Impacto de la dureza del agua en la industria de alimentos y su efecto sobre la consolidación de biofilm

Autores: Sebastián Padilla, Susana Valdés y Verónica Jara
Empresa: Citrex Chile, La Cruz, Quillota, Chile.

INTRODUCCIÓN

La dureza del agua está determinada principalmente por la presencia de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}). En la industria alimentaria, estos minerales pueden influir en la estructura y persistencia de los biofilms microbianos, además de favorecer la formación de incrustaciones en los equipos y las superficies del proceso. Estas condiciones representan un desafío para la limpieza y desinfección, especialmente en ambientes húmedos y refrigerados.



OBJETIVO



Analizar la evidencia científica sobre la influencia del calcio, el magnesio y la dureza del agua en la formación, estructura y persistencia de biofilms de microorganismos relevantes para la industria alimentaria y el impacto en la limpieza con uso de detergente.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión de literatura científica y técnica, priorizando estudios que evaluaran el efecto de la dureza del agua sobre la formación y persistencia de biofilms. Se consideraron investigaciones con microorganismos asociados a ambientes de procesamiento de alimentos, especialmente en las industrias de productos del mar y procesamiento cárnico.



RESULTADOS

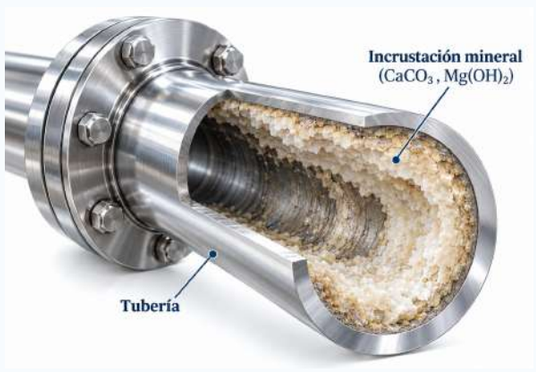
Influencia de calcio y magnesio en la formación de biofilms

Diversos estudios muestran que el calcio y el magnesio pueden influir en la formación y organización de biofilms. Chalke et al. (2022) observaron que ambos cationes favorecieron la formación de biofilm de *Listeria monocytogenes* en comparación con el sodio. Por su parte, Midelet y Carpentier (2004) identificaron un aumento del número y tamaño de microcolonias bacterianas en modelos de superficies asociados al procesamiento cárnico.



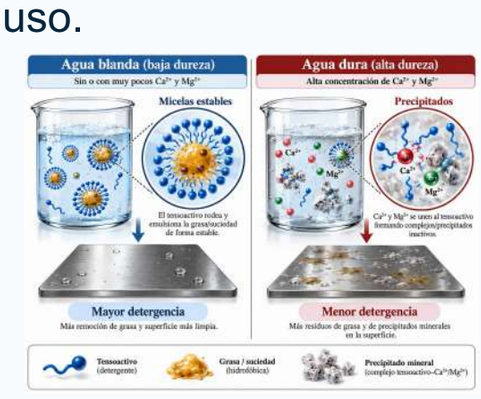
Dureza del agua e incrustaciones minerales

Las concentraciones elevadas de calcio y magnesio pueden favorecer la precipitación de sales y la formación de incrustaciones en tuberías, tanques e intercambiadores de calor. Estos depósitos pueden reducir el caudal, disminuir la eficiencia de los equipos y aumentar los costos de operación y mantenimiento.



Efectos sobre detergentes y procesos de limpieza

La presencia de calcio y magnesio puede modificar el desempeño de determinados detergentes, especialmente aquellos formulados con tensoactivos sensibles a la dureza. Esto puede disminuir su eficacia de limpieza y favorecer la formación de residuos minerales, por lo que es importante considerar la calidad del agua al seleccionar los productos y definir las condiciones de uso.



Impacto sobre la limpieza y desinfección

Las incrustaciones y los residuos orgánicos pueden dificultar la eliminación de microorganismos y favorecer su retención en las superficies. Por ello, la eficacia del saneamiento depende de la interacción entre la calidad del agua, la limpieza, el detergente, la desinfección y las condiciones de operación.



CONCLUSIÓN



La evidencia revisada indica que el calcio y el magnesio pueden influir en la formación y arquitectura de determinados biofilms de importancia alimentaria. Además, la dureza del agua favorece la formación de incrustaciones que pueden comprometer la eficiencia de los equipos y dificultar la limpieza de las superficies. Para ello, el control de la calidad del agua debe considerarse una variable relevante dentro de los programas de limpieza, junto a monitoreos microbiológicos en las industrias.

IMPLICANCIAS PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA



REFERENCIAS

-Chalke, S., Vidovic, S., Fletcher, G. C., Palmer, J., & Flint, S. (2022). Differential effects of magnesium, calcium, and sodium on Listeria monocytogenes biofilm formation. Biofouling, 38(8), 786–795. DOI: 10.1080/08927014.2022.2131398.
-Cruz, C., Cisternas, L., & Kraslawski, A. (2018). Problemas de escalado y tecnologías de control en operaciones industriales: Evaluación de tecnología. Separation and Purification Technology . https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.06.023
-Gotoh, K., Horibe, K., Mei, Y., & Tsujisaka, T. (2016). Efectos de la dureza del agua en el rendimiento de la detergencia textil en sistemas de limpieza acuosos. Journal of oleo science, 65 2 , 123-33 . https://doi.org/10.5650/jos.ess15168
-Kuntolaksono, S., Wicaksono, I., Emilia, F., Enjarlis, E., & Yoshi, LA (2022). Evaluación de la dureza total y análisis cualitativo del agua de caldera en la industria de mermeladas, Tangerang, Indonesia. Journal of Bioresources and Environmental Sciences . https://doi.org/10.14710/jbes.2022.15826
-Nowak, J., Visnovsky, S. B., Pitman, A. R., et al. (2021). Biofilm Formation by Listeria monocytogenes 15G01, a Persistent Isolate from a Seafood-Processing Plant, Is Influenced by Inactivation of Multiple Genes Belonging to Different Functional Groups. Applied and Environmental Microbiology, 87(10), e02349-20. DOI: 10.1128/AEM.02349-20.
-Medina-Collana, J., Reyna-Mendoza, GE, Montaño-Pisfil, J., Rosales-Huamaní, J., & Franco-Gonzales, EJ (2022). Evaluación del desempeño del proceso de electrocoagulación para la eliminación de la dureza del agua. Sustainability . https://doi.org/10.3390/su15010590
-Midelet, G., & Carpentier, B. (2004). Impact of cleaning and disinfection agents on biofilm structure and on microbial transfer to a solid model food. Journal of Applied Microbiology, 97(2), 262–270. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2004.02296.x.
-Wang, J.-P., Zhang, G., & Yu, J.-Y. (2019). Evaluación a escala de laboratorio de la eliminación de la dureza del agua de refrigeración circulante mediante un ánodo DSA aplicado. DEStech Transactions on Environment, Energy and Earth Sciences . https://doi.org/10.12783/dteees/icepe2019/28933