

“DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD MÁXIMA DE VAPOR DE AGUA PARA EMPAQUE DE CAFÉ INDUSTRIALIZADO ”

José Luis Coloma Hurel¹, Fabiola Cornejo²

¹Egresado de Ingeniería en Alimentos, email: jcoloma@espol.edu.ec

²Directora de Tesis, Ingeniera en Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1995; Msc Food Science and Water Availability, 2003; Profesora de la ESPOL desde 2004; email: fcornejo@espol.edu.ec

RESUMEN

El mantenimiento de la estabilidad del producto durante el almacenamiento es uno de los mayores problemas a los que se enfrentan los industriales productores de café en el Ecuador, ya que es una parte de la cadena de abastecimiento en donde se producen cuantiosas pérdidas; debido a una mala selección de empaque.

El objetivo principal de ésta tesis es determinar la permeabilidad máxima de vapor de agua para el empaque de café liofilizado, atomizado y de pasar, los cuales son producidos por distintos métodos de industrialización. El valor de la permeabilidad máxima será un dato muy útil para la industria cafetera, ya que les permitirá realizar la selección del empaque más adecuado.

Para poder determinar esta permeabilidad se realizaron las isotermas de adsorción para cada tipo de café, obteniéndose datos de la capacidad de adsorción de humedad de los productos. Adicionalmente, se analizó el efecto del tipo de secado en el comportamiento de las isotermas. Posteriormente, se determinó la humedad crítica de los tres tipos de café o el rango de actividad de agua en donde el producto mantiene buenas características organolépticas o microbiológicas. Para esto se realizaron evaluaciones sensoriales con análisis de varianza y pruebas microbiológicas según sea el caso.

Una vez obtenidas las isotermas de adsorción y las humedades críticas se calculó la permeabilidad de vapor de agua de los tres tipos de café para que los productos mantengan óptimas condiciones durante su almacenamiento, tanto en condiciones de Quito y Guayaquil.

ABSTRACT

The maintenance of product's stability during storage is one of the major problems for coffee industrials in Ecuador, because it is a important part of the chain supply where there are economical losses due to bad package selection.

The principal objective of this thesis is to determine the maxim water vapor permeability for packaged of lyophilized, spray dried and ground and roast coffee, which are produced by different methods. The max permeability is a very

useful data for coffee industry, because it will allow to make the best package selection.

To determine this permeability, is necessary making water adsorption isotherms for each type of coffee, getting datas of the water sorption capacity of the products. Additionally, we analyzed the effect of the dried method in the isotherm's behavior. Then, the critical moisture content was determined for these three types of coffee where products keep the best organoleptic or microbiological characteristics. For this, we made sensory evaluations with variance analysis and microbiological tests.

Finally, we calculate the water vapor permeability of the three types of coffee to keep them in optimum conditions during storage in Quito and Guayaquil conditions.

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas en la industria alimenticia es el mantenimiento de la estabilidad del producto durante el almacenamiento, ya que en múltiples productos es en ésta etapa en donde se producen reacciones de deterioro, que pueden ser de origen físico, químico o microbiológico.

El objetivo de éste trabajo es determinar a través de un modelo matemático, el empaque que provea la mayor protección al vapor de agua durante el almacenamiento de café liofilizado, atomizado, y tostado y molido. Además, analizar la diferencia en la adsorción de agua en las condiciones de Quito y Guayaquil.

Para lograr éste objetivo, se realizaron diversos experimentos tales como:

1. Determinación de isotermas de adsorción en condiciones de Quito y Guayaquil.
2. Determinación de la humedad crítica
3. Pruebas de adsorción con diversos plásticos disponibles en el mercado, determinando el plástico que provea el mayor tiempo de vida en percha.
4. Pruebas de diseño de empaque, determinándose la importancia del diseño del empaque en la estabilidad del producto

De ésta forma éste trabajo contribuirá al mejoramiento de la calidad del café liofilizado, spray dried, y tostado y molido durante el almacenamiento, reduciendo pérdidas económicas a la industria cafetera.

CONTENIDO

Para poder determinar la permeabilidad de vapor de agua máxima permisible para asegurar una adecuada protección durante el almacenamiento del café liofilizado, atomizado y de pasar, es necesario estudiar las características de los productos y su comportamiento frente a la ganancia de humedad.

Para esto se obtuvieron las isotermas de adsorción de los tres tipos de café en condiciones simuladas de Guayaquil y Quito, es decir, a 32°C y 14°C respectivamente.

Los gráficos 1 y 2 muestran las isothermas de los productos en las condiciones descritas.

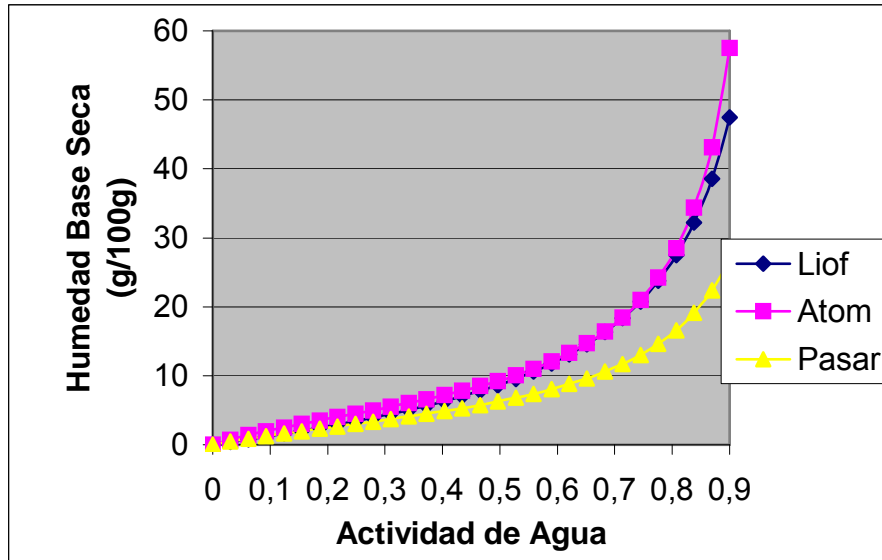


Fig # 1 Isothermas de Adsorción de Café Liofilizado, Atomizado y de Pasar a 32 °C

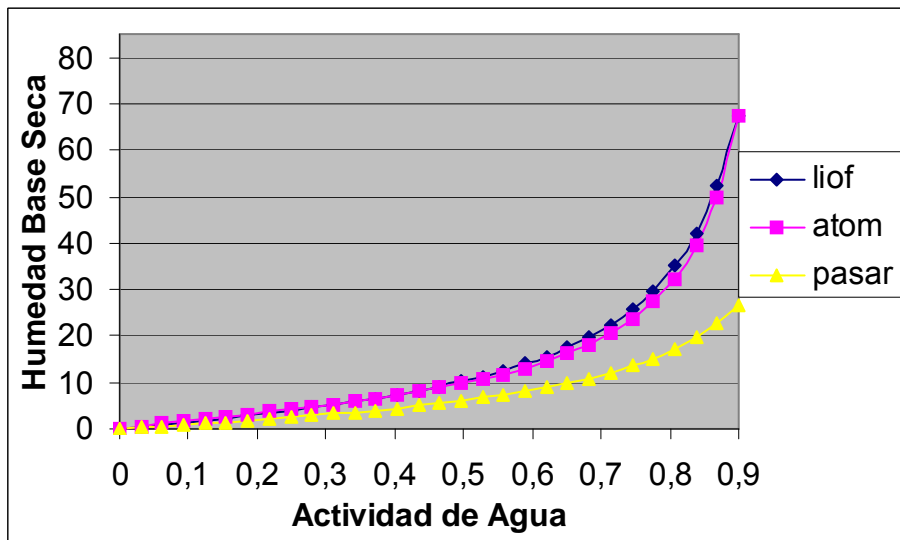


Fig.# 2 Isothermas de Adsorción de Café Liofilizado, Atomizado y de Pasar a 14 °C

La obtención de las isothermas de adsorción es el punto de partida para determinar la permeabilidad de vapor de agua de los tres tipos de café. Nos permite conocer el comportamiento del producto a cualquier contenido de humedad.

El siguiente paso para la determinación de las permeabilidades máximas de los tres tipos de café es conocer las humedades críticas de los productos.

El café liofilizado y atomizado presentan gran sensibilidad a la transmisión de vapor de agua, produciéndose la aglomeración de los mismos, por lo tanto se realizaron pruebas sensoriales y análisis de varianza para la determinación de sus humedades críticas obteniéndose los siguientes resultados.

TABLA I
HUMEDADES CRÍTICAS DE CAFÉ LIOFILIZADO Y ATOMIZADO EN LAS DOS CONDICIONES DE ESTUDIO

Tipo de Café	Humedad Crítica 32°C gH ₂ O/100gSS	Humedad Crítica 14°C gH ₂ O/100gSS
Café Liofilizado	8.62	10.1426
Café Atomizado	7.8018	8.0067

El café de pasar no presentó aglomeración debido a la transmisión de vapor de agua, por lo tanto se lo analizó desde el punto de vista microbiológico realizándose siembras del producto a actividades de agua de 0.5, 0.6, 0.7 y 0.8; sin que se presentara crecimiento de mohos en ninguna de las muestras.

Investigaciones realizadas por Labuza y Cardelli determinaron que el principal factor de deterioro del café de pasar es la transmisión de oxígeno produciendo cambios en el sabor, seguido por la actividad de agua y la temperatura.

Por esta razón, otras investigaciones deberán determinar la cantidad de oxígeno crítico para que el producto mantenga buenas características durante su almacenamiento.

Una vez conocidas las isotermas de adsorción de los productos y las humedades críticas de los mismos es posible determinar las permeabilidades máximas permisibles mediante la siguiente ecuación.

$$\ln \tau \approx \ln \left(\frac{me - mi}{me - m} \right) \approx \frac{k}{x} \frac{A}{w_s} \frac{Po}{b} \theta$$

donde: τ \approx contenido de humedad no completado

me \approx contenido de humedad en la isoterma que está en equilibrio con la temperatura y humedad externa.

m_i \approx contenido de humedad inicial en base seca
 m \approx contenido de humedad a un determinado tiempo
 $\frac{k}{x}$ \approx permeabilidad máx del alimento en gH₂O/día m²
 mmHg
 A \approx Area del empaque (m²)
 W_s \approx Peso de sólidos secos (g)
 P_o \approx Presión de vapor de agua a la temperatura T
 (mmHg)
 b \approx Pendiente de la isoterma.

Ref. Theodore Labuza. Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm

Las permeabilidades máximas permisibles de los tres tipos de café se muestran en la tabla II

TABLA II
PERMEABILIDADES MÁXIMAS PERMISIBLES PARA CAFÉ LIOFILIZADO,
ATOMIZADO Y DE PASAR

Tipo de Café	k/x (gH ₂ O/m ² díammHg)	k/x (gH ₂ O/m ² díammHg)
	32 °C y 83% HR	14 °C y 62 %HR
Liofilizado	4.3766x10 ⁻³	18.5033x10 ⁻³
Atomizado	2.7450x10 ⁻³	9.8300x10 ⁻³
Pasar	31.7946x10 ⁻³	-----

Una vez calculadas estas permeabilidades mediante el estudio previo de las características de los productos, la industria cafetera está en capacidad de solicitar a las fábricas de plásticos, empaques con las permeabilidades calculadas, asegurándose así que el plástico brindará una adecuada protección al producto durante su almacenamiento en percha, disminuyendo así pérdidas económicas por daños en el producto, devoluciones, etc.

Adicionalmente esta tesis presenta una estimación del tiempo de vida útil de los productos realizada experimentalmente; simulando condiciones extremas de Quito y Guayaquil.

Para esto se utilizaron cuatro tipos de plástico: polietileno de alta densidad; una laminación de Polietileno-Poliéster-Polipropileno y dos laminaciones de Polietileno-Aluminio-Polipropileno.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación en las tablas III, IV y V.

TABLA III
RESULTADOS DEL CAFÉ LIOFILIZADO ALMACENADO A
32 °C – 83 % HR Y 14 °C – 75% HR

Tipo de Plástico	Tiempo de Vida Útil	Tiempo de Vida Útil
	32 °C – 83 % HR	14 °C – 75 % HR
HDPE	16 días	160 días
Laminado 1	24 días	450 días
Laminado 2	34 días	1200 días
Laminado 3	59 días	4300 días

TABLA IV
RESULTADOS DEL CAFÉ ATOMIZADO ALMACENADO A
32°C – 83%HR Y 14 °C – 75% HR

Tipo de Plástico	Tiempo de Vida Útil	Tiempo de Vida Útil
	32 °C – 83 % HR	14 °C – 75 % HR
HDPE	15 días	114 días
Laminado 1	19 días	200 días
Laminado 3	51 días	1050 días

TABLA V
RESULTADOS DEL CAFÉ DE PASAR ALMACENADO A
32°C – 83%HR Y 14 °C – 75% HR

Tipo de Plástico	Tiempo de Vida Útil	Tiempo de Vida Útil
	32 °C – 83 % HR	14 °C – 75 % HR
HDPE	71 días	9 meses
Laminado 1	79 días	41.6 meses
Laminado 2	70 meses	110 meses
Laminado 3	77 meses	160 meses

Finalmente se analizó el efecto en el tiempo de vida útil de los productos al empacar diversas relaciones de volumen de producto versus volumen de empaque.

Los productos fueron empacados en Polietileno de Baja Densidad y las relaciones utilizadas fueron de 25%, 50% y 75%; obteniéndose los siguientes resultados:

TABLA VI
TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL CAFÉ LIOFILIZADO, ATOMIZADO Y DE PASAR
A DISTINTAS RELACIONES DE VOLUMEN DE PRODUCTO VERSUS
VOLUMEN DE EMPAQUE

Tipo de Café	Volumen de Producto versus Volumen de Empaque		
	25%	50%	75%
Liofilizado	9 días	14 días	13 días
Atomizado	7 días	12 días	18 días
Pasar	28 días	49 días	64 días

CONCLUSIONES

1. El procedimiento descrito en esta tesis para la obtención de la permeabilidad de vapor de agua máxima permitida es una herramienta muy valiosa ya que permite realizar la selección del empaque que brinde la protección necesaria al producto para mantener sus características durante el almacenamiento. Además es un procedimiento sencillo, que no requiere de tecnología muy sofisticada y que se puede aplicar sin problemas a cualquier alimento que presente sensibilidad a la transmisión de vapor de agua.
2. El método de producción de los productos cambia la estructura de los mismos, produciendo que el agua interactúe con el alimento en forma distinta, incluso cuando la materia prima utilizada para su elaboración es la misma. Esto ocasiona que los alimentos presenten distinta estabilidad a la transmisión de vapor de agua, y por lo tanto tienen diferentes requerimientos de barrera; haciendo indispensable que la selección del empaque sea realizada individualmente a cada producto.
3. Considerando los dos tipos de café soluble (liofilizado y atomizado) estudiados, el café liofilizado es el que presenta mayor estabilidad a la transmisión de vapor de agua, ya que presenta una permeabilidad máxima

permitida de 1.8 y 1.5 veces mayor que el atomizado en las condiciones de Quito y Guayaquil respectivamente; es decir, requiere menor barrera de transmisión de vapor de agua.

4. El café de pasar no necesita una gran barrera a la transmisión de vapor de agua debido a que la humedad crítica de éste producto está sobre 0.81 de actividad de agua, valor muy alto para ser considerado crítico. Sin embargo estudios realizados por Labuza y Cardelli demuestran que el principal factor de deterioro es la transmisión de oxígeno, por lo tanto, la selección del empaque de este tipo de café deberá ser realizado tomando en cuenta los problemas relacionados con la ganancia de oxígeno.
5. Una vez realizada la selección del empaque se debe estudiar la relación de volumen de producto versus volumen de empaque, ya que esta tesis demuestra que el tiempo de vida útil disminuye mientras menor es dicha relación. Así, los tres tipos de café muestran el menor tiempo de vida útil al 25% de volumen de producto versus volumen de empaque, y aumenta sucesivamente el tiempo de vida útil a 50% y 75%

REFERENCIAS

1. J.Coloma, "Determinación de la Permeabilidad Máxima de Vapor de Agua para Empaque de Café Industrializado"(Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2005)
2. Theodore P. Labuza, Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use (Department of Food Science and Nutrition, University of Minnesota, St. Paul) pp 27-38.

José Luis Coloma Hurel
CI: 0921559985
#Matric:200012573

Ing. Fabiola Cornejo
Profesor Auspiciante