

Estudio de Estabilidad de la Pulpa de Mora sometida a un Proceso de Liofilización

P. Viteri, F. Cornejo,
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus Gustavo Galindo V. Km. 30.5 Vía Perimetral, P. O. Box 09015863, Guayaquil, Ecuador
paviteri@espol.edu.ec, fcornejo@espol.edu.ec

Resumen

Esta tesis tiene como objetivo el estudio de estabilidad de la pulpa de mora liofilizada. Primero se realizaron pruebas físico-químicas a la pulpa de mora previo a los procesos de congelación y liofilización. Posteriormente, se determinó el tiempo de congelación de la pulpa de mora, basado en la fórmula de Plank, dando como resultado 3 horas a una temperatura inicial de congelación de $-2,58^{\circ}\text{C}$. Luego, con la pulpa congelada se realizaron pruebas en un equipo liofilizador a 105°C , 110°C y 120°C , con presiones $1.15 \pm 0,5$ mmHg. Demostrando que la temperatura ideal para éste proceso es a 110°C obteniendo un producto con humedad final de $2,5\% \pm 0,2$ y excelentes características organolépticas, lo cual fue analizado mediante pruebas sensoriales. Además, se obtuvo la isoterma de adsorción del producto liofilizado y con los datos de la monocapa y humedad crítica se calculó su estabilidad mediante el método de Labuza, en el cual se determinó que el tiempo de vida útil de la pulpa de mora liofilizada es de 18 meses.

Palabras Claves: Liofilización, Actividad de agua, Isoterma de adsorción, Vida útil.

Abstract

The objective of this work was to study the stability of freeze-dried blackberry pulp. Firstly, both physical and chemical experiments were carried out on blackberry pulp prior to the freeze-drying process. Secondly, the freezing time for the blackberry pulp, three hours, was determined based on Plank's method with an initial freezing temperature of $-2,58^{\circ}\text{C}$. Then, experiments with the frozen pulp were conducted in a freeze-drying equipment with three different temperature degrees: 105°C , 110°C and 120°C , and a pressure factor of $1.15 \pm 0,5$ mmHg. As a result, the ideal temperature for the process was found to be 110°C at which a product with a final humidity of $2,5\% \pm 0,2$ and excellent characteristics was obtained; varied sensorial methods were applied in order to confirm this. Besides, the adsorption isotherm for the freeze-dried product was drawn and, with both the monolayer and critical humidity data, the stability was calculated by using Labuza's method which finally determined that the shelflife for freeze-dried blackberry pulp is 18 months.

Key words: Freeze-drying, Water activity, Sorption Isotherm, Shelflife.

1. Introducción

Las frutas son valiosos alimentos que contribuyen a una alimentación sana y variada de la población. Únicamente disponemos de las frutas frescas durante periodos cortos de tiempo. La mora tiene gran aceptación para el consumo en fresco y procesado por su exquisito sabor y la facilidad de la agroindustrialización. Su uso principal está en la fabricación de jugos, pulpas, conservas, compotas, néctares y concentrados. La vida útil de la mora es sólo de 3 a 5 días, ya que posee un alto contenido de agua, lo que la hace muy frágil al manejo y susceptible al periodo de almacenamiento postcosecha. Por lo que es necesario estudiar otros métodos de conservación para ofrecer productos de calidad y novedosos para el consumidor.

Para éste trabajo, el método propuesto es La liofilización, la cual es reconocida como el proceso de secado en el cual se obtiene una preservación óptima de las cualidades del producto original. Se basa en la sublimación del agua presente en el alimento, reduciendo al mínimo el arrastre de sustancias y el daño a la estructura del producto, los cuales se afectan en gran medida durante los procesos convencionales de secado.

Los objetivos principales de éste trabajo son: Primero, elaborar un producto liofilizado que presente excelentes características y oportunidades de aprovechamiento a partir de la pulpa de mora. Segundo, determinar el tiempo de vida útil del producto liofilizado, para obtener una mayor estabilidad en percha.

Para lograr estos objetivos, se realizaron diversos experimentos, tales como:

1. Caracterización físico-química de la Pulpa de Mora.
2. Determinación del tiempo de congelación de la pulpa.
3. Determinación de los parámetros de operación del proceso de liofilización.
4. Determinación de la Isoterma de adsorción de la Pulpa Liofilizada
5. Determinación de la humedad crítica

Este trabajo permitió obtener un producto novedoso para el consumidor, como lo es la Pulpa de Mora Liofilizada, y al mismo tiempo obtener una mayor estabilidad de la fruta.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materia Prima

La especie de mora que se utilizó fue *Rubus Glaucus*, la cual se adquirió en los centros comerciales de la ciudad de Guayaquil, la misma que fue sometida a análisis físico-químicos. La mora es una fruta muy frágil al manejo, por lo que se tuvo en consideración que presente un aspecto fresco, libre de ataque de insectos y enfermedades.

2.2. Métodos Experimentales

2.2.1. Proceso de Liofilización de Pulpa de Mora. El proceso de liofilización consiste básicamente en introducir el producto congelado a tratar en una cámara y realizarle vacío rápidamente. Debido a la disminución de presión, la temperatura baja aún más y comienza la eliminación del agua en forma de vapor. Previo al proceso de congelación y liofilización se realiza un acondicionamiento a la pulpa de mora, lo que se muestra en la figura 1.

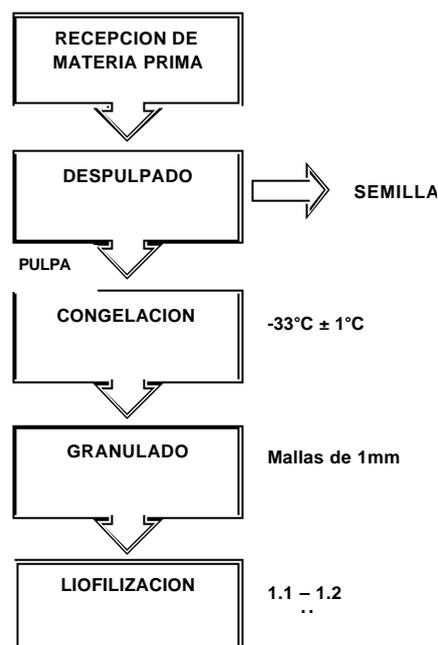


Figura 1. Diagrama de flujo propuesto para la Pulpa de Mora Liofilizada

2.2.2. Tiempo de congelación. El tiempo de congelación de la pulpa de mora se determinó mediante el método basado en la fórmula de Plank, con la corrección de Cleland y Earle, aplicando la ecuación de Fourier (F_0), [1]

2.2.3. Temperatura y Tiempo de Liofilización Para determinar los parámetros del proceso de liofilización, se realizaron 3 pruebas. La pulpa de mora congelada fue llevada a una cámara de vacío a presión de 1.15 ± 0.5 mm Hg, a tres diferentes temperaturas (105, 110 y 120°C) con el objetivo de determinar el tiempo de secado.

Las temperaturas escogidas se basaron en experiencias del Café Liofilizado, puesto que no se tiene una base sobre frutas liofilizadas. Los datos se obtuvieron durante el transcurso del secado tomando el peso de la muestra en la balanza analítica incluido en el equipo de Liofilización a intervalos de 30 minutos hasta que el peso se mantuvo constante.

2.2.4. Isotermas de Adsorción. Con la pulpa de Mora Liofilizada se construyó la isoterma de adsorción, mediante el método isopiéstico, a temperatura constante de 32°C, con la finalidad de predecir la estabilidad del producto liofilizado [2].

2.2.5. Humedad Crítica. Consiste en conocer el contenido de humedad en el cual el producto se vuelve no aceptable para el consumidor desde cualquier punto de vista, ya sea microbiológico o sensorial.

Se procedió a armar un sistema experimental el cual consistió en simular condiciones ambientales extremas (32°C y HR 100%). La experimentación consistió en tomar pesos periódicos, registrando la ganancia de humedad hasta el tiempo en que las muestras perdieron sus características organolépticas (sabor, textura, color), lo cual se evaluó a través de una prueba sensorial [2].

2.2.6. Estabilidad del producto liofilizado. Una vez realizada la isoterma de adsorción y determinada la humedad crítica se procede a calcular el tiempo de vida útil para la pulpa de mora liofilizada. Las condiciones establecidas de temperatura y de humedad relativa son de 32°C y 83% respectivamente para un determinado empaque.

3. Análisis de Resultados

3.1. Análisis del tiempo de congelación

Para la aplicación del método se consideró la composición nutricional de la fruta y fue importante determinar parámetros como propiedades térmicas y temperatura de congelación de la Mora.

Así como el agua dentro del alimento cambia de líquido a sólido, la conductividad térmica, el calor específico y la densidad del alimento cambian gradualmente, a medida que decrece la temperatura. En la tabla 1 se muestran estos valores [1].

Se determinó que el tiempo de congelación de la pulpa de mora fue de 3h.

De igual manera, se calculó la temperatura inicial de congelación de la Pulpa de Mora.

Tabla 1. Propiedades térmicas de la Mora

Propiedades	Valor
Calor específico del producto antes de congelar ($C_{p_{nocong}}$)	3,549 KJ/Kg°C
Calor específico del producto congelado ($C_{p_{hielo}}$)	1,9631 KJ/Kg°C
Densidad (?)	997,66 Kg/m ³
Conductividad térmica (k)	1,8137 W/m°K

En la tabla 2 se muestran los datos de las temperaturas con las que se trabajó para el cálculo del tiempo de congelación.

Tabla 2. Datos utilizados para el cálculo de tiempo de congelación

DATOS	VALOR
Temperatura del equipo (T_{∞})	-33°C
Temperatura del producto antes de congelar (T_i)	8 °C
Temperatura inicial de congelación (T_A)	-2,58 °C
Temperatura final del producto (T_f)	-23 °C

3.2. Pérdida de agua durante el proceso de liofilización

En general, la pérdida de agua de una determinada fruta sucede inicialmente de manera acelerada, con un progresivo retardo a medida que avanza el tiempo. En la figura 2 y 3 se observa éste comportamiento de acuerdo a las diferentes temperaturas aplicadas.

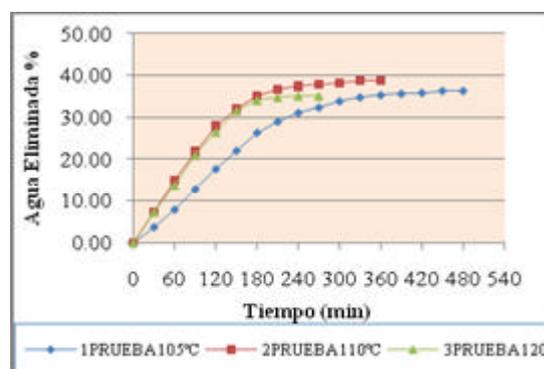


Figura 2. Porcentaje de agua eliminada a diferentes temperaturas aplicadas

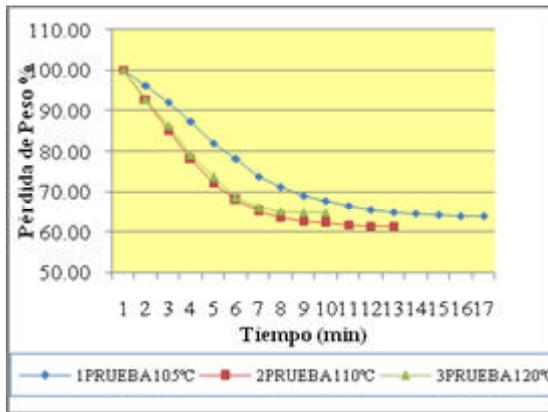


Figura 3. Porcentaje de pérdida de peso a diferentes temperaturas aplicadas

3.3. Evaluación Sensorial

Posteriormente, se realizó una prueba sensorial para determinar si existían diferencias entre las muestras sometidas a diferentes temperaturas de proceso. Para el análisis sensorial se aplicó la prueba de preferencia, contando con 10 analistas semientrenados como jueces, de los cuales 9 prefirieron la muestra a la que se aplicó 110°C de temperatura durante el proceso de liofilización.

A través de la tabla de significancia se obtuvo el número mínimo de respuestas coincidentes para que haya diferencia significativa [3]. Con lo que podemos deducir que de las tres temperaturas aplicadas en el proceso de pulpa de mora liofilizada (figura 4), la temperatura 110°C sería la ideal para éste tipo de fruta.



Figura 4. Pulpa de mora después del proceso de liofilización

3.4. Análisis de la Isoterma de Adsorción

Se realizó la isoterma de adsorción para la pulpa de mora liofilizada con el fin de conocer el comportamiento de las condiciones de la fruta frente a la actividad de agua de las diferentes sales utilizadas para este estudio. La isoterma resultante de la experimentación mediante el método isopiético para la pulpa de mora luego del proceso de liofilización, se muestra en la figura 5.

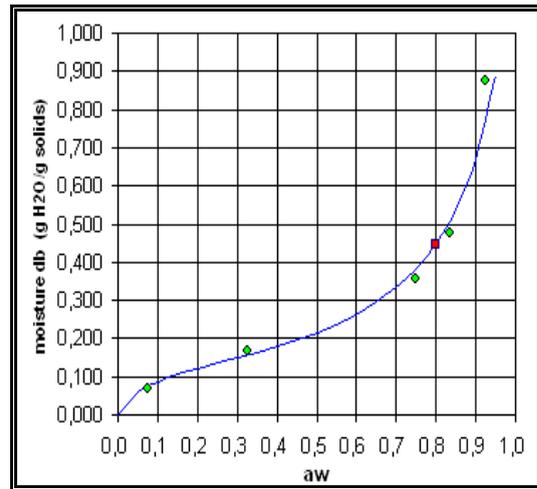


Figura 5. Isoterma de Adsorción de la pulpa de mora liofilizada

Al realizar la isoterma de adsorción, la monocapa da el valor de 0,14gH₂O/g SS. Cabe recalcar que el valor de la monocapa es el contenido de humedad que forma la primera capa de agua en contacto con la estructura del alimento. Por lo tanto, éste valor es primordial para el estudio de la vida útil del alimento.

3.5. Análisis de Humedad Crítica

La escala de calificación utilizada para éste análisis, se consideró de 1 a 3, siendo el valor de 3 calificación para el producto en óptimas condiciones y el valor 1 la calificación a la cual el alimento no es apto para el consumo. El contenido de humedad de la mora liofilizada en los diferentes tiempos establecidos y con su respectiva calificación, se exponen en la tabla 3.

Tabla 3. Contenido de Humedad y calificación de evaluación sensorial para la pulpa de mora liofilizada

Humedad en Base Seca (gH ₂ O/100gSS)	Calificación de la Evaluación Sensorial
2,56	3
5,18	3
9,11	3
16,53	3
23,08	3
28,31	2
30,93	2
35,73	2
39,22	1

Como podemos apreciar, el contenido de humedad crítica de la pulpa de mora liofilizada es de 39,22 gH₂O/100gSS. A esta humedad el producto no presentaba agradables características organolépticas.

Por otro lado, con la isoterma realizada se puede analizar que el valor de la monocapa está por debajo de la humedad crítica; es así que para la pulpa de mora liofilizada, el valor de la monocapa es de 0,14 gH₂O/gSS y el valor del contenido máximo de humedad permisible es 0,39 gH₂O/gSS.

3.6. Análisis de Estabilidad

Mediante la ecuación de Labuza se determinó el tiempo de vida útil de la pulpa liofilizada. Las condiciones establecidas de temperatura y de humedad relativa son de 32°C y 83% respectivamente, y la permeabilidad del empaque trilaminado utilizado es 0.00625 g/m²/día/mmHg. Con lo que se establece que el tiempo de vida útil de la mora liofilizada a 110°C es de 18 meses en un empaque trilaminado.

3.7. Análisis Físico Químico y Sensoriales

Con el fin de determinar las características físico-químicas de la pulpa de mora antes y después del proceso de liofilización, se realizaron análisis de humedad, sólidos solubles, pH y acidez, lo que se puede apreciar en la tabla 4

Tabla 4. Características físico- químicas de la pulpa de mora antes y después de la liofilización

Parámetros Físico-Químicos	Pulpa de Mora	
	Antes de Liofilizar	Después de Liofilizar
Humedad (%)	89,9 ± 0,3	2,5 ± 0,2
Sólidos Solubles (-Brix)	7,4 ± 0,2	-
Ph	3,07 ± 0,01	3,11 ± 0,01
Acidez (%ac. Cítrico)	2,5 ± 0,1	2,7 ± 0,1

Con el producto final se realizaron pruebas sensoriales con el objetivo de medir el grado de satisfacción por parte de los consumidores. Para lo cual se realizó la prueba hedónica [3], muy útil para éste tipo de análisis. Es necesario recalcar que el producto obtenido, no posee productos similares en el mercado, por lo tanto la degustación se realizó en la forma en que posiblemente fuera consumido el producto (jugos, batidos, mermeladas). Para nuestro estudio, se preparó un batido con la pulpa de mora liofilizada para poder medir el grado de satisfacción por parte de los consumidores. La figura 6 muestra los resultados obtenidos de la evaluación.

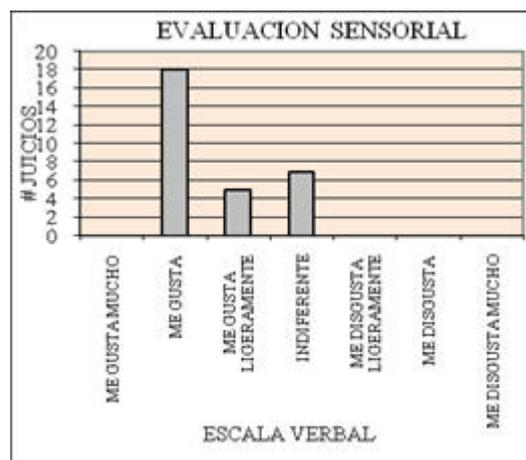


Figura 6. Resultado obtenido de la evaluación sensorial de la pulpa de mora liofilizada

La figura anterior muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial realizada a los panelistas. Se puede indicar que la mayor parte de los consumidores calificó el producto con la puntuación verbal < me gusta >. Con lo cual, se podría deducir que el producto tendría buena aceptación en el mercado, ya que se encuentra dentro del rango de agrado.

4. Conclusiones

Para los alimentos la temperatura de congelación es más baja que para el agua pura, ya que los solutos del agua no congelada se van concentrando y la temperatura de congelación va disminuyendo continuamente hasta que la solución queda congelada como un todo. En el caso de la Pulpa de Mora la temperatura de congelación es -2,58°C según cálculo teórico

En la liofilización, se determinó que la temperatura ideal del proceso fue 110°C, con presión de 1.15 ± 0,5 Hg, con lo que se obtuvo un producto de buenas características sensoriales, con humedad de 2,5 ± 0,2% y con un tiempo total de liofilización de 6h

Después del estudio de estabilidad realizado a la pulpa de mora liofilizada, tenemos que la pulpa se puede almacenar por 18 meses en envase trilaminado, debido a su mayor resistencia al vapor. De la misma forma que se la conserva sin mantener temperaturas de refrigeración, como es el caso de la fruta en estado fresco.

La liofilización evita el arrastre de los aceites aromáticos del alimento. Por ende, sabor y olor no sólo permanecen intactos, sino que se concentran.

Referencias

[1] SINGH R PAUL, DENNIS R HELDMAN.
Introduction to Food Engineering.

[2] LABUZA T., Moisture Sorption: Practical
Aspects of Isotherm Measurement and Use,
American of Cereal Chemests, Minesota –
USA, 1984

[3] ANZALDÚA A. La Evaluación Sensorial de
los Alimentos. Editorial Acribia S.A., Zaragoza-
España, 1984