



Secador de Lecho Fluidizado en el Procesamiento de Hoja de Buganvilia

Urfila Victoria Peláez Estrada¹; Angélica Cajero Martínez; Juan Carlos Campos Cabello¹; José David Muñiz Elizalde¹; César Ponciano Adrián Reyes Mérida; Miguel Ángel Martínez Cruz¹

¹ TecNM/Instituto Tecnológico de Tláhuac, Tláhuac, Ciudad de México.

Autor responsable: jcarlos.camposcabello@gmail.com

Área: Conocimiento y Aprovechamiento de Sistemas Biológicos

RESUMEN

La demanda actual de productos funcionales (productos elaborados no solo por sus propiedades nutricionales sino con la finalidad de mejorar la salud y ayudar en la prevención de algunas enfermedades) ha provocado la búsqueda de nuevas fuentes naturales las cuales contienen compuestos activos que puedan ser agregados a dichos productos, los cuales pueden ser vitaminas, minerales, fenoles, flavonoides, carotenoides, betalaínas.

El secado en lecho fluidizado se encuentra entre los métodos de secado más eficientes, debido al excelente contacto entre el aire de secado y las partículas, con elevados coeficientes de transferencia de calor y masa. El tiempo de secado en este tipo de secador es menor que el tiempo requerido en secadores de bandeja o de túnel, lo que puede contribuir a reducir las pérdidas de diferentes compuestos nutricionales y bioactivos durante el secado de alimentos. Por lo tanto, el secado en lecho fluidizado parece buena alternativa para deshidratar las hojas de buganvilia. Por otra parte, el costo de operación de los secadores de lecho fluidizado es considerablemente menor que el de los liofilizadores, lo que representa una ventaja desde el punto de vista del proceso. Un sólido húmedo puede secarse por la evaporación de la humedad ya sea en una corriente de gas o sin el beneficio del gas para acarrear el vapor; Si se considera una operación de secado a aquella en la que un sólido o una solución se ponen en contacto con un gas caliente y seco, lo que provoca la evaporación del líquido contenido en el mismo.

Una serie de experimentos se llevarán a cabo con el propósito de establecer las condiciones de secado de la hoja de buganvilia con temperaturas, velocidad del aire (potencia del ventilador) como se plantea es que, al aumentar la temperatura, así como la velocidad del aire va a disminuir la actividad del agua de la muestra.

PALABRAS CLAVE: Alimentación sostenible, Cinética de secado, Hojas de buganvilla, Lecho fluidizado, Temperatura de secado.

INTRODUCCIÓN

La población humana crece a un ritmo acelerado a nivel regional, nacional y mundial, lo cual trae como consecuencia una mayor demanda de proteínas de origen animal como vegetal para satisfacer la demanda de la población, para ello es necesario utilizar todos los recursos florísticos que estén al alcance y, sobre todo, involucrar aquellos que sean endémicos de la región por su adaptabilidad a las condiciones climáticas de la región.

La demanda actual de productos funcionales (productos elaborados no solo por sus propiedades nutricionales sino con la finalidad de mejorar la salud y ayudar en la prevención de algunas enfermedades) ha provocado la búsqueda de nuevas fuentes naturales las cuales contengan compuestos activos que puedan ser agregados a dichos productos, los cuales pueden ser vitaminas, minerales, fenoles, flavonoides, carotenoides, betalaínas, entre otros. Existen estudios o investigaciones en busca de fuentes alternativas para obtener medicamento para la salud.

La bougainvillea spectabili, es una planta más conocida a nivel mundial, su expansión fue rápida desde los años de su descubrimiento en 1768 por el botánico francés Philibert Commercon; desde entonces se han realizado numerosos estudios respecto a su composición y su forma de empleo (Grace, 2009). Esta planta tiene varios nombres comunes, algunos son: Buganvilla, Bugambilia, Buganvilla Santa Rita, Veranera, Trinitaria, Veraneras, Flor de papel, Enredadera de papel, Buganvilla, Buganvil, Camelina, entre otras. Esta es una de las plantas tropicales más populares. (Campos et al., 2024) en sus investigaciones nos menciona que tiene propiedades medicinales, una de las más importantes de la Bougainvillea spectabilis es su capacidad para reducir la inflamación. La planta contiene compuestos antiinflamatorios que pueden ayudar a aliviar el dolor y la hinchazón en diversas partes del cuerpo. Esto la convierte en una opción natural como la artritis y la enfermedad inflamatoria intestinal además de

tiene propiedades antioxidantes. Los antioxidantes son sustancias que protegen las células del cuerpo contra el daño causado por los radicales libres, que son moléculas inestables que pueden dañar el ADN y otras estructuras celulares.

El secado de lecho fluidizado se encuentra entre los métodos de secado más eficientes, debido al excelente contacto entre el aire de secado y las partículas, con elevados coeficientes de transferencia de calor y masa (Reyes et al., 2007). El tiempo de secado en este tipo de secador es menor que el tiempo requerido en secadores de bandeja o de túnel, lo que puede contribuir a reducir las pérdidas de diferentes compuestos nutricionales y bioactivos durante el secado de alimentos. Por lo tanto, el secado en lecho fluidizado parece buena alternativa para deshidratar las hojas de buganvilia. Por otra parte, el costo de operación de los secadores de lecho fluidizado es considerablemente menor que el de los liofilizadores, lo que representa una ventaja desde el punto de vista del proceso

MATERIALES Y MÉTODOS (PARA TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PROYECTOS PRODUCTIVOS O VINCULADOS)

1. Selección de la hoja de buganvilia

La buganvilia que se utilizará en el presente estudio, se recolectó en la delegación de Tláhuac, en la Ciudad de México; en el Instituto Tecnológico de Tláhuac, las hojas a utilizar presentan las siguientes características: Las brácteas de forma ovalada con un tamaño aproximado entre 4-6 cm de largo y 2-4 cm de ancho, con tonalidad morada. La buganvilia a utilizó recién cortada para no perder propiedades en el experimento.

Los factores de control que se tomaron en consideración: las brácteas no presentaron alteraciones físicas (cambios de color, rupturas o marchitado) e identificación de microorganismos patógenos en las mismas. Las brácteas utilizadas para este experimento serán seleccionadas de acuerdo a su color. La selección fue en que aquellas brácteas que presentaron un tono morado-pálido fueron eliminadas y las que presentan un color morado intenso, pasan a ser lavadas, para posteriormente realizar un extracto acuoso.

2. Caracterización de la hoja de buganvilia

Para poder determinar la caracterización de la materia prima en este caso la buganvilia se tomó una serie de características físicas de la hoja como lo son: espesor de la hoja, el cual se midió con un micrómetro, el color se obtuvo mediante la obtención del extracto de una muestra de buganvilia fresca y se midió con el colorímetro KONICA MINOLTA CR- 400, la longitud característica de la partícula fue obtenido mediante el promedio del espesor, ancho y largo de la hoja de buganvilia (Carvajal, 2008).

3. Cinética de Secado

Se seguirá la propuesta de Noyola-Altamirano et al. (2021). El efecto de la temperatura (T) se evaluó a los 40, 50 y 60 °C, junto con la velocidad del aire (VA), 2 y 3.5 m s⁻¹, la densidad de carga foliar de buganvilia (DC), 1.5 y 3.0 kg m⁻², para dos tipos de configuración de lecho: no empacado (LNE) y empacado (LE) (Cuadro 1). El punto final del proceso de secado se establecerá cuando el material foliar alcance una humedad de 10 % en base seca (bs). El material foliar seco se resguardará en contenedores de polietileno en condiciones de humedad relativa (HR) del 10 % a 25°C de temperatura.

Cuadro 1. Combinaciones de factores para secado en lecho fluidizado de hojas de buganvilia. Tomado de Noyola- Altamirano et al. (2021).

†CF, combinación de factores; ¶T, temperatura; § VA, velocidad del aire de secado; þ DC, densidad de carga del material foliar; ¤ LE/LNE, tipo de lecho de secado, empacado y no empacado.

4. Diseño experimental



Se establece un diseño factorial con cuatro factores: temperatura (40°C, 50°C y 60°C); configuración del lecho del secado (empacado y no empacado); velocidad de la corriente de aire (2 y 3.5 m s⁻¹) y carga de material foliar de chipile (1.5 y 3.0 kg m⁻²) y tres repeticiones.

5. Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza y comparación de medias a través de la prueba de Tukey para determinar diferencias entre las muestras. Para evaluar las diferencias entre los valores medios de cada variable de proceso y sus interacciones se realizará la prueba de Fisher con criterio significativo $p < 0.05$. Para los análisis estadísticos se utilizará el programa InfoStat versión 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN (para trabajos de investigación, proyectos productivos o vinculados)

En un lecho fluidizado las partículas se encuentran suspendidas mediante flujo ascendente. Por lo mismo es necesario considerar las variables que intervienen en el comportamiento del lecho fluidizado, estas variables son: la velocidad mínima de fluidización, la porosidad, y la esfericidad de la partícula, también es importante saber las propiedades que tiene el fluido del cual se trabaja como la densidad, la viscosidad, la velocidad superficial y el flujo volumétrico del aire, parámetros mostrados en la Tabla 2. Mediante estos datos y las propiedades físicas de la partícula, se calculó el área transversal del lecho, la porosidad mínima de fluidización, la caída de presión, el número de Arquímedes.

De acuerdo a los datos mencionados en la Tabla 2, se puede observar que se obtuvo una velocidad mínima de fluidización 3.35 m/s determinando que, a esta velocidad de secado, las hojas de buganviiia comenzaron a suspenderse, por otra parte con base en los datos mencionados en la Tabla 1 se determinó una longitud característica de hoja de buganviiia en base a la clasificación de Geldart Figura 5 y a los resultados obtenidos de las propiedades físicas de la hoja de buganviiia, con una longitud característica de la hoja de buganviiia de 15190 mieras, le corresponde la categoría D, debido a que la longitud característica de la hoja, es mayor a 1000 mieras, estas partículas son muy grandes, densas, y forman burbujas que crecen rápidamente se

levantan a una velocidad mucho más lenta que la del fluido. Esta información puede ser útil para escalar el proceso, y hacer una aproximación de las condiciones de secado que se estudiaron.

Tabla1. Caracterización de la buganvilia.

Nombre	Abreviatura	Unidad	Resultados
Espesor de la hoja	s/n	Mm	0.1478
Color	s/n	Unidades	36.61
Longitud característica	D_p	μm	15190
Esfericidad	ϕ	s/n	1.06E-01
Porosidad	ϵ	s/n	9.94E-01
Categoría	s/n	s/n	D

Tabla2. Caracterización del lecho.

Nombre	Abreviatura	Unidad	Resultados
Densidad del aire a 80 °C	ρ	kg/m^3	1.001
Viscosidad del aire a 80 °C	μ	$\text{kg/m}^*\text{s}$	$2.09 \times 10^*$
Velocidad superficial del aire	V	m/s	3.35
Flujo volumétrico del aire	s/n	m^3/s	0.02
Área transversal del lecho	A_t	m^2	6.21×10^{-03}
Porosidad del lecho	E	s/n	6.66×10^{-05}
Porosidad mínima de fluidización	E_{mf}	s/n	$6.37 \times 4M$
Caída de presión	Δp	K.Pa	1.91×10^{-01}
Velocidad mínima de fluidización	u_{mb}	m/s	3.35

CONCLUSIONES

Se determinó el contenido de betalaínas en buganvilia fresca y seca a diferentes condiciones de operación como resultado se obtuvo un 75.3 % en retención de betalaínas, en comparación con el secador de túnel, las condiciones de operación óptimas son a una presión de aire de 20 lb/pulg\ y una temperatura de 100 °C obteniendo el 99.5 % de retención

De acuerdo a la caracterización de la hoja de buganvilia se encontró que pertenece a la clasificación D, determinando que los parámetros de diseño del secador de lecho fluidizado para su posible escalamiento son la velocidad y la temperatura.

Las mejores concentraciones de betalaínas en las hojas secas a diferentes temperaturas y velocidades de aire son de 908.2 ± 0.66 mg/g a 60 °C y 3.35 m/s, 847.7 ± 1.56 mg/g a 60 °C y 3.35 m/s y 825.0 ± 1.27 mg/g a 80 °C y 3.35 m/s.

Las condiciones óptimas para el secado de hoja de buganvilia en lecho fluidizado son de una temperatura de 80 °C y una velocidad de aire de 3.35 m/s, ya que a estas condiciones se obtiene una elevada concentración de betalaínas, 825.0 mg/g, y un valor bajo de actividad de agua de 0.23 siendo un valor apto para su conservación y asegura su conservación debido a que es un valor menor a 0.80 impidiendo el crecimiento microbiano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allegra M., Furmu Ller P G., Jantschko W, 2005. Mechanism of interaction of betanin and indicaxanthin with myeloperoxidase and hypochlorous acid, Biochemical and Biophysical Research Communications, págs. 837- 844.

Amudarain J. 2004. Diseño y simulación de una máquina peladora de pia. Caracas : s.n.

Arria, Francisco Requena, 1976 Diseño de un prototipo de unidad deshidratadora de frutas y vegetales. Caracas : s.n.

Arriola E., Cruz Fierro C. F., Alkhalidi K. H., Reed B.P Y Jovanovic O. N. 2004. Residence Time Distributions in Staged Spouted Beds. Canadian ; J. of Chem Eng.8. 94-101 pp.

Arriola Guevara E., Guatemala Morales G.M Garcia Herrera T. Y Garcia Fajardo J.A. Mayo 2003. Diseño de un Sistema de Lechos Fuente en Multietapa para su Aplicación en Procesamiento de Granos. XXIV Encuentro Nacional de la AMID1Q. Ixtapa Zihuatanejo, Gro.,: s.n. 13-16pp.



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Auldridge, M.E., McCarty, D.R, and Klee, H.J. 2006. Plant carotenoid cleavage oxygenase and their apocarotenoid products. *Curr. Opin.* 315-321 pp.

Arriola Guevara E., Guatemala Morales G.M Garcia Herrera T. Y Garcia Fajardo J.A. Mayo 2003. Diseño de un Sistema de Lechos Fuente en Multietapa para su Aplicación en Procesamiento de Granos. XXIV Encuentro Nacional de la AMID1Q. Ixtapa Zihuatanejo, Gro, s.n. 13-16pp.

Arriola E., Cruz Fierro C. F., Alkhaldi K. H., Reed B.P Y Jovanovic O. N. 2004. Residence Time Distributions in Staged Spouted Beds. *Canadian; J. of Chem Eng.* 8. 94-101 pp.

Auldridge, M.E., McCarty, D.R, and Klee, H.J. 2006. Plant carotenoid cleavage oxygenase and their apocarotenoid products. *Curr. Opin.* 315-321 pp.

A. Wilkinson, agosto. 2012. *Compendium of Chemical Technology*. s.l.: 2ed "the Gold Book". Azeredo, Henriette M. C. 2009. Betalains: properties, sources, applications, and stability-a review. s.l.: *International Journal of Food Science and Technology*. Vols. 4. 2365-2376 pp.

Bermúdez Fermín, Jorge Luis, 2004. Diseño y construcción de un secador de alimentos de origen vegetal en el estado de Amazonas, s. Caracas: s.n

Bard, A.J., Faulkner L.R. 1980. *Controlled Potential Microelectrode Techniques - Potential Step Methods*. In *Electrochemical Methods, Fundamentals and Applications*. New York, EE. U U.: John Wiley & Sons, Inc. Benali, M Y Amazouz M, 2002. Drying of Liquid Biomaterials in a Jet Spouted Bed of Teflon Particles. Canadá. *Canadian Chemical Engineering Conferences*, Vancouver.

Buchi., G, Filiri H, Shapiro R. 1978. Synthesis of betalains. s.l.: *Journal Organic Chemistry*. 4765-4769 pp. Cai Y., Sun M., Wu H., Huang R, Corke H. 1998. Characterization and quantification of betacyanin of betacyanin pigments from diverse *Amaranthus* species, s.l.: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2074- 2070 pp

Barbosa, Gustavo V. 1994. *Food Engineering Laboratory Manual*. Lancaster, Pa, USA: Editorial Technomic. Bermudez Fermin, Jorge Luis, 2004. Diseño y construcción de un secador de alimentos de origen vegetal en el estado de Amazonas, s. Caracas : s.n.

Benali, M Y Amazouz M, 2002. Drying of Liquid Biomaterials in a Jet Spouted Bed of Teflon Particles. Canada. *Canadian Chemical Engineering Conferences*, Vancouver.

Bernal, L. G. 2021. Evaluación del proceso de secado por lecho fluidizado sobre los atributos de calidad en hojas de estevia (*Stevia rebaudiana*). *Agrociencia* 55: 583-596.



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Cabrera Rodríguez J., Aramas Diaz F., y Granada Carreto L. 2006, Producción de bugambilia (*Bougainvillea ssp.*). Zacatepec, Morelos. México: Monografía. Centro de investigación regional del centro de Zacatepec. INIFAP. 2-1 1-17pp.

Campos Saldaña R. A, Prado López Miguel, Martínez Camilo Rubén, Salas Marina Miguel Á., Rodríguez

Larramendi Luis A. 2023. Uso y conocimiento tradicional de plantas medicinales en comunidades de Villa Corzo, Chiapas, México.,

Castellanos Santiago E., EM Yahia. 2008. Identification and quantification of betalains from the fruits of Mexican prickly pear cultivars by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization mass spectrometry, *Agric Food Chem.* 5758- 5764pp.

Castro-Lara, D., Basurto-Peña, F., Mera-Ovando, L. M. y Bye-Boettler, R. A. 2011. Los quelites, tradición milenaria en México. Universidad Autónoma Chapingo. ISBN: 978-607-12-0202-4.

Domenburg H., Knorr D. 1996. Generation of colors and flavors in plant cell and tissue cultures, s. 1.: *Critical Review Plant Sciences*

De la Cruz-Ricardes, D., Ortiz-García, C. F., Lagunes-Espinoza, L. C., Torres-de la Cruz, M. y Hernández- los fenólicos, carotenoides y capsaicinoides en frutos de *Capsicum ssp.* de Tabasco, México. *Agrociencia* 54: 505-519.

Ebru, Kavack Akpiar, Yassar Bicer, Cengiz Yidiz. 2002. Thin layer Drying of red pepper. *Elazig* 23279, Department of Mechanical Engineering, Freat University, Turkey : *Journal of Food Engineering*. Vol. 5. 99104. FAO. 2019. El estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. ISBN: 978-92-5-131854-6.

Figuroa R., J. Tamayo, S. Gonzalez, G. Moreno y L. Vargas. 2011. Actividad antioxidante de antocianinas presentes en cascara de pitaya (*Hylocereus undatus*). Instituto Tecnológico de Merida, Merida, Yucatan, México. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. Vol. 12. 44-50 pp

García, G., Quintero, R., & López, M, 2004, *Biología Alimentaria*. México, s. l.: Editorial Limusa , pp. Editorial Limusa. 35-93 pp.

Geankoplis, C J. 1998. *Procesos de transporte y operaciones unitarias* (Ira.ed) México: Editorial CECSA. 578- 601.pp.

Grace I. Adebayo., O. Alabi T., B O. y A. Soladoye O., 2009. Anti-diabetic Properties of the Aqueous Leaf Extract of *Bougainvillea glabra* (Glory of the Garden) on Alloxan- Induced Diabetic Rats. Ilorin, Nigeria : Department of Physiology, University of Ilorin.

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-101010384800-102,

ISSN: En trámite. Año 1, No. 1, Septiembre 2024- Diciembre 2024

Fecha de Recepción: 30/09/2024 Fecha de Aceptación: 30/10/2024

Página 9 de 11



Guamearos M, G, 2005. Mejoras en la operación de un sistema de secado en un lecho fluidizado al vacío con vapor sobrecalentado, experimentación con pimienta en grano. Universidad de Las Américas. Puebla, México. H.C, Kaur C. and Kapoor. 2001. Antioxidants in fruits and vegetables, s .l.: the millenium's healt. F. Intemtonal Journal of Food Science and Tecnology. 703-725 pp.

Herrero G., F. Escribano, and Gercia-Carmona, F. 2009. The role of phenolic hydroxy groups in te free radical scavenging activity o f betalains. s.l.: Journal of Natural Products, 72 pp.

H Sies. 2008. Oxidative Stees: introductory remarks in oxidative strees. 1161-1208.

Idham Z.,Muhamad I., Stepar I y Sarmidi M. 2011. Effect o f thermal processes on roselle anthocyanins encapsulted in diferent polymer, s .l.: Journal of Food Processing and Preservation, 1745-4549 pp.

Ivonne Carvajal, Lourdes, 2008. Estudio experimental de secado de maíz precocido en un lecho fluidizado con aire operado en condiciones de vacio. Universidad de las Americas. Puebla, México.

Kanner J., Lapidot T. 2001. The stomach as a bioreactor: dietary lipid peroxidation in the gastric fluid and the effects o f plant-derived antioxidants, s .l.: Free Radie. Biol. Med. 1388-1395 pp.

Kasatkin, A. 1985. Operaciones Básicas y Aparatos en la Tecnología Química.

Maupoey, Pedro. 2001. Introducción al secado de alimentos por aire caliente. Valencia: Editorial de la UPV.

Noyola-Altamirano, B., Méndez-Lagunas, L. L., Aquino-González, L. V., Rodríguez-Ramírez, J., Sandoval- Torres, S. y Barriada- Preciado-Rangel, P., Andrade-Sifuentes, A., Sánchez-Chávez, E., SalasPérez, L., Fotis-Hernández, M., Rueda- Puente, E. O. y García-Hernández, J. L. 2019. Potassium influence the nutraceutical and antioxidant content of serrano hot pepper (*Capsicum annum* L.). *Agrociencia* 53: 581591.

Piatelli M. 1981. The Betalins: Structure, Biosynthesis and Chemical Taxonomy. In Conn, E.E, Ed and the Biochemistry o f plants: A comprehensive Treatise. New Y ork: Secondary Plant Products. Academic Press. Vol.17. 557-575pp.

Rodríguez C.J., Armas D.F y Granada C.L. 2006. Producción de bugambilia (*Bougainvillea* ssp). Zacatepec, Morelos. México. Monografía. Centro de investigación regional del centro de Zacatepec, INIFAP. 2-11-17pp. Romero, L.M, 2006. Estudio experimental del Secado de Semillas de Cilantro en un Lecho Fluidizado al Vacío Utilizado Aire. Universidad de las Américas, Puebla, México.

Strack, D., Vogt, T. & Schliemann, W, 2003. Recent advances in betalain research. s. l.: *Phytochemistry*. 247- 269 pp.



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Shigley, Joseph E. y Charles R.Mischke. 1990 Diseño en Ingeniería Mecánica. México: Editorial McGraw Hill Interamericana de México, S.A.

Stintzing, F., Herbach, K., Mozhayeva, M., Carle R., Yi, W., Sellappan, S., Akoh C. y Felker, P. 2005. Color, Betalain Pattern, and Antioxidant Properties of Cactus Pear (*Opuntia* spp.) Clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 442-451 pp.

Tesoriere L., Allegra, M., Butera, D., Livrea, M. 2004. Absorption, excretion, and distribution in low density lipoproteins of dietary antioxidant betalains. Potential health effects of betalains in humans. *Am. J. Clin. Nutr.*, Vol. 8. 941-945 pp.

Thorat., B.N. November, 2008. Drying-Proceedings of the 16th International Drying Symposium. Hyderabad. India A.S Mujumdar. 9-12 pp.

Valko M, Leibfritz D. 2007. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease, *Int.J Biochem Cell*. 44-84 pp.

Van Weert, G. y J.B. Van Hasselt. June 1997. Countercurrent Flow of Dissimilar Solids in a Vertical Multistage, Spouting Bed Configuration, paper presented at the Richard Mozley. 45 pp.

Velić, Darko, y otros. 2007. Study of the drying kinetics of “Granny Smith” apple in tray drier, s.l. : *Agriculturae Conspectus Scientificus*. Vol. 72(4). 323-328

W Schliemmn., Kobayashi N. y Strack, D, 1999. The decisive step in betaxanthin biosynthesis is a spontaneous reaction. *Plant Physiology*. 119. 1217-1232 pp.

Wolf G, Henry A, Mattill. 2005. The discovery of antioxidant function of vitamin E. Vol. 3. 363 pp. Zaro J Maria , Zaro. 2008. Análisis de factores que afectan la acumulación, distribución y estabilidad de antioxidantes de naturaleza fenólica. Vol. 1. 111 -112 pp.