

Liofilización de *Myrciaria dubia* HBK McVaugh (camu camu)

Lyophilization of *Myrciaria dubia* HBK McVaugh (camu camu)

Ricardo García-Pinchi¹ y Javier Alfonso Shapiama Linares²

Recibido: agosto 2008

Aceptado: noviembre 2010

RESUMEN

Se desarrolló la liofilización de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh) como una técnica de deshidratación de frutas. Se ha estudiado el mejor flujo de proceso en relación con el mejor encapsulante y la mejor concentración de los mismos. Para el encapsulante CMC se utilizaron concentraciones de 0,2, 0,3 y 0,4% y para los encapsulantes gelatina y pectina las concentraciones fueron: 0,25, 0,50 y 0,75% en función a las características de calidad del producto seco (concentración de vitamina C, rendimiento y grado de disolución). Se empleó un diseño completamente aleatorizado (DCA), con dos factores a tres niveles cada uno y con dos repeticiones. El resultado en cuanto al contenido de vitamina C, rendimiento y grado de disolución, a un intervalo de confianza de 95%, presentó diferencias estadísticas significativas para las dos variables dependientes (vitamina C y rendimiento). También se determinó que el mejor encapsulante es CMC al 0,2%, porque permitió obtener camu camu liofilizado con mayor cantidad de vitamina C (39 115,43 mg vit. C/100 g de producto liofilizado), mayor rendimiento (9,09%), y mejor color, comparando con los encapsulantes pectina y gelatina como materiales de cubierta.

Palabras claves: liofilización, camu camu en polvo.

ABSTRACT

The lyophilization of the camu camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh) was developed as a fruit dehydration technique. The better flux of the process was studied in relation to the best encapsulating and to the major concentration of it. For the CMC encapsulating concentration of 0,2, 0,3 y 0,4% were used, and for the gel and pectin encapsulating the concentrations were 0,25, 0,50 y 0,75% taking into consideration the characteristics of the quality of the dry product (concentration of C vitamin, yield and dissolution degree). A design completely at random (DCA) with two factors at three levels each one and with two repetitions. The result in relation to C vitamin, yield and dissolution degree, at a trust interface of 95%, presented significant statistical differences for the two dependent variables (C vitamin and yield). It was also found that CMC at 0,2% is the best encapsulating, because it allowed the yield of liophilitated camu camu with major quantity of C vitamin (39 115,43 mg of C vitamin/100 g of liophilitated product), major yield (9,09%) and better color in comparison with the pectin and gel encapsulating as cover materials.

Key words: lyophilization, dust camu camu.

INTRODUCCIÓN

En la Amazonía peruana, existen variedades de frutos tropicales, que sin duda pues se vienen empleando constituyen una de las riquezas más tradicionales:

importantes de esta parte del Perú. Sin embargo, la conservación de estos frutos, todavía no alcanza la tecnificación avanzada, refrigeración, congelación,

¹ Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Calle Nauta 5ta. cuadra, Iquitos, Perú. Correo electrónico: rigarci@yahoo.com

² Facultad de Industrias Alimentarias. UNAP. Iquitos, Perú.

pulpa fresca, mermeladas, néctares, etc. Uno de estos frutos es el camu camu *Myrciaria dubia* HBK McVaugh, que en la actualidad sólo se lo conoce por su comercialización como pulpa congelada. Una de las técnicas de deshidratación es la liofilización, que consiste en un cambio de fase del estado sólido (hielo) al gaseoso (vapor de agua) para obtener un producto seco y en polvo; con lo que el alimento conserva sus características sensoriales, nutricionales y su capacidad de rehidratación y disolución.

A nivel nacional existen estudios desarrollados con las técnicas de liofilización: Huamaní (1994), deshidrató ajo morado arequipeño mediante la liofilización; Ancasi (1983), hizo un estudio comparativo de deshidratación por aire caliente y liofilizado del poro (*Allium porum*), encontrando diferencias significativas de las calidades sensoriales fisicoquímicas; Factaccioli (1984), hizo un estudio comparativo en España de la deshidratación mediante la liofilización, atomización y secado al vacío de jugo de maracuyá; Primo *et al.* (1969, 1970), estudió la influencia de las variables de proceso sobre la calidad del producto en polvo, en triturado de cítricos deshidratados mediante liofilización y evaluó también, el comportamiento eutéctico higroscópico de los alimentos. El presente trabajo de investigación trata sobre la liofilización de *Myrciaria dubia* HBK McVaugh (camu camu), así como el estudio del mejor encapsulante y la mejor concentración de los mismos a fin de obtener un producto liofilizado de calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se desarrolló en las instalaciones de la Planta Piloto de Conservas y Hortalizas y en los Laboratorios de Ingeniería, Análisis Fisicoquímico y

Microbiológico de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana y se utilizó como materia prima el fruto de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh) procedente de la zona del lago Supay comprensión del distrito de Jenaro Herrera, provincia de Requena.

Reactivos e insumos

CMC (carbocimetilcelulosa), pectina, gelatina, fenoltaleína, ácido metafosfórico, acetona, 2-6 diclorofenol indofenol sodio dihidratado, L (+)- ácido ascórbico. **Equipos:** tinas de acero inoxidable de 71,4 x 52,0 x 47,5 cm, balanza analítica de 250 g de capacidad, pulpeadora de 360 a 390 rpm, refinadora de 360 a 390 rpm, selladora de polietileno, estufa, equipo liofilizador Labconco. **Otros materiales:** mangas de polietileno de alta densidad, papel de aluminio, pie de rey.

Metodología

Para la preparación de la materia prima se procedió de la siguiente manera: El fruto de camu camu procedente de la zona del lago Supay, comprensión del distrito de Jenaro Herrera, provincia de Requena, se llevó a la Planta Piloto de la Facultad de Industrias Alimentarias, donde se le seleccionó de acuerdo al porcentaje de coloración, separando de esta manera la fruta partida, molida y fermentada, además, de las hojas, tallos y otros materiales extraños, para luego someterlo a un primer lavado con el objeto de reducir las sustancias extrañas adheridas a la fruta, y a un segundo lavado, adicionando una concentración de hipoclorito de sodio a 10 ppm por un tiempo de 10 minutos, reduciendo de esta manera significativamente la carga microbiana.

Después se procedió a un enjuague con agua tratada, para luego pulpear la fruta con

una malla de 5 mm; la pulpa se recolectó en un recipiente mientras que las semillas y cáscaras se recogieron aparte, las cáscaras fueron sometidas nuevamente a la extracción del color rojo con agua caliente.

Terminado este proceso se procedió a refinar la pulpa, empleando para ello, una malla de 0,8 mm, de esta forma se obtuvo una pulpa más fina. Una vez refinada la pulpa el siguiente paso fue su acondicionamiento, para ello se utilizaron tres encapsulantes: CMC en concentraciones de 0,2, 0,3 y 0,4% y para el caso de la gelatina y pectina se utilizaron concentraciones de 0,25, 0,50 y 0,75% respectivamente; el siguiente paso fue la pre congelación por un tiempo de 24 horas, con el propósito de reducir el tiempo de liofilización, siendo esta temperatura de -15

°C. Una vez que el producto fue congelado, las condiciones de congelación se mantuvieron mediante un sistema de refrigeración hasta que el producto estuvo listo para el secado; transcurrido el periodo de pre congelación se procedió a la liofilización de la materia prima, que consistió en la eliminación del agua por sublimación del agua libre desde la fase sólida; luego de obtener el producto liofilizado se pasó a envasar en bolsas de polietileno de alta densidad recubiertos con papel aluminio, para no dejar pasar la luz y por último se procedió a almacenar a una temperatura de -15 °C aproximadamente (véase figura 1). Para la determinación de la vitamina C se utilizó el método por titulación visual con la solución 2-6 diclorofenol indofenol sodio dihidratado; apareció un color rosado y se anotó el gasto.

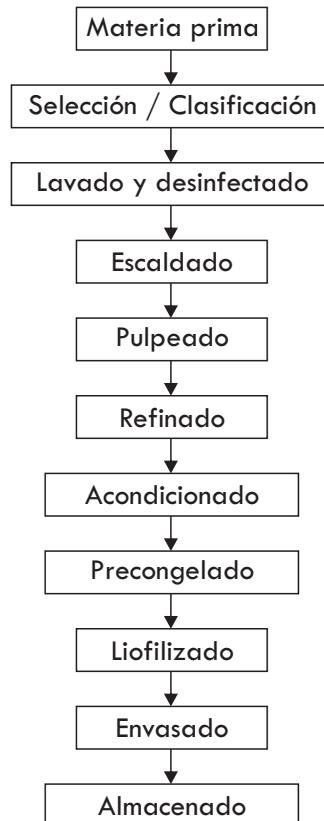


Figura 1. Flujo de liofilización de *Myrciaria dubia* HBK McVaugh (camu camu).

Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente aleatorizado (DCA), con dos factores de estudio: 1) tipo de encapsulante (CMC, pectina y gelatina) y 2) concentración de encapsulante (0,2, 0,3 y 0,4% para el caso CMC, y 0,25, 0,50 y 0,75% para el caso de gelatina y pectina).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultado de liofilización de *Myrciaria dubia*

La tabla 1 reporta los resultados del rendimiento, contenido de vitamina C y grado de disolución para los encapsulantes y sus respectivas concentraciones.

a. Encapsulante CMC

El camu camu liofilizado con CMC, resultó un producto apreciable en cuanto a la coloración, que era similar al color de la pulpa. Los análisis de variancia realizados a diferentes concentraciones (0,2, 0,3 y 0,4%) de CMC, permiten apreciar que existen diferencias significativas a un $\alpha = 0,05\%$, para las dos variables dependientes (vitamina C y rendimiento) resultando la mejor concentración de encapsulante el nivel 0,2%, ya que reporta mayor concentración de vitamina C y rendimiento en promedio (39 115,43 mg vit. C / 100 g de fruta en polvo y 9,09%). Comparando este resultado con la muestra testigo, se observa que no hay diferencia significativa en cuanto al contenido de vitamina C, pero sí en cuanto al rendimiento.

Al compararse el comportamiento del producto en polvo en el proceso de rehidratación, se observa que todos ellos,

independientemente de la concentración de CMC utilizado, se disuelven con facilidad en un tiempo promedio de 2 minutos y 19 segundos, siendo menor este tiempo en el caso de la concentración al 0,2% y mayor en la concentración al 0,3%.

A diferencia del presente trabajo, Sotomayor (2000), trabajando con concentraciones de 0,1, 0,2 y 0,3% no reporta diferencias estadísticas significativas para el rendimiento. Finalmente, es importante resaltar que el CMC actúa aumentando la viscosidad de la masa ayudando de esta manera a la formación de una matriz consistente y homogénea en el curso de la sublimación. Esta estructura amplia y esponjosa favorece a la eliminación de moléculas de agua. (Vásquez, 1990 citado por Sotomayor, 2000).

Por otro lado, Vásquez (1990) citado por Sotomayor (2000), afirma que utilizando concentraciones menores de CMC se podría causar la destrucción de las propiedades de este hidrocoloide debido a la alta acidez de la fruta, dando un producto de mala calidad.

b. Encapsulante pectina

En la liofilización con pectina con sus diversas concentraciones, se obtuvieron productos con coloraciones menos intensas en cuanto al color rosado en comparación con los demás encapsulantes empleados; los análisis estadísticos permiten apreciar que existen diferencias significativas en lo que se refiere a la vitamina C.

Para la vitamina C, la mejor concentración del encapsulante resultó 0,25% obteniendo una concentración de

vitamina C en promedio de 34 197,67 mg de ácido ascórbico / 100 g. El análisis estadístico indica que no existen diferencias significativas entre los niveles del encapsulante pectina cuando la variable dependiente es el rendimiento de camu camu liofilizado.

Al comparar el comportamiento del producto en polvo en el proceso de rehidratación, se observa que todos ellos, independientemente de la concentración de pectina utilizada, no se disuelven con facilidad puesto que al cabo de un tiempo promedio de 3 minutos y 16 segundos quedan algunos gramos sin disolver.

Sotomayor (2000) cita a Gerschenson *et al.* (1981), quienes afirman que se utilizan encapsulantes, con el objeto de aumentar la concentración inicial de los sólidos en la pulpa aumentando su temperatura crítica. Cita también a Herrera *et al.* (1979), quienes manifiestan que la acción de estos compuestos de elevado peso molecular es retener los compuestos volátiles responsables del sabor y aroma, contraer la higroscopicidad de los alimentos deshidratados y reducir la tendencia a formar aglomeraciones en el almacenaje.

c. Encapsulante gelatina

La gelatina como coadyuvante de secado al disminuir su concentración (0,25, 0,50 y 0,75%), permite obtener mayor ácido ascórbico, aumentando el rendimiento final.

El camu camu liofilizado con gelatina resultó aceptable en cuanto al color del producto; el análisis estadístico realizado a diferentes concentraciones (0,25, 0,50 y 0,75%) de gelatina presenta diferencias significativas para las dos variables

dependientes (vitamina C y rendimiento), resultando la mejor concentración del encapsulante el nivel 0,25% con respecto a vitamina C (35 083 mg de ácido ascórbico / 100 g fruta en polvo). Para el rendimiento, la mejor concentración es 0,75% obteniéndose 6,31% del producto final.

Al comparar el comportamiento en polvo en el proceso de rehidratación, se observa que todos ellos, independientemente de la concentración utilizada, no se disuelven con facilidad puesto que al cabo de un tiempo promedio de 3 minutos quedan algunos grumos. Sotomayor (2000) trabajó con concentraciones de 0,1, 0,5 y 1% respectivamente, en la que se obtienen productos con bajas humedades residuales y altos rendimientos comparando con los del CMC. Asimismo, el análisis estadístico reporta que no hay diferencias significativas con concentraciones de gelatina al 0,5 y 1%.

d. Testigo

Las pruebas sin encapsulantes dieron como resultado un producto con características aceptables en cuanto a la coloración del producto final (rosado).

En la tabla 1 se reportan los resultados en vitamina C (39 452 mg de vitamina C / 100 g de fruta en polvo), rendimiento (5,92%); comparando estos resultados con el mejor encapsulante (CMC 0,2%) se nota que no hay diferencias significativas en cuanto a vitamina C, pero sí en cuanto al rendimiento.

e. Comparación de los tres encapsulantes

Al evaluar los mejores resultados para cada uno de niveles de las dos variables

en estudio, contenido de vitamina C (CMC 0,2%, pectina 0,25% y gelatina 0,25%), rendimiento (CMC 0,2%, pectina 0,5% y gelatina 0,75%), se observó que el mejor encapsulante es CMC al 0,2%, puesto que las muestras

contienen mayor cantidad de vitamina C (39 115,43 mg de ácido ascórbico / 100 g de fruta en polvo), rendimiento (9,09%) y tiempo de disolución que es menor (2 minutos y 15 segundos) en comparación con el testigo y los demás encapsulantes.

Tabla 1. Contenido de vitamina C, rendimiento y tiempo de disolución del camu camu liofilizado.

	Concentración de encapsulantes	Contenido de vitamina C mg vit.C 100g fruta polvo	Rendimiento	Tiempo de disolución	Observaciones
CMC	0,20%	39 173,38	9,12	2min, 15seg	Se disuelve con facilidad
	0,20%	39 057,49	9,05		
	0,30%	38 810,94	8,53	2min, 23seg	Se disuelve con facilidad
	0,30%	38 810,94	8,55		
	0,40%	38 508,29	8,59	2min, 20seg	Se disuelve con facilidad
0,40%	38 397,63	8,41			
Pectina	0,25%	34 196,67	5,86	3min, 09seg	No se disuelve bien
	0,25%	34 196,67	6,57		
	0,50%	31 865,43	6,46	3min, 20seg	No se disuelve bien
	0,50%	31 981,31	6,41		
	0,75%	32 206,59	6,9	3min, 19seg	No se disuelve bien
0,75%	32 901,69	5,97			
Gelatina	0,25%	34 905,85	5,87	3min, 36seg	No se disuelve bien
	0,25%	35 260,83	5,89		
	0,50%	33 688,71	6,15	3min, 27seg	No se disuelve bien
	0,50%	33 570,51	6,6		
	0,75%	29 693,58	6,28	3min, 20seg	No se disuelve bien
0,75%	29 693,58	6,35			
Testigo	Sin concentración	39 513,14	5,89	2min, 28seg	Se disuelve con facilidad
	Sin concentración	39 397,26	5,95		

Curvas de secado durante la liofilización de *Myrciaria dubia*

La curva de evolución de la humedad con el tiempo de liofilización, nos explica que las primeras veinte horas de liofilización es determinante en el sentido que hay una

disminución de la humedad en la muestra. Esto se explica claramente en las fases de la liofilización: la precongelación, la sublimación y la desorción. En la precongelación juega un papel importante la temperatura del congelado, puesto que a menor temperatura hay un mayor porcentaje

de formación de cristales de hielo; este mayor porcentaje de cristales hace que al momento de la sublimación se pierda más agua y que la etapa de desorción sea en menor tiempo de lo que estamos aplicando.

Según esta curva, la etapa de desorción es mucho tiempo. Las diez curvas nos dan el comportamiento de pérdida de agua en función a la utilización de encapsulante CMC, gelatina, pectina y testigo.

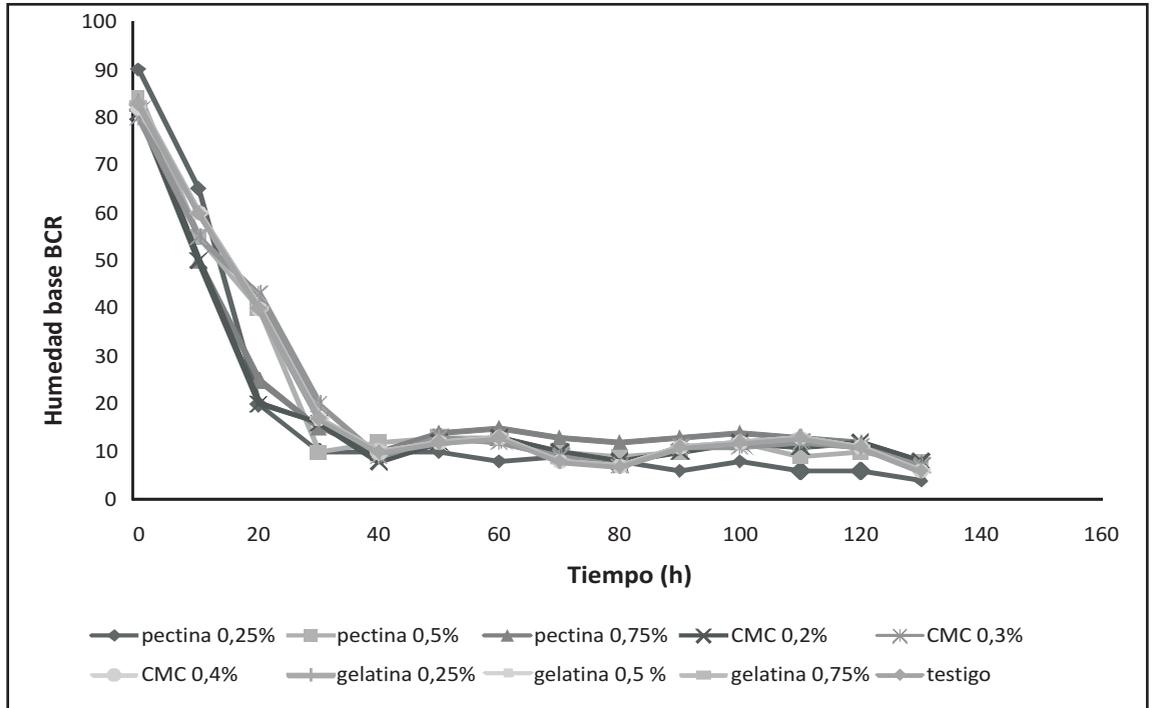


Figura 2. Curvas en humedad en base seca.

Curvas de adsorción

En la figura 3 se observan las curvas de adsorción del camu camu liofilizado; se aprecia una gran velocidad y grado de rehidratación de los polvos liofilizados; al cabo de ocho horas se tienen porcentajes mayores en un grado de 10 a 25% de adsorción de agua. Como se aprecia en la figura 3, el encapsulante pectina al 0,75% presenta una mayor velocidad y grado de rehidratación hasta las veintiocho horas, seguidos del encapsulante gelatina al 0,5%. El CMC al 0,2% fue el de mayor obstáculo en la capacidad de adsorción.

Sotomayor (2000) realizó la liofilización de camu camu con encapsulantes CMC

0,3%, gelatina 1%, dextrina 1,5% y testigo, llegando a obtener una mayor velocidad de adsorción y grado de rehidratación la muestra sin encapsulantes (testigo).

Los productos liofilizados son buenos adsorbentes de vapor de agua, debido a las bajas humedades residuales y a que las partículas que lo conforman tienen una buena capacidad de flujo libre, reflejándose en un producto poroso. Esta característica facilita la adsorción de agua ambiental, ya que la masa forma una estructura abierta, la que permite una rápida y casi completa rehidratación (King, 1971 citado por Sotomayor, 2000).

Por otro lado, Muñoz (1993) citado por Sotomayor (2000), refiere que al retirarse los

cristales de agua del sustrato por sublimación, deja inalterados los puntos reactivos moleculares dando productos muy higroscópicos. Asimismo, Vidal y Falcone

(1985) citados por Sotomayor (2000), afirman que en las frutas liofilizadas, la naturaleza química propia de los azúcares presentes, define su potencial higroscópico.

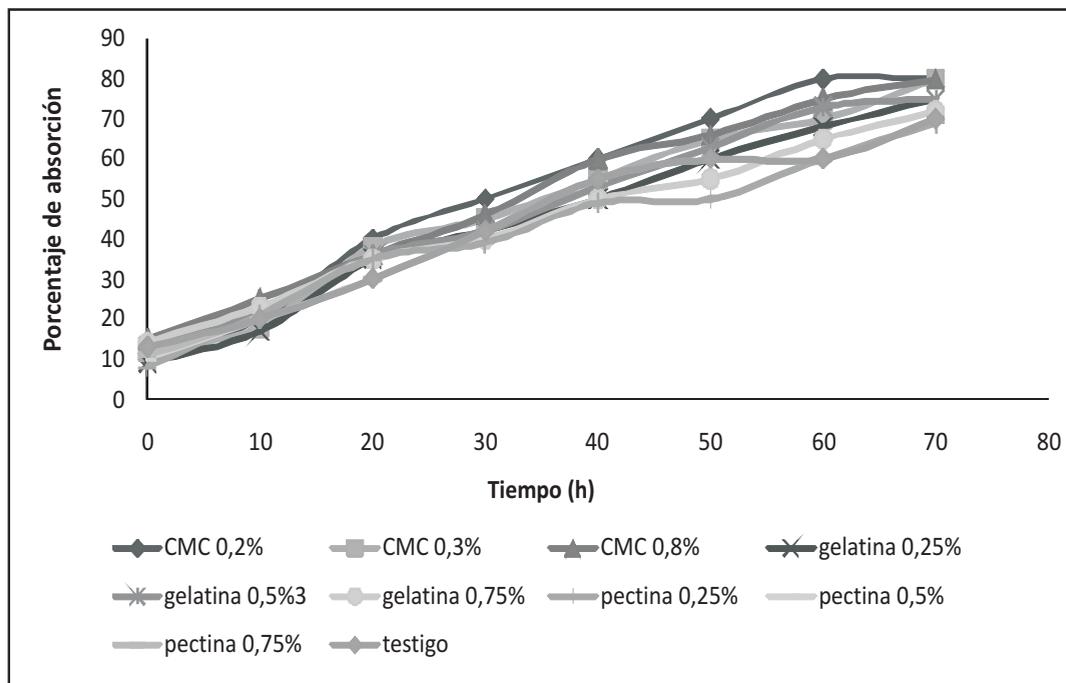


Figura 3. Porcentaje de adsorción de los diversos tipos de encapsulante.

Histéresis

La isoterma ajustada según los datos experimentales nos da una curva de humedad de equilibrio a 25 °C según como se presenta en la figura 4 para el camu camu liofilizado. Como le caracteriza a los productos alimenticios, tiene una forma sigmoideal con dos porciones casi bien definidas, con distintas concavidades, la primera (en la zona de baja tensión de vapor), es similar a una isotema de adsorción pura de Langmuir y la segunda corresponde a una zona de condensación capilar propia en frutas deshidratadas (Barbosa y Vega, 2000). Entre ambas porciones se presenta una sección recta de pendiente positiva (figura 5) que corresponde, según la teoría de BET, a una adsorción de varias capas

monomoleculares.

En la fruta deshidratada, el contenido residual de humedad de producto correspondiente al espesor de una capa monomolecular de agua adsorbida, comprende al producto con la máxima estabilidad en el almacenamiento. Para la construcción de la gráfica se utilizaron valores de actividad de agua de soluciones acuosas de ácido sulfúrico a 25 °C.

El cálculo de la humedad correspondiente a la capa monomolecular aplicando la ecuación de BET, es de 0,09541 g H₂O / g de materia seca, lo cual indica que el camu camu liofilizado debe tener 9,54% de humedad y almacenarse con una humedad relativa menor al 10%.

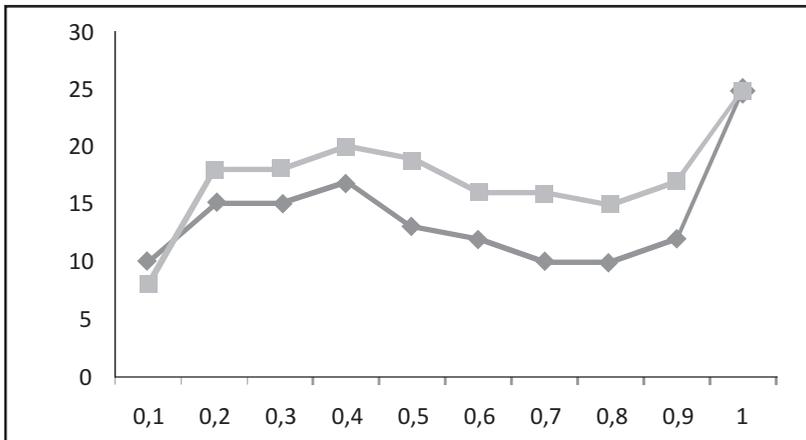


Figura 4. Isothermas de adsorción y fenómenos de histéresis.

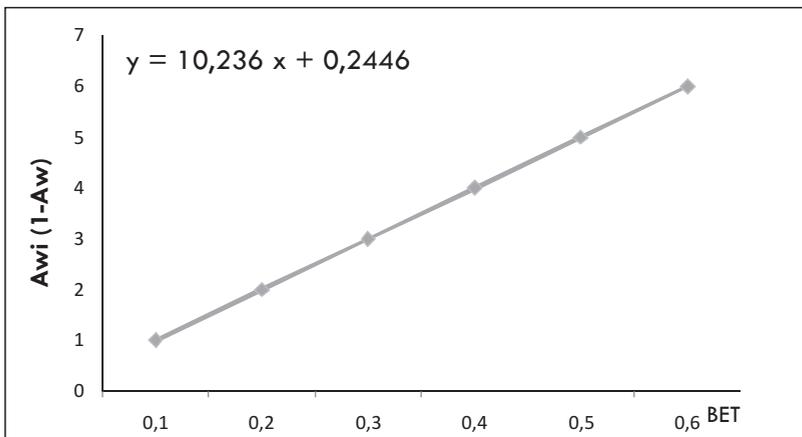


Figura 5. Regresión para el cálculo del contenido de la monocapa del camu camu en polvo.

De la figura 5 y la ecuación encontrada determinamos que:

$$\frac{1}{M_1C} = 0,2446 \text{ Ordenada (1)}$$

$$\frac{C-1}{M_1C} = 10,236 \text{ Pendiente (2)}$$

De este sistema de dos ecuaciones (1 y 2) con dos variables, se obtuvo que el valor de la monocapa para el camu camu liofilizado es de $m_1 = 0,09541 \text{ H}_2\text{O} / \text{g materia seca}$.

CONCLUSIONES

El mejor encapsulante en la liofilización de la pulpa de camu camu resultó ser el

encapsulante CMC al 0,2%, por que permitió obtener un producto con mayor cantidad de vitamina C (39 115,43 mg / 100 g de producto liofilizado). Mayor rendimiento (9,09%) y mejor color, comparando con pectina y gelatina como materiales de cubierta.

La mejor disolución en el camu camu liofilizado se observó a los 2 minutos y 15 segundos, en las muestras con el encapsulante CMC a una concentración de 0,2%.

El flujo de liofilización de *Myrciaria dubia* HBK McVaugh (camu camu) es como se

presenta a continuación: materia prima, selección/clasificación, lavado y desinfectado, escaldado, pulpeado, refinado, acondicionado, precongelado, liofilizado, envasado y almacenado.

El valor de la monacapa calculado a partir de la ecuación BET es de 0,0951 g de agua por g de camu camu liofilizado, lo cual indica que se debe almacenar a una humedad menor al 10%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ancasi V. 1983. Estudio comparativo de deshidratación por aire caliente y liofilizado del poro (*Allium porum*). Tesis final de carrera. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
- Barbosa G, Vega M. 2000. Deshidratación de alimentos. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. Pp. 297.
- Fataccioli O. 1984. Liofilización del jugo de maracuyá (*Passiflora edulis*) y su comparación con los métodos de secado al vacío y atomización. Trabajo de fin de carrera. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
- Huamaní A. 1994. Deshidratación del ajo morado arequipeño (*Allium sativum*) por liofilización. Trabajo de fin de carrera. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
- Primo et al. 1969. Liofilización de triturados integrales de cítricos I. Estudio sobre el comportamiento eutéctico y giroscópico. Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. 9(3): 406-407.
- Primo et al. 1970. Liofilización de triturados integrales de cítricos II. Influencia de las variables de proceso sobre la calidad del producto en polvo. Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. 10(13): 96-104.
- Sotomayor P. 2000. Influencia de los encapsulantes y temperatura de secado en la calidad del camu camu (*Myrciaria dubia*) liofilizado. Trabajo de fin de carrera. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.