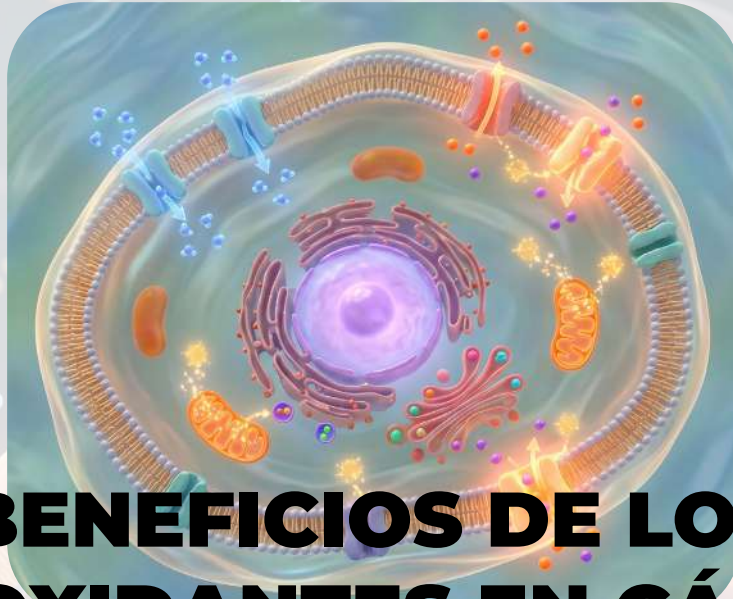




BENEFICIOS DE LOS ANTIOXIDANTES EN CÁNCER.

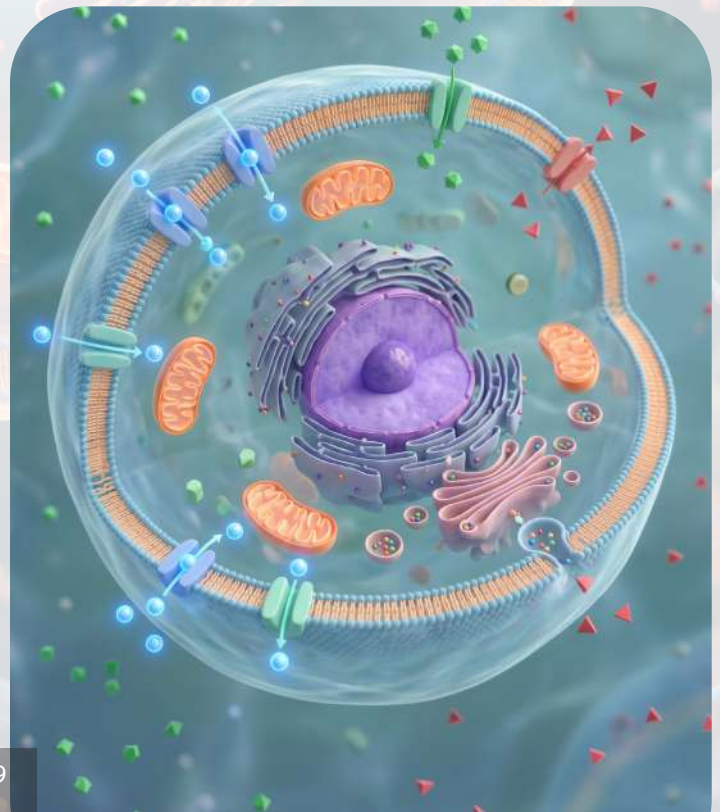
¿PROTECCIÓN REAL O MITO?

LO QUE DICE LA CIENCIA

Patricia López Moreno
Carmen Cerón Garnica
patricia.lopezmo@correo.buap.mx

El organismo humano requiere mantener un equilibrio constante entre las moléculas oxidantes y antioxidantes; cuando este balance se altera, ya sea por exceso o deficiencia, pueden generarse alteraciones celulares que favorecen el desarrollo de diversas enfermedades, incluido el cáncer. En las últimas dos décadas, los antioxidantes han creado un foco de atención para la prevención y tratamiento de enfermedades humanas como el cáncer (Halliwell, B., 2000; Henkel, R., 2024). La causa de los diferentes tipos de cáncer es multifactorial e involucra el estilo de vida, los hábitos alimenticios y el daño químico ambiental, entre otros factores. Las investigaciones realizadas para comprender la función de los antioxidantes sobre el cáncer han aumentado en los últimos años, tanto en el ámbito de prevención y durante el tratamiento de la enfermedad. Estos estudios se centran en los efectos que causa el desbalance oxidativo (Kuczyńska, et al., 2022). El proceso oxidativo

es una reacción química en donde una molécula, ion o átomo pierde electrones (radical libre) al estar en contacto con el oxígeno u otro agente oxidante, se oxida. Esto es, como cuando se corta una manzana y se deja sobre la mesa al aire (oxígeno), transcurrido un tiempo se observa que la manzana se pone de color café (Imagen 1).



En nuestro cuerpo los radicales libres se oxidan durante la respiración celular, y, otras reacciones, las cuales son importantes para mantener la homeostasis celular (Mecanismos autorreguladores que permiten a la célula mantener un ambiente interno estable, equilibrado y funcional). Los radicales libres en poca cantidad son necesarios para que el sistema inmune pueda destruir microorganismos, así como favorecer la multiplicación o proliferación, diferenciación y migración de las células entre otras funciones. Debido a diferentes factores como infecciones, inflamación crónica, envejecimiento, isquemia (disminución o falta de sangre en alguna parte del cuerpo), radiación UV, consumo excesivo de alcohol, dietas ricas en grasas o azúcares, la obesidad, entre otros; se incrementa excesivamente la producción de radicales libres, causando un problema llamado estrés oxidativo que causa un efecto tóxico y la progresión de distintas enfermedades como la aterosclerosis, anemia de células falciformes y favorece un entorno propicio para desarrollar cáncer (Kuczyńska, et al., 2022).

El estrés oxidativo se previene con antioxidantes, estos le ceden un electrón a los radicales libres y los neutralizan, estabilizándolos, deteniendo una reacción en cadena que es la causante de daño celular; de esta manera, se disminuye la progresión de enfermedades, envejecimiento prematuro y muerte celular (Kuczyńska, et., al. 2022; Henkel,R., 2024). Los antioxidantes, realizan la función de escudo ante los radicales libres, manteniendo un estado de homeostasis redox (equilibrio entre oxidantes y antioxidantes) esto lo podemos ver cuando agregamos unas gotas de limón sobre una manzana cortada y lo esparcimos, la dejamos al contacto con el aire, pasado un tiempo la manzana mantiene su color debido a que el limón contiene vitamina C que es un antioxidante (Imagen 1).

Efecto de oxidación y antioxidante en una manzana cortada



Imagen 1. Efecto de oxidación y antioxidante en una manzana cortada. Imagen tomada de: Imagen tomada de web site <https://triplenlace.com/2014/12/31/la-oxidacion-de-la-fruta/>

Los antioxidantes en el cuerpo se obtienen principalmente de manera exógena (no los produce el organismo) por el consumo de alimentos como verduras, legumbres, leguminosas, especias, semillas y frutas (Imagen 2); aunque el cuerpo produce algunos de ellos (síntesis endógena).



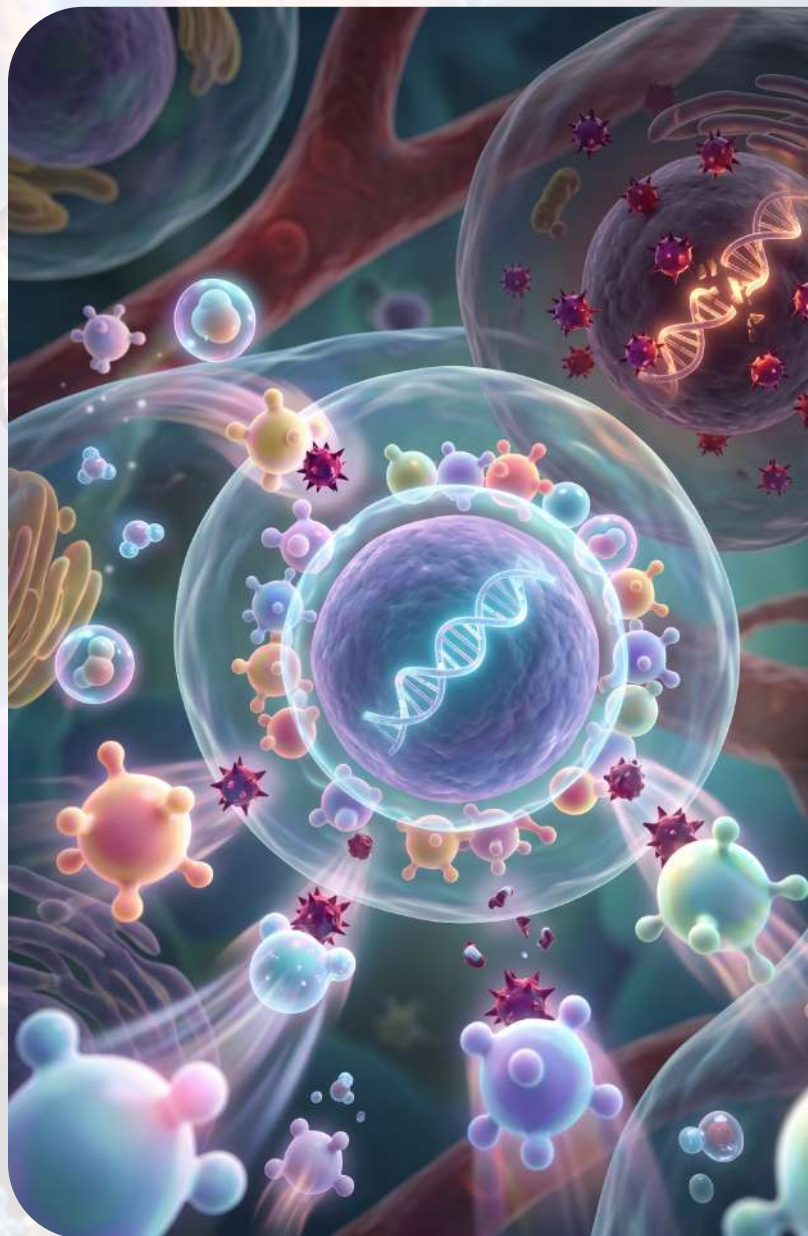
Imagen 2. Los alimentos son la principal fuente de obtención de antioxidantes exógenos. Imagen tomada de web site <https://quierocuidarme.dkves>

Los antioxidantes pueden prevenir el cáncer cuando se consumen de manera constante a través de la alimentación, creando un proceso antitumoral (prevención, detener o destruir el crecimiento de células cancerosas), al inhibir la proliferación celular (proceso en el cual las células aumentan en número a través de la división celular), la apoptosis celular (proceso ordenado y fisiológico que utiliza el organismo para eliminar células), e inducen ferroptosis (muerte celular dependiente de hierro que causa daño a la membrana de la célula). Por otro lado los antioxidantes pueden favorecer un proceso protumoral (favorecer el crecimiento de células cancerosas) al reducir las especies reactivas de oxígeno (ERO) más de lo normal, se causa inhibición de la oxidación lo que produce inflamación crónica, desarrollando resistencia a tratamientos de quimioterapia, induciendo a la angiogénesis (proceso fisiológico de formación de nuevos vasos sanguíneos a partir de vasos preexistentes) que alimentan a las células cancerosas con oxígeno y nutrientes favoreciendo su expansión y metástasis (propagación de células cancerosas desde el tumor original a otras partes del cuerpo). Por lo cual, los antioxidantes tienen un papel paradójico en el desarrollo de células cancerosas, es decir, pueden favorecer un proceso antitumoral o protumoral dependiendo del tipo de antioxidante, la cantidad, utilización terapéutica y el tiempo de tratamiento.

Antioxidantes endógenos y su relación con cáncer

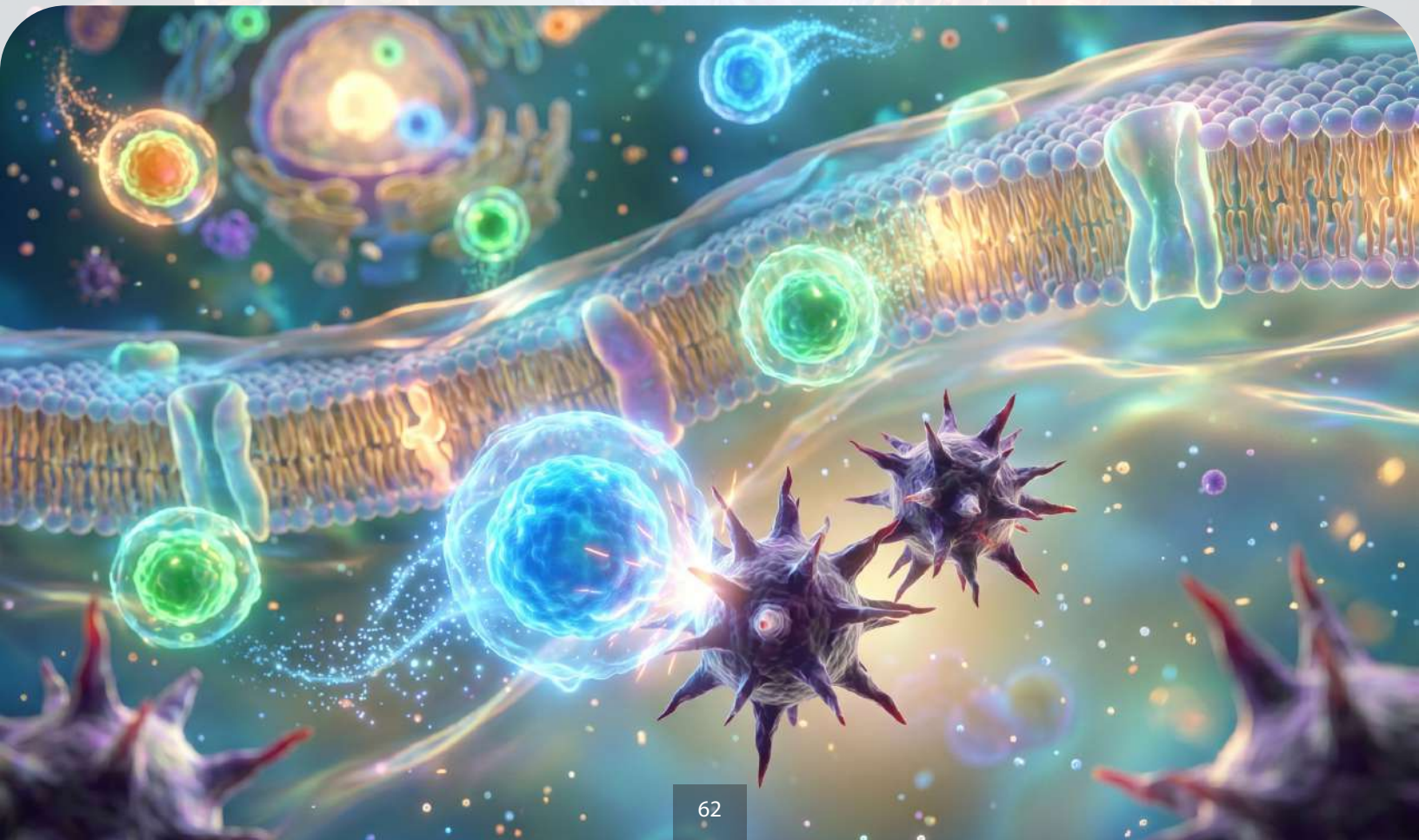
Los antioxidantes endógenos, son moléculas producidas en el cuerpo, actúan como primera línea de defensa, previenen el estrés oxidativo, el daño celular y envejecimiento.

Algunos son enzimas que tienen la función de acelerar las reacciones químicas, convirtiendo los radicales libres en sustancias menos tóxicas para el organismo como la superóxido dismutasa (SOD), la catalasa; otras, son hormonas (moléculas que regulan la función celular) como la melatonina que al mantener un equilibrio en el organismo favorecen la captación y neutralización de radicales libres, el glutatión que es un tripéptido y es el antioxidante más abundante producido por las células. Los antioxidantes endógenos, previenen el cáncer neutralizando los radicales libres y previenen el daño celular.



Las enzimas catalasa (CAT) y glutatión peroxidasa (GPX), neutralizan los radicales libres como el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) que es una ERO que se forma cuando el oxígeno captura electrones, convirtiéndose primero en superóxido (un tipo de radical libre), y luego en peróxido de hidrógeno. El H_2O_2 es importante para la señalización intra y extracelular, en bajas concentraciones el H_2O_2 participa en la proliferación, la inmunidad y el metabolismo, pero en concentraciones elevadas causa estrés oxidativo favoreciendo un medio para el desarrollo de células cancerosas. Si este estrés no se neutraliza se puede producirse muerte celular (Mirończuk-Chodakowska et al., 2018; Kuczyńska, et al., 2022). La melatonina es una hormona (moléculas que regulan la función celular) que regula el sueño y los ritmos circadianos (ciclos de 24 horas que responden a la luz-oscuridad en el ambiente como cambios físicos, mentales y conductuales), es un antioxidante muy potente y ejerce un efecto antiinflamatorio, tiene la capacidad de inhibir el crecimiento y la proliferación de células cancerosas, por lo

que se recomienda dormir las horas adecuadas respecto a la edad (Ahmad, et al., 2023). El Glutatión (GSH) se encuentra dentro de las células la cual neutraliza radicales libres, elimina toxinas y metales pesados a través del hígado, restaura la actividad antioxidante de las vitaminas C y E, favorece la expresión génica, la señalización celular y la proliferación homeostática redox. En cáncer los niveles elevados de Glutatión (GSH) genera resistencia a fármacos oncogénicos y contribuye a la progresión neoplásica en algunos tipos de cánceres causado por la regulación de las células tumorales que tienden a modificar el ambiente celular. Las células tumorales tienen niveles elevados de ERO por lo tienden a regular a su favor a los antioxidantes endógenos modificando el microambiente, también se ha encontrado que las células cancerosas utilizan exomas para comunicación y producen desregularización celular que interfiere con el desarrollo, diferenciación y función de las células tanto sanas como dañadas (Elda, V., G., 2023).



Antioxidantes exógenos y su relación con cáncer

Los antioxidantes exógenos los obtenemos de los alimentos. Los más conocidos son las vitaminas, los polifenoles y flavonoides. En el caso de las vitaminas, estas pueden ser de dos tipos: hidrosolubles (aquellas que se disuelven en agua) como la vitamina C, mientras que otras pueden ser liposolubles (aquellas que se disuelven en grasas) como la vitamina E, vitamina A y carotenoides.

La vitamina C (ácido ascórbico) la encontramos en frutas como: naranjas, limones, fresas, kiwis, guayaba, melón, verduras, pimientos, tomates, brócoli, espinacas, coles y patatas. Es el antioxidante exógeno más importante para el cuerpo humano, refuerza el sistema inmune, es importante para la producción de colágeno, huesos, cartílago entre otras funciones. La ingesta de vitamina C por debajo de la dosis diaria recomendada y la suplementación con vitamina C en dosis altas, se asocia con un mayor daño al ADN causado por los radicales libres (Kuczyńska, M., et al., 2022).

La vitamina E (tocoferoles y tocotrienoles) la encontramos en semillas, frutos secos, aceites vegetales, cebada, avena, salvado de arroz, centeno, germen de trigo; en frutas, huevos, queso y mariscos. En el organismo se encuentra principalmente en membranas celulares y las protege de la oxidación al neutralizar a los radicales peróxidos. La suplementación en exceso de vitamina E aumenta el riesgo de presentar cáncer de próstata en los hombres y en altas dosis puede producir la muerte (Kuczyńska, M., et al., 2022).



La vitamina A (Carotenos como alfa y beta), licopenos, astaxantinas. Los encontramos en frutas y verduras anaranjadas y amarillas como: mango, melón, albaricoques, zanahorias, calabaza, batatas, pimientos, también, en algas y hongos. Su consumo es importante para la visión especialmente nocturna, fortalece el sistema inmune, mantiene piel y mucosas sanas, disminuye el estrés oxidativo y regula el ciclo celular. Se ha encontrado que dar suplementos de carotenos tiene efectos benéficos en cáncer gástrico, en contraste, su consumo agrava el cáncer de pulmón. El consumo como suplemento sin vigilancia adecuada es letal. (Chen, et al., 2021; Kuczyńska, M., et al., 2022).

Los polifenoles son los antioxidantes más abundantes que forman parte de la alimentación, los encontramos en todos los alimentos de origen vegetal y hongos. Existe una gran diversidad como los ácidos fenólicos, curcumina, isoflavonoides, estilbenos, lignanos, acacetina y polímeros fenólicos. Tiene la capacidad de eliminar especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, quelar iones metálicos específicos (unión a metales), modular las vías de señalización de la inflamación y aumenta el nivel y la actividad de las enzimas antioxidantes, al tiempo que reduce las que tienen efectos oxidativos (Cecerska-Heryć, et., al. 2024).

Los flavonoides son un tipo de compuestos fenólicos que incluye a más de 10,000 moléculas que se clasifican en subfamilias siendo las principales los flavonoles, flavonas, flavanonas, antocianinas. Existen una gran variedad química de ellos que se caracterizan porque le dan color a los vegetales. Por ejemplo, los pigmentos de colores amarillo, azul, rojo, violeta, azulado, blanco de flores y frutos tienen la función de realizar señales químicas como atraer a los polinizadores, estos pigmentos también sirven como defensa y tienen un efecto enzimático de protección contra estrés abiótico (luz UV) y biótico (pa-



Imagen 3. La mayor cantidad de polifenoles como los flavonoides los encontramos en la cáscara de los vegetales. Nota. Adaptado de "Leveraging MLLM Embeddings and Attribute Smoothing for Compositional Zero-Shot Learning", por Anonymous authors, under review as a conference paper at ICLR 2025 (<https://openreview.net/pdf/5a5671526c090b0fdd2b203308cb0baad25bda4c.pdf>) Modificado con Copilot (Google, 2026): "[cambiar a fondo blanco]"

tógenos); algunos ejemplos de flavonoides son: flavonoles, presentes cebollas, brócoli, té verde, manzanas; las antocianinas, que se encuentran en arándanos, uvas moradas, berenjenas y fresa constituyen hasta aproximadamente 30% de su masa seca; las flavonas, presentes en apio, perejil, pimientos; flavanonas: cítricos, limón, naranja, toronja, isoflavonas: soja, legumbres y leguminosas. La mayor cantidad de flavonoides se encuentra en la cascara o recubrimiento de los vegetales. Si se le quita la cascara a una manzana se está eliminando hasta un 50% de sus propiedades como antioxidante (Imagen 3) (Slika, et., al.2022).

Polifenoles antioxidantes más abundantes en la alimentación

En el organismo los flavonoides participan en diferentes mecanismos importantes como eliminar especies reactivas de oxígeno, inhibir a las enzimas oxidasas responsables de producir el anión superóxido, la quelación de metales traza, la activación de enzimas antioxidantes, catalizar el transporte de electrones, además, tienen una función antiinflamatoria. Adicionalmente, tienen un efecto dual, ya que, en presencia de células cancerosas, y, dependiendo el tipo de cáncer pueden tener efecto prooxidante o antioxidante. Los flavonoides son candidatos atractivos para las terapias contra el cáncer, sin embargo, aún se sigue evaluando su eficacia y seguridad para ser utilizados en el tratamiento para el cáncer (Slika, et., al.2022).

Dos polifenoles que han generado un alto interés en los investigadores son la curcumina y la acacetina. La curcumina se obtiene de la Cúrcuma, es utilizada como saborizante y colorante en los alimentos, tiene un color amarillo. Diversas investigaciones muestran que tiene efectos antiinflamatorios, antioxidante y anticancerígeno, entre otros. En células tumorales induce la muerte por medio de autofagia (proceso celular de “autoconsumo” y reciclaje por ella misma), ferroposis, por la unión a diversas enzimas tumorales e induce daño mitocondrial, aumentando la producción de ROS para inducir la muerte celular tumoral. La curcumina ha mostrado tener un efecto doble en función de la dosis y duración del tratamiento; tiene baja solubilidad y disponibilidad en el organismo por lo que se debe evaluar la formulación, toxicidad y la forma de prescripción (Cao, X, et al., 2022; Hu Y, et al., 2024).

Por otra parte, la acacetina se encuentra en diversos vegetales como el crisantemo, cártamo, propóleo y hierbas culinarias como el tomillo, romero, cascara de cítricos. Presenta diversas acciones farmacológicas como antiinflamatorio, antioxidante, hepatoprotector y anticancerígeno, este último se realiza por la supresión de angiogénesis e induce la apoptosis y otras vías reguladoras de muerte celular. Sin embargo, dichas investigaciones solo se han realizado en animales y cultivos celulares, pero no en humanos (Jang, J. Y., et al., 2025).



El consumo de antioxidantes es favorable cuando provienen de productos naturales y de manera preventiva, por ello se recomienda consumir una dieta balanceada rica en frutas, verdura, semillas y especias, las cuales son una fuente rica en antioxidantes naturales. Diversos estudios han mostrado que estos compuestos, tienen un efecto protector, asociándose con una menor probabilidad de desarrollar cáncer. Sin embargo, el abuso del consumo de antioxidantes utilizado como suplemento rompe el balance prooxidante-antioxidante actuando este último como un inmunosupresor y favoreciendo el desarrollo de enfermedades malignas pues compromete el sistema inmunitario natural y puede causar daño a las células y al ADN. Antes de administrar suplementos o complementos se deben realizar pruebas bioquímicas de rutina para determinar el estrés oxidativo del cuerpo y de antioxidantes para evitar su uso de manera indiscriminada (Halliwell B., 2020; Cervantes-Valencia, M.E., et al., 2024).

Referencias

Ahmad, S. B., Ali, A., Bilal, M., Rashid, S. M., Wani, A. B., Bhat, R. R., & Rehman, M. U. (2023). Melatonin and Health: Insights of Melatonin Action, Biological Functions, and Associated Disorders. *Cellular and molecular neurobiology*, 43(6), 2437–2458. <https://doi.org/10.1007/s10571-023-01324-w>

- Cao, X., Li, Y., Wang, Y., Yu, T., Zhu, C., Zhang, X., & Guan, J. (2022). Curcumin suppresses tumorigenesis by ferroptosis in breast cancer. *PloS one*, 17(1), e0261370. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261370>
- Cecerska-Heryć, E., Wiśniewska, Z., Serwin, N., Polikowska, A., Goszka, M., Engwert, W., Michałó, J., Pękała, M., Budkowska, M., Michalczyk, A., & Dołęgowska, B. (2024). Can Compounds of Natural Origin Be Important in Chemoprevention? Anticancer Properties of Quercetin, Resveratrol, and Curcumin—A Comprehensive Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(8), 4505. <https://doi.org/10.3390/ijms25084505>
- Cervantes-Valencia, M.E., López-Valdez, N., Rojas-Lemus, M., González-Villalva, A., Morales-Ricardes, G., Bizarro-Neves, P., Ustarroz-Cano, M., Salgado-Hernández, J. Á.I., Mendoza-Martínez, S., Lamas-Orozco, L.M., & Fortoul, T.I., (2024). Antioxidantes naturales y su efecto contra el estrés oxidante provocado por la contaminación por material particulado. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 67(4), 7-20. 04 de octubre de 2024. <https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2024.67.4.02>
- Chen, Q. H., Wu, B. K., Pan, D., Sang, L. X., & Chang, B. (2021). Beta-carotene and its protective effect on gastric cancer. *World journal of clinical cases*, 9(23), 6591–6607. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v9.i23.6591>
- Elda Valenti, G., Tasso, B., Traverso, N., Domenicotti, C., & Marengo, B. (2023). Glutathione in cancer progression and chemoresistance: an update. *Redox Experimental Medicine*, Article e220023, e220023. Retrieved Jan 21, 2026, from <https://doi.org/10.1530/REM-22-0023>.
- Halliwel B. The antioxidant paradox. *Lancet*. 2000 Apr 1;355(9210):1179-80. doi: 10.1016/S0140-6736(00)02075-4. PMID: 10791396.
- Henkel, R. (2024). Antioxidant Paradox. In: Andreescu, S., Henkel, R., Khelfi, A. (eds) *Biomarkers of Oxidative Stress*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-69962-7_14
- Hu, Y., Cheng, L., Du, S., Wang, K., & Liu, S. (2023). Antioxidant curcumin induces oxidative stress to kill tumor cells (Review). *Oncology letters*, 27(2), 67. <https://doi.org/10.3892/ol.2023.14200>
- Jang, J. Y., Kim, D., Im, E., Lee, N. K., & Kim, N. D. (2025). Molecular Mechanism Discovery of Acacetin Against Cancers: Insights from Network Pharmacology and Molecular Docking. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(19), 9433. <https://doi.org/10.3390/ijms26199433>
- Kuczyńska, M., Jakubek, P., & Bartoszek, A. (2022). More than Just Antioxidants: Redox-Active Components and Mechanisms Shaping Redox Signalling Network. *Antioxidants*, 11(12), 2403. <https://doi.org/10.3390/antiox11122403>
- Mirończuk-Chodakowska, I., Witkowska, A. M., & Zujko, M. E. (2018). Endogenous non-enzymatic antioxidants in the human body. *Advances in Medical Sciences (Elsevier Inc.)*, 63(1), 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.advms.2017.05.005>
- Slika, H., Mansour, H., Wehbe, N., Nasser, S. A., Iratni, R., Nasrallah, G., Shaito, A., Ghaddar, T., Kobeissy, F., & Eid, A. H. (2022). Therapeutic potential of flavonoids in cancer: ROS-mediated mechanisms. *Biomedicine & pharmacotherapy*, 146, 112442. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112442>

