

Chemistry on your plate: food preservatives

# LA QUÍMICA EN NUESTROS PLATOS: LOS PRESERVANTES

Alfredo M. Angeles-Boza\*

*Los preservantes y las técnicas de preservación nos permiten consumir productos que saben a recién cosechados a pesar de nuestra lejanía de los campos de cultivo. Muchas técnicas de preservación se conocen desde tiempos milenarios, sin embargo, estas técnicas se volvieron más sofisticadas con la revolución industrial y el movimiento masivo de la población hacia las ciudades. Hoy en día, todos tenemos una opinión sobre los preservantes, ya sea que estemos a favor o en contra, aunque es necesario analizar cuánto de ello tiene una base científica. No cabe duda de que los preservantes han cobrado mucha más importancia debido a nuestra necesidad de crear una sociedad más sostenible y con menos desperdicio de alimentos. Posiblemente la pregunta más importante para el lector es si los preservantes son seguros y la respuesta corta es claramente afirmativa. En este artículo el lector aprenderá sobre la historia y la química de las sustancias más comunes usadas como preservantes para comida.*

*Palabras clave:* Preservantes, técnicas de preservación, parabenos, péptidos, bromatología

*Preservatives and preservation techniques give us access to the rich flavors of fresh food we all love while being away from the fields. Preservation techniques have been known since antiquity but they became more sophisticated after the Industrial Revolution as cities became more populous. Nowadays, preservatives are part of our daily life. They have become even more important as our society reaches for sustainability and food waste reduction. But the reader probably has a burning question: are they safe? The short answer is yes, they are safe. Let's take a look at the history and chemistry of some of the most common chemicals used in food preservation techniques. With this information, the readers can decide on their own.*

*Keywords:* Preservatives, preservation techniques, parabenes, peptides, bromatology

Recibido: 27 de julio de 2021

Aceptado en forma final: 31 de mayo 2022

\*Department of Chemistry and Institute of Materials Science,  
University of Connecticut, Storrs, CT, 06269, USA

<https://orcid.org/0000-0002-5560-4405>



Imagen de portada diseñada por Azerbaijan\_Stockers - Freepik.com

La ciencia de los alimentos no sólo es rica en química sino que también es una buena forma de llegar a conocer nuestra sociedad y cultura. Después de todo, la preparación de los alimentos juega un rol importante en nuestras sociedades. Incluso si la cocina no es el lugar favorito del lector, estoy seguro de que muchos de sus mejores recuerdos tienen imágenes de gente cocinando o degustando platillos apetitosos.

Se dice que los químicos son muy buenos cocineros. Mi experiencia indica que no es completamente cierto a pesar del hashtag #chemistwhocook en Twitter que nos muestra muy buenas imágenes de platillos preparados por numerosos químicos. Tampoco todos los cocineros son buenos químicos, aunque aquellos que se dedican a la gastronomía molecular sí suelen llevar varios semestres de química orgánica y fisicoquímica.

Dado que este artículo es sobre comida, el lector puede, si gusta, acompañarlo con una copa de su bebida favorita, ya sea una a base de fermentación, o una con ácido fosfórico, azúcar, cafeína, colorantes que asemejan al caramelo y bastante dióxido de carbono. Antes de abrir esa botella o lata le pido al lector que se fije si la bebida no ha caducado aún. Esto es importante, no sólo para evitar un mal sabor sino que también puede salvarle la vida. ¿Se ha preguntado el lector cómo es posible que haya alimentos que podamos guardar meses mientras que otros tengamos que consumirlos casi inmediatamente después de comprarlos? La clave está en los preservantes, esas sustancias que se añaden a los alimentos para que no crezcan microorganismos en ella y para que el sabor se mantenga intacto.

## LOS ALBORES DE LOS PRESERVANTES

Posiblemente, el preservante más antiguo es el cloruro de sodio, o como es comúnmente llamado, sal. La sal es necesaria desde el punto de vista fisiológico, pero también ha sido usada para enriquecer el sabor de nuestras comidas. Hasta Plutarco se rindió a su poder y la llamó “*el más noble de los alimentos*”.<sup>1</sup> Los humanos usamos sal desde tiempos inmemoriales, aunque es muy difícil demostrar la producción de sal dada que la evidencia indica que esta sustancia es muy soluble en agua. Los pueblos antiguos obtenían el cloruro de sodio a partir de la sal de roca, lagos de sal o concentrando agua de mar o de manantiales salados (un ejemplo de esto último se da en Maras, una ciudad al oeste del Cusco, a más de tres mil metros de altura).<sup>2</sup> Existen indicios de que en el lago de Yuncheng (China) ya se extraía sal hace casi 8000 años, aunque las únicas pruebas inequívocas de extracción de sal en esta región, determinadas usando fluorescencia y difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido,

sólo han podido demostrar su uso desde el primer milenio a.e.c.<sup>3</sup> En las Américas, uno de los sitios más antiguos de producción de sal fue la isla de Petite Anse (hoy conocida como Avery Island), una isla en el golfo de México cuya extracción de sal data de 2500 a.e.c. Los nativos americanos de esa zona descubrieron que esa isla escondía un domo de sal masivo y se dedicaron a explotar la sal e intercambiarla con otras tribus, algunas de ellas provenientes de regiones ubicadas muy al norte, cerca de lo que ahora es el estado de Ohio en los Estados Unidos de América (EUA).<sup>4</sup>

La sal se ha usado, y es aún usada, para preservar pescado y elaborar la envoltura de salchichas y otros alimentos. El efecto bactericida de la sal se debe al incremento de la presión de turgencia que se establece como resultado de la diferencia de actividad intracelular y el medio que lo rodea.

Otro método antiguo de preservación de alimentos es mediante el uso de ácidos, un método también conocido como escabechado. Ciertamente, el nombre está relacionado con el popular plato conocido como escabeche. La palabra y la receta del escabeche tienen como origen una delicia del imperio Persa Sasánida conocido como *sikbāj*, un platillo que consistía en un guiso de carne agridulce. La palabra *sikbāj* deriva de *sik*, vocablo del persa medio que significaba vinagre.<sup>5</sup> Algunos investigadores, como el historiador peruano Juan José Vega, sostienen incluso que la palabra ceviche proviene también de este vocablo,<sup>6</sup> aunque este es posiblemente un debate polémico.<sup>5</sup> Pero volvamos al tema de la preservación de alimentos. Para el proceso de escabechado se puede usar una diversidad de ácidos orgánicos, como el ácido acético o el ácido cítrico. Usualmente, el escabechado se realiza en combinación con el uso de NaCl. La reducción de pH, en combinación con el alto contenido de sal, puede prolongar la vida comercial de una gran variedad de alimentos. Debe recordarse que la reducción del pH es también una estrategia usada por los macrófagos para eliminar los patógenos que encuentran en su camino.<sup>7</sup> La disminución de pH tiene un impacto negativo en la integridad de la membrana de los microbios y, además, les dificulta el transporte de nutrientes y afecta a su metabolismo.

Se invita al lector a observar las etiquetas de los alimentos que consume para que pueda darse cuenta de los diversos ácidos que son usados hoy en día para conservar sus alimentos (**Tabla 1 y Tabla 2**). En la mayoría de los países del mundo, además de ácido acético y ácido cítrico, se pueden usar ácido benzoico, ácido ascórbico, ácido eritórbito (un estereoisómero del ácido ascórbico), ácido propiónico, ácido láctico y ácido sórbico, los cuales se muestran en la **Figura 1**. Sus sales, formadas combinando sus bases conjugadas con cationes como sodio o calcio, también pueden ser usadas, aunque muchas veces es necesaria una ligera acidificación dado que el poder preservante de estos

Tabla 1. Ácidos nombrados en este texto con sus respectivos números E. Los números E son códigos asignados a los aditivos alimentarios y se encuentran normalmente especificados en las etiquetas de los productos alimenticios.

Nombre	pK <sub>a</sub>	Número E
ácido sórbico	4,75	E200
ácido benzoico	4,20	E210
ácido acético	4,75	E260
ácido láctico	3,86	E270
ácido propiónico	4,88	E280
ácido ascórbico (vitamina C)	4,70	E300
ácido eritórbito	11,34 y 4,04	E315
ácido cítrico	3,1, 4,7 y 6,4	E330

compuestos es mejor cuanto más cercano al pK<sub>a</sub> del ácido se encuentre el pH del medio. En el caso del ácido ascórbico, su éster formado con ácido palmítico también se usa como preservante, especialmente cuando el producto alimenticio es más lipofílico, es decir más grasoso.

## PRESERVANTES LUEGO DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Luego de la revolución industrial a finales del siglo XVIII se observó un incremento en la necesidad de alimentos procesados que durasen mucho más tiempo en los estantes y alacenas de los hogares debido a la migración de personas del campo a la ciudad y las pocas horas que uno podía dedicar a la cocina. Esta necesidad por alimentos de larga duración significó que se desarrollaran nuevas formas de preservar nuestros alimentos. Recordemos que la revolución industrial no sólo significó cambios en la industria de manufactura, sino que también significó una revolución de la industria química. A partir de esa época aparecieron nuevos productos químicos y éstos comenzaron a producirse a gran escala, desde la producción de carbonato de sodio (proceso de Leblanc) a los tintes producidos por la industria alemana.

En el caso de los preservantes, para el año 1901, el U.S. Bureau of Chemistry había identificado 152 nuevas patentes de preservantes en el mercado de los EUA.<sup>8</sup> Una mirada rápida a estas patentes nos indica que los estudios de toxicidad no eran muy comunes. Increíblemente, muchas de las recetas patentadas eran combinaciones de formaldehído y sulfato de cobre. Si bien es cierto que hoy en día no es muy común ver sales de cobre en nuestros alimentos, una sal, el

Tabla 2. Ácidos nombrados en este texto con sus respectivos números E. Los números E son códigos asignados a los aditivos alimentarios y se encuentran normalmente especificados en las etiquetas de los productos alimenticios.

Nombre	Número E
etilparabeno	E214
propilparabeno	E216
metilparabeno	E218
dióxido de azufre	E220
sulfito de sodio	E221
bisulfito de sodio	E222
metabisulfito de sodio	E223
nisina	E234
natamicina	E235
formaldehído	E240
nitrate de potasio	E252
carbonato y bicarbonato de sodio	E500
cloruro de calcio	E509
sulfato de cobre	E519
óxido de calcio	E529

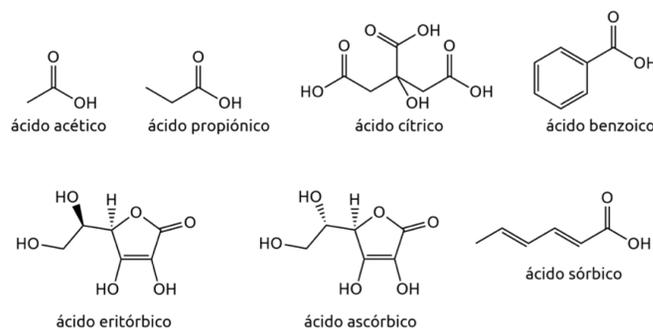


Figura 1. Ácidos orgánicos comúnmente usados como preservantes en comidas.

sulfato de cobre, y complejos de clorofila y clorofilinas aún son usados como preservantes y colorantes, respectivamente. Es interesante saber que los iones de cobre son usados por el sistema inmune para combatir patógenos.<sup>9</sup> Eso sí, los iones de cobre, tanto Cu(I) como Cu(II), son administrados por el organismo con gran cuidado dado que, dependiendo de su posición dentro de las células y el compuesto del que forman parte, pueden ser muy tóxicos. La razón es que los iones de cobre tienen una gran habilidad para desplazar otros iones metálicos presentes en otras biomoléculas de nuestro organismo dada su capacidad de formar compuestos más

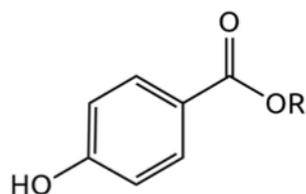
estables que otros metales (el  $\text{Cu}^{+2}$  está en el punto más alto de la serie de Irving-Williams) y también pueden producir especies reactivas de oxígeno bajo ciertas condiciones.<sup>9, 10</sup> En consecuencia, las células tienden a mantener a los iones de cobre complejados en las proteínas y péptidos para que no las dañen<sup>11</sup> y solo los liberan cuando es necesario. De hecho, un estudio con células eucariotas encontró menos de un ion de cobre libre por célula.<sup>11</sup>

Hacia finales del siglo XIX, las mezclas que contenían sulfato de cobre eran muy populares como fungicidas en cultivos. Productos como la *mezcla de Bordeaux* ( $\text{CuSO}_4$ , cal y agua) o el *polvo de Podgehard* ( $\text{CuSO}_4$  y  $\text{CaO}$ ) fueron considerados como las más grandes contribuciones a la agricultura durante el siglo XIX.<sup>12</sup> Es más, si hubieran escuchado a Charles Morren, quien propuso que la enfermedad de la papa que asolaba Irlanda entre 1845 y 1849 era causada por el hongo *Phytophthora infestans* y que podía ser tratada con sulfato de cobre, se habría podido evitar la gran hambruna que azotó ese país.<sup>12</sup> Por estas razones, no es ninguna sorpresa que el sulfato de cobre haya sido usado como un preservante de alimentos.

Explicar el uso de formaldehído en los primeros preservantes es un poco más difícil que las sales de cobre. Actualmente, el formaldehído ya no se usa para preservar alimentos y la suspensión de su uso se debe a sus efectos negativos en seres humanos porque causa diversas alergias y además es un carcinógeno que puede causar leucemia y daños pulmonares.<sup>13</sup> Esos daños no eran conocidos hace cien años, así que a finales del siglo XIX existía un par de productos, *Freezine* y *Preservaline*, que contenían formaldehído y eran comúnmente usados para conservar carne y leche.<sup>14</sup> El primero, *Freezine*, además de contener formaldehído era rico en azufre, mientras que *Preservaline*, contenía formaldehído como su principal agente activo. La carne y leche tratadas con estos agentes eran conocidos como carne y leche embalsamada, respectivamente. Por supuesto, no sorprende el nombre de la carne y leche resultantes, dado que el formaldehído fue por muchas décadas el ingrediente principal en soluciones usadas para preservar tejidos y órganos para sus estudios, pero sí sorprende el consumo de estos alimentos con los citados preservantes.

## TIEMPOS MODERNOS

Felizmente para nosotros muchos de los compuestos usados como preservantes cien años atrás ya no se usan. Al lector interesado en conocer cómo muchos de los agentes usados al inicio de 1900 fueron removidos del mercado y cómo iniciaron las instituciones que salvaguardan nuestra salud se le recomienda leer el libro *"The Poison Squad: One*



parabenos

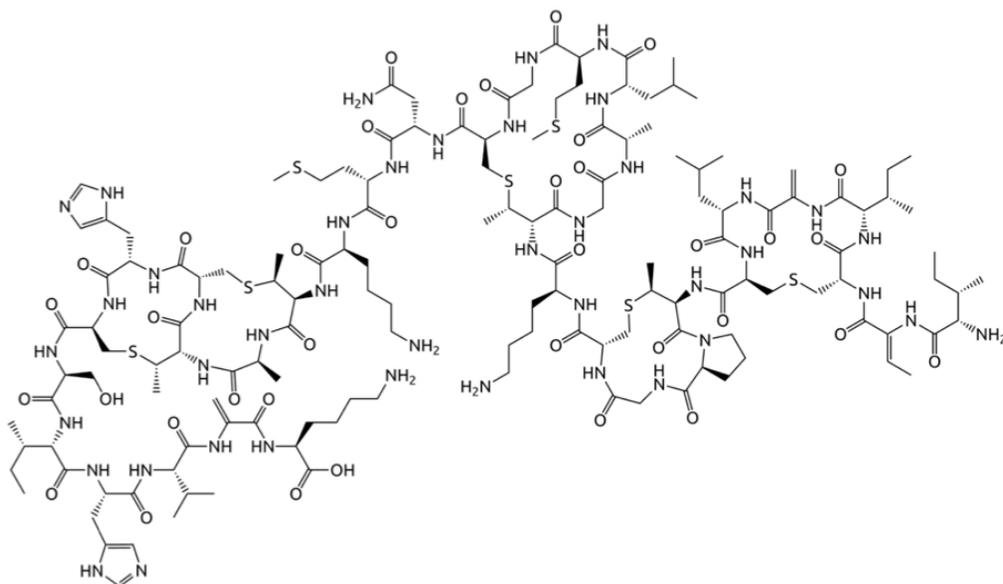
R = H (ácido), metilo, etilo, propilo, butilo, heptilo

**Figura 2.** Derivados del ácido parahidroxibenzoico (R = H), conocidos como parabenos, que se utilizan en la industria alimenticia.

*Chemist's Single-Minded Crusade for Food Safety at the Turn of the Twentieth Century*".<sup>8</sup> Por supuesto, no todos los compuestos usados antiguamente son malos para nuestro organismo y es por eso que algunos de ellos han sobrevivido hasta nuestros días. El uso de sal común y ácidos continúa dado que el tiempo ha demostrado que proveen un beneficio para nuestra salud. Sin embargo, el lector debe recordar que el consumo en exceso de sal común no es recomendable dado que contribuye al aumento de la presión arterial y es un factor de alto riesgo en enfermedades cardiovasculares.<sup>15</sup> Hoy en día, además de  $\text{NaCl}$  y los ácidos orgánicos se han añadido muchos otros compuestos y sales que van desde las fórmulas más simples hasta las muy complejas. Veamos algunos ejemplos.

Entre las sustancias más sencillas tenemos al nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ) y a diversos compuestos de azufre como el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), los sulfitos (sales del ión  $\text{SO}_3^{2-}$ ) y metabisulfitos (sales del ión  $\text{S}_2\text{O}_5^{2-}$ ). Los compuestos de azufre son muy usados en la industria vitivinícola donde, normalmente, se aplican adicionando  $\text{SO}_2(\text{g})$ . En la conservación de melazas, frutas secas y zumo de limón, también son usados los compuestos de azufre antes mencionados en concentraciones que varían entre 200 y 300 ppm. Por otro lado, se usan soluciones de  $\text{NaHSO}_3$  y  $\text{CaCl}_2$  para tratar el coco antes de granularlo.

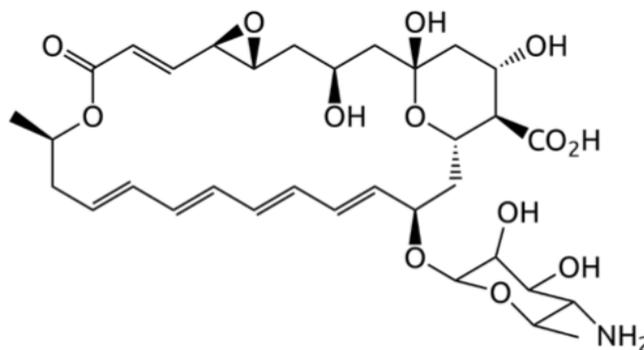
Avanzando en el grado de complejidad de los preservantes, llegamos a los derivados del ácido parahidroxibenzoico (**Figura 2**), los cuales merecen un párrafo especial. Estos compuestos son conocidos como parabenos y han recibido bastante atención en los últimos años debido a reportes que indican que a altas concentraciones tienen la habilidad de actuar como disruptores endocrinos. Sin embargo, la literatura científica en estos momentos los considera inocuos para la salud humana y, en el caso humano, no son teratógenos, mutagénicos, o carcinogénicos.<sup>16</sup> Los derivados de interés de este ácido son ésteres que llevan diferentes nombres según cuál sea el radical correspondiente.



**Figura 3. (izquierda)** El antibiótico nisina. Su uso es muy común para el tratamiento de quesos y carnes.

Si R (**Figura 2**) es un metilo, el éster se conoce como metil-parabeno, si R es un etilo, como etil-parabeno y así sucesivamente con los diferentes radicales mostrados en la **Figura 2**. Estos parabenos son usados no solo como preservantes de alimentos, sino que también son usados en productos cosméticos y farmacéuticos.<sup>17, 18</sup> La ventaja del uso de parabenos es que pueden ser usados a valores de pH más altos que aquellos usados con los ácidos orgánicos dado que estos últimos son más efectivos cuando el pH se encuentra entre 2,5 y 4. Los parabenos, sin embargo, pueden ser usados hasta valores de pH cercanos a 8, lo que les da una ventaja sobre otros preservantes que normalmente son inefectivos a esos valores.<sup>19</sup> Como se mencionó anteriormente, los estudios con estos compuestos muestran que pueden ser usados con confianza y que el riesgo es mínimo para el sistema endocrino, aunque hay algunos ejemplos de problemas de salud que pueden ser inducidos cuando se usan altas concentraciones de parabenos.<sup>20</sup> Por supuesto, las investigaciones sobre los efectos de parabenos continúan y hay que mantenernos informados por si acaso haya algún cambio. Por ahora, la FDA (*Food and Drug Administration*) de los Estados Unidos permite que los parabenos sean usados como aditivo alimenticio o en envasado de alimentos. Debe tenerse en cuenta que muchos parabenos son productos naturales y los podemos encontrar en frutas y vegetales como pepinillos, cerezas, zanahorias y cebollas.

Finalmente acabaremos con aquellos preservantes que tienen fórmulas más complicadas. Comenzaremos con la nisina, la molécula que aparece en la **Figura 3**. Es un producto aislado de cultivos de *Lactococcus lactis*. Como se puede ver en la **Figura 3**, su estructura es bastante compleja. Consta de 34 aminoácidos y gracias a su estructura cíclica es resistente al calor (es estable en soluciones de agua hirviendo) por lo



**Figura 4. (abajo)** Natamicina, un antibiótico producido por varias especies de *Streptomyces*. Usado comúnmente en la preparación de quesos, yogures y embutidos.

que su degradación es muy lenta. En solución, la nisina es más estable a pH 3 y su estabilidad química disminuye cuando uno se aparta de este valor.<sup>21</sup> Esta molécula es muy efectiva contra bacterias Gram-positivas, especialmente *Clostridium botulinum*. Fue aprobada en 1969 por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y se usa en quesos y carnes.<sup>22, 23</sup> Como muchos otros péptidos antimicrobianos,<sup>9, 24, 25</sup> la nisina genera poros en la membrana celular e interrumpe la biosíntesis de la pared celular.<sup>26</sup>

Otro compuesto aislado de cultivos de bacteria y que es usado como preservante es la natamicina (también conocido como naticina, **Figura 4**).<sup>27</sup> Este antibiótico es producido por varias especies de *Streptomyces*. Se usa comúnmente para prevenir la formación de hongos en quesos, yogures y embutidos. En muchos casos puede prolongar la vida de estos productos de dos semanas a cinco semanas.

## PALABRAS FINALES

Espero que esta introducción a los preservantes usados en nuestras comidas les haya dado ganas de aprender más sobre la bromatología (la ciencia de los alimentos). La química de los alimentos es un tema que no sólo es interesante para los aficionados a la química, sino que también es de sumo interés al público en general dado que no hay día que pasemos en el que no pensemos en comida. ¡Y por supuesto, no nos olvidemos de la historia de la química de alimentos! Ella también nos guarda muchas sorpresas. Este trabajo es sólo una introducción. Hay mucha información importante que no ha sido vista en este artículo. Los lectores interesados pueden profundizar sus conocimientos a través de las referencias citadas en este artículo así como también consultando a la información publicada por organismos como la FDA y EFSA (*European Food Safety Authority*). Estos organismos actualizan su información constantemente. Este último acto es muchas veces utilizado para generar controversia por aquellos que promueven el tema de “alimentos sin químicos” y generan mucha quimiofobia. Se le recuerda al lector que todos los alimentos son químicos y que nosotros somos una bolsa de químicos bajo condiciones de no equilibrio.

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la US Fulbright Commission por financiar su estadía en Perú donde parte del artículo fue escrito.

## REFERENCIAS

- Morgan, M. *Plutarch's Morals*; W. Taylor, 1718
- Butters, L. J. C. *Salineras de Maras. Peru*, 2019.
- Flad, R.; Zhu, J.; Wang, C.; Chen, P.; von Falkenhausen, L.; Sun, Z.; Li, S. *Archaeological and chemical evidence for early salt production in China. Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, **2005**, *102* (35), 12618-12622.
- Brown, I. W. Salt manufacture and trade from the perspective of Avery Island, Louisiana. *MidCont. J. Archaeol.* **1999**, *24* (2), 113-151.
- Jurafsky, D. *The Language of Food: A Linguist Reads the Menu*; W. W. Norton, 2014.
- de Porres, L. U. S. M. *Cultura, identidad y cocina en el Perú*; Planeta Perú, 2018.
- Russell, D. G.; Vanderven, B. C.; Glennie, S.; Mwandumba, H.; Heyderman, R. S. *The macrophage marches on its phagosome: dynamic assays of phagosome function. Nat. Rev. Immunol.* **2009**, *9* (8), 594-600.
- Blum, D. *The Poison Squad: One Chemist's Single-Minded Crusade for Food Safety at the Turn of the Twentieth Century*; Penguin Publishing Group, 2018.
- Portelinha, J.; Duay, S. S.; Yu, S. I.; Heilemann, K.; Libardo, M. D. J.; Juliano, S. A.; Klassen, J. L.; Angeles-Boza, A. M. *Antimicrobial Peptides and Copper(II) Ions: Novel Therapeutic Opportunities. Chem. Rev.* **2021**, *121* (4), 2648-2712.
- Irving, H.; Williams, R. J. P. 637. *The stability of transition-metal complexes. J. Chem. Soc.* **1953**, (0), 3192-3210, 10.1039/JR9530003192.
- Rae, T. D.; Schmidt, P. J.; Pufahl, R. A.; Culotta, V. C.; O'Halloran, T. V. *Undetectable intracellular free copper: the requirement of a copper chaperone for superoxide dismutase. Science* **1999**, *284* (5415), 805-808.
- Johnson, G. F. *The early history of copper fungicides. Agric. Hist.* **1935**, *9* (2), 67-79.
- Tang, X.; Bai, Y.; Duong, A.; Smith, M. T.; Li, L.; Zhang, L. *Formaldehyde in China: production, consumption, exposure levels, and health effects. Environ. Int.* **2009**, *35* (8), 1210-1224. From NLM.
- Weems, J.; Mead, I.; Gray, C. *The chemical composition of food preservatives. Solutions for testing cream and milk. Experiment station, Iowa State College* **1902**, *67*, 259-272.
- Cappuccio, F. P. *Salt and cardiovascular disease. BMJ* **2007**, *334* (7599), 859.
- Golden, R.; Gandy, J.; Vollmer, G. *A Review of the Endocrine Activity of Parabens and Implications for Potential Risks to Human Health. Crit. Rev. Toxicol.* **2005**, *35* (5), 435-458.
- Soni, M. G.; Carabin, I. G.; Burdock, G. A. *Safety assessment of esters of p-hydroxybenzoic acid (parabens). Food Chem. Toxicol.* **2005**, *43* (7), 985-1015.
- Cetinić, K. A.; Grgić, I.; Previšić, A.; Rožman, M. *The curious case of methylparaben: Anthropogenic contaminant or natural origin? Chemosphere* **2022**, *294*, 133781.
- Robinson, R. K.; Batt, C. A.; Patel, P. *Encyclopedia of Food Microbiology*; Elsevier Science, 2014.
- Leppert, B.; Strunz, S.; Seiwert, B.; Schlittenbauer, L.; Schlichting, R.; Pfeiffer, C.; Röder, S.; Bauer, M.; Borte, M.; Stangl, G. I.; et al. *Maternal paraben exposure triggers childhood overweight development. Nature communications* **2020**, *11* (1), 561.
- Rollema, H. S.; Kuipers, O. P.; Both, P.; de Vos, W. M.; Siezen, R. J. *Improvement of solubility and stability of the antimicrobial peptide nisin by protein engineering. Appl. Environ. Microbiol.* **1995**, *61* (8), 2873-2878.
- Martín, M. E. S.; Calvo, M.-T. S.; Hernández, Á. S. M.; Julián, J. P.; Barbero, E. R.; Martín, R. P.; Lobato, P. C. *Nisina (N 234), aditivo utilizado como conservante en alimentos. 2019.*
- Additives, E. Panel o. F.; Food, N. S. a. t.; Younes, M.; Aggett, P.; Aguilar, F.; Crebelli, R.; Dusemund, B.; Filipič, M.; Frutos, M. J.; Galtier, P.; et al. *Safety of nisin (E 234) as a food additive in the light of new toxicological data and the proposed extension of use. EFSA Journal* **2017**, *15* (12), e05063.
- Libardo, M. D. J.; de la Fuente-Núñez, C.; Anand, K.; Krishnamoorthy, G.; Kaiser, P.; Pringle, S. C.; Dietz, C.; Pierce, S.; Smith, M. B.; Barczak, A.; et al. *Phagosomal Copper-Promoted Oxidative Attack on Intracellular Mycobacterium tuberculosis. ACS Infect. Dis.* **2018**, *4* (11), 1623-1634.
- Juliano, S. A.; Serafim, L. F.; Duay, S. S.; Heredia Chavez, M.; Sharma, G.; Rooney, M.; Comert, F.; Pierce, S.; Radulescu, A.; Cotten, M. L.; et al. *A Potent Host Defense Peptide Triggers DNA Damage and Is Active against Multidrug-Resistant Gram-Negative Pathogens. ACS Infect. Dis.* **2020**, *6*, 1250-1263.
- Prince, A.; Sandhu, P.; Ror, P.; Dash, E.; Sharma, S.; Arakha,

- M.; Jha, S.; Akhter, Y.; Saleem, M. Lipid-II Independent Antimicrobial Mechanism of Nisin Depends On Its Crowding And Degree Of Oligomerization. *Sci. Rep.* **2016**, *6* (1), 37908.
27. Delves-Broughton, J.; Weber, G. 3 - Nisin, natamycin and other commercial fermentates used in food biopreservation. In *Protective Cultures, Antimicrobial Metabolites and Bacteriophages for Food and Beverage Biopreservation*, Lacroix, C. Ed.; Woodhead Publishing, 2011; pp63-99.

## BIBLIOGRAFÍA ESENCIAL

Blum, D., *The Poison Squad: One Chemist's Single-Minded Crusade for Food Safety at the Turn of the Twentieth Century*. Penguin Publishing Group: 2018.

Msagati, A. M., *The Chemistry of Food Additives and Preservatives*. John Wiley & Sons: 2012.

## CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Angeles-Boza, A. M.: "La química en nuestros platos: los preservantes". *Revista de Química*, **2022** *36*(1), 35-41 <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/25324>