

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATADO DE FLOR DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa* L.) MEDIANTE DOS MÉTODOS DE DESHIDRATADO – HUARINA– LA PAZ

Evaluation of the dehydrated process of flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) through two dehydrated methods – Huarina– La Paz

Sandra Patricia Monasterios Yapu¹

RESUMEN

No se ha caracterizado la incidencia del método de deshidratado de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en su calidad, lo cual es importante por sus ventajas comparativas nutricionales. El objetivo fue evaluar el efecto del deshidratado en las características fisicoquímicas, microbiológicas y contenido de vitamina C. El estudio descriptivo y explicativo, fue realizado en el municipio de Huarina. Del balance másico resultó un rendimiento de 15% en peso. Se caracterizó la materia prima (89% de humedad; 2,51 de pH y 0,77 g/100g de acidez), se evaluó el proceso de deshidratado por convección forzada a 3 temperaturas (40, 50 y 60°C), para cuyo análisis se realizaron curvas de velocidad de deshidratado (T=40°C, 14 horas; T=50°C, 9 horas; T=60°C, 8 horas). En deshidratación solar se utilizó un secadero tipo túnel durante 3 días. Las muestras fueron analizadas en laboratorio, donde se determinó la humedad (T=40°C, 6,35%; T=50°C, 3,7%; T=60°C, 3,1%) y en secadero solar (5,40% de humedad); el pH (T=40°C, 2,017; T=50°C, 2,016; T=60°C, 2,015) y en secadero solar (2,014 de pH); en acidez por 100 g (T=40°C, 13,98 g; T=50°C, 13,55 g; T=60°C, 14,12 g) y en secadero solar (13,60 g/100g de acidez). Los parámetros microbiológicos estuvieron dentro los límites requeridos. Respecto a la vitamina C en 100 g (T=40°C, 100,14 g; T=50°C, 80,4 g; T=60°C, 79,39 g) y en secadero solar (192,87 g/100g de Vitamina C). Se concluye que los métodos de deshidratado no influyen significativamente en la calidad del producto, sin embargo, si lo hacen los factores tecnológicos de proceso.

Palabras clave: deshidratación, temperaturas, humedad.

ABSTRACT

The incidence of the dehydrated method of Jamaica "Hibiscus sabdariffa.L" in its quality has not been characterized, which is important for its nutritional comparative advantages. The objective was to evaluate the effect of dehydration on the physicochemical and microbiological characteristics and vitamin C content. The descriptive and explanatory study was carried out in the municipality of Huarina. The mass balance resulted in a yield of 15% by weight. The raw material was characterized (89% humidity; 2.51 pH and 0.77 g/100g acidity), the dehydration process was evaluated by forced convection at 3 temperatures (40, 50 and 60°C), to whose analysis dehydrated speed curves were made (T=40°C, 14 hours; T=50°C, 9 hours; T=60°C, 8 hours). In solar dehydration, a tunnel-type dryer was used for 3 days. The samples were analyzed in the laboratory, where humidity was determined (T=40°C, 6.35%; T=50°C, 3.7%; T=60°C, 3.1%) and in a solar dryer. (5.40% humidity); the pH (T=40°C, 2.017; T=50°C, 2.016; T=60°C, 2.015) and in solar drying (pH 2.014); in acidity per 100 g (T=40°C, 13.98 g; T=50°C, 13.55 g; T=60°C, 14.12 g) and in solar drying (13.60 g/100g of acidity). The microbiological parameters were within the required limits. Regarding vitamin C in 100 g (T=40°C, 100.14 g; T=50°C, 80.4 g; T=60°C, 79.39 g) and in solar drying (192.87 g/100g of Vitamin C). It is concluded that the dehydration methods do not significantly influence the quality of the product, however, the technological factors of the process do.

Keywords: dehydration, temperatures, humidity.

Artículo original

DOI: <https://doi.org/10.53287/mhac6591xt42q>

Recibido: 01/08/2021

Aceptado: 14/11/2022

¹ Docente, Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0484-1109>. monasteriossandra@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa L.*) es un arbusto anual que pertenece a la familia Malvaceae y crece en regiones con clima tropical seco, países como Egipto, Tailandia, Jamaica, México, América Central y del Sur y sudeste asiático (Malasia), Senegal y Etiopía. El cultivo de Roselle tiene diferentes propósitos en el mundo. En algunos países su arbusto es usado para propósitos decorativos; en otros sus semillas y sus pétalos son usados para el consumo humano, sin embargo, en la mayoría de los casos se cultiva con el propósito de usar el cáliz de la flor para producir infusiones (Domínguez, 2008).

La producción de flor de Jamaica en Bolivia, inició en Alto Beni, pero ahora también se encuentra en la región subtropical y cabeceras de valle de la ciudad de La Paz y Cochabamba. En Bolivia las primeras semillas de *Hibiscus sabdariffa l.* fueron introducidas en la colonia Alto Sajama, en el municipio de Alto Beni, como planta medicinal, posteriormente se cultivó en parcelas demostrativas en las zonas de Caranavi y Sapecho. La Cooperativa "El Ceibo" inicio siembras demostrativas de *Hibiscus sabdariffa l.* en la campaña agrícola 1994 - 1995 para la producción comercial de té mediante el aprovechamiento del cáliz de las flores, sometidas a infusión (Chipana, 2015).

En los últimos años la flor de Jamaica ha formado parte de la gastronomía boliviana, utilizada como infusión, bebida e incluso como alimento para exportación en estado deshidratado, aspecto que releva la importancia de seguir investigando respecto al producto y sus derivados.

La actual coyuntura de la COVID 19, alertó respecto a los sistemas inmunitarios suprimidos de las personas, especialmente aquellas con enfermedades de base como diabetes, enfermedades cardiacas, problemas de colesterol y otros, en este sentido se relevó la importancia de mejorar la capacidad de respuesta de la población consumiendo productos con altos contenidos de vitaminas, especialmente aquellos que contienen vitamina C.

El desconocimiento de las características de la flor de Jamaica y sus propiedades nutraceuticas por parte de la población ha sido un factor limitante para los productores primarios y transformadores, respecto a la cantidad producida, sin embargo, este hecho se fue revertiendo con la pandemia, coyuntura en la cual se buscaron productos alimenticios que refuercen el sistema inmunológico de las personas.

Otro factor problemático es la limitada oferta de derivados de flor de Jamaica, debido a la falta de innovación y desarrollo de productos por parte de las empresas del rubro alimentario, además del desconocimiento del adecuado proceso de deshidratado que permita mantener los atributos nutricionales de la flor de Jamaica. Uno de los principales problemas en la deshidratación de flor de Jamaica es contar con un método adecuado para el secado, comercialización y distribución, que garantice la conservación de sus características nutricionales. No se ha caracterizado el proceso de deshidratado de flor de Jamaica, que optimice la disponibilidad de vitaminas y asegure la calidad en el producto terminado en diferentes métodos de deshidratado.

Desde el punto de vista económico la flor de Jamaica es un cultivo característico de pequeñas unidades familiares. Representa una importante fuente de empleo y generación de ingresos en el medio rural de las zonas tropicales, donde se produce, impulsando la economía regional.

El cultivo de flor de jamaica es una opción que permite promover el desarrollo alternativo en las zonas tropicales, sin embargo, se requiere desarrollar un mercado formal para los productos derivados, que exigen calidad de proceso que determina su ventaja comparativa con la calidad exigida desde el punto de vista fisicoquímico, microbiológico y nutricional. Desde el punto de vista técnico, según revisión bibliográfica, se ha verificado que se ha realizado mucha investigación referente a la producción primaria, transformación y comercialización de cáliz de jamaica, sin embargo, son investigaciones que responden a un sistema de producción particular. El motivo de la presente investigación es brindar algunos aportes referentes a un adecuado proceso tecnológico de

deshidratado, por los métodos más comunes utilizados por las unidades familiares productoras y algunas microempresas que se dedican a este rubro.

Los resultados de la investigación pueden apoyar en la toma de decisiones de la elección de la mejor tecnología en función a la capacidad de producción y de inversión de las unidades productivas que trabajan con este producto. Así mismo la caracterización de calidad de cáliz deshidratado de jamaica por dos métodos convencionales será información útil para la estandarización de procesos de deshidratado, que cuide la calidad nutricional del producto.

No se cuentan con estudios específicos sobre la incidencia de la temperatura y métodos de deshidratado en las características fisicoquímicas, microbiológicas y nutricionales de cálices de Jamaica, que pueden ser un factor de deterioro del mismo, por lo tanto, se requiere deshidratar la flor de jamaica, deprimiendo la actividad del agua que permita alargar su tiempo de vida útil.

La pregunta de investigación que se plantea para la presente investigación es ¿Los métodos de deshidratado por convección forzada y solar afectan a los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y de contenido de vitamina C de la flor de Jamaica deshidratada?.

El objetivo general es evaluar el proceso de deshidratado de cálices de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) mediante secado solar y por convección forzada para la caracterización fisicoquímica, microbiológica y análisis de vitamina C; y consecuentemente, los objetivos específicos son a) analizar la influencia de la deshidratación solar y por convección forzada en las características fisicoquímicas de cálices de Jamaica (humedad, pH y acidez), b) analizar la influencia de la deshidratación solar y por convección forzada en la carga microbiana (aerobios mesófilos, coliformes totales, mohos, levaduras y salmonella) y c) determinar la influencia de la deshidratación solar y por convección forzada en el contenido de vitamina C. La hipótesis que se plantea es si las temperaturas y condiciones de proceso de deshidratado en los métodos de convección forzada y secado solar afectan a los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y de disponibilidad de vitamina C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La ubicación del área de estudio fue el municipio de Huarina, localizada a una latitud 16° 12' sur, longitud 68° 35' oeste, altitud de 3899 m.s.n.m. La investigación fue desarrollada durante la gestión 2021.

Metodología

Según el propósito y alcance del estudio el mismo es descriptivo y explicativo, ya que se determina la relación causa efecto del tiempo de deshidratado necesario para reducir el contenido de humedad de los cálices de jamaica, hasta un nivel óptimo para el almacenamiento y comercialización. De acuerdo al nivel de investigación y profundidad de conocimiento el trabajo realizado es descriptivo, debido a que se analizan los fenómenos del proceso tecnológicos de deshidratado por los métodos de deshidratación por convección forzada y secado solar y su incidencia en las caracterizaciones de calidad fisicoquímicas, nutricionales y microbiológicas del producto. El proceso se describe mediante diagramas de proceso que detallen las actividades y operaciones unitarias propias del mismo, a través de parámetros de control, que determinen la calidad final del producto deshidratado de cáliz de jamaica.

El alcance explicativo, se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables (Sampieri, 2014). Desde el punto de vista explicativo se explica el

efecto de los procesos tecnológicos en los parámetros de calidad de los cálices de jamaica deshidratados, así como la influencia de las temperaturas de deshidratado en la disponibilidad de vitamina C.

Los ensayos de deshidratado fueron llevados a cabo en un secadero solar y un deshidratador por convección forzada de 12 bandejas rotatorio, en los laboratorios de la Universidad Indígena Boliviana Aymara Tupak Katari, en el municipio de Huarina. Los programas utilizados para los tres ensayos de deshidratado por convección forzada se realizaron a las temperaturas de trabajo de 40°C, 50°C y 60°C, recomendados según revisión bibliográfica.

La evolución temporal del contenido de humedad experimental fue obtenida mediante el método gravimétrico utilizando muestras deshidratadas a diferentes temperaturas. La variación experimental de la masa de cáliz de jamaica deshidratada fue ajustada a una curva a través de algoritmos de regresión. Según el alcance de estudio el mismo es transversal, debido a que se estudian las variables en un determinado momento (septiembre a octubre 2021).

Análisis de la influencia de la deshidratación solar y por convección forzada en las características fisicoquímicas de los cálices de Jamaica

En la investigación se trabajó con dos métodos de deshidratado, a continuación, se describe el proceso de deshidratado, el cual es el mismo para ambos métodos, lo que difiere es la tecnología utilizada y los parámetros propios de cada uno.

Descripción del método de deshidratación

Se describe el método de deshidratado por convección forzada a través de un diagrama de flujo, que contempla las siguientes actividades y operaciones unitarias.

- Se recepcionó la materia prima (cálices de jamaica fresca) y se verificaron en laboratorio los parámetros de humedad mediante el uso de un determinador de humedad y pH mediante un potenciómetro digital. Los análisis fueron realizados según los protocolos establecidos en laboratorio. Así mismo se determinó la acidez del cáliz de jamaica fresca y su contenido de vitamina C, en base húmeda, ambos parámetros fueron analizados en laboratorios de SELADIS.
- Se prosiguió con la selección de la materia prima, quitando manualmente los cálices no conformes para proceso, los cuales son la merma. Esta cantidad es variable y depende del proveedor y la calidad de materia prima que oferte.
- Posteriormente se retiraron las semillas del centro del cáliz, quedando sólo la parte útil del cáliz de jamaica. En esta actividad se determinó el rendimiento en peso de las semillas y el cáliz utilizado como materia prima.
- Se procedió con la limpieza y desinfección de la materia prima; con el fin de quitar las impurezas como polvo, pelos o algún agroquímico que pueda haberse utilizado en la fumigación del cáliz previo a la cosecha. Para la limpieza se prosiguió al primer lavado que tuvo el fin de remover y eliminar la suciedad y los gérmenes superficiales. Los peligros pueden incorporarse en las fases de producción primaria (la cosecha y la poscosecha), y en las fases posteriores. Es importante considerar que los manipuladores pueden incorporar los peligros microbiológicos en cualquiera de las fases señaladas.
- Complementando el proceso de limpieza se procedió a la desinfección de los cálices de jamaica, proceso por el cual se eliminan de forma específica las bacterias y virus de superficies mediante el uso de productos químicos.

Respecto a la desinfección se consideró lo siguiente:

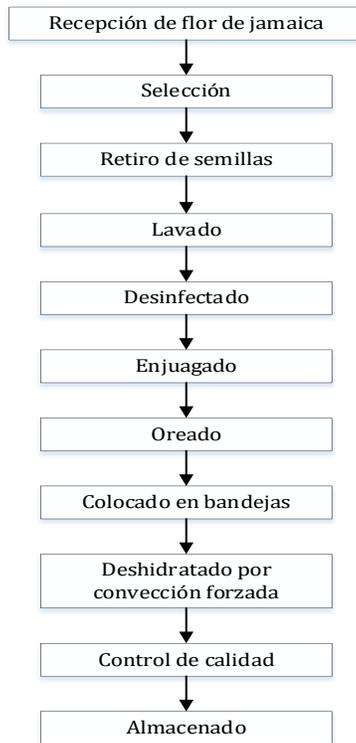
La efectividad de los agentes antimicrobianos depende de su estado químico y físico, las condiciones de tratamiento (como la temperatura del agua, su nivel de acidez (pH) y el período de contacto), la resistencia de los microorganismos patógenos, y la naturaleza de la superficie de las frutas y hortalizas. Normalmente se añade cloro al agua en una proporción de entre 50 y 200 ppm, y un pH de 6.0 a 7.5 para el tratamiento de frutas y hortalizas frescas después de la cosecha, siendo el período de contacto entre 1 y 2 minutos (FDA, 1998).

Para el efecto se desarrolló una solución en proporción de cloro de 50 ppm, se añadió 13.88 ml de cloro a 10 litros de agua y se procedió con la desinfección por 5 minutos.

- Luego del lavado y desinfectado se procedió a aclarar la concentración de cloro mediante enjuague con agua potable.
- Se escurrieron y oreadon los cálices de jamaica a temperatura ambiente para proseguir con las siguientes etapas.
- El producto oreado se colocó en bandejas plásticas del equipo deshidratador para liberar el agua libre de los cálices y deshidratar hasta que el peso y humedad se mantengan constantes.
- Para el proceso de deshidratado se usaron dos tecnologías, descritas en la Figura 2:
 - Equipo de deshidratado de alimentos por convección forzada, giratorio con 12 bandejas para deshidratado de frutas y similares, el aire es movido por un ventilador que consume energía eléctrica, lo que facilita el proceso de deshidratado, se detalla en anexos figuras descriptivas del equipo.
 - Secadero solar tipo “túnel”, es una infraestructura de estructura metálica, con cubierta de láminas de policarbonato de 4 mm de espesor de color transparente, que facilita el ingreso de sol y permite el deshidratado del material respectivo, se aprovecha la radiación solar, eliminando el contenido de humedad de los productos deshidratados. El secadero solar es de 3 metros de ancho por 5 metros de largo, con una altura de 2 metros.
- En el proceso de deshidratado se hizo seguimiento a la velocidad de deshidratado, para lo cual se realizaron las curvas de secado, que permitieron analizar la velocidad de pérdida de agua, considerando el tiempo de deshidratado, temperatura de proceso y peso de las muestras.
- El producto deshidratado se almacenó en ambientes secos, con el resguardo respectivo, para evitar la contaminación cruzada y el humedecimiento por la humedad relativa del ambiente, la cual puede variar de una zona a otra o puede estar en función a las estaciones del año.

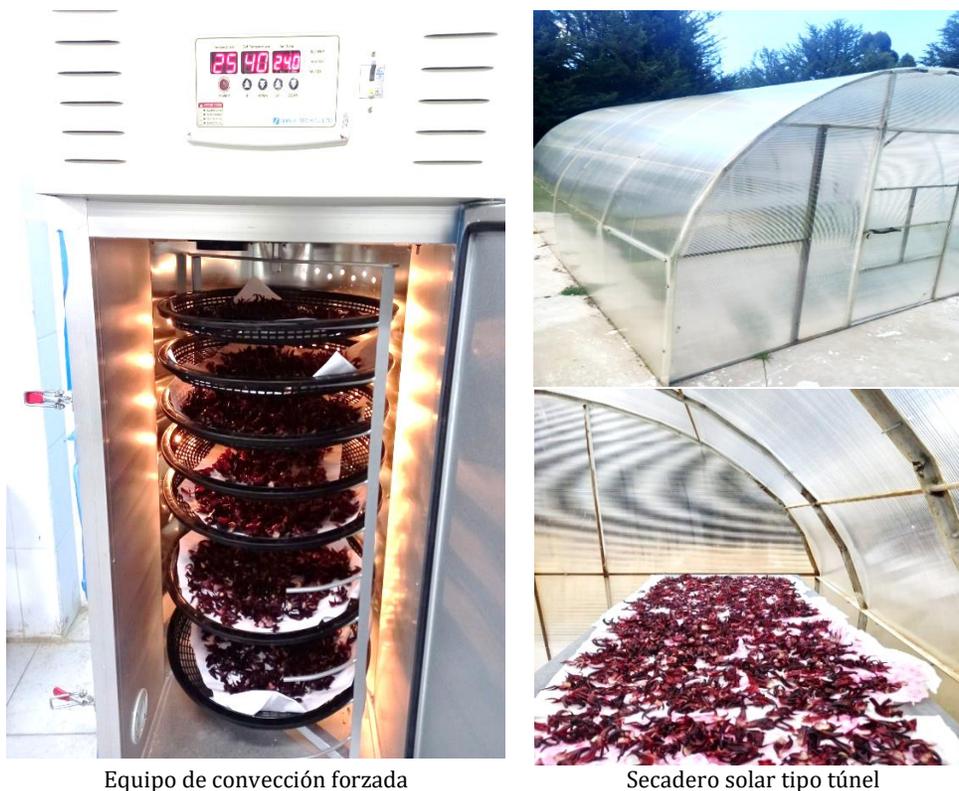
El rendimiento de producción se calcula con base en datos del balance másico, mediante la siguiente Ecuación 1:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Peso neto de jamaica deshidratada}}{\text{Peso bruto de jamaica beneficiada}} \times 100 \quad (1)$$



Nota. El diagrama de proceso describe las actividades y operaciones unitarias consideradas para la estandarización del deshidratado.

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de deshidratado.



Equipo de convección forzada

Secadero solar tipo túnel

Nota. Imagen de equipos utilizados para la deshidratación de cálices de Jamaica.

Figura 2. Equipo e infraestructura de deshidratado.

Descripción del método de determinación de humedad de cálices de Jamaica

El contenido de humedad afecta a la capacidad de procesamiento, al período de conservación y a la calidad del producto. La determinación exacta del contenido de humedad desempeña, por lo tanto, un papel clave para garantizar la calidad alimentaria del producto. El contenido de humedad se determinó mediante un método termogravimétrico, por pérdida por secado, mediante el cual se calentó la muestra y se registró la pérdida de peso debida a la evaporación de la humedad. Las tecnologías de análisis de humedad fueron el analizador de humedad y el horno de secado en combinación con una balanza. Los procedimientos termogravimétricos son métodos de pesaje y secado en los que las muestras se secan hasta que se alcanza una masa constante. La variación de la masa se interpreta como humedad desprendida.

- Preparar la muestra
- Asegurar una granulación (tamaño de las partículas) uniforme.
- Desmenuzar la muestra para aumentar su superficie; esto mejora y acelera la cesión de humedad durante el secado (difusión más rápida de la humedad a la superficie), utilizar un mortero.
- Utilizar la misma cantidad de muestra para conseguir un alto grado de repetibilidad.
- Utilizar la cantidad de muestra adecuada.
- Distribuir la muestra uniformemente en el plato.
- Medir la humedad de la muestra
- Esperar el resultado.

Descripción del método de determinación de Ph de cálices de Jamaica

El método empleado fue de potenciometría, es un método analítico electroquímico basado en la medida de la diferencia de potencial entre electrodos sumergidos en una solución, siendo el potencial de uno de los electrodos función de la concentración de determinados iones presentes en la solución. La medida de los potenciales de electrodo permite obtener de forma directa la concentración de una sustancia. El pH es el grado de acidez o alcalinidad que presenta una solución y se mide en una escala de 0 a 14. Se define como la actividad del ion hidrógeno en una solución. El procedimiento seguido para realizar el análisis del pH es el siguiente:

- Calibrar el pHmetro (potenciómetro).
- Encender el equipo
- Abrir el electrodo.
- Lavar con agua destilada el electrodo antes y después de las mediciones.
- Sumergir el electrodo en la muestra homogenizada y agitar suavemente.
- El resultado se expresa en unidades de pH, a la temperatura de medida.
- Apagar y resguardar el equipo

La prueba se realizó por duplicado, tomando dos lecturas para cada muestra, con el fin de validar el dato.

Descripción del método de determinación de acidez en cálices de Jamaica

La muestra fue enviada al laboratorio de bromatología del Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnóstico e Investigación en Salud (SELADIS), donde se realizó el ensayo para determinar la acidez (ácido málico), el método de ensayo utilizado fue de volumetría. Se envió una muestra de 150 gramos.

Análisis de la influencia de la deshidratación por convección forzada en la carga microbiana

La muestra de 250 gramos fue enviada al laboratorio de microbiología del Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnóstico e Investigación en Salud (SELADIS), donde se realizó el ensayo para determinar los parámetros microbiológicos, los métodos de ensayo utilizados fueron los descritos en Tabla 1.

Tabla 1. Métodos de análisis microbiológico de cálices de Jamaica.

Norma técnica	Parámetros	Norma de referencia
NB-32003	Aerobios mesofilos	Sin valor de referencia
NB-32005	Coliformes totales	Sin valor de referencia
NB-32006	Mohos y levaduras	Reglamento Sanitario de los Alimentos –Chile:2018
NB/ISO 6579	Salmonella	Reglamento Sanitario de los Alimentos –Chile:2018

Determinación de la influencia de la deshidratación solar y por convección forzada en el contenido de vitamina C

La muestra fue enviada al laboratorio de bromatología del Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnóstico e Investigación en Salud (SELADIS), donde se realizó el ensayo para determinar el contenido de vitamina C, el método de ensayo utilizado fue de volumetría. Se envió una muestra de 150 gramos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la influencia del secado solar y por convección forzada en las características fisicoquímicas del cáliz de Jamaica

Con el fin de realizar la comparación de los procesos tecnológicos de deshidratado de cálices de jamaica se trabajó con los métodos de deshidratado por convección forzada y secado solar.

Proceso de deshidratado por convección forzada

Se realizó el proceso tecnológico en un equipo de deshidratado por convección forzada que cuenta con un mecanismo en el que el movimiento del flujo de aire caliente es movido por un ventilador, propiciando la transferencia de calor y pérdida de la humedad libre de las cálices de jamaica, lo que redujo su humedad hasta un rango admisible. El equipo utilizado permite regular la temperatura de deshidratado, aspecto por el que se consideró para la investigación 3 temperaturas diferentes (40°C, 50°C y 60 °C), las cuales fueron definidas según los propósitos buscados en los objetivos planteados, como ser el análisis de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y la disponibilidad de vitamina C.

El deshidratador utilizado es un equipo piloto para trabajo en laboratorio, que cuenta con capacidad de 12 bandejas de carga de material, y por sus características de diseño específicas para deshidratado de alimentos realiza un trabajo muy eficiente.

Para describir el proceso de deshidratado se realizó un diagrama de proceso que contempla las actividades y operaciones unitarias desde la recepción de materia prima, hasta el almacenado del producto, así mismo se complementó la descripción del proceso con un balance másico, donde se analizó el flujo de material en cada actividad y operación unitaria, para las cantidades consideradas en las muestras de trabajo.

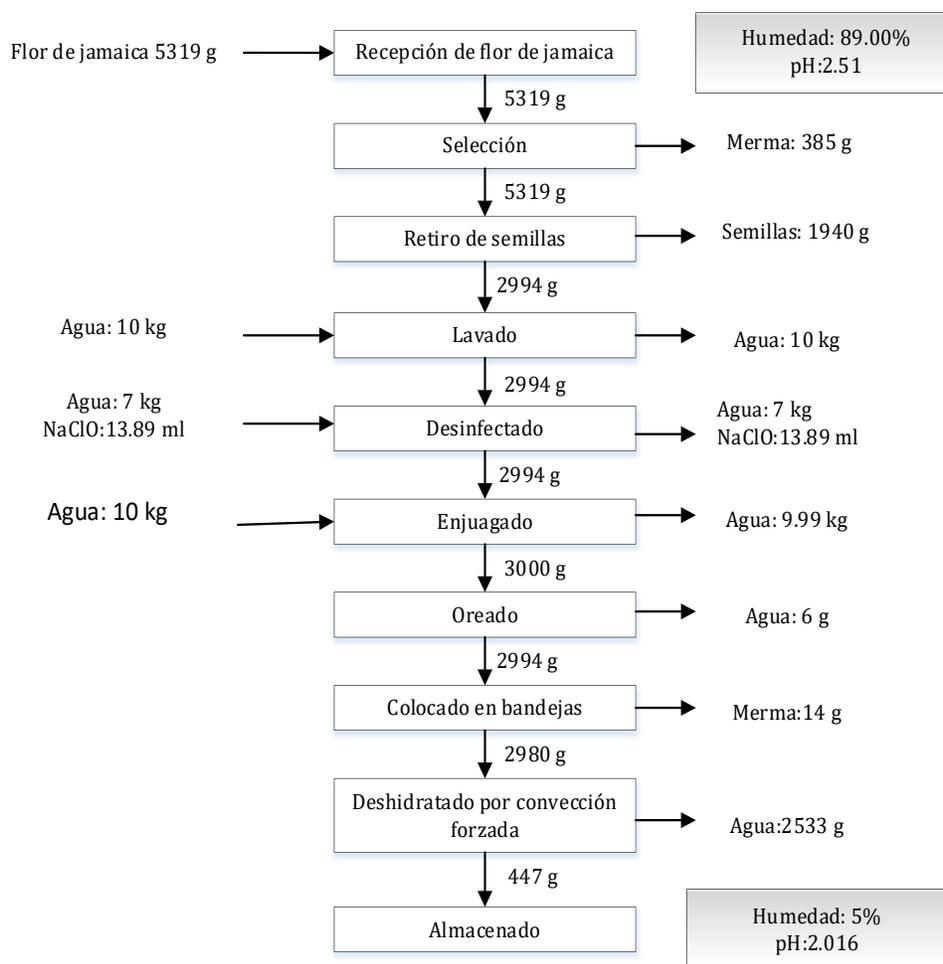


Figura 3. Diagrama de flujo y balance másico del proceso de deshidratado de cáliz de Jamaica.

Para determinar el rendimiento de producción se utilizó información del proceso de deshidratado y el balance másico, donde se analizó el flujo de material en cada actividad y operación unitaria, alcanzando un rendimiento de 15%. Según Castañeda (2011), para tener un kilogramo de flor seca de jamaica (con 0,124 kg de humedad) se necesitaría un orden de 5,7 kg de jamaica fresca, con un rendimiento del 18%. El rendimiento obtenido se encuentra cercano a otros referidos en investigaciones similares.

Curvas de deshidratado en deshidratador por convección forzada

Se cuenta con tres curvas de deshidratado en el rango de temperaturas de 34 a 70°C, sugeridas para este rubro productivo según otras investigaciones realizadas, con el fin de efectuar un análisis comparativo de los procesos tecnológicos y las características de calidad fisicoquímica, microbiológica y nutricional del producto. En la presente investigación se usaron las temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C. A la temperatura de 40°C se realizó el proceso de secado en 14 horas, la curva de secado tuvo un comportamiento según la ecuación de regresión polinómica de segundo orden, alcanzando el mejor coeficiente de determinación.

Para graficar la curva de deshidratado se realizó el pesado de los cálices de jamaica cada hora, se tomaron los datos de peso hasta que la masa se mantuvo constante, aspecto que indicó la pérdida de humedad libre del producto de análisis. Según la curva de deshidratado en las primeras horas se pierde la mayor cantidad de agua libre, reduciéndose la velocidad de deshidratado en las últimas horas del proceso, según se muestra en Figura 4.

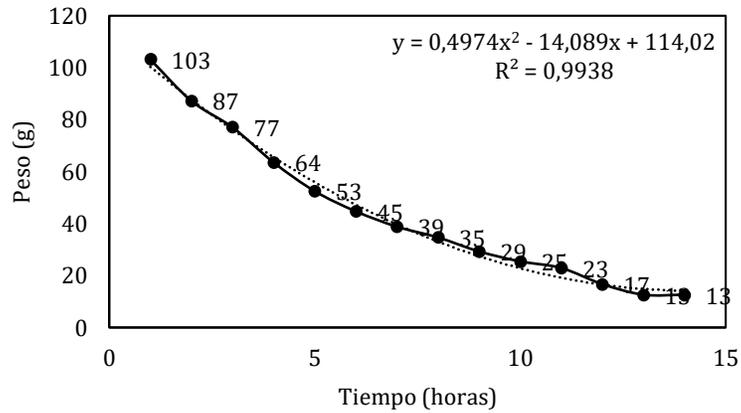


Figura 4. Curva de deshidratado de cáliz de jamaica (temperatura 40°C).

A la temperatura de 50°C se realizó el proceso de secado en tiempo promedio de 9 horas, la curva de secado tuvo un comportamiento en la ecuación de regresión polinómica de segundo orden, alcanzando el mejor coeficiente de determinación, como se muestra en Figura 5.

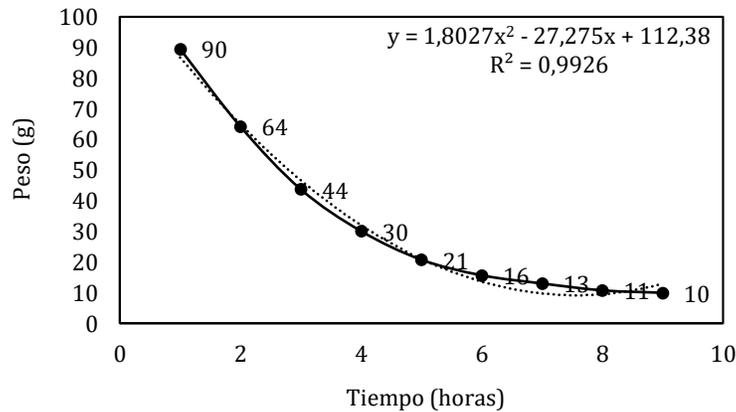


Figura 5. Curva de deshidratado de cáliz de jamaica (temperatura 50°C).

A la temperatura de 60°C se realizó el proceso de secado en tiempo promedio de 8 horas, la curva de secado tuvo un comportamiento en la ecuación de regresión potencial, debido a que la reducción de peso en la primera hora fue más rápida, alcanzando el mejor coeficiente de determinación.

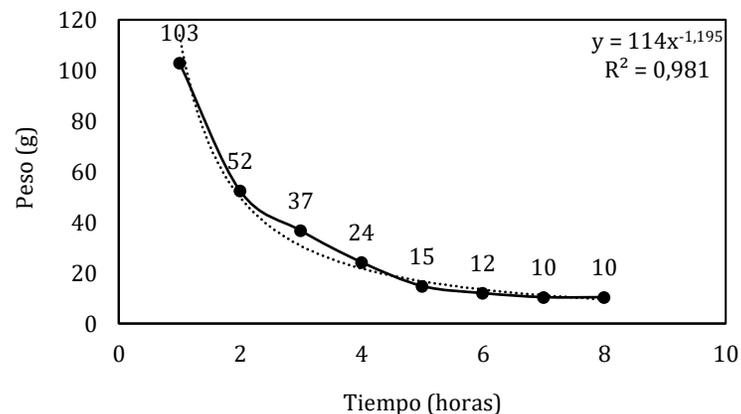


Figura 6. Curva de deshidratado de cáliz de jamaica (temperatura 60°C).

Según Castañeda (2011), en el desarrollo de un horno para el secado de plantas y vegetales, donde se realizaron pruebas usando flor de jamaica, la temperatura óptima de secado fue de 60 °C, ya que con esto se garantizó mantener las propiedades básicas de la flor, referido principalmente al contenido de ácido ascórbico. Realizando una comparación entre las 3 curvas de deshidratado se verificó que la velocidad de secado es mayor a medida que incrementa la temperatura de deshidratado, lo que implica que se requieren menos horas de trabajo en el proceso de deshidratado, aspecto que se puede verificar en la Figura 7.

Tabla 2. Comparación de curvas de deshidratado de cáliz de Jamaica.

Temperatura deshidratado	Tiempo de deshidratado (horas)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
40°C	103	87	77	64	53	45	39	35	29	25	23	17	13	13
50°C	90	64	44	30	21	16	13	11	10					
60°C	103	52	37	24	15	12	10	10						

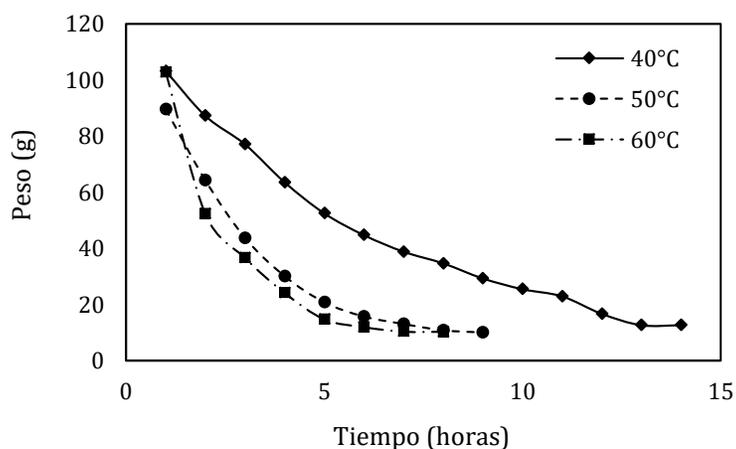


Figura 7. Comparación de curvas de deshidratado a diferentes temperaturas.

Del análisis de los resultados expuestos en la figura anterior se puede indicar que se tiene mayor productividad en horas de trabajo a una temperatura de 60°C, dado que el proceso es más corto y se pueden trabajar más lotes de producción, se podría deshidratar hasta 3 lotes por día de trabajo, logrando alcanzar los rangos de humedad comercial requeridos.

Tabla 3. Comparación de curvas de deshidratado de cáliz de jamaica en base húmeda.

Temperatura deshidratado	Tiempo de deshidratado (horas)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
40°C	89%	87%	85%	82%	78%	75%	71%	67%	61%	55%	50%	32%	10%	10%
50°C	89%	85%	77%	68%	53%	37%	24%	8%	10%					
60°C	89%	78%	69%	53%	23%	5%								

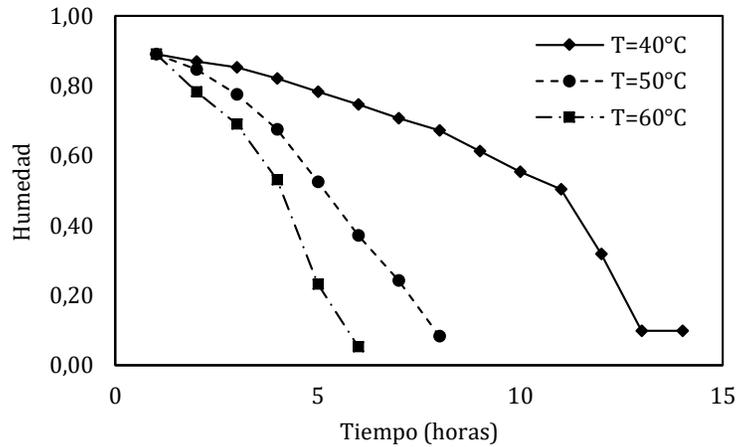


Figura 8. Comparación de curvas de deshidratado (Base húmeda).

El contenido de humedad es una magnitud que se define por la cantidad de agua libre contenida en un alimento (Badui, 2012). Según la Norma Mexicana NMX-FF-115-SCFI-2010 Productos Agrícolas Destinados para Consumo Humano – Flor (Cáliz) de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) - Especificaciones y Métodos de Prueba, la humedad es la cantidad de agua que contiene la flor (cáliz) de jamaica, expresada en porcentaje de masa de agua con relación a la masa de la flor sobre base húmeda, debe estar en un rango de 10 a 12% máximo.

Evaluación del proceso por el método de deshidratación solar

La deshidratación solar se realizó durante 3 días, sin embargo, se consideraron sólo las horas de sol de 10 am a 18 pm, dado que en estas horas se tiene mayores probabilidades de horas de sol, que incremente la temperatura interna del deshidratador solar, según las curvas de secado, las horas de mayor deshidratación son de 14 a 16 horas, dado que la cinética de deshidratado es más rápida. Se deshidrató hasta que la masa se mantuvo constante.

El proceso de limpieza, desinfección y deshidratado fue el mismo detallado en la Figura 3, lo que varió fue el medio tecnológico de deshidratado, se utilizó un secadero solar tipo túnel, construido para realizar investigaciones de procesos de deshidratación de alimentos. El secadero está construido con estructura metálica, piso de cemento y cubierta de policarbonato, con extractores eólicos que ayudan en la remoción del aire húmedo extraído de los alimentos deshidratados. En la curva de deshidratado, en el primer día se apreció mayor velocidad de deshidratado, aspecto que se vuelve más lento en los siguientes días de evaluación. Se procedió con el deshidratado de los cáliz de jamaica hasta que la masa se mantuvo constante, según lo descrito en Figura 9.

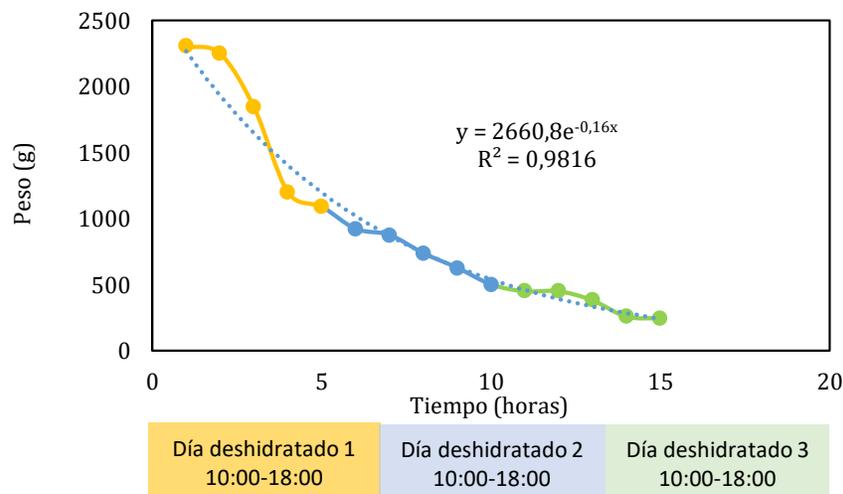


Figura 9. Curvas de deshidratado en deshidratador solar tipo túnel.

Cuando los cálices son deshidratados de manera tradicional, tardan aproximadamente 96 horas, lo cual depende de la temperatura y humedad relativa del ambiente, de aquí la necesidad de desarrollar herramientas que permitan disminuir este tiempo sin sacrificar la calidad del producto (Brendorfer et al., 1987). Queda clara la importancia de controlar la temperatura con la finalidad de optimizar el tiempo de deshidratado y conservar las características propias del producto.

Evaluación de características fisicoquímicas de cálices de Jamaica

Determinación de humedad de cáliz de jamaica: Se midió la humedad de cada una de las muestras en laboratorio, se utilizó el método de ensayo de termo gravimetría y gravimetría, según los protocolos analíticos establecidos, para cada método. En la Tabla 4 se puede apreciar que existe diferencia de humedades en los datos indicados, esto se debe a que la jamaica deshidratada ingresó a laboratorio con un rango variable de humedad del agua libre deshidratada en el proceso productivo. Según Chipana (2015), para la producción de flores de hibiscus deshidratados se deshidratan los mismos hasta tener un contenido de máximo de humedad 12%.

Tabla 4. Determinación de humedad de cáliz de Jamaica.

Muestra	Humedad (%)	Método de ensayo
Cáliz de Jamaica fresca	89.00	Gravimetría
Cáliz de Jamaica deshidratada por convección forzada (T=40°C)	6.35	Termo Gravimetría
Cáliz de Jamaica deshidratada por convección forzada (T=50°C)	3.7	Termo Gravimetría
Cáliz de Jamaica deshidratada por convección forzada (T=60°C)	3.1	Termo Gravimetría
Cáliz de Jamaica deshidratada en secadero solar tipo túnel (T=30-40°C)	5.40	Termo Gravimetría

Determinación de pH de cáliz de Jamaica: Se midió el parámetro de acidez iónica expresada en pH como medida de expresión del grado de acidez, la cual aumenta cuando el pH disminuye. Una solución con un pH menor a 7 es ácida, para el caso de cálices de jamaica se obtuvieron los resultados en Tabla 5:

Tabla 5. Determinación de pH de cálices de Jamaica.

Muestra	pH	Método de ensayo
Cáliz de Jamaica fresca	2.511	Potenciometría
Cáliz de jamaica deshidratada por convección forzada (T=40°C)	2.017	Potenciometría
Cáliz de jamaica deshidratada por convección forzada (T=50°C)	2.016	Potenciometría
Cáliz de jamaica deshidratada por convección forzada (T=60°C)	2.015	Potenciometría
Cáliz de jamaica deshidratada en secadero solar tipo túnel (T=30-40°C)	2.014	Potenciometría

Según la escala de pH se lo puede considerar moderadamente ácido para todas las muestras. Se ha reportado un rango entre 2.014 y 2.51, al respecto (Salinas-Moreno et al., 2012) indica que es deseable que los valores sean menores de 3.0. En otras investigaciones los resultados reportados del pH, en extractos de jamaica provenientes de distintas variedades varían entre el rango de 2.29 a 2.81 (Galicia-Flores et al., 2008; Salinas-Moreno et al., 2012). El bajo valor del pH fue debido a la naturaleza ácida de los cálices de jamaica (Fasoyiro et al., 2005). El pH ácido, alrededor de 3, puede potenciar el sabor y favorecer la intensidad del color de las bebidas de jamaica (Bolade et al., 2009).

Determinación de acidez en cálices de jamaica: Para la variable acidez titulable, expresada como porcentaje de ácido málico, no se encontraron diferencias altamente significativas, sin embargo, se tiene diferencia la medición en base húmeda y base seca. La acidez de los extractos está relacionada con la cantidad de ácidos presentes, y en jamaica se han encontrado: ácido hibiscus, ácido cítrico, ácido ascórbico, ácido esteárico, ácido benzoico, ácido clorogénico, ácido 4-hidroxibenzoico, ácido salicílico, ácido vinílico y ácido protocatecuico, entre otros (Ariza-Flores et al., 2014; Ramírez-Rodríguez et al., 2011).

Tabla 6. Determinación de acidez en muestras de cálices de Jamaica.

Muestra	Unidades	Acidez (ácido málico)	Método de ensayo
Cáliz de jamaica fresca	g/100g	0.77	Volumetría
		Base húmeda	
Cáliz de jamaica deshidratada por convección forzada (T=40°C)	g/100g	13.98	Volumetría
Cáliz de jamaica deshidratada por convección forzada (T=50°C)	g/100g	13.55	Volumetría
Cáliz de jamaica deshidratada por convección forzada (T=60°C)	g/100g	14.12	Volumetría
Cáliz de jamaica deshidratada en secadero solar tipo túnel (T=30-40°C)	g/100g	13.60	Volumetría

Nota: Muestra analizada en Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnóstico e Investigación en Salud-SELADIS.

En la jamaica se han reportado ácidos cítrico y málico, como los ácidos orgánicos predominantes (Ali et al., 2005). Los ácidos orgánicos acidifican el concentrado y ayudan a controlar el pH en el producto final (Bárzana, 2007). En conclusión, se estandarizó el proceso de deshidratado con un rendimiento promedio de 15% en peso de cáliz deshidratado, que coincide con procesos similares, así mismo se verificó que las temperaturas influyen en la velocidad de deshidratado, siendo la temperatura más óptima de 60°C en el deshidratado solar los factores climáticos pueden incidir en el tiempo de deshidratado y humedad del producto que puede incidir en la calidad microbiológica en el proceso de almacenamiento.

Análisis de la influencia de la deshidratación solar y por convección forzada en la carga microbiana

Se determinaron los parámetros microbiológicos para los procesos tecnológicos de deshidratación solar y por convección forzada, los parámetros fueron medidos en laboratorio de SELADIS.

Análisis de la influencia de la deshidratación por convección forzada en la carga microbiana

Según revisión bibliográfica los procesos de deshidratado, ya sea por malas prácticas de manejo postcosecha o de manufactura son objeto de contaminación cruzada, en la producción primaria los factores que favorecen el crecimiento de mohos son la humedad, el tipo de sustrato y la temperatura. Estas condiciones son también las que propician la producción de toxinas en la mayoría de los productos agrícolas (Tola y Kebede, 2016).

Tabla 7. Análisis microbiológico de cálices de jamaica mediante deshidratado por convección forzada.

Norma técnica	Parámetros	Valor encontrado	Valor de referencia	Norma de referencia
NB-32003	Aerobios mesofilos	4.4x10 ³ UFC/g	SVR	SNR
NB-32005	Coliformes totales	<1.0x10 ⁴ UFC/g	SVR	SNR
NB-32006	Mohos y levaduras	2.3x10 ² UFC/g 1.8x10 ² UFC/g	1X10 ² UFC/g	RSA CHILE
NB/ISO 6579	Salmonella	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g	RSA CHILE

Nota: Nota: Muestra analizada en Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnóstico e Investigación en Salud-SELADIS; SVR. Sin Valor de Referencia; SNR. Sin norma de Referencia; RSA CHILE: Reglamento Sanitario de los Alimentos-Chile:2018; <1.0x10⁴UFC/g Significa que no hubo desarrollo en la mínima dilución empleada

Según los resultados encontrados la muestra analizada presenta mohos y levaduras por encima del valor de referencia, este aspecto puede deberse a contaminación cruzada en el proceso productivo, según la Guía de Interpretación de Resultados Microbiológicos de Alimentos (s.f.), el recuento de mohos y levaduras es considerado uno de los indicadores importantes de buena higienización, debido a su crecimiento lento y a su

baja competitividad, se manifiestan en los alimentos donde las condiciones no favorecen el crecimiento bacteriano.

Los cálices de jamaica deshidratada al igual que otros alimentos son susceptibles del deterioro por microorganismos, principalmente hongos que pueden reducir su calidad en términos de color, sabor o nutrición, además pueden esporular y producir micotoxinas que afectan la salud humana (Adebayo-Tayo y Samuel, 2009). Bobadilla-Carrillo et al. (2016) señala que en el cultivo de jamaica la mayor carga microbiana se presenta cuando el cáliz y fruto aún no han sido separados. Además, encontró que después del lavado de los cálices, se incrementó el número de microorganismos. Menciona que la maduración diferente de los cálices puede influir en la contaminación de los mismos.

Uno de los problemas identificados en el complejo productivo de jamaica es el manejo deficiente de los cálices en postcosecha, que puede ser alto contenido de humedad, además del poco cuidado fitosanitario. Resultados de un estudio en hongos asociados a cálices de jamaicas identificaron 16 géneros de hongos, de los cuales los más comunes fueron *Aspergillus*, *Alternaria*, *Nodulisporium*, *Chaetomium* y *Thielaria* (Ruíz-Ramírez, 2015).

Dado que la jamaica deshidratada es un producto que debe conservarse por prolongado tiempo, se debe garantizar un buen sistema de beneficiado, que implique correcta selección, lavado y desinfección, así como garantizar la aplicación de buenas prácticas de manufactura para evitar la contaminación cruzada en el proceso de deshidratado y envasado. Así mismo Augustburger et al.(2000), recomiendan almacenar el producto empacado en bolsas de polietileno, polipropileno o cajas de cartón en espacios protegidos del sol a temperaturas máximas de 15-20 °C y una humedad ambiental máxima de 60% y bajo estas condiciones el producto puede conservarse por 12 a 18 meses.

Análisis de la influencia de la deshidratación solar en la carga microbiana

Los resultados de parámetros microbiológicos analizados en los cálices de jamaica deshidratada en secadero solar tipo túnel se describen en la tabla 8, según los resultados se puede analizar que los mohos están por encima de los valores de referencia indicados en el Reglamento sanitario de Chile, este aspecto puede deberse a contaminación cruzada en el ambiente. Se debe poner especial atención a la calidad microbiológica de los productos deshidratados, debido a que valores por encima de los de referencia pueden causar problemas en la etapa de almacenamiento, considerando que se puede almacenar hasta 1 año después de envasado el producto.

Tabla 8. Análisis microbiológico de cálices de Jamaica, mediante deshidratado solar.

Norma técnica	Parámetros	Valor encontrado	Valor de referencia	Norma de referencia
NB-32003	Aerobios mesofilos	7x10 ³ UFC/g	SVR	SNR
NB-32005	Coliformes totales	<1.0x10 ¹ UFC/g	SVR	SNR
NB-32006	Mohos y levaduras	2x10 ² UFC/g 1x10 ² UFC/g	1X10 ² UFC/g	RSA CHILE
NB/ISO 6579	Salmonella	Ausencia en 25 g	Ausencia en 25 g	RSA CHILE

Nota: Nota: Muestra analizada en Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnóstico e Investigación en Salud-SELADIS; SVR. Sin Valor de Referencia; SNR. Sin norma de Referencia; RSA CHILE: Reglamento Sanitario de los Alimentos-Chile: 2018; <1.0x10¹UFC/g Significa que no hubo desarrollo en la mínima dilución empleada.

Aproximadamente el 95 % de la producción nacional, se vende a granel para su consumo en seco. El principal problema de la cadena productiva se deriva de un deficiente manejo postcosecha, ya que el productor, regularmente, descuida la sanidad durante el proceso de deshidratado lo que trae como resultado una baja calidad del producto debido a la presencia de hongos postcosecha, lo que repercute directamente en el precio (Galicia-Flores et al., 2008).

El deshidratado de los cálices debe reducir su contenido de humedad al 10-12 % para asegurar un adecuado almacenamiento (Augustburger et al., 2000; FAO, 2004). Lo anterior coincide con lo que indica la Norma Mexicana NMX-FF-115-SCFI-2010, donde se establece que los cálices de jamaica deben ser comercializados con una humedad máxima del 10-12 %, y un máximo de 100 UFC/g de mohos y levaduras; salmonella negativa.

El crecimiento de hongos y levaduras en productos deshidratados se debe a un contenido de humedad superior al necesario para su adecuada conservación. Este fenómeno puede deberse a una deshidratación insuficiente, a una posterior rehidratación del alimento a causa de un incorrecto almacenamiento o por defectos en el envase. Para evitar este defecto se debe reducir el contenido de humedad a valores óptimos según el tipo de alimento y envasar el producto en paquetes impermeables al aire y la humedad.

Determinación de la influencia de la deshidratación solar y por convección forzada en el contenido de vitamina C

En la Figura 10 se demuestra que la vitamina C, es termolábil, dado que se reduce a medida que se incrementa la temperatura de deshidratación, esta información es útil al momento de caracterizar el producto deshidratado y sirve para mejorar las condiciones tecnológicas que desarrollen productos de alto valor nutricional.

Tabla 9. Determinación de Vitamina C en muestras de cálices de Jamaica.

Muestra	Unidades	Vitamina C	Método de ensayo
Cáliz de jamaica fresca	mg/100g	54.14	Volumetría
		Base húmeda	
Cáliz de jamaica deshidratada por convección forzada (T=40°C)	mg/100g	100.14	Volumetría
Cáliz de jamaica deshidratada por convección forzada (T=50°C)	mg/100g	80.14	Volumetría
Cáliz de jamaica deshidratada por convección forzada (T=60°C)	mg/100g	79.39	Volumetría
Cáliz de jamaica deshidratada en secadero solar tipo túnel (T=30-40°C)	mg/100g	192.87	Volumetría

Nota: Muestra analizada en Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnóstico e Investigación en Salud-SELADIS.

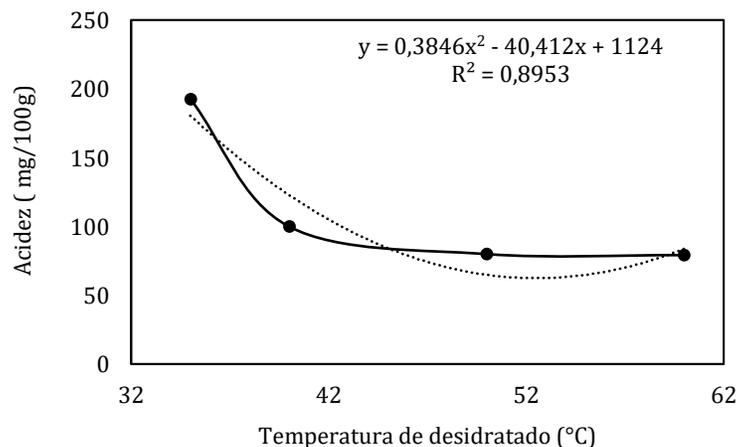


Figura 10. Curva de reducción de vitamina C a 3 a diferentes temperaturas de deshidratado.

Respecto al cáliz de la jamaica fresca, el contenido de vitamina C determinado en base húmeda fue de 54.14 mg/100 g de muestra, al respecto existen diferentes resultados reportados en otras investigaciones, uno de ellos indica que el contenido de ácido ascórbico encontrado en los cálices frescos de jamaica contienen entre 90.2 y 33.2 mg/100 g de materia seca (Salinas-Moreno et al., 2012), según investigaciones realizadas se presentó elevada variación en el contenido de ácido ascórbico entre los tipos de jamaica analizados, según su color, mismo que reporta que el contenido de ácido ascórbico en cálices verdes fue de 86.6 mg/100 g de muestra, en cálices

rojos fue de 63.5 mg/100 g y en cálices rojo oscuros fue de 54.8 mg/100 g de muestra (cálculos realizados en base húmeda) (Babalola, 2001).

Para las técnicas de deshidratación por convección forzada y deshidratado solar, los resultados obtenidos permiten establecer que tanto la temperatura del aire de secado como el tiempo de proceso afectan la degradación de la vitamina C; Por otro lado, el incremento de la temperatura produce la disminución del contenido de vitamina C presente, este comportamiento es similar al presentado en el kiwi (Kaya et al, 2010); y en la guayaba (Chua et al, 2000), donde el incremento de la temperatura generó el aumento en la degradación de la vitamina C, lo que ocasiona una disminución en la calidad del producto final.

Para el comportamiento de la cantidad de vitamina C en la guayaba deshidratada, los mejores resultados se obtuvieron al trabajar con el aire de secado a 40 °C (173,07 mg/100g), y al comparar las dos técnicas de deshidratación, los secados a 60 °C (74,68 mg/100g) y 70 °C (73,03 mg/100g) presentaron la mayor pérdida de vitamina C. Respecto a los parámetros fisicoquímicos existe variación en el tiempo de deshidratado de las muestras que buscan perder agua, sin embargo, el pH y la acidez no se ven influenciados por el proceso tecnológico de deshidratado.

Respecto a la influencia de la deshidratación solar y por convección forzada en la carga microbiana (Mesófilos aerobios, coliformes totales, Mohos y Levaduras y salmonella), se pudo observar presencia de mohos y levaduras, las mismas proceden por contaminación cruzada en los procesos productivos, se esperaba ver diferencias significativas en los resultados microbiológicos de ambos procesos, sin embargo no se apreció mucha diferencia, aspecto que muestra la importancia de higienización del espacio de trabajo y la aplicación estricta de buenas prácticas de manufactura en post cosecha, producción y envasado del producto, que mejoren la calidad microbiológica de los productos y la posterior conservación del mismo durante su vida útil.

Respecto a la vitamina C se observó que a medida que se incrementa la temperatura reduce la cantidad de vitamina C (T=40°C, 100,14 g/100g; T=50°C, 80,14 g/100g; T=60°C, 79,39 g/100g) y por deshidratado solar la disponibilidad de vitamina C incrementa respecto de las otras muestras (192,87 g/100g de Vitamina C); por lo que se puede concluir que el proceso tecnológico de deshidratado solar es óptimo respecto a la alta disponibilidad de vitamina C.

CONCLUSIONES

Se evaluó el proceso de deshidratado de cáliz de jamaica por los métodos de convección forzada y deshidratado en carpa solar tipo túnel. Para lo cual se estandarizó el proceso de deshidratado, con un rendimiento promedio de 15%, que coincide con los rangos de rendimiento en procesos similares.

Con el fin de analizar la influencia de la deshidratación por ambos métodos, en las características fisicoquímicas (Humedad, pH y acidez), en la carga microbiana (Mesófilos aerobios, coliformes totales, mohos, levaduras y salmonella) y en el contenido de vitamina C. Se caracterizó la materia prima utilizada en el estudio (89% de humedad; 2,51 de pH y 0,77 g/100g de ácido málico en base húmeda de acidez).

Se evaluó el proceso de deshidratado por convección forzada a 3 temperaturas (40, 50 y 60°C), para cuyo análisis se realizaron curvas de velocidad de deshidratado (T=40°C, 14 horas; T=50°C, 9 horas; T=60°C, 8 horas), al respecto se concluye que las temperaturas influyen en la velocidad de deshidratado, ya que los tiempos requeridos son mayores cuando la temperatura de deshidratado es más baja, se concluye que el tiempo más óptimo corresponde a la temperatura de 60°C, en caso de replicar la experiencia en plantas de mayor capacidad de producción se podría trabajar hasta 3 lotes por día.

En deshidratación solar se utilizó un secadero solar tipo túnel, se procedió a deshidratar durante 3 días, aprovechando las horas de sol de 10 am. a 18 pm. Al respecto se concluye que los factores climáticos pueden incidir en el tiempo de deshidratado, en estaciones secas se puede estimar que el tiempo de secado promedio

será de 3 días, considerando sólo las horas de sol, de igual manera la temperatura interna influye en el tiempo de deshidratado.

Las muestras fueron analizadas en laboratorio, donde se determinó la humedad del producto deshidratado (T=40°C, 6,35%; T=50°C, 3,7%; T=60°C, 3,1%) y en secadero solar (5,40% de humedad); el pH (T=40°C, 2,017; T=50°C, 2,016; T=60°C, 2,015) y en secadero solar (2,014% de pH); la acidez (T=40°C, 13,98 g/100g; T=50°C, 13,55 g/100g; T=60°C, 14,12 g/100g) y en secadero solar (13,60 g/100g de acidez). Respecto a los parámetros fisicoquímicos existe variación en el tiempo de deshidratado de las muestras que buscan perder agua, sin embargo, el pH y la acidez no se ven influenciados por el proceso tecnológico de deshidratado.

Respecto al objetivo de analizar la influencia de la deshidratación solar y por convección forzada en la carga microbiana (Mesó filos aerobios, coliformes totales, Mohos y Levaduras y salmonella), se pudo observar presencia de mohos y levaduras, las mismas proceden por contaminación cruzada en los procesos productivos, se esperaba ver diferencias significativas en los resultados microbiológicos de ambos procesos, sin embargo no se apreció mucha diferencia, aspecto que muestra la importancia de higienización del espacio de trabajo y la aplicación estricta de buenas prácticas de manufactura en post cosecha, producción y envasado del producto, que mejoren la calidad microbiológica de los productos y la posterior conservación del mismo durante su vida útil.

Respecto a la vitamina C se observó que a medida que se incrementa la temperatura reduce la cantidad de vitamina C (T=40°C, 100,14 g/100g; T=50°C, 80,14 g/100g; T=60°C, 79,39 g/100g) y por deshidratado solar la disponibilidad de vitamina C incrementa respecto de las otras muestras (192,87 g/100g de Vitamina C); por lo que se puede concluir que el proceso tecnológico de deshidratado solar es óptimo respecto a la alta disponibilidad de vitamina C, sin embargo se deben aplicar buenas prácticas de manufactura para evitar contaminación del producto. Los tratamientos de deshidratación evaluados disminuyen significativamente el contenido de vitamina C presente en los cálices de jamaica.

En general se concluye que los métodos de deshidratado no influyen significativamente en la calidad del producto, sin embargo, la temperatura y los parámetros tecnológicos específicos de cada proceso si tienen influencia en los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y de disponibilidad de vitamina C.

BIBLIOGRAFÍA

- Adebayo-Tayo, B. C., & Samuel, U. A. (2009). Microbial quality and proximate composition of dried Hibiscus sabdariffa calyces in Uyo, Eastern Nigeria. *Malaysian Journal of Microbiology*, 5, 13-18. <http://mjm.usm.my/uploads/issues/162/research3.pdf>
- Ali, B. H., Al Wabel, N., & Blunden, G. (2005). Phytochemical, pharmacological and toxicological aspects of Hibiscus sabdariffa L.: A review. *Phytother. Res.* 19, 5, Pp.369-375.
- Ariza-Flores, R., Serrano-Altamirano, V., Navarro-Galindo, S., Ovando-Cruz, M. E., Vázquez-García, E., Barrios-Ayala, A., Michel-Aceves, A. C., Guzmán-Maldonado, S. H. & Otero-Sánchez, M. A. (2014). Variedades mexicanas de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) "alma blanca" and "rosaliz" de color claro y "cotzaltzin" y "tecoanapa" de color rojo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37, 181-185. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v37n2/v37n2a9.pdf>.
- Augustburger, F., Berger, J., Censkowsky, U., Heid, P., Milz, J., & Streit, C. (2000). Agricultura orgánica en el trópico y subtropical. Guía de 18 cultivos. Hibisco. Asociación Naturland. Primera Edición. Gräfelfing, Alemania. 13 p.
- Badui, S. (2006). Química de los alimentos. México. Editorial Pearson Educación. pp.390-391.
- Babalola, S. O., Babalola, A. O., & Aworh, O. C. (2001). Compositional attributes of the calyces of roselle. *The journal of food technology in Africa*, 6(4), 133-134.
- Bárzana, E. (2007). Ácidos orgánicos. En: *Bioteología Alimentaria*. Editorial Limusa. México. pp. 553-576.H

- Brendorfer, B., Kennedy, L., Bateman, O., Trim, D. S., Mrema, G. C., & Brobby, C. W. (1987). Solar dryers, their role in post harvested processing. Commonwealth Science Council. Londres.
- Bobadilla-Carrillo, G. I., Valdivia-Reynoso, M. G., Machuca-Sánchez, M. L., Balois-Morales, R., & González-Torres, L. C. (2016). Factores precosecha, cosecha y poscosecha inherentes al cultivo de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.).
- Bolade, M. K., Oluwalana, I. B., & Ojo, O. (2009). Commercial practice of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) beverage production: optimization of hot water extraction and sweetness level. *World J. Agric. Sci.* 5(1), 126-131.
- Castañeda, A. (2011). Desarrollo de un horno solar para el secado de plantas y vegetales usando control difuso. pp. 14-19. <https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/download/380/325/1559>,
- Chipana, E. Y. (2015). Estudio de factibilidad para la instalación de una planta procesadora, a partir de la flor de Jamaica. Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/22055/TES-847.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Chua, K. J., Chou, S. K., Ho, J. C., Mujumdar, A. S., & Hawlader, M. (2000). Cyclic air temperature drying of guava pieces: effects on moisture and ascorbic acid contents. *Food and Bioproducts Processing.* pp. 72-78.
- Domínguez-López, G., Remondetto, E., & Navarro-Galindo, S. (2008). Thermal kinetics degradation of anthocyanins in a Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. cv. Criollo) infusion. *Food Res. Inter.* 43(1), 322-325.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2004). Hibiscus: Post-production management for improved market acces operation. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendium_-_Hibiscus.pdf
- Fasoyiro, S.B., Ashaye, O.A., Adeola, A., & Samuel, F.O. (2005). Chemical and storability of fruit-flavoured (*Hibiscus sabdariffa*) drinks. *World J. Agric. Sci.* 1(2), 165-168.
- FDA. (1998). Guía para Reducir al Mínimo el Riesgo Microbiano en los Alimentos, para Frutas y Hortalizas Frescas; U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition, HFS-317 5100 Paint Branch Parkway College Park, MD 20740. <https://www.fda.gov/media/77823/download>
- Galicia-Flores, L. A., Salinas-Moreno, Y., Espinosa-García, B. M., & Sánchez-Feria, C. (2008). Caracterización fisicoquímica y actividad antioxidante de extractos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) nacional e importada. *Revista Chapingo Serie Horticultura.* 14, 121-129.
- Guía de Interpretación de Resultados Microbiológicos de Alimentos. (s.f.). http://www.anmat.gov.ar/alimentos/Guia_de_interpretacion_resultados_microbiologicos.pdf
- Kaya, A., Aydin, O., & Kolayli, S. (2010). Effect of different drying conditions on the vitamin C (ascorbic acid) content of hayward kiwifruit (*Actinidia deliciosa* plant). *Food and Bioproducts Processing.* pp. 1-9.
- Norma Mexicana MX-FF-115-SCFI-2010. (2010). Productos Agrícolas destinados para consumo humano -flor (cáliz) de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) - especificaciones y métodos de prueba. 21p.
- Ramírez-Rodríguez, M. M., Plaza, A. Azeredo, Balaban, M. O., & Marshall, M. R. (2011). Physicochemical and phytochemical properties of cold and hot water extraction from *Hibiscus sabdariffa*. *J. Food Sci.* 76, N 3, 428-435.
- Sampieri, R. (2014). Metodología de la Investigación. Mexico. Editorial Mc Graw Hill Education. pp.92-97.
- Ruíz-Ramírez, R. (2015). Hongos Asociados a Cálices de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) deshidratados y almacenados en Guerrero, México. *Rev. mex. fitopatol.* 2015, 33(1), 12-30. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092015000100012&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2007-8080.
- Salinas-Moreno, Y., Zuñiga-Hernández, A. R. E., Jiménez-de la torre. L. B., Serrano-Altamirano, V., & Sánchez-Feria, C. (2012). Color en cálices de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) y su relación con características fisicoquímicas. *Revista Chapingo Serie Horticultura,* 18 (3),395-407. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.08.038>
- Tola, B., & Kebede, F. (2016). *Cogent Food & Agriculture* 1191103 <http://dx.doi.org/10.1080/23311932.2016.1191103>. https://www.researchgate.net/publication/303354250_Occurrence_importance_and_control_of_mycotoxins_A_review.