**Impacto de la post cosecha y la industrialización en los carotenoides presentes en frutas y hortalizas**

**Disertante: Dra. Gabriela Denoya**

**CV Resumido:**

La Dra. Denoya es licenciada en Ciencia y Tecnología de Alimentos y Doctora en Ciencias Bioquímicas recibida en la facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA. Actualmente coordinadora del área de procesamiento y análisis físicos y sensoriales del Instituto Tecnología de Alimentos del INTA Castelar y es investigadora del CONICET. Además, es docente (JTP) de la materia Procesos Industriales de la carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad de Morón.

**Resumen de la conferencia**

No hay miembros del Reino Animal, incluidos los humanos, que puedan sintetizar carotenoides. Incluso aquellos animales (aves, peces, invertebrados) en los cuales los carotenoides cumplen una función de coloración en su piel, los obtienen de la dieta. Aunque en los humanos, no cumplen esa función, análisis de la sangre y tejidos humanos indican un contenido significativo de carotenoides en los mismos y está asociado con la buena salud y un riesgo reducido de contraer enfermedades. Además, ciertos carotenoides son precursores de la vitamina A, micronutriente indispensable para mantener el estado de salud de las personas. La deficiencia de vitamina A es muy común en personas de países en desarrollo y conduce a disfuncionalidad celular, xeroftalmia, retardo en el crecimiento, incremento en la susceptibilidad a infecciones y, en algunos casos, ceguera. Si bien algunos carotenoides se agregan a los alimentos como colorantes, o se consumen como suplementos, la mayoría se ingiere naturalmente con la dieta, especialmente proveniente de los vegetales (Britton & Khachik, 2009).

Las frutas y hortalizas son fuentes ricas en carotenoides. Las mismas son procesadas de diferentes maneras antes de consumir. Aunque se promueve el consumo de vegetales frescos, sin procesar, esto no es siempre posible debido a razones de costo, estacionalidad, necesidad de facilitar su digestibilidad y/o palatabilidad o de acondicionarlos para mejorar su presentación al consumidor. Además, las frutas y hortalizas son altamente perecederas y por lo tanto deben ser procesadas (ej. congeladas, agregado de azúcar u otros compuestos) para su preservación (Thane & Reddy, 1997).

La característica estructural de los carotenoides es el extenso sistema de dobles enlaces conjugados que consiste en la alternancia de dobles y simples enlaces carbono-carbono. Esto usualmente se conoce como la cadena poliénica. Esta porción de la molécula, también conocida como cromóforo, es la responsable de la habilidad de los carotenoides de absorber luz en la región del visible y, en consecuencia, de su marcada capacidad de coloración y, también, de su capacidad antioxidante. Los carotenoides son hidrofóbicos, lipofílicos y prácticamente insolubles en agua. Se disuelven en solventes orgánicos como acetona, alcohol, cloroformo, hexano. Por otra parte, los carotenoides asociados a proteínas son estables en entornos acuosos y cambian su color con esa asociación. Es así que, por ejemplo, los crustáceos azulados, violáceos o bordó, se vuelven rojos luego de la cocción ya que las proteínas se desnaturalizan y liberan el carotenoide astaxantina cambiando su color (Rodriguez-Amaya, 1997).

La cadena poliénica es también paradójicamente la causa de la inestabilidad de los carotenoides incluyendo su susceptibilidad a la oxidación (combinación con oxígeno) e isomerización geométrica (cambio de la geometría del enlace doble). El calor, la luz y los ácidos promueven la isomerización de los carotenoides *trans* (su configuración habitual en la naturaleza) a la forma *cis*. La oxidación (enzimática o no enzimática) y la isomerización, las causas principales de degradación de carotenoides, depende del oxígeno disponible, la estructura de los compuestos y su condición física. La luz, calor, metales, enzimas y peróxidos estimulan la oxidación que es inhibida por los antioxidantes tales como tocoferoles (vitamina E) y ácido ascórbico (vitamina C). Por otra parte, el procesamiento de los vegetales puede contribuir al aumento en la biodisponibilidad de los carotenoides: por la desnaturalización de las proteínas, por aumento en la destrucción mecánica del tejido y por la isomerización de *trans* a *cis*, ya que la forma *cis* está más biodisponible (Dutta y col., 2005; Howard y col., 1999; Serrano y col., 2011).

En la mayoría de las frutas carotenogénicas, la maduración es acompañada de un aumento de la biosíntesis de carotenoides, la cual aumenta considerablemente los niveles de los carotenoides, incluyendo a las pro-vitaminas A. A medida que la clorofila se descompone y los cloroplastos se convierten en cromoplastos, el patrón de carotenoides de los cloroplastos se transforma en una composición compleja y los carotenoides aumentan en forma significativa, tanto en número como en cantidad, especialmente los pigmentos principales. En ese tipo de vegetales, la carotenogénesis puede continuar durante la post-cosecha en productos intactos. Sin embargo, en las frutas que permanecen verdes cuando maduran y en aquellas que deben su color a antocianinas, la pequeña cantidad de carotenoides tiende a disminuir durante la maduración y a degradarse durante el almacenamiento, especialmente a temperaturas elevadas y bajo condiciones favorables a la marchitez (Britton & Khachik, 2009; Rodríguez-Amaya, 1997).

El contenido de los carotenoides en los vegetales procesados depende del contenido de carotenoides de la materia prima, de las condiciones y la naturaleza del procesamiento (industrial o doméstico), de las condiciones de almacenamiento y de si hubo una incorporación adicional de compuestos para fortificar el producto o para restablecer las pérdidas durante el procesamiento.

A pesar de su susceptibilidad a la descomposición, se pueden retener los carotenoides durante el procesamiento industrial si se siguen buenas prácticas tecnológicas. En cuanto a los tratamientos térmicos, se recomienda el procesamiento a la temperatura más baja por el tiempo más breve, pero el procesamiento a alta temperatura y tiempo corto es una buena alternativa (Rodriguez-Amaya, 1997).

El escaldado es un tratamiento térmico moderado orientado a inactivar enzimas en productos frutihortícolas (frutas, legumbres y hortalizas). Esta operación puede reducir el contenido de carotenoides en forma inicial pero prevendrá pérdidas posteriores y mayores durante el procesamiento (especialmente en el procesamiento lento) y almacenamiento. Si bien durante el escaldado se producen pérdidas de micronutrientes por lixiviación, en el caso de los carotenoides, al ser liposolubles esta pérdida llega solamente al 5-13%. Por otra parte, con esta operación se inactivan las enzimas lipooxigenasa y peroxidasa que están relacionadas con la degradación de carotenoides (Thane & Reddy, 1997).

En general, cuando los vegetales se procesan en agua, como en el hervido, la retención de carotenoides es mayor que en el caso de los que se procesan en aceite, como en el fritado, dada la condición de liposolubles de los carotenoides, contribuyendo a una mayor pérdida por lixiviación de los compuestos al medio de cocción (Provesi & Amante, 2015).

La deshidratación de vegetales, en cambio, produce 10-20% de pérdidas de carotenoides. Con el incremento de la superficie del área a deshidratar o en productos en polvo se aumenta la pérdida de carotenoides mediante auto-oxidación a menos que sean protegidos del aire y la luz. Dependiendo de la exposición a estos factores, diferente tipo de deshidratado tiene diferente impacto sobre los carotenoides (Ej. liofilizado: 85% de retención, Secado convencional con aire caliente: 80%, secado e inflado con explosión: 72%). El secado al sol es el medio más barato, pero ocurren pérdidas considerables de carotenoides. Secar con un secador solar y proteger al alimento de la luz solar directa minimiza la destrucción de la pro-vitamina A. El escaldado con el objeto de inactivar las enzimas de deterioro también reduce las pérdidas durante el secado y almacenamiento (Rodríguez-Amaya, 1997).

Algunos vegetales (ej. Duraznos, tomates y zanahorias) requieren un pelado (con agua caliente, solución de NaOH caliente o peladoras mecánicas o abrasivas) antes de someterse a un enlatado. Los carotenoides están protegidos naturalmente en los tejidos vegetales; al cortar las frutas y hortalizas en pedazos pequeños o al macerar aumenta la exposición al oxígeno y pone en contacto los carotenoides con las enzimas que catalizan la oxidación de los carotenoides. Es así como, el pelado y la extracción de jugo pueden causar una mayor reducción de carotenoides que el tratamiento térmico. Entonces, los vegetales que se enlatan sin pelar presentan una mayor retención de carotenoides. Si se utiliza una materia prima rica en provitamina A es posible garantizar un producto final con un alto contenido de la misma incluso a pesar de algunas pérdidas que ocurren durante el procesamiento (Thane & Reddy, 1997).

Por otra parte, generalmente la operación de congelado no afecta el contenido nutricional del producto. Las pérdidas de vitaminas ocurren en las etapas previas de preparación, durante el almacenamiento congelado o durante el descongelado, especialmente cuando el producto no ha sido previamente escaldado. En general, las pérdidas de β-caroteno en vegetales durante 2 años de almacenamiento congelado son <20% (Dutta y col., 2005).

La retención de los carotenoides de los productos frutihortícolas durante el almacenamiento se encuentra afectada por el envasado de los productos, siendo la atmósfera modificada una de las estrategias más efectivas para prevenir la pérdida de carotenoides al disminuir la concentración de O2 en el espacio de cabeza que existe dentro del envase que contiene al vegetal (Kalt, 2005). Más aún, la exclusión de oxígeno, como por ejemplo a través del vacío o llenado en caliente, envases impermeables al oxígeno, o atmósfera inerte; protección de la luz; y almacenamiento a temperaturas bajas protegen a los carotenoides de la descomposición (Rodriguez-Amaya, 1997).

Los antioxidantes de los vegetales (naturales o adicionados), el tratamiento con sales y el sulfitado pueden reducir la degradación de carotenoides. Además, la exclusión del oxígeno, la protección de la luz y la baja temperatura, disminuyen la descomposición de los carotenoides durante el almacenamiento (Dutta y col., 2005).

Otro factor que puede contribuir a reducir el impacto del procesamiento en el contenido de carotenoides de frutas y hortalizas es el reemplazo de tecnologías convencionales de preservación por las nuevas tecnologías, como las altas presiones hidrostáticas (McInerney y col., 2007).

**Bibliografía**

Britton, G., & Khachik, F. (2009). Carotenoids in food. In *Carotenoids* (pp. 45-66). Birkhäuser Basel.

Dutta, D., Chaudhuri, U. R., & Chakraborty, R. (2005). Structure, health benefits, antioxidant property and processing and storage of carotenoids. *African Journal of Biotechnology*, *4*(13).

Howard, L. A., Wong, A. D., Perry, A. K., & Klein, B. P. (1999). β‐Carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. *Journal of Food Science*, *64*(5), 929-936.

Kalt, W. (2005). Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *Journal of food science*, *70*(1), R11-R19.

McInerney, J. K., Seccafien, C. A., Stewart, C. M., & Bird, A. R. (2007). Effects of high pressure processing on antioxidant activity, and total carotenoid content and availability, in vegetables. *Innovative food science & emerging technologies*, *8*(4), 543-548.

Provesi, J. G., & Amante, E. R. (2015). Carotenoids in pumpkin and impact of processing treatments and storage. In *Processing and Impact on Active Components in Food* (pp. 71-80). Academic Press.

Rodriguez-Amaya, D. B. (1997). *Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods* (pp. 1-93). Arlington, VA: John Snow Incorporated/OMNI Project.

Serrano, M., Díaz-Mula, H. M., & Valero, D. (2011). Antioxidant compounds in fruits and vegetables and changes during postharvest storage and processing. *Stewart Postharvest Review*, *7*(1).

Thane, C., & Reddy, S. (1997). Processing of fruit and vegetables: effect on carotenoids. *Nutrition & Food Science*, *97*(2), 58-65.