, como *Bacillus spp* y *Clostridios spp*, son capaces de formar esporas cuando el medio que les envuelve les es hostil. Las esporas constituyen, de este modo, un medio de resistencia de las bacterias a los agentes antimicrobianos, y pueden causar contaminaciones de los alimentos, resistir los tratamientos térmicos o de conservación y ocasionar toxiinfección alimentaria, puesto que cuando las condiciones son favorables pueden volver al estado vegetativo con sus características iniciales y tienen la posibilidad de multiplicarse de nuevo.

- Mohos y levaduras

Las levaduras son hongos microscópicos, generalmente, unicelulares. Pueden provocar alergias y en ciertos casos infecciones sistémicas. Su pared celular está formada por un esqueleto de quitina que la protege de las agresiones físico-químicas

Los mohos son hongos microscópicos, presentes principalmente en medios húmedos. Los principales problemas de salud que ocasionan son debidos a los compuestos orgánicos volátiles que producen, las micotoxinas, y la contaminación del aire por esporas que pueden ser inhaladas. Tanto los mohos como las levaduras poseen una resistencia a los compuestos biocidas intermedia entre las bacterias Gram + y las bacterias Gram -.

- Virus

En los virus, su membrana está formada fundamentalmente por proteínas. Una primera distinción entre los virus está basada en la presencia o no de una envoltura lipídica. Los que la poseen se denominan virus encapsulados, frente a los virus no encapsulados que carecen de esta envoltura. Paradójicamente, la resistencia a las materias activas biocidas es mayor en los virus no encapsulados, pues los agentes químicos alteran la envoltura lipídica y los vuelve más sensibles a su acción. Los virus no encapsulados se adaptan mejor a los desinfectantes al carecer de esta envoltura, ser fisiológica y morfológicamente más sencillos, y por tanto más flexibles.

- Micobacterias

Las micobacterias son organismos ubicuos que se pueden encontrar en la tierra, aguas, alimentos, en la superficie de suelos y maquinaria. Algunas son muy conocidas, como el *Mycobacterium tuberculosis*, causante de la tuberculosis. Las micobacterias, además de poseer una pared compleja, producen una pared de naturaleza cética, que proporciona gran resistencia a la desecación, y por tanto la posibilidad de sobrevivir en el medio ambiente durante años, además de incrementar su resistencia a los desinfectantes.

Factores de resistencia de los microorganismos a los desinfectantes

El factor de mayor incidencia en la resistencia de los microorganismos a las materias activas biocidas es la composición de la pared celular. Esta resistencia tiene un carácter innato y determina el espectro de actividad de los desinfectantes. En función de las características morfológicas de los microorganismos, descritas en el punto anterior, cada grupo microbiano reacciona de distinto modo a los desinfectantes. Russel (1997) estudia esta diferencia entre diferentes microorganismos, observando que los virus encapsulados son muy sensibles a los desinfectantes, en tanto que las esporas son extremadamente resistentes. Después de los virus encapsulados, la mayor sensibilidad es, por este orden, para las bacterias Gram +, mohos, bacterias Gram -, virus no encapsulados, y micobacterias.

Además de la resistencia innata en función de los factores morfológicos, los microorganismos pueden desarrollar resistencia a los productos biocidas, denominada resistencia adquirida. La incidencia de este tipo de resistencia a los desinfectantes es muy inferior a la que se presenta frente a los antibióticos, debido a que la actividad antimicrobiana que realizan estos últimos se ejerce sobre una zona objetivo de la célula, en tanto que la acción biocida de los desinfectantes es más difusa y no puede señalarse un único punto de actuación, lo que minimiza en cierto modo la presencia de microorganismos resistentes a los principios activos desinfectantes.

La resistencia adquirida es el resultado de un cambio a nivel del genoma, que provoca una mutación y posterior selección de los microorganismos por el desinfectante, es decir, se produce una selección natural de los microorganismos que han adquirido el nuevo carácter genético. Una mutación espontánea a nivel de un cromosoma puede otorgar a un organismo un carácter que le proporcione resistencia a una materia activa biocida, posteriormente, al multiplicarse transmite el gen de la resistencia, este carácter será cada vez más dominante en la población presente en la industria, siempre que se efectúe la desinfección de sus instalaciones con el mismo principio activo, y se vayan eliminando los microorganismos que no posean la mutación.

Las modificaciones en el material genético que permiten a los microorganismos adaptarse, actúan a distintos niveles: producción de nuevas enzimas resistentes, cambios en la estructura interna de la célula, modificación de la permeabilidad de la membrana citoplasmática y modificación de la estructura de la pared celular. Estos cambios producen un incremento de la resistencia de los microorganismos, a las concentraciones usuales de empleo de los desinfectantes. En ocasiones, además, una disminución de las dosis utilizadas del producto desinfectante puede comportar una mayor supervivencia de las bacterias. En este sentido, se ha demostrado que la utilización sistemática de concentraciones subletales de desinfectantes puede potenciar este problema (Underwood et al, 2007), facilitando en ciertos casos la formación de esporas. Con el objetivo de mantener una concentración efectiva del desinfectante, es importante corregir las causas que pueden disminuir su eficacia: presencia de materia orgánica y suciedad sobre las superficies a tratar, la caducidad del producto (ej. Clorados) con la consiguiente pérdida de concentración y eficacia, reducido tiempo de actuación antes del enjuague final, utilizar las dosis recomendadas por el fabricante, monitorizar periódicamente las dosis reales aplicadas, etc. Todo ello justifica, en ocasiones, la necesidad de efectuar rotaciones entre los desinfectantes con distintas materias activas.

A continuación se hace una revisión de materias activas que se utilizan en la formulación de los desinfectantes, y su modo de acción sobre los microorganismos.

Tipos de desinfectantes y acción frente a los microorganismos.

- Desinfectantes clorados

La acción microbiocida la realiza el cloro, que es un gas que no puede utilizarse en la formulación de los compuestos, por ello un medio para utilizarlo es mediante la reacción con productos cáusticos, lo que da lugar a la formación de hipoclorito de sodio, que es la base de numerosos desinfectantes ([BETELCHLOR® 35](#), [BETELCHLOR® 65](#), [BETELCHLOR® 55](#)

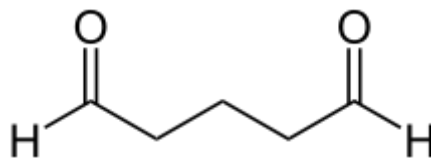
[EC](#)). Su poder desinfectante proviene de sus propiedades oxidantes debido a la presencia del ion ClO^- , que ataca la membrana citoplasmática. El hipoclorito de sodio NaClO es una sal del ácido hipocloroso HOCl . En solución, el hipoclorito de sodio se disocia en iones sodio Na^+ y ClO^- .

La forma biocida más eficaz, el ácido hipocloroso (HOCl), necesita la adición de un átomo de hidrógeno (H) que toma del agua. Para preservar su eficacia biocida es necesario mantener las superficies húmedas, pues a medida que estas se secan, el agua desaparece, y la reacción se desplaza hacia la forma menos eficaz (OCl^-). Por ello, es necesario conservar las superficies húmedas durante el tiempo de contacto previsto para lograr la máxima eficacia biocida y esporicida, en caso contrario no se producirán más que vapores de cloro, sin el efecto desinfectante deseado. Los desinfectantes clorados son efectivos frente a todas las bacterias vegetativas, virus, y, a mayores concentraciones, esporas bacterianas, levaduras y mohos.

La principal ventaja de los productos clorados es su bajo coste y que poseen un amplio rango de actuación frente a los microorganismos. Son eficaces a baja temperatura y, generalmente, no tienen actividad residual. Su principal desventaja es su inestabilidad, tanto frente a las condiciones ambientales (luz y calor) como en presencia de materia orgánica, inconvenientes que se intenta minimizar en los formulados desinfectantes.

- **Glutaraldehído**

Los productos formulados con glutaraldehído ([DECTOCIDE® VA15](#), [DECTOCIDE® SB5](#)) son biocidas de amplio espectro, con eficacia frente a bacterias, mohos, virus, y también frente a micobacterias; además, cuando la solución es alcalina (pH 7,5 a 8,5) se activa y posee actividad esporicida. Actúan mediante la alquilación de los grupos químicos de las proteínas y ácidos nucleicos de las bacterias, virus y hongos. El glutaraldehído actúa sobre las proteínas por desnaturalización, y sobre los ácidos nucleicos y las proteínas por alquilación. A nivel de los ácidos nucleicos, la reacción es irreversible. Sobre la pared celular, el glutaraldehído actúa a nivel de los puentes cruzados del peptidoglicano. La reacción con nucleótidos receptivos tiene lugar rápidamente y el equilibrio se inclina hacia la hidroximetilación.



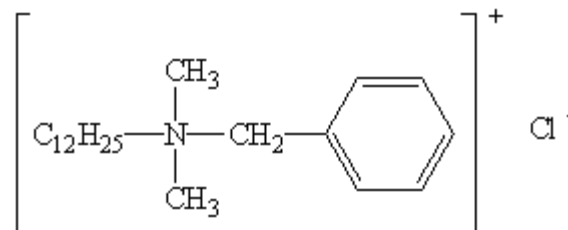
Fórmula del glutaraldehído

- **Sales de amonios cuaternarios**

Los productos de reacción de las aminas terciarias con haluros de alquilo se conocen con el nombre de sales de amonio cuaternarios. Estos compuestos tienen cuatro átomos de carbono unidos a un nitrógeno mediante enlaces covalentes o tres átomos de carbono de los que uno de ellos está unido al nitrógeno mediante un enlace de naturaleza electrostática. Cuando uno de los radicales es una cadena alquílica grasa, estos

compuestos poseen carácter tensioactivo y pertenecen al grupo conocido como “tensioactivos catiónicos”. Los compuestos de amonios cuaternarios son bactericidas, fungicidas y virucidas. Su actividad la desarrollan tanto sobre el medio ácido como alcalino, aunque en éste último muestra mejores acciones. De los derivados del amonio cuaternario, el cloruro de benzalconio fue el primer compuesto de este tipo introducido en el mercado, con buena actividad bactericida ([DEXACIDE® B10](#) es una formulación de Betelgeux basada en cloruro de benzalconio). Los compuestos de amonio cuaternario poseen una buena actividad como detergente y permanecen activos incluso en presencia de agua dura. Su eficacia biocida se consigue por su capacidad de penetración en las membranas de los microorganismos gracias a las cadenas carbonadas (hidrófobas). A través del nitrógeno catiónico (hidrófilo) interaccionan con los fosfatos de los fosfolípidos, causando la salida al exterior del material vital citoplasmático, también inhiben la cadena respiratoria e inactivan enzimas celulares esenciales para el crecimiento, produciendo la lisis celular.

La longitud de las cadenas alquílicas es determinante del poder microbicida de una sal de amonio cuaternario. Sin embargo, los resultados no son extrapolables de unos compuestos a otros. Mientras que, por ejemplo, en los cloruros de benzalconio las cadenas entre 14 y 16 átomos son las más efectivas, en las sales dialquílicas son las cadenas de menos átomos de carbono las que presentan mayor comportamiento microbicida. Combinaciones sinérgicas de distintos amonios cuaternarios (como [QUACIDE® MC7](#) formulado por Betelgeux) pueden incrementar la actividad biocida del formulado e incrementar su espectro de actuación.



Fórmula de cloruro de benzalconio

- Alcoholes

Los alcoholes han sido conocidos desde la antigüedad y usados en Medicina, aunque la síntesis del etanol no se realizó hasta mediados del siglo XIX (1855). Sus principales características, además de las antimicrobianas, es la de ser buenos solventes de otros productos, entre ellos muchos antisépticos y desinfectantes, potenciándolos en su actividad. Al aumentar el número de carbonos se incrementa su eficacia antimicrobiana, pero también su toxicidad, por lo que sólo se emplean los de bajo peso molecular: etanol o alcohol etílico e isopropanol o alcohol isopropílico. La actividad depende de la concentración, pero su gráfica es una V invertida, por lo que el máximo de eficacia lo obtienen los que poseen una concentración entre el 60-80%. Las concentraciones más usuales varían entre el 70% y el 96% para el alcohol etílico y entre el 70% y el 100% para el alcohol isopropílico.

Los alcoholes poseen una rápida acción, incluso desde los 15 segundos, aunque no tienen efecto persistente, y un amplio espectro de actividad, actuando sobre bacterias gram negativas y gram positivas, incluyendo micobacterias, hongos y virus (hepatitis B y VIH). La acción microbicida se atribuye a la entrada a través de la pared, membrana celular y con la inactivación de enzimas, mediante rotura de esas barreras y desnaturalización, en el citoplasma, de proteínas esenciales para el microorganismo. Su eficacia está relacionada con la presencia de agua, ello se debe a que estos compuestos acuosos penetran mejor en las células y bacterias permitiendo así el daño a la membrana y la rápida desnaturalización de las proteínas, con la consiguiente interferencia con el metabolismo y lisis celular. Los alcoholes asociados a otros productos como amonios cuaternarios, potencian el efecto de acción característico de estos compuestos, como ocurre en el formulado desarrollado por Betelgeux, [DECTOCIDE® H21](#), combinación sinérgica entre amonios cuaternarios y alcohol isopropílico; en algunas formulaciones, como [DECTOCIDE® H24 LB](#), se encuentra una combinación de alcohol isopropílico y aditivos alimentarios.

- **Peróxido de hidrógeno**

El peróxido de hidrógeno, conocido también como agua oxigenada, es un agente químico líquido, incoloro a temperatura ambiente, con sabor amargo, y que posee propiedades antisépticas. El peróxido de hidrógeno tiene efectos oxidantes por producir OH^- y radicales libres, los cuales atacan a los componentes esenciales de los microorganismos como lípidos, proteínas y ADN. Se degrada rápidamente en oxígeno y agua, y es un agente oxidante de efecto fugaz por ser descompuesto por las catalasas de los tejidos celulares. Es activo frente a bacterias y virus, según la concentración y condiciones de utilización. Estudios "in vitro" de soluciones de peróxido de hidrógeno al 3% han mostrado amplio espectro de eficacia, con mayor actividad frente a bacterias gram positivas. En ocasiones, se presenta en formulaciones combinado con ácido peracético ([BETELENE® OX50](#) y [BETELENE® OX150](#)), aunque también se puede encontrar sólo ([BETELENE® ALCOX](#)), añadiendo a su carácter biocida un efecto blanqueante de las superficies, o coadyuvante en soluciones alcalinas de limpieza en circuitos CIP.

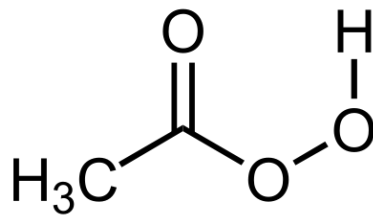
- **Ácido peracético**

El ácido peracético es un antiséptico de tipo oxidante, mezcla de ácido acético y peróxido de hidrógeno en solución acuosa. Se obtiene por oxidación a partir de acetaldehído y oxígeno en presencia de acetato de cobalto. También puede obtenerse tratando anhídrido acético con peróxido de hidrógeno. La actividad desinfectante del ácido peracético radica en su capacidad oxidante sobre la membrana externa de las bacterias, endosporas y levaduras. El mecanismo de oxidación consiste en la transferencia de electrones de la forma oxidada del ácido a los microorganismos, provocando así su inactivación o incluso su muerte. Ejerce su actividad al descomponerse en ácido acético, peróxido de hidrógeno y oxígeno

A bajas concentraciones (0,1-0,2%) posee una rápida acción biocida frente a todos los microorganismos. Es activo frente a bacterias, hongos, levaduras, endosporas y virus. A concentraciones inferiores a 100 ppm inhibe y mata a bacterias Gram positivas, Gram negativas, micobacterias, hongos y levaduras en 5 minutos o menos. Algunos virus son

inactivados por 12-30 ppm en 5 minutos, mientras que otros requieren 2.000 ppm durante 10-30 minutos. La Concentración Mínima Esporicida (CME) del ácido peracético es de 168-336 ppm (son necesarias 1-2 horas de contacto). Es más activo sobre las esporas cuando se combina con peróxido de hidrógeno. Se ha demostrado que la combinación de 21 ppm de ácido peracético (que ya contiene aproximadamente un 5% de peróxido de hidrógeno en su composición) y 2813 ppm de peróxido de hidrógeno elimina todos los microorganismos de fibras porosas tras 2-3 horas de contacto.

Debido a su carácter no espumante, son muy utilizados en la desinfección de circuitos e instalaciones cerradas. Generalmente, se presenta en formulaciones con 15% de ácido peracético ([BETELENE® OX150](#)) y 5% de ácido peracético ([BETELENE® OX50](#)).



Fórmula del ácido peracético

- Biguanidas poliméricas (PHMB)

Las biguanidas son principios activos que poseen un amplio espectro de actividad y son muy efectivas frente a *Pseudomonas spp*, por ello se recomienda su uso, especialmente, para industrias de envasado de agua. El mecanismo de acción de PHMB ha sido descrito en numerosos artículos. Se ha demostrado que su máxima actividad biocida se produce a pH entre 5-6, e inicialmente el biocida interacciona con la superficie de la bacteria, y es transferido a la membrana citoplasmática y el citoplasma, donde reacciona con los fosfolípidos, provocando un aumento de la permeabilidad, con liberación de lipopolisacáridos, iones potasio y causa la muerte de la célula. Betelgeux utiliza esta materia activa en la formulación de desinfectantes, como [QUACIDE® P20](#).

- Aminas terciarias

Presentan una elevada acción mojanete, solubilizante y emulsionante. Poseen un elevado espectro de actividad biocida, especialmente a pH alcalinos. Su modo de acción es mediante interacción con las cargas negativas de la pared celular, afectando a las proteínas tanto estructurales como enzimáticas, afecta a las reacciones metabólicas de las células y altera su permeabilidad causando finalmente su muerte. Las aminas terciarias pueden formularse junto a otros principios activos, como biguanidas poliméricas, consiguiendo un efecto sinérgico (como en el desinfectante [QUACIDE® PQ60 EC](#)), de amplio espectro de actuación y que, dado su bajo nivel de formación de espuma, puede utilizarse en desinfección de circuitos e instalaciones CIP.

- Ácidos y álcalis

Las soluciones alcalinas y ácidas son altamente bactericidas. Los ácidos orgánicos débiles, como el ácido láctico (utilizado en la formulación de productos como [QUACIDE® DA80](#) y [BETELENE® SP20](#)), ejercen un efecto mayor del que sería explicable por su pH: la presencia de moléculas altamente permeables y no disociadas promueven la penetración del ácido en la célula. La eficacia de los agentes ácidos y alcalinos está ligada a la concentración de iones H^+ y OH^- . Los iones H^+ destruyen los aminoácidos que están enlazados con los ácidos nucleicos, modifican el pH citoplasmático y precipitan las proteínas. Los iones OH^- saponifican los lípidos de la membrana, ocasionando la destrucción de la estructura superficial. A pH elevados se desorganiza la estructura de péptidoglucano y se produce la hidrólisis de los nucleótidos.

Conclusiones

Se ha realizado una revisión de los factores que pueden influir en la desinfección de superficies y ambientes de la industria alimentaria. A nivel práctico, en la aplicación industrial, además de los parámetros ya mencionados, también es importante conocer determinados aspectos que pueden incrementar la persistencia de los microorganismos en los equipos e instalaciones de las industrias, como la formación de biofilms, diseño de la maquinaria, rugosidad de las superficies, etc. Por ello, deberán implementarse protocolos que contemplen todos estos factores con el fin de alcanzar el mayor grado de higiene posible que garantice la seguridad de los alimentos y su mayor vida comercial.



Bibliografía

1. El uso de las sales de amonio cuaternario en la industria alimentaria. Orihuel, E. Alimentación equipos y tecnología. Octubre 1991.
2. Sanitation. Cleaning and Disinfection in the Food Industry. Stanga, M.. WILEY-VCH. 2010.
3. Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3ª edición. Editado por Tamine, A. Y., Blackwell Publinsing. 2008.
4. Microbial susceptibility and resistance to biocides, A.D. Russel, James R. Furr, Jean-Yves Maillard. .ASM News, nº 63, p. 481-487.1997.
5. Effects of hospital cleaning agents on spore formation. N American and UK outbreak Clostridium difficile strains. S. Underwood, K. Stephenson, W.N. Fawley, J. Freeman, S.D. Baines, R.C. Jr Owens etM.H. Wilcox. The General Infirmary at Leeds & University of Leeds, U.K., Maine Medical Center, Portland, U.S. 2007.