

**EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE PROBIÓTICOS *LactoSpore*® EN PULPA DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum*) VARIEDAD AMARILLO COMÚN, DESHIDRATADA POR VENTANA REFRACTIVA**

**EVALUATION OF STABILITY OF *LactoSpore*® PROBIOTICS IN TREE TOMATO PULP (*Solanum betaceum*) COMMON YELLOW VARIETY, DEHYDRATED BY REFRACTANCE WINDOW**

<sup>1</sup>Corrales Cardona, Jhoan Esteban; \*<sup>1</sup>Silva Díez, María Paulina

<sup>1</sup>Corporación Universitaria Lasallista. Carrera 51 118 sur 57, Caldas-Antioquia. Colombia. Correo electrónico:

\*[mapasidi@gmail.com](mailto:mapasidi@gmail.com)/ [jhocorrales@gmail.com](mailto:jhocorrales@gmail.com)

Recibido julio30 de 2019; Aceptado febrero 21 de 2020

**RESUMEN.**

---

El tomate de árbol (*Solanum betaceum*) es reconocido por poseer cantidades significantes de antioxidantes, minerales, carbohidratos y ácidos orgánicos. La deshidratación de su pulpa por ventana refractiva; tecnología de bajo costo y consumo energético y alto rendimiento, tiene la ventaja de conservar en gran medida las propiedades organolépticas y los compuestos bioactivos, además es posible en este tipo de secado adicionar probióticos, como el *Bacillus coagulans*, a quien se le atribuyen importantes beneficios gastrointestinales, dando así un valor agregado al producto final, respondiendo a las demandas del mercado de alimentación saludable. No existen estudios en la literatura sobre condiciones óptimas para el secado de tomate de árbol

adicionado con *Bacillus coagulans* MTCC 5856, ni se ha determinado la posible estabilidad antes y después del secado. Se caracterizó fisicoquímica y bromatológicamente la pulpa de tomate de árbol según normatividad vigente y métodos AOAC. Se han realizado ensayos preliminares mediante ventana refractiva, gracias a ello se han modificado las variables iniciales del método de secado. El análisis estadístico se realizó mediante un diseño experimental multinivel para determinar las condiciones óptimas de estabilidad del probiótico en la pulpa mediante la determinación del recuento de sus esporas viables en agar GYE. Se han elegido los proveedores de tomate de árbol que cumplen con la normatividad según NTC 4105 de 1997. La deshidratación expuesta es una opción para dar un valor agregado al producto final, preservando las propiedades nutricionales del tomate de árbol y el probiótico.

Autor de correspondencia Silva Diez, Maria  
Paulina. \*correo de contacto:  
[mapasidi@gmail.com](mailto:mapasidi@gmail.com)

**Palabras clave:** Tomate de árbol, deshidratación, ventana refractiva, *Bacillus coagulans*, estabilidad.

## ABSTRACT

---

Tree tomato (*Solanum betaceum*) is recognized as having significant amounts of antioxidants, minerals, carbohydrates and organic acids. The dehydration of its pulp by refractance window; technology of low cost, low energy consumption and high performance, it has the advantage of preserving organoleptic properties and bioactive compounds to a great extent, it is also possible in this type of drying to add probiotics, such as *Bacillus coagulans*, to whom important attributes are attributed gastrointestinal benefits, thus giving an added value to the final product, responding to the demands of the healthy food market. There are no studies in the literature about optimal conditions for the tree tomato drying added with *Bacillus coagulans* MTCC 5856, nor the stability has been

determined before and after this process. Tree tomato pulp was characterized physicochemically and bromatologically according to current regulations and AOAC methods. Preliminary tests have been carried out using refractance window, due to which the initial variables of the drying method have been modified. Through a multilevel experimental design, tests were carried out to determine the stability of the probiotic in the pulp by determining the count of its viable spores in GYE agar. Tree tomato suppliers that comply with the regulations according to NTC 4105 of 1997 have been chosen. The exposed dehydration is an option to give an added value to the final product, preserving the nutritional properties of the tree tomato and the probiotic.

**Key words:** Tree tomato, dehydration, refractance window, *Bacillus coagulans*, stability.

## INTRODUCCIÓN

---

Actualmente la industria de alimentos busca innovar tanto en productos como en procesos productivos para generar valor comercial que la identifique ante la competencia. (Tejada-Tovar, *et al.*, 2017; Pua, R. *et al.*, 2015). Una de las tendencias crecientes en el mercado global, es el consumo de frutas exóticas bien sea frescas y/o mínimamente procesadas debido a su alto contenido de compuestos bioactivos que tienen un beneficio en la salud del consumidor. De otra parte se han realizado estudios que buscan evaluar el contenido de

metales pesados en diversos productos de la cadena alimenticia (Arrieta S., *et al.*, 2015).

Colombia cuenta con una amplia gama de frutas que en los mercados extranjeros son catalogadas como exóticas debido a su apariencia y sabor único, diferente de las tradicionales. (Quintana F., *et al.*, 2015). Estas frutas resultan muy atractivas para el mercado, y según lo afirma el Plan Frutícola Nacional (PFN), “*el Registro mundial de frutas presenta una tendencia creciente que se puede explicar por los cambios en los*

*ingresos económicos, las estructuras poblacionales y por la tendencia a creer más en las propiedades nutricionales y funcionales de las frutas”* (Zuluaga A., 2015). Dentro de esta clasificación de frutas exóticas se encuentra el tomate de árbol (*Solanum Betaceum*). Originario de América del Sur, perteneciente a la familia *Solenaceae* pero actualmente se cultiva en diversos países con climas tropicales en todo el mundo. Según el Ministerio de Agricultura de Colombia, para el año 2014 la producción de este fruto fue de 174.895 Ton/año y dentro de los principales productores se encuentra Antioquia en el primer lugar con 95.374 Ton/año, seguido por Cundinamarca con 39.029 Ton/año, Boyacá con 8,380 ton/año, Huila con 4.478 Ton/año y Tolima con 9.731 Ton/año. Además Antioquia cuenta con la mayor área sembrada y cosechada y mayor rendimiento de producción (Ministerio de Agricultura, 2014).

En Colombia es consumido como fruta fresca gracias a su sabor único y a su gran asequibilidad lo que permite que personas de todos los estratos sociales lo consuman. Es utilizado en una variedad de productos elaborados tales como jugos, mermeladas y conservas, aunque podría ser más explorado y diversificado comercialmente por la industria de alimentos dado que actualmente no se han reportado estudios de transformación mediante tecnologías de

secado de esta fruta con la incorporación de cultivos probióticos, considerando que puede ser una opción viable de dar un valor agregado a los productos clasificándolos como alimentos funcionales.

El tomate de árbol es una fruta reconocida por poseer cantidades significantes de antioxidantes, minerales, carbohidratos y ácidos orgánicos. Se ha reportado igualmente en la literatura las propiedades funcionales para el mejoramiento de mecanismos de defensa en la prevención de enfermedades, el control de las condiciones físicas y mentales y el retardo en el proceso de envejecimiento.

Por otro lado, el sector agroindustrial busca la transformación de estas frutas para adquirir características especiales que dan valor agregado utilizando tecnologías que además de ser amigables ambientalmente, garanticen que los productos procesados conserven en gran medida sus propiedades sensoriales y nutricionales. Adicional a esto es posible incorporar microorganismos probióticos que al ser administrados en cantidades adecuadas a un hospedero ejercen un efecto benéfico sobre la salud. La especie *Bacillus coagulans* en su preparado comercial *Lactospore®*, se considera como un microorganismo probiótico versátil, gram positivo, esporulado, productor de ácido láctico a quien se le atribuyen importantes beneficios gastrointestinales. Las esporas

viales que llegan a su sitio de acción en el tracto gastrointestinal sobreviven sin nutrientes y son extremadamente resistentes a factores adversos como al pH gástrico, al ataque de los ácidos biliares y a condiciones extremas como es el procesado (Sabinsa, 2017).

Dentro de las técnicas de conservación de alimentos, el secado es comúnmente empleado para reducir la actividad de agua y aportar características especiales al producto que facilitan su conservación a largo plazo. (Ramírez G., 2016; Recio Colmenares, *et al.*, 2019; Granados-Conde, *et al.*, 2019). Para obtener productos de calidad superior y con el fin

de reducir impactos ambientales es importante el empleo de tecnologías de cuarta generación, como el secado por ventana refractiva que consiste en disponer el producto en una película plástica (Mylar®) que entra en contacto con una superficie de agua a temperatura inferior a la de ebullición, favoreciendo el paso de la radiación infrarroja del agua hacia el alimento, lo que permite la migración de agua de este.

Por lo mencionado anteriormente, esta investigación tiene como objetivo evaluar la estabilidad de un cultivo probiótico *LactoSpore®* en pulpa de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) variedad amarillo común, deshidratada por ventana refractiva.

## MATERIALES Y MÉTODOS

---

**Caracterización de la fruta.** Las muestras de tomate de árbol variedad amarillo común fueron adquiridas en mercados locales, haciendo un muestreo aleatorio especificado simple. Tomando 3 muestras por lote, se realizó una limpieza y desinfección usando hipoclorito de sodio a 70 ppm / 15 min. Se evaluaron los criterios dispuestos según la NTC 4105 de 1997 que establece los parámetros de calidad del tomate de árbol. Luego se procedió a retirar la cáscara y el pedúnculo y se preparó un puré con el fin de realizar las siguientes pruebas: acidez titulable (% ácido cítrico) (AOAC 942.15, 1996), sólidos solubles totales (°Brix) (AOAC

932.12, 1996) e índice de madurez (°Brix / % ácido cítrico). La caracterización se realizó en la planta de procesamiento de frutas y hortalizas de la Corporación Universitaria Lasallista.

**Análisis Bromatológicos.** Se realizaron según métodos AOAC: proteína extracto etéreo, fibra cruda y cenizas.

**Acondicionamiento de la pulpa de tomate.** Luego de llevar a cabo el proceso de limpieza y desinfección de la materia prima se procede a retirar la cáscara y el pedúnculo. Luego se realiza la homogenización para obtener la pulpa de

tomate donde se retiran las semillas mediante un tamizado. Finalmente se llevará a cabo la inoculación del cultivo probiótico.

**Adición de LactoSpore®.** Se incorporó este preparado probiótico comercial suministrado por la empresa Ingredientes y Productos Funcionales S.A. (IPF), a la pulpa de tomate de árbol a una dosis de 0,013%.

**Secado por ventana refractiva.** Fueron realizados diferentes ensayos preliminares con la tecnología de secado en el equipo a escala de laboratorio en la empresa Industrias Centricol Ltda., en Medellín (Antioquia). Gracias a ello, se definieron las variables de estudio a evaluar, temperatura del agua y grosor de la pulpa.

Dicho equipo está compuesto de un reservorio de agua constantemente en circulación a la temperatura objetivo, cubierto en su parte superior con un film plástico Mylar®, que entra en contacto con el agua y de esta manera, posteriormente fue añadida la pulpa sobre el film, distribuyéndola de manera uniforme para alcanzar el espesor deseado.

Luego de finalizado el secado, la pulpa fue retirada del film y empacada al vacío para su conservación y poder llevar a cabo los análisis posteriores.

**Cuantificación de *Bacillus coagulans*:** Se determinó mediante el recuento de sus

esporas viables en agar GYE; mediante el protocolo recomendado por la empresa Ingredientes y Productos Funcionales S.A. (IPF).

**Análisis estadístico:** Se definieron los tratamientos usando un diseño factorial  $2^k$ , con un nivel de confianza del 95 % por medio del software STATGRAPHICS Centurión (XV), donde los factores evaluados fueron: temperatura del agua (60 y 90°C) y espesor de la pulpa (0.4 y 0.8 mm). El tiempo de secado (30 min) fue fijo para todos los experimentos. Como variable respuesta se tomará la estabilidad del probiótico (UFC/g).

Las corridas del diseño se muestran en tabla 1.

**Tabla 1.** Corridas del diseño experimental  $2^k$

Temperatura del agua (°C)	Espesor de la pulpa (mm)	UFC/g
60	0,4	4,60E+06
60	0,4	1,00E+06
60	0,8	1,10E+07
60	0,8	1,10E+07
90	0,8	4,60E+06
90	0,4	8,60E+06
90	0,8	4,50E+06
90	0,8	3,30E+06
90	0,4	5,00E+06

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se presentan en la Tabla 2 corresponden a la caracterización física y clasificación del fruto entero y consecutivamente al puré de tomate de árbol variedad amarillo común, según normatividad vigente. Peso (g)  $106,25 \pm 0,78$ ; diámetro (mm)  $48,57 \pm 1,42$ ; y según los métodos AOAC %humedad  $81,11 \pm 0,15$ ; sólidos solubles totales ( $^{\circ}$ Brix)  $10,16 \pm 0,05$ ; acidez titulable (% ácido cítrico)  $2,13 \pm 0,15$ ; pH  $3,19 \pm 0,06$ ; índice de madurez  $4,78 \pm 0,34$ .

El peso promedio de los frutos analizados es semejante a lo reportado en la literatura para frutos de coloración naranja (118 g), este parámetro es relacionado con el diámetro del fruto según la NTC 4105 de 1997.

En la tabla 2 existe una correlación entre las variables de  $^{\circ}$ Brix, pH, acidez e índice de madurez para mantener un criterio constante que se aproxime a la madurez del consumo del fruto.

El tomate de árbol es considerado además por ser una buena fuente de fibra dietaria (alrededor de 4 %), donde su fracción insoluble tiene mayor importancia (2,01 %).

En cuanto al contenido de cenizas (minerales) presentes en la pulpa podría estar relacionado con el contenido fósforo, calcio, potasio, magnesio, hierro, como lo reporta (Torres, 2012).

**Tabla 2.** Caracterización física de tomate de árbol\*

Análisis	
Peso (g.)	$106,25 \pm 0,78$
Diámetro (mm)	$48,57 \pm 1,42$
% Humedad	$81,11 \pm 0,15$
$^{\circ}$ Brix	$10,16 \pm 0,05$
Acidez (% ácido cítrico)	$2,13 \pm 0,15$
pH	$3,19 \pm 0,06$
Índice de madurez	$4,78 \pm 0,34$

\*Total de frutos analizados: 9 unidades

Valores reportados representan el promedio  $\pm$  la desviación estándar

La Tabla 3. Corresponde a los análisis bromatológicos de la pulpa de tomate de árbol como proteína, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas.

**Tabla 3.** Caracterización química y bromatológica de pulpa madura de tomate de árbol

Análisis	%Base Húmeda
Proteína	$2,68 \pm 0,14$
Extracto etéreo	$0,0025 \pm 0,0006$
Fibra cruda	$2,01 \pm 0,01$
Cenizas	$0,84 \pm 0,002$

Valores reportados representan el promedio  $\pm$  la desviación estándar

La tabla 4, muestra el análisis de varianza. Se puede observar que la interacción entre temperatura del agua y espesor de la pulpa es significativa ( $vp < 0.05$ ) y en el caso

contrario ( $vp > 0.05$ ). El modelo ajusta un 68.05% los datos experimentales. (Padilla-Frías, *et al.*, 2018)

**Tabla 4.** Análisis de varianza

Fuente	Suma de Cuadros	GL	Cuadrado Medio	rf	vp
<b>A: Temperatura agua</b>	0,01	1	0,01	0,03	0,86
<b>B: Espesor</b>	0,74	1	0,74	2,67	0,16
<b>AB</b>	2,42	1	2,4	8,77	0,03
<b>Error total</b>	1,38	5	0,28		
<b>Total (corr.)</b>	4,32	8			

El polinomio ajustado se presenta en la ecuación (1). Este indica que por cada unidad que aumente la temperatura del agua, los probióticos aumentan en 0,10; por cada unidad que aumenta el espesor de la pulpa, los probióticos aumentan en 14,62; y por cada aumento entre la interacción de temperatura y espesor de la pulpa, los probióticos disminuyen en 0,17.

## CONCLUSIONES

Los proveedores elegidos para la selección del tomate de árbol cumplen para realizar posteriores ensayos de la investigación puesto que la caracterización fisicoquímica fue acorde a la normatividad y como resultado se obtuvieron frutos sanos, de categoría I, libres de humedad externa,

$$\log(y) = 6.49 + 0.10x_1 + 14.62x_2 - 0.17x_1x_2 \quad (\text{Ec 1})$$

Donde

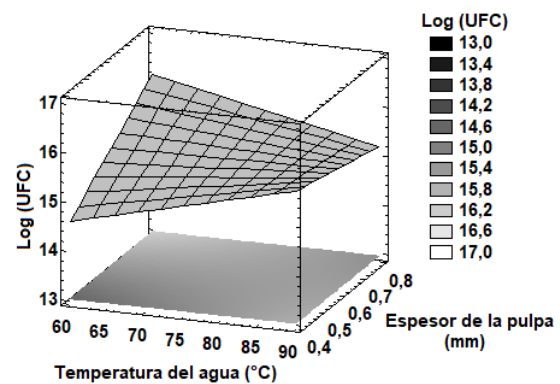
$$y = CFU/g$$

$$x_1 = \text{Temperatura del agua}$$

$$x_2 = \text{Espesor de la pulpa}$$

La figura 1 muestra la superficie de respuesta construida con el polinomio de la ecuación 1. En esta se puede ver el comportamiento antes descrito.

**Figura 1.** Superficie de respuesta



exentos de olores y materiales extraños, de aspecto fresco y consistencia firme según NTC 4105 de 1997.

Se demostró mediante el recuento microbiológico que el *Bacillus coagulans* añadido a la pulpa de tomate de árbol, posee una mejor estabilidad a temperaturas bajas,



además, a niveles altos en el factor de estudio (espesor de la pulpa), mejora la protección de la matriz alimentaria debido a la disminución de la exposición a la radiación producida por la tecnología de secado, lo que favorece la supervivencia del *Bacillus coagulans*.

Conjuntamente a la estabilidad del probiótico, se observó que este es resistente en presencia de un medio ácido, característico de la matriz alimentaria.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

---

AOAC-Association of Official Analytical Chemists. (1990). Official Methods of Analysis of AOAC International. 15th edition. Arlington, VA.

AOAC-Association of Official Analytical Chemists. (1996). Official Methods of Analysis. Basic calculations for chemical and biological analyses. Arlington, VA.

Cámara de Comercio Bogotá. (2015). Manual tomate de árbol. Retrieved from: <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/14308>

Edward R. Farnworth, P. Claude Champagne. (2016). Chapter 20 – Production of Probiotic Cultures and Their Incorporation into Foods. Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics Bioactive Foods in Health Promotion, (2016), pp.303-318.

Granados-Conde, Clemente, Torrenegra-Alarcon, Miladys, Leon-Mendez, Glicerio Arrieta Pineda, Yurica Jimenez-Nieto,

Jaime Carriazo-Marmolejo, Luz. (2019). Deshidratación osmótica método alternativo de conservación de alimentos. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN 1692-7125. Volumen 17 N° 2. Pp: 101 -114.

Instituto Colombiano Agropecuario. (2009). Manual técnico para viveristas en solanáceas. Retrieved from <http://www.ica.gov.co/getdoc/7bad83ec-8b91-4d79-9080-46edf9741243/MSOLANACEAS.aspx>

Ministerio de Agricultura. (2014). Tomate de Árbol. Retrieved from [http://www.agronet.gov.co/Documents/Tomate de %C3%81rbol.pdf](http://www.agronet.gov.co/Documents/Tomate%20de%20arbol.pdf)

O.A. Caparino, J. Tanga, C.I. Nindo, S.S. Sablani, J.R. Powers, J.K. Fellman. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. Journal

- of Food Engineering, 111(2012),pp. 135-148.
- Padilla-Frías, Keyla Andrea Granados-Conde, Clemente Leon-Mendez, Glicerio Arrieta Pineda, Yurica y Torrenegra-Alarcon, Miladys (2018). Evaluación de la influencia de la temperatura en procesos de secado. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN 1692-7125. Volumen 16 N° 2. Pp: 107 – 117.
- Pua, R. Amparo L. y Barreto, G. R., Ariza, C. S. (2015). Extracción y caracterización de la pectina obtenida a partir de la cáscara de limón Tahití (*citrus x latifolia*) en dos estados de maduración. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN 1692-7125. Volumen 13, N° 2, pp: 180 - 194.
- Quintana F., Lucas F., Gómez, Salomon, Garcia, Alberto y Martinez, Nubia. (2015). Perfil sensorial del clon de cacao (*Theobroma cacao L.*) CCN51. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN: 1692-7125. Volumen 13 N°1. Pp. 60 -65.
- Ramírez G. Luz E. (2016). Análisis de las propiedades físicas y químicas de zanahoria deshidratada por ósmosis y secado convectivo. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN 1692-7125. Volumen 14 N° 2. Pp: 42 - 53
- Recio Colmenares, Roxana B., Recio Colmenares, Carolina L. y Pilatowsky Figueroa Isaac. (2019). Estudio experimental de la deshidratación de tomate verde (*Pysalis ixocarpa brot*) utilizando un secador solar de tipo directo. Revista de La Facultad de Ciencias Básicas, Bistua. ISSN: 0120-4211. Vol. 17 N°1. p76-86.  
DOI: <https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2019.3136>.
- Sabinsa Corporation (2017). LactoSpore®. Retrieved from: <http://www.lactospore.com>
- Susana Espín, Susana González-Manzano, Verónica Taco, Cristina Poveda, Begoña Durán- B, Ana M. González-Paramas, Celestino Santos-Buelga. (2016). Phenolic composition and antioxidant capacity of yellow and purple-red Ecuadorian cultivars of tree tomato (*Solanum betaceum Cav.* Food Chemistry, 194, pp.1073-1080.
- Tejada-Tovar, Candelaria Nahir, Villabona-Ortiz, Ángel y Granados-Conde, Clemente. (2017). Caracterización de la pulpa de ají tabasco (*Capsicum frutescens L.*) Cultivada en el departamento de Sucre—Colombia. Revista de La Facultad de Ciencias Básicas, Bistua. ISSN: 0120-4211. Vol. 15 N°1.  
DOI: <https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2017.2555>

Torres, A. (2012). Caracterización física , química y compuestos bioactivos de pulpa madura de tomate de árbol ( Cyphomandra betacea ) (Cav.) Sendtn, 62(1), 381–388.

Zuluaga A., Jenny M. (2015). Factores determinantes que afectan la rentabilidad de las empresas exportadoras de frutas exóticas hacia europa. Universidad Militar Nueva Granada. Programa Administración de Empresas. Bogotá, D. Consultado en URI: <http://hdl.handle.net/10654/13751>.