

Carotenoides en ate de vegetales

M.C. Calvo-Carrillo^{*1,2}, F. Corone² y O.X. López²

1 Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición, Salvador Zubirán, Dirección de Nutrición. Vasco de Quiroga 15. Col. Belisario Domínguez, Sección XV, Tlalpan, Ciudad de México, México. **2** Universidad Anáhuac México, Facultad de Turismo y Gastronomía, Av. De las Torres 131, Olivar de los Padres, Alcaldía Álvaro Obregón, C.P. 01780, Ciudad de México, México. *concepción_calvo1@hotmail.com

RESUMEN

Por el tipo de alimentación y la calidad de vida se han incrementado enfermedades del crónico degenerativas. Algunas asociadas a la acción de radicales libres y especies reactivas de oxígeno. Se ha sugerido el incremento en el consumo de antioxidantes a través de los alimentos. Son los vegetales los insumos con el mayor contenido y variedad de estos fitoquímicos. Ante la diversidad de técnicas artesanales que están disponibles en la elaboración de productos regionales, se propone como objetivo combinar vegetales como fuente de carotenoides en la elaboración de un Ate rompiendo con la tradición de sólo hacerlo con frutas convencionales. Se utilizaron papaya, zanahoria, jitomate y jugo de mandarina para hacer 4 mezclas que se adicionaron con pectina, sacarosa y ácido cítrico. Se aplicó el procedimiento tradicional para obtener el ate. Se cuantificaron 5 carotenoides (luteína, zeaxantina, criptoxantina, β -caroteno y licopeno) tanto en la materia prima como en los ates desarrollados. Los ates fueron evaluados sensorialmente con una prueba de preferencia. Los resultados indicaron que no hubo diferencia entre ellos. Se concluye que los ates elaborados con vegetales, a pesar del proceso térmico empleado, retuvieron los carotenoides y las combinaciones usadas fueron aceptadas por los panelistas.

Palabras clave: Ate, carotenoides, antioxidantes, dulces mexicanos, verduras.

ABSTRACT

Due to the type of diet and quality of life, chronic degenerative diseases have increased. This problema has been associated with the action of free radicals and reactive oxygen species. Increased consumption of antioxidants through food has been suggested. Vegetables are the inputs with the highest content and variety of these phytochemicals. Given the diversity of artisan techniques that are available in the production of regional products, the aim of these research was to combine vegetables as a source of carotenoids in the preparation of the Ate, breaking with the tradición of only making it with conventional fruits. Papaya, carrot, tomato, and the juice of tangerine were used to make 4 mixtures that were added with pectin, sucrose, and citric acid. The traditional procedure was applied to obtain the Ate. Five carotenoides (lutein, zeaxanthin, cryptoxanthin, β -carotene and lycopene) were quantified, both in the raw material and in the developed products. The Ates were sensorial evaluated with a preference test. The results indicated that there was no difference between them. It is concluded that the Ates made with vegetables, despite the thermal process used, retained the carotenoids and the combination used were accepted by the panelists.

Keywords: Ate, carotenoids, antioxidants, mexican candies, vegetables.

INTRODUCCIÓN

Los fitoquímicos (componentes de los alimentos funcionales responsables de estos beneficios) se han relacionado con la prevención, tratamiento o ambos, de por lo menos, las cuatro principales causas de muerte: cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares y enfermedades degenerativas relacionadas con la edad (Venereo, 2002). Se ha reportado que la presencia de radicales libres (RL) y especies reactivas de oxígeno (ERO) son los responsables del origen de estos padecimientos. Por lo que, el mecanismo sugerido para disminuir estos problemas es a través de la reducción del daño oxidativo del ADN, proteínas y lípidos. Esto lleva a pensar que las vitaminas C y E, los carotenoides, algunos minerales traza y compuestos con propiedades antioxidantes pueden ayudar a retardar el proceso degenerativo que acompaña el envejecimiento, de tal forma que se la esperanza de vida aumente a través de la protección celular (Palozza, 1998).

Los antioxidantes son sustancias que se encuentran presentes en bajas concentraciones, comparado con el sustrato oxidable; su acción está en retrasar o prevenir la oxidación del sustrato. Al estar los RL y ERO en el organismo se incrementa la posibilidad de que la persona desarrolle enfermedades y daños a tejido como el pulmón, sistema cardiovascular, tracto gastrointestinal, ojos, piel, cerebro y, directamente acelerando el proceso de envejecimiento (Sánchez *et al.*, 1999). En nuestro organismo se han identificado diversos antioxidantes endógenos, sin embargo, por el tipo de alimentación y calidad de vida éstos son insuficientes para lograr una prevención de enfermedades. Es por ello por lo que la ingesta de antioxidantes es importante ya que ambos grupos se complementan. Son las frutas y verduras las que contienen una mayor cantidad y variedad de antioxidantes naturales, tales como los carotenoides, flavonoides, tocoferoles y vitamina C (Carranco-Jáuregui, Calvo-Carrillo y Pérez-Gil, 2011).

Los carotenoides tienen como estructura básica un polieno de 40 átomos de carbono, formada por 8 unidades de isopreno; constituyen una clase de hidrocarburos denominados carotenos y sus derivados oxigenados conocidos como xantofilas. Dentro de los primeros destacan el α -caroteno, β -caroteno y el licopeno, y de las xantinas la zeaxantina, criptoxantina y luteína. Es por su estructura química, donde se pueden observar los dobles enlaces conjugados, que estos fitoquímicos tienen una acción antioxidante a nivel celular (Carranco-Jáuregui, Calvo-Carrillo y Pérez-Gil, 2011).

De acuerdo con la Norma Mexicana 043 (2013), el mexicano debe incluir en su dieta un 30% de frutas y verduras por día, de preferencia frescas. Sin embargo, debido a su alto contenido de agua y disacáridos su vida útil es corta. Es por ello que la tecnología de alimentos ha desarrollado y aplicado diversas técnicas que permitan incrementar su disponibilidad y presentar una variedad de productos considerados como de conveniencia. Dentro de los ingredientes empleados como parte fundamental de las técnicas de conservación más utilizadas se encuentra la sacarosa que ha permitido el desarrollo de una línea de productos catalogados como dulces regionales y/o artesanales. Es en este grupo donde se encuentra ubicado el ate. Su origen está en el medio Oriente, pero es en la Nueva España, a través de la fusión de técnicas e insumos regionales, que surge este dulce ampliamente conocido como “Ate de Morelia” (Calvo-Carrillo *et al.*, 2022).

En un inicio el ate se hacía con insumos ricos en pectina (membrillo y guayaba) los cuales, por el tipo de proceso empleado, lograba gelificar para generar esa masa compacta con alto contenido de azúcar (sacarosa) que se consumía como un postre. A través del proceso y de los ingredientes (pH ácido, alto contenido de sólidos, agua ligada) este producto llega a tener hasta 1 año de vida útil (Curiel, 2007; Muñoz, 2000).

El antecedente de este proyecto fue la formulación de una bebida que incluía los jugos de zanahoria, jitomate, mandarina, naranja, toronja, guayaba y papaya en un momento en el que se promocionaba el consumo de mezclas de jugos de frutas y verduras. La perspectiva fue el aporte de carotenoides. Las mezclas evaluadas fueron bien aceptadas, siendo la de mayor aceptación aquella que incluía los porcentajes más altos de zanahoria, jitomate, papaya y jugo de mandarina. La sugerencia general fue incrementar el dulzor (Calvo-Carrillo *et al.*, 2006). Tiempo después, ante el repunte de los dulces se buscó como alternativa elaborar el ate combinando ingredientes no convencionales. Por lo que, el objetivo del presente trabajo fue elaborar un ate a partir de la combinación de vegetales, cuantificar el aporte de carotenoides y establecer el nivel de aceptación a través de una evaluación sensorial.

MATERIALES Y MÉTODOS

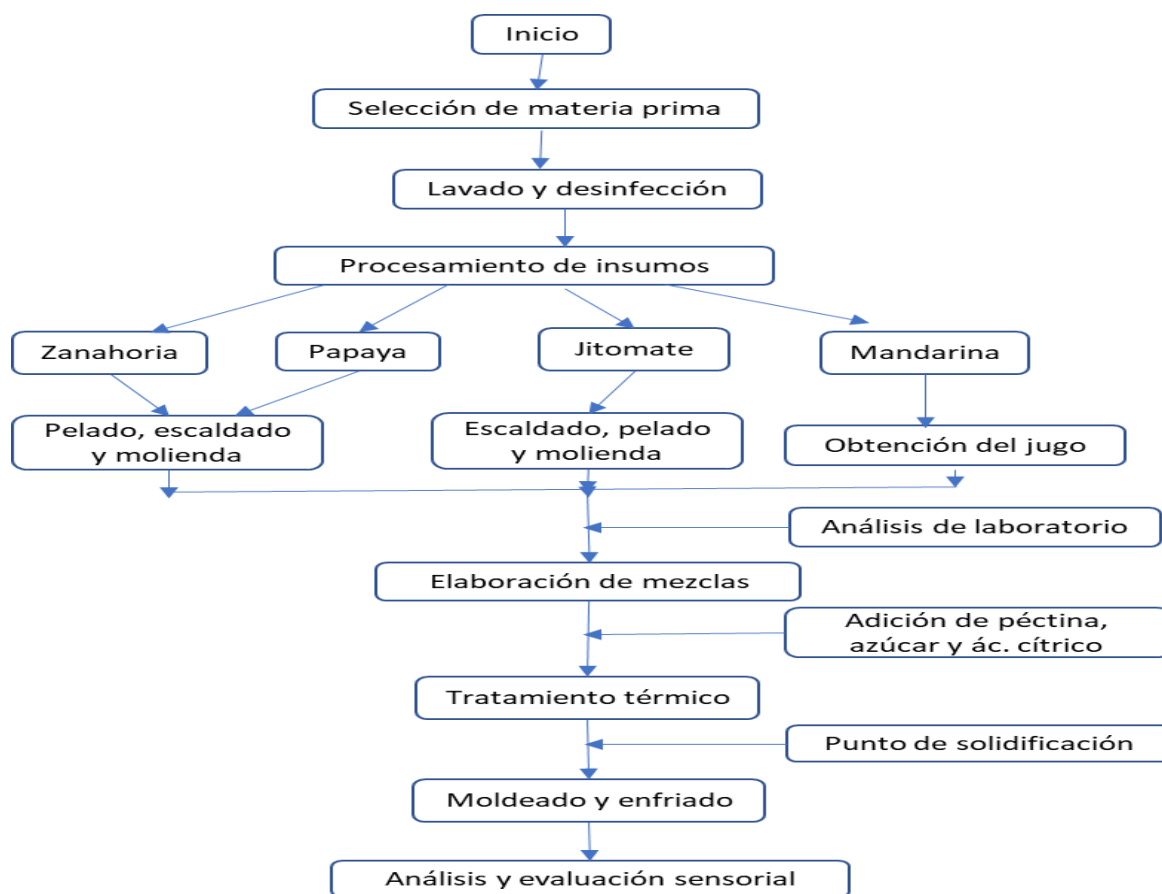
Materia prima: Se emplearon zanahoria (*Daucus carota* L.), papaya (*Larica papaya* L.), jitomate (*Licopersicum esculentum* Mill) y mandarina (*Citrus reticulata*). Se adquirieron en un mercado local, sin daño en la superficie y con un grado de madurez adecuado (“a sazón”). Se utilizó pectina y ácido cítrico marca Deiman y azúcar refinada.

Técnicas analíticas: Acidez (AOAC 942.15, 2005), pH (AOAC 981.12, 2005), vitamina C (Calvo, 1999), sólidos totales (AOAC 921.151, 2005), humedad (AOAC 934.06, 2005), azúcares reductores directos y totales (curva patrón con glucosa), contenido de carotenoides [extracción con acetona, evaporación a sequedad, disolución en mezcla de acetonitrilo: diclorometano: metanol: hexano (50:25:20:5); identificación y cuantificación por HPLC] empleando los estándares de luteína, zeaxantina, criptoxantina, licopeno y β -caroteno marca Sigma (Rodríguez-Amaya, 2010). Para la evaluación sensorial se aplicó una prueba de preferencia para nivel de agrado y los resultados obtenidos se compararon con la Tabla de significancia para pruebas de dos muestras significativa a un nivel de probabilidad del 5% (Prueba de dos colas) (Anzaldúa, 1994).

Procedimiento de elaboración:

Para la elaboración del producto se aplicó el procedimiento general que se ha reportado en la elaboración del ate (Curiel, 2007) con adaptaciones hechas por el tipo de materia prima utilizada (Diagrama No. 1). Para ajustar el pH se preparó una solución de ácido cítrico al 10%.

Diagrama No. 1. Procedimiento de elaboración de un ate de vegetales.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procedimiento que se siguió fue: a la papaya y zanahoria se les retiró la cáscara y se cortaron en cuadros y rodajas de 4 cm para proceder a escaldarlos a 92°C/3 min. En el caso del jitomate, primero se escaldó, se peló y eliminaron las semillas (Tabla I). Este procedimiento tuvo como objetivo inactivar enzimas, disminuir la carga microbiana, modificar el color.

En el caso de la mandarina se procedió a obtener el jugo que se pasteurizó (85°C/3 min), se enfrió y envasó.

Tabla I. Escaldado de la materia prima.

Insumo vegetal	Temperatura	Tiempo
Papaya	92°C	3 minutos
Zanahoria	92°C	3 minutos
Jitomate	92°C	2 minutos

Ya escaldados los vegetales se procedió a su molienda y a partir de esta se determinó el contenido de carotenoides, pH, vitamina C y humedad (Tabla II).

Tabla II. Carotenoides, vitamina C, pH y humedad presentes en los insumos empleados en la elaboración del ate.

mg/100 g de muestra	Papaya	Zanahoria	Jitomate	Jugo de Mandarina
β-caroteno	0.51±0.03	24.85±0.51	5.20±0.64	0.34±0.023
Luteína	0.03±0.01	0.55±0.11	ND	0.13±0.01
Zeaxantina	0.09±0.01	ND	ND	0.28±0.02
Criptoxantina	0.23±0.04	ND	ND	0.59±0.09
Licopeno	0.180.02	ND	6.05±0.49	ND
Vitamina C	69.86	0.72	18.26	19.7
pH	5.4	6.44	5.3	5.07
Humedad (g/100 g de muestra)	88.16±0.43	85.55±0.25	87.31±0.74	87.84±0.28

n=6 repeticiones ND= No detectado

La zanahoria fue la que tuvo el mayor contenido de β-caroteno y luteína, la mandarina tuvo zeaxantina y criptoxantina y en el jitomate se cuantificó el licopeno. Estos insumos se caracterizan por su contenido de vitamina C, sobre todo la papaya. En el caso del jugo de mandarina el valor que se reporta corresponde al ácido ascórbico que no se vio afectado durante el proceso de extracción (oxidación por el oxígeno del medio ambiente) y el proceso térmico al que se sometió. En relación con el pH, los valores se encontraron entre 5 y 6.5, los que tuvieron una mayor concentración de iones hidrógeno fueron el jugo de mandarina, mientras que las pastas de papaya y jitomate tuvieron valores similares y la zanahoria fue la que se acercó más a un pH neutro. Cabe mencionar que las materias primas estaban con un grado de madurez adecuado para su consumo. Como en la gran mayoría de los vegetales el contenido de humedad es alto, en este caso osciló entre el 86 y 90.04%.

Para la elaboración de un ate se requiere conjugar una serie de condiciones que favorezca generar una estructura compacta considerada como un sistema coloidal del tipo gel. Éste consta de una fase dispersa interconectada y entrelazada en una estructura tridimensional en la que queda atrapada el agua del sistema a través de puentes de hidrógeno considerando al agua como la fase continua. Los compuestos químicos que forman geles de forma más rápida son aquellos que tienen grupos hidrofílicos que rápidamente atrapan los componentes de la fase continua presentando varios grados de rigidez y elasticidad, por lo que pueden tener una estructura semisólida o sólida (Montejano, 2006). En el caso del ate, los compuestos químicos que interactúan para formar este tipo de estructura son la pectina, sacarosa o azúcar, un medio ácido, agua y aplicando calor y movimiento constante.

La pectina está formada por unidades de ácido galacturónico y las que presentan un alto grado de metoxilo requieren de un pH de 2.5 a 3.5, entre 60-65% de sacarosa para poder gelificar. Las uniones que se presentan entre ellas son débiles, los carboxilos están protonados (con cargas positivas) y crean puentes de hidrógeno entre sí o con los hidroxilos de la pectina o de la sacarosa. La adición de este último favorece las interacciones polisacárido-polisacárido de manera hidrófoba favoreciendo la estructura tridimensional que rodea las moléculas de sacarosa altamente hidratadas.

La materia prima seleccionada en este proyecto no se caracteriza por tener un alto contenido de pectina, aunado al hecho de que se les eliminó la cáscara, fue por ello por lo que se decidió añadir pectina cítrica.

Se realizaron cuatro combinaciones (Tabla III), en todas estuvieron presentes la papaya y el jugo de mandarina, mientras que la adición de zanahoria se hizo en una muestra (A1) y jitomate se añadió a dos (A3 y A4) en diferente cantidad. Se podría considerar como la mezcla base la muestra A2 que sólo tuvo papaya y mandarina. A las cuatro formulaciones se les adicionó pectina y azúcar.

Se calcularon las mezclas y se procedió a su elaboración (Diagrama 1) Los vegetales molidos mezclaron con el jugo de mandarina, se añadió el azúcar mezclado con la pectina hasta tener 65°Bx. Se ajustó el pH a 3.5 con la solución de ácido cítrico. Se calentó a ebullición hasta tener una pasta homogénea, compacta y que al moverla dejaba ver el fondo del recipiente. Se suspendió el calentamiento, se colocó en moldes de acero aleado (14.6 x 7.6 x 5.8 cm) cubiertos con papel encerado. Se dejaron refrigeraron por 24 horas. Posteriormente se desmoldaron y se empacaron para utilizarlos en la evaluación sensorial.

Tabla III. Mezclas de ingredientes empleadas en la elaboración de Ates (% de insumo).

	Papaya	Jugo de Mandarina	Zanahoria	Jitomate	Pectina	Azúcar	Total (%)
A1	30	16	17	0	1	36	100
A2	30	28	0	0	2	40	100
A3	27	31	0	4	2	36	100
A4	26	18	0	18	2	36	100

El tratamiento térmico requirió de un movimiento constante de la mezcla para favorecer las reacciones entre pectina, azúcar y agua para estructurar la red que conforma al gel, aunado a la formación de azúcar invertido (azúcares reductores) gracias al efecto del ácido cítrico. La presencia del azúcar invertido (sacarosa-glucosa-fructosa) evita la formación de cristales de sacarosa en el gel.

Como ya se mencionó, el punto para suspender el calentamiento esta dado cuando, al introducir la cuchara en el recipiente, se logra ver el fondo de éste. A partir de ahí se dejaron enfriar para proceder a su empacado, análisis químico y evaluación sensorial.

Los ates se molieron y se procedió a muestrear para realizar los análisis de laboratorio. En cuanto a las variables químicas de los ates (Tabla V), el porcentaje de humedad disminuyó por el calentamiento y sólo se retuvo el agua que logró integrarse al gel. Esta agua quedo inmersa en el sistema dando las características de humectación al producto, así como las relacionadas con textura. El producto final, durante el almacenamiento, no presentó sinéresis. Con relación al pH éste se ajustó y se mantuvo en valores adecuados en el producto final aportando un equilibrio de acidez y dulzor que fue evaluado a nivel sensorial. En cuanto al contenido de vitamina C los valores estuvieron entre 25.31 y 34.06 mg/100 g de muestra. De los carotenoides se observa que los 5 analizados estuvieron presentes en todas las muestras y la cantidad presente estuvo relacionada con los insumos empleados.

Tabla IV. Variables analíticas aplicadas a los ates desarrollados.

	A1	A2	A3	A4
% Humedad	43.64	42.99	37.65	40.09
% Sacarosa	54	60	55	54
% Inversión de sacarosa	45	53	49	56
% Ácido cítrico	0.58	1.05	0.81	1.40
pH	3.2	3.1	3.2	2.7
Vit. C y carotenoides (mg/100g)				
Vit.C	33.71	25.31	34.06	27.85
Luteína	0.31	1.3	0.14	0.37
Zeaxantina	0.30	0.77	0.19	0.17

Criptoxantina	1.75	3.07	2.44	1.95
β -caroteno	3.29	0.64	0.83	0.83
Licopeno	1.61	1.63	1.96	2.20
Total de carotenoides	7.26	7.41	5.56	5.52

Al sumar los carotenoides cuantificados las muestras con mayor contenido fueron A2 y A1, la primera solo se elaboró con papaya y jugo de mandarina y la segunda incluyó además de la papaya y jugo de mandarina a la zanahoria. A los ates codificados como A3 y A4 tuvieron jitomate en lugar de zanahoria.

En cuanto a la evaluación sensorial se aplicó una prueba de preferencia a 80 panelistas que no tenían problemas con los vegetales utilizados. En la Tabla V se concentran los resultados.

Tabla V. Resultados de la Prueba de preferencia de ates elaborados con verduras.

	Jueces que aceptaron la primera	Jueces que aceptaron la segunda
A1 vs A2	47	33
A1 vs A3	45	35
A1 vs A4	45	35
A2 vs A3	46	34
A2 vs A4	42	38
A3 vs A4	46	34

Para la interpretación de los resultados obtenidos se utilizó la Tabla de significancia para pruebas de dos muestras con número de juicios de 80, prueba de “dos colas” con un nivel de probabilidad del 5%. El número mínimo de juicios coincidentes necesarios para establecer diferencia significativa entre las dos muestras fue de 50 (Anzaldúa-Morales, 2005). Por lo tanto, no hubo diferencia significativa con un nivel de probabilidad del 5% entre las 4 formulaciones de ate.

CONCLUSIONES

La mezcla de vegetales puede ser una alternativa en la elaboración de dulces típicos mexicanos, sobre todo cuando se busca que ese postre sea vehículo de fitoquímicos de importancia como lo son los carotenoides. Los ates tuvieron un buen contenido de carotenoides, a pesar del proceso térmico al que fueron sometidos. Sin embargo, habría que revisar el efecto que tiene la pectina durante la gelificación que pueda, de alguna forma, proteger estas moléculas y evitar una degradación térmica como sucede en su estado natural.

El tratamiento de la materia prima, así como el procedimiento empleado en la elaboración de la pasta ayudó a liberar los carotenoides, por lo que, al estar libres, se pudieron cuantificar por HPLC. La cantidad de carotenoides totales fue buena (5.52 a 9.25 mg/100g de muestra) y en todas las mezclas estuvieron presentes los cinco carotenoides analizados.

Bajo la perspectiva de salud que muchos consumidores buscan, este tipo de postre podría ser una alternativa, sin embargo, el aporte calórico es alto por la cantidad de sacarosa que se usa en su elaboración. Cabe mencionar que una alternativa de estudio es elaborar las pastas de frutas y hortalizas utilizando pectina con bajo grado de metoxilo que, para gelificar, no requiere de sacarosa, sólo la presencia de iones de calcio y el dulzor se puede dar con edulcorantes no calóricos.

BIBLIOGRAFÍA

- Anzaldúa-Morales, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. (pp. 67-80, 161-162). Zaragoza: Acribia.
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis*. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersbury, Maryland, USA.
- Calvo, C. M. C. (1999). Manual de técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Depto. de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto Nacional de Nutrición.
- Calvo-Carrillo, M. C., Calvo-Morales, O. R., López, O. X. & Carranco-Jauregui, M. E. (2022). Ate de guayaba (*Psidium guajava* L.) bajo en calorías. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* (7), 311-316.
- Calvo-Carrillo, M. C., Carranco-Jáuregui, M. E., Luna-Ocampo; R. M. & Pérez-Gil R. F. (2006). Elaboración de una bebida con alto contenido de carotenoides. *Bebidas Mexicanas*, 15 (5), 9-17.
- Carranco, J. M. E., Calvo, C. M. C & Pérez-Gil, R.F. (2011). Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 61, 233-241.
- Curiel, M. J. L. (2007). La Dulcería Mexicana. Historia, Ciencia y Tecnología. (pp. 161-165). México:Limusa.
- Montejano, J. G. (2006). Estado de dispersión. En: D. S. Baduí, *Química de Alimentos* (pp. 556-557). México, PearsonEducación.
- Muñoz, Z. R. (2000). Diccionario Enciclopédico de Gastronomía Mexicana (pp. 46, 47, 226). Clío.
- Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación. <https://www.cndh.org.mx> JUR-20170331-NOR37
- Palozza, P. 1998. Prooxidant actions of carotenoids in biologic systems. *Nutrition Reviews*, 56, 257-265.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (2010). Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids—A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 726–740.
- Venéreo, G. J. R. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina de Medicina Militar*, 31,126-33.