

**EFFECTO DEL SECADO EN EL CRECIMIENTO DE LA CEPA NATIVA
LACTOBACILLUS PLANTARUM INOCULADO EN UCHUVA (*PHYSALID
PERUVIANA L*) ECOTIPO COLOMBIA**

MARILUZ BETANCUR SIERRA

INGENIERÍA QUÍMICA

FACULTAD DE MINAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN

MEDELLÍN, 2009

**EFFECTO DEL SECADO EN EL CRECIMIENTO DE LA CEPA NATIVA
LACTOBACILLUS PLANTARUM INOCULADO EN
UCHUVA (*PHYSALID PERUVIANA L*) ECOTIPO COLOMBIA**

MARILUZ BETANCUR SIERRA

Trabajo de grado para optar al título Ingeniera Química

Director: Misael Cortes Rodríguez

Co-Directora: Olga Inés Montoya Campuzano

INGENIERÍA QUÍMICA

FACULTAD DE MINAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN

MEDELLÍN, 2009

Se han recorrido muchos caminos; en los cuales el amor de Dios, el apoyo de mi Padre y mi Madre, las oraciones de mi Abuela, y la compañía de mis Hermanas, han ayudado a superar cualquier obstáculo.

A mi Maravilloso Amigo Andrés Felipe Ortiz A. él cual me ha guiado durante toda mi

Escuela de Vida y
Profesional.

Gracias por
compartir esta
experiencia a mi lado

Mariluz
Betancur Sierra

Medellín
Julio 2009

AGRADECIMIENTOS

Este recorrido intelectual se lo debo a muchísimas personas todas y cada una de ellas han contribuido y han dejado en mí un pedazo grande de sabiduría.

Gracias a, Liliana, Sofia, Maria E, Yudy Ana, Maria Isabel, Carol, William, Alejandro, José David, Santiago; amigos y amigas presentes en los momentos en los que he necesitado su ayuda. A mi equipo de tesis, especialmente a Olga Montoya y Zaira Marin, que mas que un equipo fue mi familia, las cuales depositaron su confianza en mi para sacar juntos este proyecto.

Quiero agradecer a los laboratorios y a las personas que directa e indirectamente me colaboraron durante la investigación:

Laboratorio de Microbiología Aguas y Alimentos

Laboratorio de Procesos Agrícolas

Laboratorio de Química

Laboratorio de Microbiología industrial

Laboratorio de Frutas

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

<u>EFECTO DEL SECADO EN EL CRECIMIENTO DE LA CEPA NATIVA LACTOBACILLUS PLANTARUM INOCULADO EN UCHUVA (PHYSALID PERUVIANA L) ECOTIPO COLOMBIA.....</u>	<u>1</u>
<u>EFECTO DEL SECADO EN EL CRECIMIENTO DE LA CEPA NATIVA LACTOBACILLUS PLANTARUM INOCULADO EN</u>	<u>2</u>
<u>UCHUVA (PHYSALID PERUVIANA L) ECOTIPO COLOMBIA.....</u>	<u>2</u>
<u>INTRODUCCION.....</u>	<u>7</u>
<u>JUSTIFICACION.....</u>	<u>8</u>
<u>UCHUVA.....</u>	<u>9</u>
<u>OBJETIVOS.....</u>	<u>11</u>
<u>RESUMEN.....</u>	<u>12</u>
<u>MATERIALES Y MÉTODOS.....</u>	<u>19</u>
<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</u>	<u>22</u>
<u>CONCLUSIONES.</u>	<u>30</u>
<u>BIBLIOGRAFÍA.....</u>	<u>31</u>

INTRODUCCION

El comercio de frutas deshidratadas se ha extendido por todo el mundo, presentando nuevos desafíos alimenticios; donde se esta dando una alimentación sana y sin el problema de daños en los alimentos rápidamente, siendo así una alternativa de alimentación para países donde la producción de fruta sea escasa.

Colombia gracias a su amplia gama de productos agrícolas tiene los insumos necesarios para entrar en este mercado, sin embargo no es algo que se tenga muy explotado.

Cada día se imponen nuevos retos, nuevas competencias; cambios que permitan al consumidor elegir su propio estilo de alimentación, según las necesidades, de ritmo de vida de cada individuo. Pero ahora es necesaria una alimentación rápida, nutritiva, medicinal, que no engorde y a su vez de forma novedosa para atraer a los consumidores.

Es debido a esto que país europeos, Estados Unidos, Japón, entre otros, están buscando otras formas de alimentación, que cumpla con los requerimientos energéticos básicos, y proporcionen altos beneficios para la salud.

JUSTIFICACION

Los mercados internacionales de frutas procesadas a tenido un crecimiento se ha visto favorecido por los cambios estructurales de carácter socio-económico transformado las preferencias de los consumidores; siendo así los más dinámicos del sector agroalimentario.

El proceso de envejecimiento acelerado de la población, el cambio en el ritmo de vida, la disminución del tamaño promedio de los hogares y la internacionalización de los gustos de los consumidores, la apertura generalizada de los mercados de bienes y servicios, entre otros han generado un cambio, dirigiéndolo hacia un consumo de alimentos saludables(frescos, funcionales, con bajos contenidos de químicos y azúcares), Inocuos(libres de contaminación por microorganismos y residuos químicos) y convenientes(listos para consumir: Congelados, refrigerados listos para microondas, de larga vida, en porciones individuales), y con optima relación precio-calidad.

La Uchuva es una de las frutas con un contenido nutricional y medicinal bastante alto, su producción en el país es satisfactoria, siendo el primer productor de esta en Suramérica; cultivándose durante todo el año; por su agradable sabor Dulce-cítrico, es una fruta altamente consumida. Aprovechando todas estas virtudes, además proporcionándole propiedades medicinales y nutritivas, y distribuyéndola en una presentación que la preserve, y sea de fácil acceso, puede convertirse en un producto bastante apetecible para la exportación.

UCHUVA

La uchuva (*Physalis peruviana*), por ser una fruta tropical con excelentes propiedades medicinales y nutricionales, es de gran interés en las exportaciones en el mundo, Además Colombia posee diversas zonas donde es favorecida su producción, proporcionando un producto que puede ser fácil de comercializar.

El área de cultivo de la uchuva ha crecido aceleradamente en los últimos años pasando de 34.5 hectáreas sembradas en 1995 a 316 en el año 2000; siendo Cundinamarca el departamento con mayor área sembrada equivalente 84.5% del total del país y con un cultivo de 267 hectáreas, produciendo 5,061 toneladas correspondiente al 80% del total de la producción nacional. Antioquia es el segundo productor del país, con un área de 28 hectáreas y 16% en la producción total (1.004 toneladas en el año 2000). En su orden siguen los departamentos de Boyacá y Tolima que produjeron 222 y 48 toneladas, respectivamente.

En la tabla 3 se muestra área, la producción y rendimientos de la uchuva en Colombia.

Tabla 1 área, la producción y rendimientos de la uchuva en Colombia

Uchuva											
Departamento		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Total Nacional	A	34.5	54.0	9.0	58.0	221.0	316.0	431.5	415.5	534.0	792.0
	P	936.0	1,488.0	138.0	1,608.0	4,343.0	6,335.5	8,453.5	6,518.0	9,872.9	11,327.6
Antioquia	A						28.0	21.0	17.0	9.0	
	P						1,004.5	753.0	544.0	120.3	
	R						35,875.0	35,857.1	32,000.0	13,366.7	
Boyacá	A						15.0	36.0	22.0	41.5	84.5
	P						222.0	550.0	241.0	622.5	693.4
	R						14,800.0	15,277.8	10,954.5	15,000.0	8,205.9
Cundinamarca	A	30.0	48.0	3.0	52.0	215.0	267.0	360.0	360.0	464.0	689.0
	P	900.0	1,440.0	90.0	1,560.0	4,295.0	5,061.0	7,071.0	5,560.0	8,934.0	10,485.0
	R	30,000.0	30,000.0	30,000.0	30,000.0	19,976.7	18,955.1	19,641.7	15,444.4	19,254.3	15,217.7
Meta	A										10.0
	P										24.0
	R										2,400.0
Norte de Santander	A								2.0	2.0	2.0
	P								20.0	20.0	20.0
	R								10,000.0	10,000.0	10,000.0
Tolima	A	4.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	P	36.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	22.5	60.0	60.0	60.0
	R	8,000.0	8,000.0	8,000.0	8,000.0	8,000.0	8,000.0	7,500.0	20,000.0	20,000.0	20,000.0
Valle del Cauca	A							11.5	11.5	14.5	3.5
	P							57.0	93.0	116.1	45.2
	R							4,956.5	8,087.0	8,006.9	12,900.0

A - Superficie cultivada (Ha)

P - Producción (Tm)

R - Rendimiento (Kg/Ha)

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Anuario Estadístico

Cálculos: Observatorio Agrociudades Colombia

La productividad de la uchuva es, en promedio, de 14 toneladas por hectárea con un máximo de 18 toneladas por hectárea en cultivos muy bien manejados; donde los suelos donde se desarrolla la uchuva deben ser ricos en elementos nutritivos N, P, K y elementos menores, con un buen contenido de humedad, ser de estructura grande, con textura areno arcillosa, ricos en materia orgánica y con un pH 7.0.

Un estudio de consumo, en una muestra de 200 amas de casa en Bogotá, se encontró que el nivel de conocimiento de la fruta era del 75%, demostró además que las diferentes maneras en que se puede consumir la fruta y la versatilidad de preparación del producto, son virtualmente desconocidas para la población entrevistada. La uchuva se presta para la obtención de diversos productos como néctares, mermeladas, jugos, bocadillos, pulpas, entre otros, donde hace de está, una fruta fuera de nutritiva y medicinal, un alimento que se puede implementar de diversas formas sin provocar un cansancio al consumidor.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

La presente investigación tiene como objetivo general, estudiar la factibilidad de desarrollar uchuva deshidratada a 37°C, enriquecida con un microorganismo probiótico, utilizando la Ingeniería de Matrices como mecanismo de incorporación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar el comportamiento de la población de microorganismo *Lactobacillus plantarum* después de exponer las uchuvas a deshidratación a 37 °C, en tiempos de 0 y 1 mes después del secado.
- Analizar los datos de humedad y actividad de agua de las uchuvas con microorganismo y sin microorganismo, después de la deshidratación.
- Analizar las curvas de velocidad, pérdida de masa durante el tiempo de secado de las uchuvas sin y con microorganismo.

EFFECTO DEL SECADO EN EL CRECIMIENTO DE LA CEPA NATIVA *LACTOBACILLUS PLANTARUM* INOCULADO EN UCHUVA (*PHYSALID PERUVIANA L*) ECOTIPO COLOMBIA

Mariluz BETANCUR S.^{1*}; Zaira T. MARIN A.²; Misael CORTÉS R.²; Olga I. MONTOYA C.⁴

¹Estudiante de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín,
mbetancs@unalmed.edu.co

⁴Ingeniera de Alimentos, estudiante de la Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, ztmarina@unalmed.edu.co

² Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, mcortesro@unalmed.edu.co

³ Profesora Asociada, Escuela de Biociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, oimontoy@unalmed.edu.co

RESUMEN

Los alimentos funcionales (AF) cumplen un papel muy importante como elementos clave para la prevención de determinadas enfermedades al ser consumidos dentro de una dieta sana, mejorando considerablemente la calidad de vida del consumidor. Actualmente se desarrollan numerosas investigaciones que tienen como fin estudiar los beneficios que estos

proveen, teniendo como fin desarrollo e innovación en el campo alimenticio a través de los AF.

Los probióticos son microorganismos vivos que ejercen importantes efectos fisiológicos al ser consumidos en cantidades suficientes. Productos que contengan dichos microorganismos pertenecen a los AF.

El objetivo primordial de esta investigación es evaluar la viabilidad de desarrollar uchuva (*Physalis peruviana* L.) mínimamente procesada, deshidratada y enriquecida con microorganismos probióticos (*Lactobacillus plantarum* LPBM10) aplicando ingeniería de matrices, y secado por aire caliente como mecanismo para obtener AF.

Se evaluó la viabilidad del microorganismo a impregnar y deshidrata medias esferas de uchuva a una concentración de 10, las cuales fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio.

El proceso de impregnación a vacío (IV), utilizó como vehículo la SG inoculada con los lactobacilos, donde la respuesta a la IV se evaluó en términos de la porosidad efectiva (ϵ_e) disponible para el proceso IV, la fracción volumétrica de impregnación y la deformación volumétrica al final de la etapa de vacío (X_1 y γ_1 respectivamente) y al final del proceso (X y γ respectivamente). La uchuva fresca (UF) presenta una heterogeneidad microestructural externa, que hace que la incorporación se dé principalmente por el pedúnculo. En general, X está afectada por la concentración del microorganismo en la SG, mientras que X_1 , γ_1 , γ y ϵ_e no presentan diferencias significativas por los altos coeficientes de variabilidad; los valores obtenidos de X y ϵ_e estuvieron entre 5 – 10 % y 9 – 11% respectivamente.

La Uchuva fue deshidratada en un horno túnel de secado, con una velocidad de rotación de 1350 Rpm y una temperatura en la celda de 37 grados centígrados.

Se realizaron mediciones después de un día y dos días de ser sometidas a una deshidratación, con el fin de mirar la cantidad de microorganismos que se sobreviven y se desarrollan después de dicho tratamiento. Esta medición se contempló a su vez después de haberse deshidratado.

Se realizaron análisis fisicoquímicos de actividad de agua y humedad, después de la deshidratación en uno y dos días.

Se determinó que a condiciones de almacenamiento de temperatura ambiente (Un promedio de 24°C, con mínima de 20.4°C y máxima de 37.8°C), la media esfera de uchuva impregnada y deshidratada (MEUI) con *Lactobacillus plantarum*, presentó un crecimiento del microorganismo al cabo de un mes.

Palabras claves: Alimentos funcionales, probióticos, *Lactobacillus plantarum*, ingeniería de matrices, impregnación a vacío, deshidratación, uchuva.

ABSTRACT

Functional Food (FF) have a very important role as key elements for the prevention of determined diseases while consumed in a healthy diet, improving considerably consumer quality of life.

Currently, numerous researches are being conducted, which sole end is to study the benefits that FF provide, having as purpose the development and innovation in the foods field through them.

Probiotics are microorganisms that exercise important physiological effects when consumed in adequate quantities. Products that contain such microorganisms belong to the FF category.

The main objective of this research is to evaluate the feasibility of developing Uchuva minimally processed, dehydrated and enriched with probiotic microorganisms (*Lactobacillus plantarum* LPBM10) applying Matrix Engineering and dryness by hot air as a mechanism to obtain FF.

The viability of the microorganism to impregnate and dehydrating half spheres of Uchuva with a concentration of 10, which were disinfected with sodium hypochlorite was evaluated.

The vacuum impregnation process (IV), utilized as mean the SG inoculated with the lactobacillus, where the answer to the IV was measured in terms of the effective porosity (ϵ_e) available for the process IV, the volumetric fraction of impregnation and volumetric deformation at the end of the vacuum phase (X_1 y γ_1 respectively) and at the end of the process (X y γ respectively). The fresh Uchuva (UF) presents a heterogeneous external micro-structure, that causes the incorporation to be done principally through the root. Generally, X is affected by the concentration of the microorganism in the SG, while X_1 , γ_1 ,

γ y ϵ_e do not present any significant differences because of the high coefficients of variability; the X values obtained ϵ_e were between 5 – 10 % y 9 – 11% respectively.

The Uchuva was dehydrated in a dryness tunnel oven, with a rotation speed of 1350 Rpm and a cell temperature of 37 Celsius.

Measurements were made after a day and two of being subdued to dehydration, with the purpose of analysing the quantities of microorganism that survive and develop after such treatment. This measurement was consider even after being dehydrated.

Physical-Chemical analysis of water and humidity were made, after dehydration in one and two days.

It was determined that under room temperature conditions (average of 24°C, with minimum of 20.4°C and maximum of 37.8°C), the medium sphere of *Lactobacillus plantarum* impregnated and dehydrated Uchuva (MEUI) presented an increase of the microorganism after a month.

Keywords: Functional foods, probiotics, *Lactobacillus plantarum*, matrix engineering, vacuum impregnation, dehydration, cape gooseberry.

INTRODUCCION

Colombia es el primer productor mundial de uchuva, seguido por Sudáfrica, diferenciándose sus frutos por el tamaño, el color, el sabor, la forma de cáliz y el porte de la planta. Actualmente se cultivan tres tipos de Uchuva, originarias de Colombia, Sudáfrica y

Kenia. La uchuva colombiana se caracteriza por tener una mejor coloración, y mayor contenido de azúcares, características que la hacen más apetecible en los mercados.

La uchuva se caracteriza por ser un fruto azucarado y de buenos contenidos de vitamina A, hierro y fósforo. En diferentes regiones de Colombia le atribuyen propiedades medicinales tales como las de purificar la sangre, disminuir la albúmina de los riñones, aliviar problemas en la garganta, fortificar el nervio óptico, limpiar las cataratas, ser un calcificador y controlar la amibiasis.

La sociedad actual, está interesada en la búsqueda de alimentos que proporcionen un beneficio adicional a la salud con su consumo regular. Los alimentos funcionales (AF), se enmarcan dentro de la gama de estos alimentos, los cuales han sido definidos por la Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos como “cualquier alimento o ingrediente alimenticio modificado, que pueda proporcionar un beneficio a la salud superior al de los nutrientes tradicionales que contiene” (4). Esta nueva cultura ha permitido que se incremente cada vez más el consumo de estos alimentos que al poseer Componentes Fisiológicamente Activos (CFA) contribuyan a prevenir algunas enfermedades.

El desarrollo de alimentos funcionales con probióticos ha venido en aumento (especialmente en lácteos) ya que el uso de microorganismos probióticos estimulan el

crecimiento y desarrollo de la microbiota natural, provocando la salida de las bacterias potencialmente dañinas, bajan el nivel de colesterol en la sangre, refuerzan los mecanismos de defensa naturales del cuerpo, evitan la formación de tumores, producen nutrientes, vitaminas, mejoran la biodisponibilidad de minerales y oligoelementos; estimulan la motilidad intestinal, evitan el estreñimiento y sintetizan enzimas digestivas como la β -galactosidasa que ayudan a desdoblar la lactosa. Todos estos efectos mejoran la salud del huésped, considerando que para obtener estos beneficios su consumo debe ser superior a 10^6 Unidades Formadoras de Colonias/día (UFC/día). Para que el probiótico se pueda implantar o colonizar se requiere de un sustrato disponible rico en fibra u otros componentes.

Una alternativa del hombre para aprovechar mas y mejor los alimentos que se producen en épocas de cosecha es conservarlos mediante la disminución del contenido de agua. Para esto, desde la antigüedad empleó el secado al sol y en algunos casos lo complementó con la impregnación de sal. Hoy, la investigación tecnológica busca la aplicación de otras técnicas más eficientes de deshidratación, bajo condiciones controladas para producir mayores volúmenes de mejor calidad.

Aunque el contenido en humedad de un alimento puede ser un factor indicativo de su propensión al deterioro, también se ha observado que diferentes alimentos con el mismo contenido de humedad pueden ser muy diferentes en su estabilidad, por lo que el concepto de contenido de humedad es insuficiente para indicar lo perecedero que es un alimento. Por

esta razón el primer objetivo de la operación de secado en cuanto a aumentar la estabilidad del producto se define en términos de depresión de la actividad de agua y no en términos de contenido de humedad, puesto que la actividad de agua puede ser considerada una medida indirecta del agua que esta disponible en un producto para participar en las reacciones de deterioro. Ajustando la actividad de agua y eligiendo el envase adecuado se puede alargar la vida útil de un alimento sin necesidad de refrigeración durante el almacenamiento.

La operación de deshidratación conlleva además a una apreciable reducción del peso y volumen de los alimentos que se deshidratan, consiguiéndose así una importante reducción en los costos de transporte y almacenamiento de estos productos.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar los efectos del secado en uchuva inoculada con la cepa nativa *Lactobacillus plantarum* LPBM1.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima.

Se utilizaron uchuvas (*Physalis peruviana* L.) ecotipo Colombia, con pesos entre 6 y 7 g, procedentes del municipio de la Unión (Antioquia, Colombia), las cuales se trabajaron en mitades (partiendo el ápice en dos) desinfectaron con solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm.

Microorganismo y medio de cultivo.

Se utilizó el *Lactobacillus plantarum* LPBM10, microorganismo aislado a partir de repollo fermentado en el laboratorio de Microbiología Industrial de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, el cual se activó en caldo Man Rogosa Sharpe (MRS), se incubó a 37°C por 48 h, se sembró en superficie en agar MRS a 37°C durante 72 h, bajo condiciones microaerófilas; posteriormente se inoculó en la glucosa.

Propiedades fisicoquímicas.

Se realizaron pruebas de contenido de humedad, actividad de agua (a_w) con un higrómetro AquaLAB Decagon serie 3TE de punto de rocío 25°C, La valoración de las propiedades fisicoquímicas para las uchucas frescas se realizó en tres lotes de 10 muestras por lote y las impregnadas de 10 muestras por condición de almacenamiento.

Solución de Impregnación (SI).

Se utilizó una solución isotónica de glucosa con igual a_w que la uchuca fresca, correspondiente a una concentración del 14% p/p. Esta solución fue inoculada con el microorganismo en concentraciones de 10 (3000 millones bacterias/mL), según el patrón de McFarland, con absorbancias de 1,918 medidas por espectrofotometría a 560 nm respectivamente, en un Spectronic 20 Genesys.

Proceso de impregnación a vacío (IV).

Las uchucas frescas (UF) se pesaron y sumergieron en la SI, posteriormente, se llevaron a la cámara de impregnación a una presión de vacío de 20 kPa durante 5 min, luego se restableció la presión atmosférica manteniéndolas sumergidas por 5 min más. Durante el proceso IV se evaluó la evolución de la masa de las muestras y la SI, lo que permitió determinar los parámetros de impregnación en cada etapa: la fracción volumétrica de impregnación (m^3SI/m^3UF) al final de la etapa de vacío (X_1) y al final del proceso (X), deformación volumétrica al final de la etapa de vacío (γ_1) y al final del proceso (γ) y la porosidad efectiva (ϵ_e) disponible para el proceso IV (30). La metodología y el cálculo de los parámetros de impregnación, ha sido descrito según el modelo matemático de algunos autores (1, 30). Los parámetros de impregnación se determinaron a partir de 25 repeticiones por cada SI.

Recuento en placa.

Cada uchuca impregnada (UI) fue homogeneizada con peptona universal (0,1% p/v) en proporción 1:9, se realizaron diluciones sucesivas hasta 10^4 ; luego se realizó el método de siembra en profundidad en agar MRS, las cajas se incubaron a $37^\circ C$, por 72 h en condiciones de anaerobiosis (31). Los conteos de células viables se realizaron como UFC/100g UF y los resultados se expresaron en unidades logarítmicas (LogUFC/100 g UF).

Almacenamiento.

Las UI se almacenaron a 25°C durante los tiempos de control de 1 mes, envasadas en condiciones atmosféricas en bolsas plásticas con multicapa de poliamida-poliétileno marca ALICO S. A., con barrera al vapor de agua ($< 15 \text{ g/m}^2/24\text{hr/atm}$, $T=38 \text{ }^\circ\text{C}$), O_2 ($60 \text{ cc/m}^2/24\text{hr/atm}$, $23 \text{ }^\circ\text{C}$), N_2 y CO_2 . Se evaluó la evolución de la estabilidad de las UI en cuanto a la población del *L. plantarum*. Se realizaron 20 repeticiones en los recuentos.

Deshidratación.

La deshidratación se llevo al cabo de dos y un días a 37°C y 1350 RPM en un horno túnel de secado, fabricado por Centricol S.A.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fisicoquímica.

La tabla I presenta los resultados promedios y las desviaciones estándar de los parámetros fisicoquímicos actividad de agua, contenido de humedad (%) de la UD, UID.

Tabla I. Caracterización fisicoquímica de uchuva fresca e impregnada con *L. plantarum*

Parámetro	UD1	UD2	UID1	UID2
a_w	0,84 +/- 0,014	0,72 +/- 0,05	0,79+/-0,028	0,65+/-0,034
Humedad (%)	39,74 +/- 2,36	29,5 +/- 3,10	46,83+/-0,98	19,06+/-1,06

UD1: Uchuva con un día de deshidratación.

UD2: Uchuva con dos días de deshidratación.

UID1: Uchuva impregnada con un día de deshidratación.

UID2: Uchuva impregnada con dos días de deshidratación.

Las uchuvas impregnadas con *lactobacillus plantarum* en comparación con las uchuvas sin impregnación, presentan una mayor actividad de agua debido a la presencia de glucosa en la solución de impregnación, absorbiendo esta mayor cantidad de agua al ser deshidratada. Con respecto a la humedad, las uchuvas impregnadas presentan un valor mayor debido al líquido que se les está incorporando. La pérdida de humedad que se da entre uno y dos días de secado, es de aproximadamente el 10% para las uchuvas sin impregnar, mientras que para las uchuvas impregnadas llega casi al 27%; esto se debe a que al segundo día, la glucosa incorporada en las uchuvas impregnadas presenta una fuerte absorción de líquidos, la cual se ve reflejada en la caída del porcentaje de humedad.

Proceso de impregnación al vacío

El proceso IV aplicado en la UF, presenta una característica especial, debido a la configuración estructural propia de la fruta. La película cerosa (resina terpenica) que cubre la superficie en un 45% aproximadamente, presenta poca permeabilidad al intercambio de fluidos a través de ella, en el área recta obtenida después de la partición de la fruta existiendo mayor transferencia de masa durante la impregnación del fruto.

La tabla presenta los valores promedios y sus desviaciones estándar de los parámetros de impregnación X , X_1 , γ , γ_1 y ϵ_e , en muestras recién impregnadas con las SI a una concentración patrón de McFarland 10.

Tabla II. Respuesta a la impregnación al vacío de la Uchuva inoculada con *L. plantarum*

<i>L. plantarum</i>	Peso	X	X ₁	γ ₁	γ	ε _e
	UF	(m ³ SI/m ³ UF)	(m ³ SI/m ³ UF)	(m ³ /m ³ UF)	(m ³ /m ³ UF)	(m ³ aire/m ³ UF)
Esferas	4,62 ± 0,25	4,01 ± 3,42	-3,48 ± 4,23	-1,15 ± 3,20	-2,90 ± 1,92	7,26 ± 4,66
Medias	5,32 ± 0,23	9,58 ± 1,18	-4,62 ± 3,61	4,17 ± 3,65	-33,89 ± 10,38	46,32 ± 10,16

Los valores negativos de X₁ y γ₁, lo que nos indica salida de líquido nativo de la estructura del fruto. El porcentaje de impregnación tiene valores superiores en la SI para las medias esferas que para las esferas de uchuva, permitiéndose mayor absorción, debido a que la entrada del microorganismo posee un contacto directo con la uchuva. Los valores encontrados de ε_e muestran una diferencia de 39% aproximadamente entre las uchucas medias y las esferas, debido a la disponibilidad del fruto para incorporar el microorganismo en el interior

Recuento microorganismos viables

Los promedios de UFC para deshidratación por aire forzado con un día de secado son de 2,25*10⁶ UFC/2g de uchuva fresca (1,13*10⁸ UFC/100g) y para dos días de secado 1,91*10⁵ UFC/g de uchuva fresca (1,91*10⁷ UFC/100g) y para secado por convección se obtuvieron resultados de 2,36 *10⁶ UFC/2g de uchuva fresca para un día (1,18*10⁸ UFC/100g) y 1,75*10⁴ UFC/g de uchuva fresca para dos días de secado (1,75*10⁶ UFC/100g) .

Curvas de secado

Se realizaron 3 curvas de secado a iguales condiciones tanto para las uchuvas frescas como para las uchuvas impregnadas con *lactobacillus plantarum*, obteniéndose dos curvas donde se muestran la relación del porcentaje de humedad en bulbo seco vs. el tiempo y la velocidad de secado.

Datos obtenidos para el secado de uchuva fresca

Tabla III Humedad en bulbo seco vs. tiempo en uchuva fresca

Tiempo	Curva 1	Curva 2	Curva 3
0	3,79846449	3,79846449	3,79846449
2	3,00437631	3,00332193	2,94221155
4	2,65144823	2,66096888	2,56867838
6	2,37996509	2,40696501	2,30433184
8	2,16277858	2,19713572	2,08021194
10	1,97952746	2,02043737	1,89057202
12	1,80985049	1,86582632	1,72391877
14	1,66053477	1,72225891	1,58025216
16	1,53158028	1,6007788	1,45382555
18	1,40262578	1,48482051	1,33314561
20	1,28045837	1,37438404	1,21821233
22	1,16507804	1,2694694	1,11477237
24	1,06327186	1,1755984	1,01133242
26	0,97503984	1,08724923	0,92513246
28	0,88680782	1,00442188	0,85042583
30	0,80536288	0,93816	0,7757192
32	0,74427917	0,87189812	0,71825255
34	0,69676962	0,81667988	0,66653258
36	0,64247299	0,7725053	0,62055927
38	0,60175052	0,72280889	0,57458595
40	0,56102805	0,68415612	0,5343593
42	0,52030558	0,63998154	0,49413266
44	0,47958311	0,59580695	0,46539934
46	0,42528648	0,55163236	0,43091935

48	0,38456401	0,53506689	0,39643937
----	------------	------------	------------

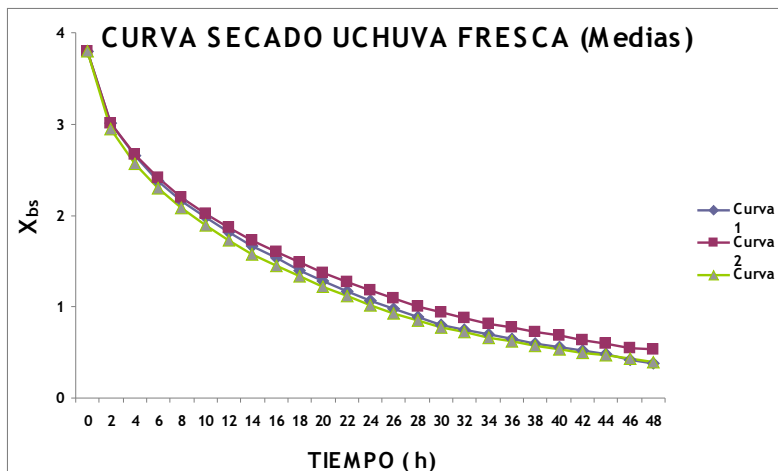


Figura I Humedad en bulbo seco vs. tiempo en uchuva fresca

Para las tres curvas obtenidas durante la deshidratación, el porcentaje de humedad en bulbo seco disminuye exponencialmente con el paso del tiempo.

Tabla IV Velocidad de secado vs. humedad en bulbo seco para uchuva fresca

X_{bs1}	$-.dX_{bs1}/dt$	X_{bs2}	$-.dX_{bs2}/dt$	X_{bs3}	$-.dX_{bs3}/dt$
3,79846449		3,79846449		3,79846449	
3,00437631	0,00667301	3,00332193	0,00668187	2,94221155	0,007195403
2,65144823	0,00294107	2,66096888	0,00285294	2,56867838	0,003112776
2,37996509	0,00226236	2,40696501	0,0021167	2,30433184	0,002202888
2,16277858	0,00180989	2,19713572	0,00174858	2,08021194	0,001867666
1,97952746	0,00152709	2,02043737	0,00147249	1,89057202	0,001580333
1,80985049	0,00141397	1,86582632	0,00128843	1,72391877	0,001388777
1,66053477	0,0012443	1,72225891	0,0011964	1,58025216	0,001197222
1,53158028	0,00107462	1,6007788	0,00101233	1,45382555	0,001053555
1,40262578	0,00107462	1,48482051	0,00096632	1,33314561	0,001005666
1,28045837	0,00101806	1,37438404	0,0009203	1,21821233	0,000957777
1,16507804	0,0009615	1,2694694	0,00087429	1,11477237	0,000862
1,06327186	0,00084838	1,1755984	0,00078226	1,01133242	0,000862
0,97503984	0,00073527	1,08724923	0,00073624	0,92513246	0,000718333
0,88680782	0,00073527	1,00442188	0,00069023	0,85042583	0,000622555
0,80536288	0,00067871	0,93816	0,00055218	0,7757192	0,000622555
0,74427917	0,00050903	0,87189812	0,00055218	0,71825255	0,000478889

0,69676962	0,00039591	0,81667988	0,00046015	0,66653258	0,000431
0,64247299	0,00045247	0,7725053	0,00036812	0,62055927	0,000383111
0,60175052	0,00033935	0,72280889	0,00041414	0,57458595	0,000383111
0,56102805	0,00033935	0,68415612	0,00032211	0,5343593	0,000335222
0,52030558	0,00033935	0,63998154	0,00036812	0,49413266	0,000335222
0,47958311	0,00033935	0,59580695	0,00036812	0,46539934	0,000239444
0,42528648	0,00045247	0,55163236	0,00036812	0,43091935	0,000287333
0,38456401	0,00033935	0,53506689	0,00013805	0,39643937	0,000287333

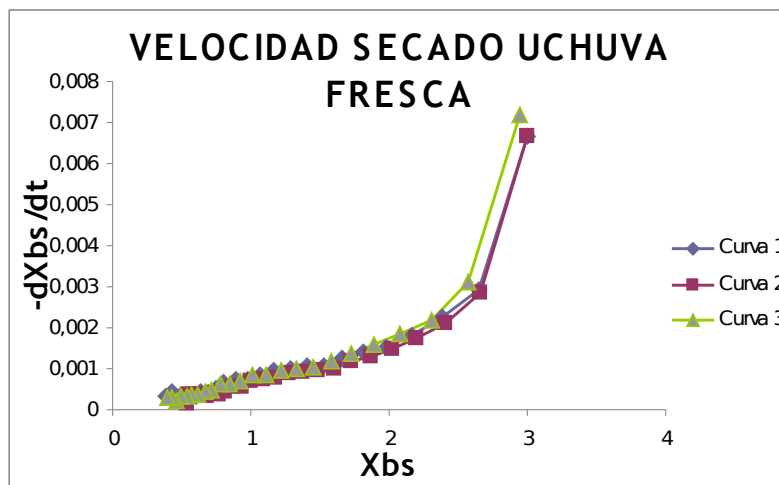


Figura II Velocidad de secado vs. humedad en bulbo seco para uchuva fresca

La velocidad de secado de las uchuvas presenta un crecimiento exponencial con el aumento de la humedad en bulbo seco.

Datos obtenidos para el secado de uchuva impregnada con *lactobacillus plantarum*

Tabla V. Humedad en bulbo seco vs tiempo en uchuva impregnada con *lactobacillus plantarum*

Tiempo	Curva 1	Curva 2	Curva 3
0	3,87804878	3,87804878	3,87804878
2	2,77180853	2,95899611	3,01815335

4	2,24222543	2,3883755	2,57228164
6	1,84798023	1,99449578	2,21133788
8	1,52434611	1,69151139	1,91409008
10	1,27132308	1,44912387	1,65930624
12	1,07125835	1,24713427	1,43637039
14	0,9006149	1,07544311	1,25589851
16	0,74173997	0,92900066	1,09135062
18	0,61817058	0,80275716	0,94803471
20	0,51225396	0,68661314	0,8206428
22	0,42399011	0,58561834	0,71448287
24	0,35337903	0,49472302	0,61893893
26	0,29453647	0,41897692	0,53401099
28	0,25923093	0,35838004	0,47031503
30	0,21804113	0,30788264	0,41192707
32	0,20038836	0,26243498	0,3694631
34	0,17685133	0,22708681	0,33230712
36	0,16508282	0,19678837	0,29515115
38	0,14154579	0,17153967	0,26861116
40	0,12389302	0,14629097	0,24207118
42	0,10624025	0,13619149	0,22083919
44	0,08858748	0,11094279	0,19429921
46	0,07681897	0,09074383	0,17306723
48	0,07093471	0,08569409	0,15183524

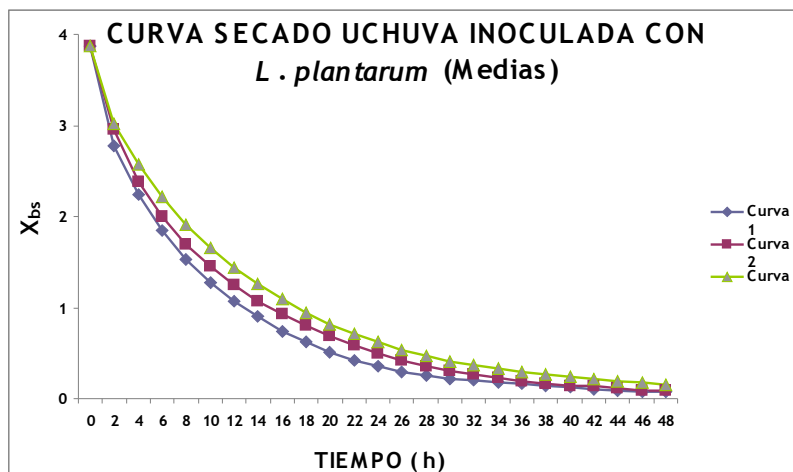


Figura III Humedad en bulbo seco vs tiempo en uchuva impregnada con *lactobacillus plantarum*

Para las tres curvas obtenidas durante la deshidratación de las uchuvas impregnadas con microorganismo, el porcentaje de humedad en bulbo seco disminuyó exponencialmente con el paso del tiempo, presentándose un comportamiento similar en cada uno de los experimentos.

TablaVI Velocidad de secado vs. humedad en bulbo seco para uchuva impregnada con *lactobacillus plantarum*

Xbs1	-.dXbs1/dt	Xbs2	-.dXbs2/dt	Xbs3	-.dXbs3/dt
3,87804878		3,87804878		3,87804878	
2,77180853	0,00929614	2,95899611	0,00772313	3,01815335	0,007226012
2,24222543	0,00441319	2,3883755	0,00475517	2,57228164	0,003715598
1,84798023	0,00328538	1,99449578	0,00328233	2,21133788	0,003007865
1,52434611	0,00269695	1,69151139	0,00252487	1,91409008	0,002477065
1,27132308	0,00210853	1,44912387	0,0020199	1,65930624	0,002123199
1,07125835	0,00166721	1,24713427	0,00168325	1,43637039	0,001857799
0,9006149	0,00142203	1,07544311	0,00143076	1,25589851	0,001503932
0,74173997	0,00132396	0,92900066	0,00122035	1,09135062	0,001371232
0,61817058	0,00102974	0,80275716	0,00105203	0,94803471	0,001194299
0,51225396	0,00088264	0,68661314	0,00096787	0,8206428	0,001061599
0,42399011	0,00073553	0,58561834	0,00084162	0,71448287	0,000884666
0,35337903	0,00058843	0,49472302	0,00075746	0,61893893	0,000796199
0,29453647	0,00049035	0,41897692	0,00063122	0,53401099	0,000707733
0,25923093	0,00029421	0,35838004	0,00050497	0,47031503	0,0005308
0,21804113	0,00034325	0,30788264	0,00042081	0,41192707	0,000486566
0,20038836	0,00014711	0,26243498	0,00037873	0,3694631	0,000353866
0,17685133	0,00019614	0,22708681	0,00029457	0,33230712	0,000309633
0,16508282	9,8071E-05	0,19678837	0,00025249	0,29515115	0,000309633
0,14154579	0,00019614	0,17153967	0,00021041	0,26861116	0,000221167
0,12389302	0,00014711	0,14629097	0,00021041	0,24207118	0,000221167
0,10624025	0,00014711	0,13619149	8,4162E-05	0,22083919	0,000176933
0,08858748	0,00014711	0,11094279	0,00021041	0,19429921	0,000221167
0,07681897	9,8071E-05	0,09074383	0,00016832	0,17306723	0,000176933
0,07093471	4,9035E-05	0,08569409	4,2081E-05	0,15183524	0,000176933

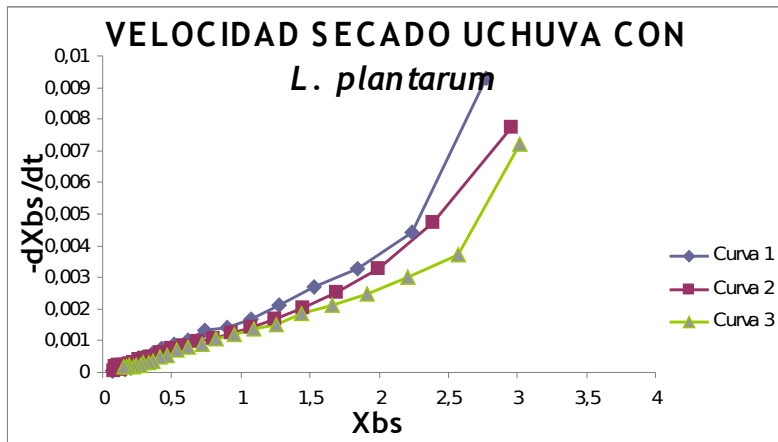


Figura IV Velocidad de secado vs. humedad en bulbo seco para uchuva impregnada con *lactobacillus plantarum*

La velocidad de secado de las uchuvas impregnadas con microorganismo, presenta un crecimiento lineal hasta una humedad en bulbo seco de 2.5, a partir de este punto, el crecimiento presenta una mayor pendiente.

CONCLUSIONES.

El desarrollo de un producto deshidratado con características probióticas es factible, a unas condiciones de operación de 37 °C, un patrón de McFarland 10, en uchuvas semiesféricas, obteniéndose $2,25 \cdot 10^6$ UFC/2g para un día de secado y $1,91 \cdot 10^5$ UFC/g para dos días de deshidratación.

Las condiciones fisicoquímicas del fruto deshidratado presentan las condiciones adecuadas para la conservación del microorganismo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALMANZA, Pedro y EZPINOZA, C. Desarrollo morfológico y análisis fisicoquímico de frutos de uchuva para identificar el momento óptimo de la cosecha. Trabajo de grado (Especialista en frutales de clima frío). Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias Tunja, 1995, pag.18.
2. FISCHER, Gerhard. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá, Marzo del 2000, pag. 11.
3. THOMAS, P.R.; EART, R. Enhancing the food supply. En Opportunities in the Nutrition and Food Sciences. Washington, D.C, National Academy Press, 1994: 98-142.
4. Prado F, Parada J, Pandey A and Saccol C. Trends in non-dairy probiotic beverages. Food research International 2008; 41(2): 111-123.
5. Collado M, Meriluoto J and Salminen S. Measurement of aggregation properties between probiotics and pathogens: *in vitro* evaluation of different methods. Journal of Microbiological methods 2007; 71(1): 71- 74.
6. Shah N. Review Functional cultures and health benefits. International dairy Journal 2007; 17(11): 1262- 1277.
7. Bomba A, Nemcova R, Mudronova D and Guba P. The possibilities of potentiating the efficacy of probiotics. Trends in Food Science & Technology 2002; 13(4): 121–126.
8. Puupponen-Pimiä R, Aura A, Oksman-Caldentey K, Myllärinen P, Saarela M, Mattila-Sandholm T and Poutanen K. Development of functional ingredients for gut health. Food Science & Technology 2002; 13 (1): 3–11.

9. Hammes W and Hertel C. Research approaches for pre- and probiotics: challenges and outlook. *Food Research International* 2002; 35(2-3): 165–170.
10. Fasoli S, Marzotto M, Rizzotti L, Rossi F, Dellaglio F and Torriani S. Bacterial composition of commercial probiotic products as evaluated by PCR-DGGE analysis. *International journal of food microbiology* 2003; 82 (1): 59-70.
11. Reuter G, Klein G and Goldberg M. Identification of probiotic cultures in food samples. *Food Research International* 2002; 35 (2-3): 117–124.
12. Zubillaga M, Weill R, Postaire E, Goldman C, Caro R and Boccio J. Effect of probiotics and functional foods and their use indifferent diseases. *Nutrition Research* 2001; 21(3): 569- 579.
13. Lourens-Hattingh A and Viljoen B. Growth and survival of a probiotic yeast in dairy products. *Food Research International* 2001a; 34(9): 791–796.
14. Lourens-Hatting A and Viljeon B. Yogurt as probiotic carrier food. *International Dairy Journal* 2001b; 11(1-2): 1-17.
15. <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obfrudes/p1.htm>
16. MAUPOEY, Pedro, GRAU, Ana Maria, BARAT, Jose Manuel, ALBORS, Ana Maria. *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. Universidad Politecnica de Valencia.