

Carotenoides: nutrientes de oro*

Carotenoids: golden nutrients

MIKE GURR¹

RESUMEN

Los carotenoides son de interés para los tecnólogos de alimentos por sus colores y para los nutricionistas como precursores de la vitamina A y, más recientemente, por su habilidad para barrer con los radicales libres. La actividad de los carotenos de la provitamina A depende de su estructura y de la fuente alimenticia de donde provienen, y frecuentemente se ha expresado como «equivalentes de retinol». Una regla básica es que en una dieta mixta, 6 microgramos de caroteno representan un microgramo de equivalentes de retinol. Trabajos recientes, en Indonesia, sugieren que un consumo regular de vegetales de hoja verdes, que con frecuencia se recomiendan como una buena fuente de vitamina A, no es suficiente para mejorar el nivel de vitamina A de mujeres y niños con riesgo de deficiencia de vitamina A. El aceite rojo de palma, que contiene beta-caroteno en abundancia con gran biodisponibilidad, podría ser una manera más efectiva para combatir la tan común deficiencia de vitamina A.

SUMMARY

Carotenoids are interesting to food technologists for their colours and to nutritionists as precursors of vitamin A and, more recently, for their ability to scavenge free radicals. The provitamin A activity of carotenes depends on their structures and their food source and has often been expressed as 'retinol equivalents'. A rule of thumb has been that, in a mixed diet, 6 micrograms of carotene represent 1 microgram of retinol equivalents. Recent work in Indonesia suggests that regular consumption of green leafy vegetables, frequently recommended as providing a good source of vitamin A, does little to improve vitamin A status of women and children who are at risk of vitamin A deficiency. Red palm oil, containing abundant beta-carotene with high bioavailability, may be a more effective vehicle for combating widespread vitamin A deficiency.

Palabras claves: Aceites, Carotenoides, Retinol, Vitaminas, Aceite rojo de palma

* Tomado de: Lipid Technology (Reino Unido) v.8 no. 1, p. 15-18.1996. Traducido por Fedepalma.

¹ Profesor. Especialista en aspectos de salud de las grasas. Maypole Scientific Services, Vale View Cottage, Maypole, St. Mary's, Isles of Scilly TR21 DNV, United Kingdom.

LOS CAROTENOIDES EN ACEITES COMESTIBLES Y ALIMENTOS

Los carotenoides son pigmentos solubles en grasas, con colores que van del amarillo al rojo, que se encuentran en las hojas, flores y frutos y como un resultado del alimento ingerido, también se encuentran en los tejidos animales. Se pueden distinguir dos tipos principales: Los carotenos son hidrocarburos de tetraterpeno con la fórmula empírica $C_{40}H_{56}$ (Fig. 1). Ellos forman la principal materia colorante de las zanahorias, la mantequilla, las yemas de los huevos y el aceite rojo de palma. De los tres isómeros principales, *alpha*-, *beta*- y *gamma*-, el más abundante es el beta-caroteno. El interés principal para los nutricionistas ha sido su papel como precursor de la vitamina A. En la industria de alimentos ha sido utilizado como un agente colorante (conocido como E160).

Las xantófilas son pigmentos oxigenados de color amarillo que tienen la fórmula empírica $C_{40}H_{56}O_2$. La luteína y la zeaxantina son derivados dihidroxidos de los carotenos *alpha*-, y *beta*- respectivamente, y también se utilizan en la industria de alimentos como agentes colorantes (E 161).

Aunque los carotenoides individualmente se están volviendo de mayor interés para los nutricionistas por razones que más adelante se explicarán, en este artículo, se enfatizará el beta-caroteno. La Tabla 1 ilustra el amplio rango de concentraciones de beta-caroteno que se encuentra en diferentes tipos de alimentos (McCance y Widdowson's 1978, 1989; Rukmini 1994). Hasta ahora, la fuente más abundante es el aceite rojo de palma (Rukmini 1994).

ACTIVIDAD DE LA VITAMINA A

La ceguera nocturna se reconoció por primera vez en la China antigua y en Egipto, y su nombre clínico, xeroftalmia, se lo dio el médico romano Celso.

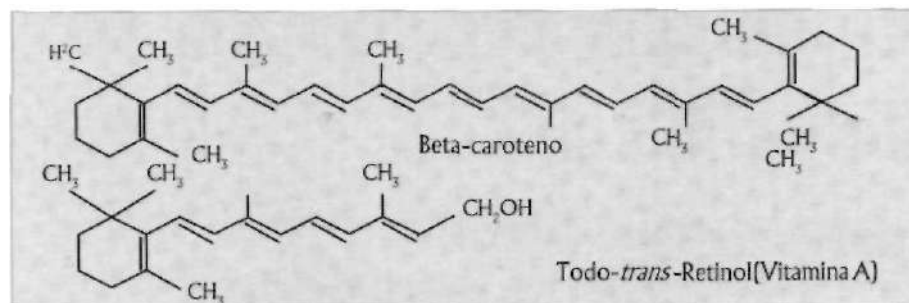


Figura 1. Estructura molecular del beta-caroteno y de todo-trans-retinol

Tabla 1. Contenidos de retinol y de B-caroteno en algunos alimentos crudos (microgramos/100g; Tr = trazas). Todos los valores son tomados de MacCance y Widdowson [1978, 1989], excepto los del aceite rojo de palma que son de Rukmini [1992].

Alimento	Retinol	Beta-caroteno
Alimentos animales		
Leche	52	21
Queso	325	225
Huevos	190	Tr
Hígado	14.000	100
Mantequilla	815	430
Aceite de hígado de bacalao	18.000	Tr
Aceite de hígado de hipogloso	900.000	Tr
Alimentos vegetales		
Papa	0	Tr
Repollo	0	300
Espinaca	0	6000
Alverja	0	80
Zanahoria	0	1200
Tomate	0	600
Aceite rojo de palma	0	37.500

Sólo hasta 1816 se supo que su causa principal era una deficiencia nutricional, cuando Magendie la describió que ocurría en perros cuando se suministraban dietas que contenían únicamente gluten de trigo, almidón, azúcar y aceite de oliva. McCollum y Davies aislaron el factor alimenticio accesorio «A soluble en grasas» en 1913, pero la explicación de la estructura de la vitamina A (todo-trans-retinol) y su formación biológica del beta-caroteno, tuvo que esperar hasta 1930 (McLaren et al. 1993).

La vitamina A participa en el proceso de la visión y también está involucrada en el control de la diferenciación celular. El requerimiento promedio estimado para un adulto es de 400-500 microgramos por día y la «Referencia sobre el Consumo de Nutrientes» (que se calcula que sea una cantidad diaria que pueda satisfacer las necesidades de la mayor parte de la población) se ha determinado en 600-700 microgramos por día en el Reino Unido (Department of Health 1991).

Cerca de las dos terceras partes del consumo de vitamina A, en el Reino Unido, proviene del pre-formado retinol y una tercera parte de los precursores, especialmente el beta-caroteno. Debido a que es menor la actividad de vitamina A del beta-caroteno accesible al cuerpo que del retinol, se ha vuelto costumbre expresar el contenido de vitamina A en los alimentos en términos de los

equivalentes de retinol. Ultimamente se está estudiando con mayor interés, y se ha convertido en tema de debate, la cantidad de carotenos en los alimentos que tienen una actividad específica de vitamina A.

EL CONCEPTO DE LA BIODISPONIBILIDAD

Un concepto importante en nutrición es el de la biodisponibilidad de un nutriente. Esto quiere decir, la proporción del nutriente consumido en la dieta diaria que es utilizado por el cuerpo. Por lo tanto, la eficiencia de la digestión en los intestinos y la absorción en la sangre se deben tomar en cuenta, así como la captación de la forma activa del nutriente de la circulación a los tejidos donde él puede llevar a cabo su función. En cada uno de estos pasos hay una oportunidad para que una proporción del nutriente se pierda para el cuerpo o que de otra manera no se pueda utilizar, de modo que la cantidad que es biodisponible puede ser mucho menor que la cantidad consumida en el alimento.

De lo anterior se concluye que la cantidad de un nutriente en el alimento consumido puede ser una guía poco valiosa para saber el valor nutritivo del alimento con respecto a ese nutriente. Un buen ejemplo es la biodisponibilidad de hierro proveniente de diferentes alimentos. Aunque la espinaca, tan reverenciada por Popeye, es una rica fuente de hierro, muy poco de ese hierro puede ser utilizado, especialmente si la vitamina C (que es un poderoso intensificador de la absorción del hierro) que contiene esta verdura ha sido destruida durante la cocción.

La biodisponibilidad puede depender de muchos factores. Estos incluyen: las propiedades del alimento en el cual es transportado el nutriente; la presencia de otros nutrientes en la dieta, los cuales pueden intensificar o inhibir la absorción; o factores intrínsecos al cuerpo mismo, como los mecanismos por medio de los cuales el nutriente es absorbido y transportado en el cuerpo.

El retinol pre-formado en los alimentos animales, una molécula relativamente pequeña que contiene un grupo polar, se absorbe con una eficacia de aproximadamente el 80% siempre y cuando haya suficiente cantidad de grasa en la dieta para ayudar a su absorción. El caroteno, una molécula apolar más grande, se absorbe, a lo sumo, con casi sólo la mitad de la eficiencia del retinol. La conversión a retinol ocurre principalmente en las células que forman parte del revestimiento del intestino delgado, y su eficacia puede

variar considerablemente entre las especies y entre los individuos, y puede ser influenciada por la condición de los intestinos. Siempre ha sido una regla práctica que en las dietas normales, un microgramo de equivalentes de retinol corresponde a 6 microgramos de *beta*-caroteno. Sin embargo, en la leche y otros productos lácteos, un microgramo de equivalentes de retinol puede estar más cerca a 2 microgramos de *beta*-caroteno debido a una mejor absorción, al compararla con alimentos vegetales.

El método de análisis de los carotenoides también influye en el cálculo de los equivalentes del retinol. Algunos métodos más antiguos probablemente incluyeron carotenoides que eran inactivos como precursores de la vitamina A, mientras que las técnicas modernas de la HPLC pueden especificar el contenido de *beta*-caroteno y otros carotenos con actividad de provitamina A.

VEGETALES VERDES COMO UNA FUENTE DE VITAMINA A

La deficiencia de vitamina A y la xeroftalmia son muy comunes en el sur y este de Asia, partes de África, Latinoamérica y el Medio Oriente. La Organización Mundial de la Salud (WHO 1991) calcula que cada año hay de 6-7 millones de nuevos casos de xeroftalmia y como resultado, cerca de 3 millones de niños, menores de 10 años, quedan ciegos por esta causa en cualquier momento. De vez en cuando, una megadosis de suplemento de vitamina A se pone en práctica, pero McLaren et al. (1993) defienden un enfoque nutricional más sistemático del problema por medio de la educación. Ellos dicen que: «las fuentes vegetales de la vitamina abundan, pero no están siendo incorporadas en la dieta de los niños, debido a la ignorancia en relación con la alimentación de los infantes,» y sugieren que las principales fuentes de vitamina A deben ser los vegetales nutritivos y baratos cultivados en casa y las frutas. Ellos suponen que los vegetales de hoja verde proveerán los equivalentes de retinol, a la tasa 6:1, que se encuentra en los libros de texto.

Tales suposiciones han sido comunes para la mayoría de los expertos en este campo. Los autores del capítulo sobre vitamina A en el Informe del Departamento de Salud del Reino Unido (1991) titulado "Report on Dietary Reference Values" dicen "... que no vieron ninguna razón para estar en desacuerdo con la aceptado por la gran mayoría sobre el rango de alimentos en una dieta normal, 6 microgramos de *beta*-

caroteno pueden considerarse nutricionalmente equivalentes a un microgramo de retinol, y que la actividad de la vitamina A de la dieta, sea pre-formada o que venga del caroteno, se puede compendiar en equivalentes de retinol".

Esta regla convencional, aparentemente bien sustentada, ha sido cuestionada por la investigación reciente. De Pee et al. (1995) reconocieron la escasez en la información publicada sobre la habilidad de la frutas y de los vegetales para prevenir la deficiencia de vitamina A, y decidieron probar su efectividad entre aldeanos indonesios. A los habitantes en una aldea se les dio un suplemento diario de zanahorias y vegetales verdes fritos por un período de tres meses, lo suficiente para proporcionar 3,5 mg diarios de befa-caroteno. En otra aldea, los participantes recibieron diariamente, en lugar de los vegetales, una oblea a la que se le añadieron 3 mg diarios de befa-caroteno o una oblea sin caroteno. Los sujetos del estudio fueron mujeres levemente anémicas, que en ese momento estaban lactando un bebé. Al comienzo y al final del estudio se tomaron muestras de sangre y de leche materna y se analizaron los contenidos de retinol y de carotenoides.

Para sorpresa de los autores, sólo el grupo que consumió la oblea enriquecida con caroteno tuvo un incremento significativo en la concentración de retinol en el suero luego de 12 semanas de recibir el suplemento (Tabla 2). Los cambios en el retinol de la leche materna y en el beta-caroteno del suero fueron también substancialmente más grandes en el grupo que se le dió la oblea enriquecida, pero sólo un incremento pequeño (y significativo) se presentó en el beta-caroteno del suero en el grupo al que se le dió vegetales. La pobre respuesta en las mujeres a las que se les dió vegetales no pudo haber resultado de una deficiencia de grasa en la dieta (la cual ayuda a la absorción del caroteno), ya que el suplemento de vegetales fritos contenía más grasa que las obleas, y las diferencias totales en el consumo de grasa entre los grupos no fue significativa.

Parece posible que algunos componentes menores de los carotenoides inhiben la absorción del *beta-carotenos*. En forma alterna, formas isómeras de precursores de vitamina A pudieron haberse formado durante el proceso de freir los vegetales, las cuales tienen una actividad de provitamina A más baja que el beta-caroteno. Estas explicaciones parecen poco probables pero necesitan más investigación. La explicación más probable es la que el caroteno en los

Tabla 2. Efectos de los suplementos dietéticos sobre la concentración de vitamina A y caroteno en la sangre [microgramos/100ml]. Estudio 1: 11 niños, 3 semanas [WHO 1991]; Estudio 2: 60 madres de familia, 12 semanas (Department of Health 1991).

Suplemento	Vitamina A en el suero		Caroteno en el suero	
	Antes	Después	Antes	Después
Estudio 1				
Coco	22,3	21,4	32,0	45,5
Palma	18,9	32,2	32,3	104,0
Vitamina A	20,1	35,4	35,7	31,8
Estudio 2				
Vegetales	25,5	27,2	10,2	11,8
Caroteno	24,0	33,2	10,2	49,3

vegetales tiene una pobre biodisponibilidad porque está encerrado en las estructuras celulares de las plantas. Una conclusión más trascendente de este artículo es, por lo tanto, que el factor convencional de conversión para expresar los equivalentes de retinol en los alimentos exagera bastante la biodisponibilidad de los carotenoides en algunos alimentos vegetales.

Esta investigación también plantea un problema para la mayoría de los nutricionistas que creen que un enfoque nutricional para superar la deficiencia de vitamina A es preferible a aquel que utiliza suplementos de un nutriente producidos sintéticamente.

ACEITES COMESTIBLES COMO UNA FUENTE DE VITAMINA A

Un examen de la Tabla 1 revela que algunos aceites comestibles son fuentes ricas en carotenoides de provitamina A, siendo el aceite rojo de palma un ejemplo sobresaliente. Hace muchos años, Roels et al. (1963) demostraron, también en Indonesia, que el caroteno en el aceite de palma incrementaba de manera substancial las concentraciones de caroteno y de vitamina A en la sangre de los niños, luego de sólo tres semanas de suministro (Tabla 2). Esto sugiere que la biodisponibilidad del caroteno en el aceite de palma es muy alta y, debido a su alta concentración, cantidades relativamente pequeñas de aceite de palma pueden tener un gran impacto en el nivel de vitamina A (Rukmini 1994)). Desafortunadamente, el proceso que se ha utilizado normalmente para retinar el aceite de palma remueve una gran proporción de los carotenoides. Recientemente, sin embargo, un producto del aceite rojo de palma se han vuelto disponible y en el futuro parece que se garantizaría una mayor producción y utilización del aceite rojo de palma.

OTRAS ACTIVIDADES BIOLOGICAS DE LOS CAROTENOIDES

Ahora también se considera que los carotenoides hacen contribuciones nutricionales, muy independientemente de su función como precursores de vitamina A. Esto se debe, en parte o principalmente, a sus propiedades antioxidantes (Department of Health 1991), por medio de las cuales pueden jugar un papel de apoyo junto con la vitamina E.

Ha surgido evidencia epidemiológica sobre una asociación a la inversa entre el consumo de frutas y vegetales y la prevalencia de algunos tipos de cáncer, pero no hay prueba de que esto se deba a las propiedades de los carotenoides, y es necesario que haya mayor investigación. Aunque el mayor esfuerzo investigativo se ha concentrado casi por completo en el beta-caroteno, otros carotenoides pueden ser tan efectivos, o más efectivos, como antioxidantes y merecen mucho más esfuerzo investigativo. Como en el grupo de la vitamina E, todavía falta descubrir funciones adicionales.

BIBLIOGRAFIA

- De PEE. S. et al. 1995. Lancet (Reino Unido) v.346, p.75-81.
- MCCANCE: WIDDOWSON. 1978. The Composition of Foods. 4th ed, HMSO. London.
-;.....—. 1989. The composition of Food. Fourth supplement. Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- McLAREN, D.S. et al. 1993. Chapter 13. In: J.S. Garrow; W.P.T. James (Eds.). Human Nutrition and Dietetics, Churchill, Livingstone, Edinburgh.
- ROELS, O. A. et al. 1963. American Journal of Clinical Nutrition (Estados Unidos) v.12, p.380-387.
- RUKMINI, C. 1994. Food and Nutrition Bulletin (Naciones Unidas), v.15, p.126-129.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1991. Prevention of childhood blindness. WHO, Geneva. Italy.
- U.K. DEPARTMENT OF HEALTH. 1991. Dietary Reference Values for Food Energy and Nutrients for the United Kingdom. HMSO. London.