

“Evaluación de mango (*mangifera indica*) fresco en polvo del estado de Guerrero, obtenido mediante el método de secado por liofilización”.

ZÁRATE-JUÁREZ, Mónica †*, BAHENA-RODRÍGUEZ Roberto, FLORES-CASTRO Alejandra, y RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, Juan.

Instituto Tecnológico de Acapulco

Recibido: septiembre, 22, 2018; Aceptado febrero 9, 2019.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue aplicar el método de secado por liofilización en mango fresco para obtener una base en polvo que se utilice en la preparación de bebidas refrescantes y alimentos, conservando las propiedades funcionales del mango, así como evaluar el producto obtenido mediante un análisis fisicoquímico y microbiológico del mango antes y después del proceso de secado.

El liofilizado protege la estructura primaria del producto y su forma, al ser un método que no compromete la estructura celular. (De la Brena, Cruz 2016).

Se llegó a obtener un polvo con excelentes características organolépticas conservando sus propiedades naturales, debido al nivel de grados Brix presentes en las muestras (12, 12.4 y 14.3° Brix). De acuerdo con los resultados de los análisis fisicoquímicos podemos ver que los carbohidratos y los minerales se encuentran de una forma concentrada, la reducción de la humedad en promedio fue del 73%, por lo cual dicho producto puede llegar a tener una vida de anaquel larga, se obtuvo un rendimiento del 17.6% y la congelación convencional + nitrógeno líquido contribuyó a la disminución de la concentración de los hongos y levaduras.

Palabras clave: Liofilización de pulpa de mango.

Abstract

The objective of the present work was to apply the freeze-drying method in fresh mango to obtain a powder base that is used in the preparation of soft drinks and food, preserving the functional properties of the mango as well as evaluating the product obtained through a physicochemical analysis and microbiological of the mango before and after the drying process.

The lyophilized protects the primary structure of the product and its shape, being a method that does not compromise the cellular structure. (De la Brena, Cruz 2016).

A powder with excellent organoleptic characteristics was obtained, conserving its natural properties, due to the level of Brix degrees present in the samples (12, 12.4 and 14.3 ° Brix). According to the results of the physicochemical analysis we can see that carbohydrates and minerals are concentrated, the reduction of humidity on average was 73%, so this product can have a long shelf life, a yield of 17.6% was obtained and conventional freezing + liquid nitrogen contributed to the decrease in the concentration of fungi and evacuations.

Keywords: Lyophilization of mango pulp.

Citación: ZÁRATE-JUÁREZ, Mónica †*, BAHENA-RODRÍGUEZ Roberto, FLORES-CASTRO Alejandra, y RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, Juan. “Evaluación de mango (*mangifera indica*) fresco en polvo del estado de Guerrero, obtenido mediante el método de secado por liofilización”. Foro de Estudios sobre Guerrero 2020, mayo 2019 - abril 2020_Vol. 7 No. 1 11 - 18.

*Correspondencia al Autor: (monicazj02@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción.

México es el 5° productor mundial de mango y principal exportador de este producto (SIAP, 2016), la mayor parte de la producción está destinada a ser consumida como fruto fresco en los mercados locales. (SAGARPA, 2016).

El mango es sensible a magulladuras y otros daños provocados por un manejo deficiente. La exportación de mango encuentra como inconvenientes el costo de su transporte, la plaga de la mosca de la fruta y el exigente mercado internacional, los productores en Guerrero pierden hasta el 25% del producto.

En México el principal productor de mango es el estado de Guerrero con cerca del 26% de la producción nacional, las regiones con mayor producción son la Costa Grande y Costa Chica (INEGI 2007), donde el mango prolifera exitosamente, la principal problemática de la exportación de mango son los costosos gastos de transporte que requiere el producto.

En México se cultivan principalmente las variedades: Ataulfo, Tommy Atkins, Haden, Kent, Keitt, Manila, Manzanillo Núñez, Diplomático e Irvin. El contenido nutricional de la pulpa de mango es variable de acuerdo con la variedad de mango que se trabaje. (Hauzé, V., y col 2016).

La presente investigación es la aplicación del método secado por liofilización en el mango para obtener un producto que por sus características físicas pueda ser comercializado en polvo, para su posterior utilización como aditivo alimentario en diversos productos, evitando así los gastos generados por la transportación del fruto fresco, el cual puede ser muy costosa, también se evita el tratamiento térmico del mango para controlar la plaga de la mosca de la fruta. El principal motivo para la realización de este proyecto es encontrar una

nueva forma competitiva de comercializar el mango producido en el estado de Guerrero. Los procesos tradicionales de secado ofrecen las ventajas de ser económicos y sencillos de realizar, sin embargo, producen:

1. Pérdida de nutrientes y compuestos activos de interés biológico y que son beneficiosos para la salud.
2. Cambios en sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas.

Esto promueve la realización de productos de bajo contenido nutricional y con poco sabor dando origen a utilizar altas concentraciones de adictivos de alto valor calórico que pueden provocar daños a la salud.

La importancia de utilizar el proceso de liofilización radica en la capacidad del método de conservar las propiedades funcionales de los productos que deseen liofilizarse, en este caso el mango conserva la mayor parte de las propiedades organolépticas y beneficios nutricionales, con los resultados de la investigación se genera una alternativa para el aprovechamiento del mango que nos lleve a disminuir pérdidas de su cosecha por la corta vida de anaquel que presenta el mango fresco.

La liofilización es un proceso para la separación de agua u otro solvente presente en una disolución mediante congelación y posterior sublimación a presión reducida. Se considera a este proceso como el más conveniente para la deshidratación de compuestos orgánicos e inorgánicos sin alterar su composición. Por ejemplo, al liofilizar alimentos, no existe desnaturación de las proteínas por ser un proceso llevado a cabo bajo condiciones de vacío y baja temperatura. De esta manera, el objetivo de este proceso es la obtención de un producto seco que sea más estable y que, al ser rehidratado, presente las mismas características de su estado original (forma, color, aroma, sabor y textura). (Universidad de Barcelona 2016).

La liofilización de mango a nivel industrial se emplea para generar productos en la industria alimentaria que pueden comercializarse empacados directamente para el consumidor final o aprovechados como ingredientes para otros productos como jugos, mermeladas, cereales y tartas. (De la Brena, Cruz 2016).

Los productos que hoy se generan mediante liofilización deben ser valorados de acuerdo a parámetros de calidad que dependen de la naturaleza del producto.

Objetivos

Aplicar el método de secado por liofilización en mango fresco para obtener una base en polvo que se utilice en la preparación de bebidas refrescantes y alimentos, conservando las propiedades funcionales del mango.

Evaluar el producto obtenido mediante las determinaciones de las propiedades fisicoquímicas: °Brix, Carbohidratos totales, Mohos y levaduras, Humedad y Cenizas en el mango, antes y después del proceso de liofilización con la finalidad de revisar la calidad del producto y ver la forma que influye el proceso de secado.

Metodología a desarrollar.

Obtención y acondicionamiento de la materia prima.

Se adquirió un lote de 15 Kg de mango de variedad Haden, Tommy Atkins Kent.

Se procedió a lavar y desinfectar la materia prima.

Se realizó el jugo con 10% de agua destilada estéril.

Congelación.

Se procedió a congelar con nitrógeno líquido por cada 267 mL de pulpa de mango se utilizó aproximadamente 1.21 Kg de nitrógeno líquido.

Secado

Se colocó en la liofilizadora Supermodulyo -220, marca Thermo Savant charolas con 267 mL de pulpa de mango a una presión de 1 mbar y una temperatura -40 °C con un tiempo de aproximadamente 24 h

Análisis realizados al jugo y al polvo obtenido. Determinación de Grados Brix en Alimentos y Bebidas. (NMX-F-103-NORMEX-2009)

Se abrió la tapa de luz natural del refractómetro Thermo Epectronic y se colocaron algunas gotas de agua destilada en la superficie del prisma del refractómetro.

Se cerró cuidadosamente la tapa verificando que el agua se haya extendido en el prisma y verificar que los grados Brix marquen 0.

Se cortaron los mangos y se obtuvo el jugo. Finalmente se colocaron algunas gotas sobre el prisma y registrar los grados Brix.

Determinación de humedad AOAC 925.09b.

Se colocó a peso constante los crisoles durante 2h a 130 °C en la estufa (Tecno valdo, C, 2005, Argentina) y se pesaron.

Se repitió hasta lograr un peso constante. (Nielsen, 2003).

Se pesó en balanza (Adan Equipment, ADA PW, 2010, USA) 2 g de muestra en un crisol (previamente pesado después de tenerlo a peso constante).

La muestra se secó en la estufa 2 h. a 100 - 110 °C.

Se retiró de la estufa, se tapó y se dejó enfriar en el desecador, posteriormente se pesó tan pronto como se pusiera en equilibrio con la temperatura ambiente (25°C).

Se calculó el porcentaje de humedad, reportándolo como pérdida por secado a 100-110°C.

$$\bullet \quad \% \text{ Humedad} = \frac{P - P_1}{P_2} * 100$$

Donde:

P= Peso del recipiente con la muestra humedad

P₁= Peso del recipiente con la muestra seca

P₂=Peso de la muestra

Determinación de cenizas AOAC 923.03.

Se colocó a peso constante los crisoles (ceramtec, 10150, 2009, argentina) a utilizar durante 2 h. en la estufa (Tecno valdo, C, Argentina, 2005) a 130°C.

Se pesó 2 g de muestra en una balanza analítica (Adan Equipment, ADA PW, 2010, USA) en el crisol (la muestra no debía sobrepasar la mitad del crisol) previamente pesado.

Se calcinó la muestra en una parrilla eléctrica (Thermo scientific, SP-131325, 2010, USA) hasta que ya no desprendieran humos.

Posteriormente se colocaron los crisoles en la mufla (CRAFT, C-25DP, 2005, México) durante 2 h cuidando que la temperatura no sobrepasara 550°C.

Se enfrió en el desecador y se pesó (Kirk *et al*, 1996).

Se calculó el porcentaje de cenizas.

$$\bullet \quad \% \text{Cenizas} = \frac{P - p}{M} * 100$$

Donde:

P= Peso del crisol con cenizas.

p=Peso del crisol vacío

M= Peso de la muestra

Determinación de carbohidratos totales. AOAC 991.43. Método del fenol-sulfúrico.

En un tubo ensayo con baquelita se agregó 250 µL de muestra.

Se agregó 250 µL de fenol al 5%.

Se agito en el vórtex (eléctrica (Thermolyne Maxi Mix II, M37615, 2005, USA) y se dejó enfriar en baño de agua con hielo por 15 minutos.

Se adicionó 1000 µL de ácido sulfúrico concentrado.

Se agito en el vórtex y se dejó en ebullición en baño María por 5 minutos.

Se dejó enfriar la mezcla en baño de agua fría por 5 minutos.

Se leyó en el espectrofotómetro (Buck Scientific, vis 100, 2013, USA) con una absorbancia de 488 nm (Dubois *et al*, 1956).

Método de conteo de mohos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994).

Se pesaron 10.0 g de muestra en una balanza analítica (Adan Equipment, ADA PW, 2010, USA) en una caja Petri estéril y pasarla a un matraz Erlenmeyer que contenga 90.0 mL de una solución salina estéril.

De la suspensión o solución anterior, se tomó 1.0 mL y se transfirió a un tubo de ensayo que contenga 9.0 mL de solución y se agito en vortex (Thermolyne Maxi Mix II, M37615, 2005, USA). Se utilizó una pipeta estéril para cada dilución.

Se colocó por duplicado en cajas Petri estériles, 1.0 mL de cada una de las diluciones de la muestra, utilizando una pipeta estéril.

En cada caja de Petri con inóculo, se vertió de 15.0 a 20.0 mL de agar papa dextrosa acidificado a una temperatura de 45°C. El tiempo transcurrido entre la preparación de las diluciones y el momento en que es vertido el medio de cultivo no debe de exceder de 20.0 min.

Se contaron las colonias de cada placa después de 3, 4 y 5 días de incubación. Después de 5 días, se seleccionó aquellas placas que contengan entre 10 y 150 colonias.

Se contaron las colonias de cada placa representativa, después de 3, 4 y 5 días de incubación (a $26 \pm 1^\circ\text{C}$ o a temperatura ambiente).

Se reportaron las unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro (UFC/g o mL) de mohos y levaduras (cada uno en forma independiente), incubadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 5 días.

Empacado.

Se realizó en bolsas de plástico estériles y posteriormente se traspasó a frascos de vidrio y se almacenó en obscuridad.

Resultados.

Se liofilizaron diferentes muestras de jugo de mango fresco, la mayoría de las muestras procesadas resultaron exitosas, es decir, se secaron de manera adecuada, sin embargo, existieron algunas muestras que no se pudieron liofilizar debido a errores relacionados con la congelación, capacidad de la liofilizadora entre otras causas.

La figura 1. Muestra el proceso de liofilización, se puede apreciar el avanzado grado de secado.

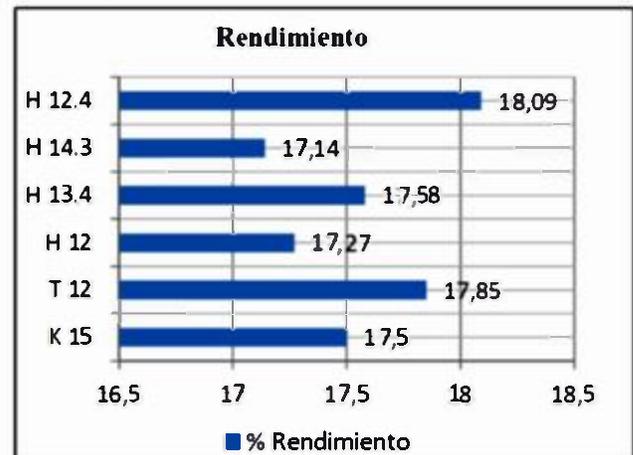


Figura 1. Charolas de mango durante el proceso de liofilización.

Se obtuvieron 7 muestras cuyos nombres fueron determinados por la variedad del mango y los grados Brix que estos presentaron (H12=Haden 12°Brix , H13.4= Haden 13.4°Brix , H13.5 = Haden 13.5°Brix , H12.4 = Haden 12.4°Brix , T12= Tommy Atkins 12°Brix , K15=Kent 15°Brix). En el Gráfico 1 podemos observar los rendimientos obtenidos de cada muestra.

En la Gráfica 1 se muestran los rendimientos de las muestras obtenidas. El rendimiento promedio de las muestras respecto a la pulpa es de **17.6%**.

Gráfico 1. Rendimiento de cada muestra.



En las pruebas realizadas el grosor de la capa de jugo liofilizado fue de 0.25 cm y 0.45 cm, aproximadamente el **62%** del peso del mango corresponde a la pulpa. Las 2 charolas que se prepararon y se liofilizaron, se obtuvieron por primera vez el polvo deseado, ya que mostraron un rápido avance en la liofilización, esto debido posiblemente a que con ayuda del congelamiento con nitrógeno líquido el jugo alcanzó una temperatura de -39°C , la cual es la temperatura teórica ideal para congelar el mango (De la Brena, Cruz, 2016).



Figura 2. Mango liofilizado en polvo

En la figura 2 muestra el primer proceso exitoso del proceso de secado y la obtención del polvo de mango. De la charola con 0.25 cm de jugo se obtuvieron 12.93 g de mango liofilizado, por otro lado, en la charola con 0.45 cm de jugo se obtuvieron 25.64 g de mango liofilizado.

Resultados de las determinaciones analíticas.

Se les aplicaron las determinaciones analíticas a tres muestras de mango antes y después del proceso de liofilizado, las cuáles presentaron las mejores características organolépticas T12 (Tommy 12 °Brix) y H12.4 (Haden 12.4 °Brix).

Mango: Haden

°Brix: 14.3

Congelamiento: convencional+ nitrógeno líquido.

Tiempo de secado: 21 h

| Determinación | Jugo: 14.3°Brix | Polvo |
|--------------------|-----------------|-------------|
| Carbohidratos | 54.79g/L | 1246.86 g/L |
| Cenizas | 0.14% | 2.16% |
| Humedad | 83.6% | 8.38% |
| Hongos y levaduras | 3730 UFC/g | 320 UFC/g |

Tabla 1. Determinaciones analíticas del mango Hade 14.3 °Brix.

Mango: Haden

°Brix: 12.4

Congelamiento: Nitrógeno líquido.

Tiempo de secado: 22 h

| Determinación | Jugo: 12.4°Brix | Polvo |
|--------------------|-----------------|-------------|
| Carbohidratos | 154.1 g/L | 1304.1 g/L |
| Cenizas | 0.28% | 1.71% |
| Humedad | 83.93% | 12.84% |
| Hongos y levaduras | 13200 UFC/g | 25900 UFC/g |

Tabla 2. Determinaciones analíticas del mango Haden 12.4 °Brix.

Mango: Tommy

°Brix: 12

Congelamiento: Convencional + Nitrógeno líquido.

Tiempo de secado: 25 h

| Determinaciones | Jugo: 12 °Brix | Polvo |
|--------------------|----------------|-------------|
| Carbohidratos | 221.84 g/L | 1021.78 g/L |
| Cenizas | 0.21% | 0.42% |
| Humedad | 79.1% | 7.43% |
| Hongos y levaduras | 21500 UFC/g | 100 UFC/g |

Tabla 3. Determinaciones analíticas del mango Haden 12 °Brix.

Después de 21 días de almacenamiento la humedad incrementó en un 12%.

Se encontró que las variedades Tommy Atkins, Kent y Haden en un grado de madurez no avanzado, son capaces de producir el producto consistente en polvo de mango deshidratado.

El método de secado por liofilización resultó muy eficiente en la conservación de propiedades y aromas. La congelación con Nitrógeno líquido resultó de gran ayuda para obtener una adecuada liofilización, todo esto sin dejar a la congelación convencional, que es indispensable para controlar la carga microbiana en el mango liofilizado.

La concentración de grados Brix es crítica para obtener un producto final con buenas características, y también para propiciar una congelación más eficiente. El estado de madurez del mango está directamente relacionado con los grados Brix, por lo cual es importante controlar la madurez del mango durante la selección de la materia prima.

Se utilizó la congelación convencional con la finalidad de tener más rendimiento en el proceso de congelación con nitrógeno líquido y observamos que juega un papel importante en la disminución de la carga microbiana del producto, debido a la formación de cristales de hielo más grandes.

Este comportamiento favorece la destrucción de las células viables de los microorganismos, evitando que dichas células se presenten en el producto liofilizado. La congelación convencional ayuda también al proceso de liofilización, porque el agua sublimada de la superficie permite una mayor porosidad aumentando la eficacia y disminuyendo el tiempo de secado. La muestra H12.4 demostró que el nitrógeno líquido sólo, no puede disminuir sustancialmente la carga microbiana, esto es debido a la formación de cristales pequeños, que junto a la liofilización crean el medio adecuado para la conservación de cualquier microorganismo.

De forma general la liofilización no afecta significativamente las cenizas y carbohidratos totales presentes en el mango, favorece la conservación de compuestos importantes en el mismo, también el aroma y el sabor se conservan y potencializan. Solamente el color del polvo se ve afectado, muy probablemente por la incidencia de luz. El polvo de mango obtenido es vulnerable a la rehidratación.

Las condiciones de la cámara de condensación deben ser estables y predominar una temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ para asegurar que el agua sublimada se congele adecuadamente ante las condiciones de presión reducida. Siendo de igual forma importante la presión reducida, para asegurar que el agua presente alcance condiciones por debajo de su punto triple y se sublime adecuadamente.

Las condiciones ideales para un proceso de liofilización adecuado basadas en la bibliografía y la experimentación son: una presión reducida aproximada de 1 mbar, una temperatura en las charolas de secado de no más de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, variedad de mango Tommy Atkins por sus características post liofilización, congelación convencional + ultracongelación ($39\text{ }^{\circ}\text{C}$), temperatura de la cámara de condensación de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, almacenamiento en atmósfera seca y sin presencia de oxígeno, y buenas prácticas de manufactura durante el proceso.

Agradecimientos

Agradecemos a la Empresa GROMICH Agroindustria SAPI S.A de C.V. por el financiamiento a la realización de la presente investigación.

Conclusiones

Se logró liofilizar el concentrado de mango fresco de las variedades Haden, Kent y Tommy Atkins y resultaron ser adecuadas para someterse al proceso de secado. La variedad Ataulfo resultó ser poco adecuada debido a su tendencia a subir sus grados Brix drásticamente en la maduración.

En la presente investigación se llegó a obtener un polvo con excelentes características organolépticas conservando sus propiedades naturales, debido al nivel de grados Brix presentes en las muestras, ya que éste es una variable importante que si no se llega a controlar produce un inadecuado proceso de secado dando lugar a reacciones químicas como las de Maillard ocasionando el oscurecimiento del producto y una consistencia pegajosa.

De acuerdo con los resultados de los análisis fisicoquímicos podemos ver que los carbohidratos y los minerales se encuentran de una forma concentrada, la reducción de la humedad en promedio fue del 73%, por lo cual dicho producto puede llegar a tener una vida de anaquel larga, se obtuvo un rendimiento del 17.6% y la congelación convencional + nitrógeno líquido contribuyó a la disminución de la concentración de los hongos y levaduras.

Referencias

De la Brena Meléndez, A., & Cruz Domínguez, C. E. (Mayo de 2016). Liofilización de pulpa de mango. Querétaro, México.

Empaque de mangos de C.I.P., S.P.R. de R.L. de C.V. (30 de Noviembre de 2009). SAGARPA. Obtenido de Identificación de las necesidades logísticas para la comercialización del sistema producto Mango en la Región Noroeste.: http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/Mangos.pdf

Parves, M. (2016). Pharmacological Activities of Mango (Mangifera. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1-

Sumaya-Martínez, M. T., Sánchez Herrera, L. M., Torres García, G., & García Paredes, D. (2012). RED DE VALOR DEL MANGO Y SUS DESECHOS CON BASE EN LAS PROPIEDADES NUTRICIONALES FUNCIONALES. *Quinta época*, 826833.

Agenda Estatal de Innovación del Estado de Guerrero. (2015). *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)*.

AOAC. (2005). *Association Official Analytical Chemistry*. Howitz W. (Ed.) Official Methods of Analisis (métodos empelados: 925.09b humedad; 923.03 cenizas totales; 920.39 lípidos).