

Encapsulación de la pulpa de camu camu (*Myciaria dubia*) y deshidratado de las cápsulas

Encapsulation of the pulp of camu camu (Myciaria dubia) and dehydrated capsules

 Víctor Manuel Terry Calderón  y  Oscar Osso

Universidad Le Cordon Bleu. Lima, Perú

Recibido: 12/04/2018

Revisado: 02/04/2019

Aceptado: 10/06/2019

Publicado: 30/06/2019

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar la formación del encapsulado de la pulpa de camu camu en una matriz de alginato de calcio utilizando el método de goteo por inmersión de una solución de alginato de sodio, seguido de una operación de secado por arrastre.

El proceso de gelificación externa ocurre con la difusión del ion calcio desde una fuente que rodea al hidrocoloide hacia la solución de alginato de pH neutro. La formación del gel se inicia en la interface y avanza hacia el interior a medida que la superficie se encuentra saturada de iones calcio, de manera que el ion sodio proveniente de la sal de alginato es desplazado por el catión divalente solubilizado en agua.

Este interacciona con los G-bloques de diferentes moléculas poliméricas, enlazándolas entre sí. Aunque, la fuente de calcio más usada ha sido el CaCl_2 debido a su mayor porcentaje de calcio disponible, existen otras sales empleadas con menor frecuencia tales como el acetato monohidratado y el lactato de calcio.

La pulpa de camu camu refinada y a un pH 3,3 neutralizada con bicarbonato de sodio hasta un pH 4,6 y utilizando la gelificación directa con alginato de sodio en una proporción de 1g/100g y aplicando la técnica del goteo en solución de cloruro de calcio 1g/100g Y después de varios ensayos se obtuvo la técnica para producir las esferas de camu camu las cuales fueron tamizadas y deshidratadas a una temperatura de 60 °C obteniéndose 7,40g/100g de pulpa de camu camu.

Palabras clave: camu camu, esferificación de camu camu, deshidratación del camu camu.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the formation of the pulp of camu camu in a matrix of calcium alginate encapsulation using the drip method by immersion of alginate solution of sodium, followed by a drying operation by dragging the process of external Gelation occurs with the calcium ion diffusion from a source that surrounds the hydrocolloid towards neutral pH alginate solution. Gel formation begins in the interface and moves inside to the surface is saturated with calcium ions, so that from the salt of alginate sodium ion is displaced by the divalent cation solubilized in water.

 victor.terry@ulcb.edu.pe

 Esta obra está bajo licencia internacional [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Rev. Investigaciones ULCB. Ene – jun. 6(1), 2019; ISSN: 2409 – 1537; 39 – 50.

DOI: <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2019v6n1.003>

This interacts with the G- blocks of different polymer molecules, linking them together. Although, the most widely used source of calcium has been CaCl_2 due to its higher percentage of available calcium, there are other salts employed less frequently such as acetate monohydrate and calcium lactate.

Pulp of camu camu refined and at pH 3.3 neutralized with baking soda to pH 4.6 and using the direct gelling with sodium alginate in a proportion of 1g / 100 g and applying the drip technique in solution of 1g calcium chloride / 100 g. And after several trials was the technique to produce areas of camu camu which were sifted and dried at a temperature of 60 °C resulting in 7, 40 g / 100 g of pulp camu camu.

Keywords: camu camu, spherification of camu camu, dehydration of camu camu.

INTRODUCCIÓN

El proceso de gelificación externa ocurre con la difusión del ion calcio desde una fuente que rodea al hidrocoloide hacia la solución de alginato de pH neutro.

La formación del gel se inicia en la interfase y avanza hacia el interior a medida que la superficie se encuentra saturada de iones calcio, de manera que el ion sodio proveniente de la sal de alginato es desplazado por el catión divalente solubilizado en agua.

Este interacciona con los G-bloques de diferentes moléculas poliméricas, enlazándolas entre sí. Aunque, la fuente de calcio más usada ha sido el CaCl_2 debido a su mayor porcentaje de calcio disponible, existen otras sales empleadas con menor frecuencia tales como el acetato monohidratado y el lactato de calcio. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos (2008).

Los alginatos son reconocidos como inocuos y seguros según la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos, están listados en el Codex y en la World Health Organization (WHO) de las Naciones Unidas donde se establece que la ingesta diaria para los humanos de 50 mg/kg de peso corporal. Avendaño C (2013)

Alginato sódico ($\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6\text{Na}$), también llamada algina, es un tipo de electrolito de macromolécula orgánica entre algas de tipos de algas marrones, tales como algas, como componentes principales de la membrana de la célula con otras sustancias.

Los componentes químicos de alginato de sodio pertenecen a los hidratos de carbono y que solo contiene carboxilo libre ($-\text{COONa}$) en contraste con el almidón y la fibrina.

Al mismo tiempo, es un tipo de macromolécula heteropolímero cadena tipo interpuesto por copolimerización entre el ácido manurónico y gulurónico.

Fórmula molecular: $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6\text{Na}$ peso molecular: 216, Alginate Industry (2013).

El Camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K.) es de gran importancia comercial por su alto contenido de vitamina C (ácido ascórbico), de aproximadamente 2800 mg/100g de pulpa fresca, concentración ostensiblemente superior al de otros frutos (naranja con 92 mg/100g de pulpa y limón con 44,2 mg/100 g de pulpa) y hortalizas del mundo, lo que le confiere gran potencial económico en la agroindustria, pues se sabe según Villachica (2008), que la vitamina

C interviene en la totalidad de nuestros metabolismos: síntesis del colágeno, síntesis hormonales, estimulación de la cicatrización y propiedades antioxidantes (Ramos *et al.*, 2005).

En nuestro país existen una gran variedad de alimentos funcionales que no son explotados, cuyo conocimiento para aplicación tecnológica son casi desconocidos, entre ellos se encuentra el *Myciaria dubia* "Camu camu" por tener un gran contenido de vitamina C, que crece en la zona amazónica del Perú, el fruto es de forma esférica de color rojiza y su parte comestible corresponde al mesocarpio (Pinedo y Armas, 2007).

Sin embargo, la inestabilidad de la vitamina en la actualidad es considerada el principal "problema" dentro de la cadena de producción de pulpa. Pues la vitamina C, es probablemente la menos estable de las vitaminas hidrosolubles. Durante los últimos años se ha observado un interés sobre las propiedades del alginato en la industria alimentaria (Gallegos, 2015).

Los alginatos son extraídos principalmente de tres especies de algas marrones; estas incluyen *Laminaria hyperborea*, *Ascorphyllum nodosum* y *Macrocystis pyrifera* (Avendaño, López y Palou, 2013) Estos tienen propiedades para formar geles y soluciones altamente viscosas (Hernández *et al.*, 2011).

En cuanto a la capacidad gelificante de los alginatos, la formación del gel se inicia a partir de una solución de sal de alginato y una fuente de calcio externa o interna, donde el ion calcio se difunde hasta alcanzar la cadena polimérica y resultando un material sólido con características de un gel (Funami *et al.*, 2009).

Estas ventajas del alginato y las recientes tendencias tecnológicas se han fusionado en la técnica de encapsulación, resultando en un producto final que permite proteger a los compuestos encapsulados de factores adversos mejorando así su estabilidad y biodisponibilidad (Gallegos, 2015).

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo evaluar la proporción del polímero orgánico requerido para realizar la esferificación de la pulpa *Myciaria dubia* "camu camu" y la tecnología apropiada para su deshidratación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en el laboratorio de la universidad Le Cordon Bleu en la ciudad de Lima, durante los meses de marzo a diciembre del año 2018

Equipos

Balanza de precisión de 200 g a 3000 g; 0,001 g, Refinadora, pulpeadora.

- Refractómetro de 0 a 40 °Brix, secador de aire caliente, equipo de refrigeración y congelación, termómetro 0 a 20 °C.

Material de laboratorio

- Bureta de 50 ml (2), pipetas (3), Erlenmeyer de 250 ml (3), embudo, pipeta automática P-1000 y probeta de 100 ml.

Reactivos

- Alginato de sodio (Gelfin) con un código E-401, gelificante espesante de alginato de sodio. Cloruro de calcio, solución de Lugol, solución de vitamina C y solución de almidón soluble.

Determinación de la vitamina C por el método de iodometría.

RESULTADOS

Características de la materia prima:

La tabla 1 muestra el estado de madurez del fruto para su debida calificación.

Tabla 1. Estado de madurez sensorial del camu camu

Clase	Estado de madurez: Coloración de la cáscara	Secuencia fotográfica
1	100%	
2	75%	
3	50%	
4	25%	
5	0%	

Tabla 2. Características del estado de madurez del material

Estado de madurez	Color de la cáscara	Aspecto del mesocarpio	Sabor
Maduro	Rojo (75%)	Incoloro translúcido	Ácido

Relación peso de pulpa/peso de materia prima (kg/kg) se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 3. Las características del camu camu se muestran en el siguiente cuadro (Grados Brix, Concentración de vitamina C en la pulpa y pH)

N	kg de pulpa/kg de materia prima
1	0,467
2	0,397
3	0,406

Valor del pH, °Brix y contenido de vitamina C en la pulpa de camu camu:

Tabla 4. Características de pulpa de camu camu

N	° Brix	Concentración de vitamina C mg/ 100 ml	pH
1	6,7	1480,00	3,1
2	6,9	1520,00	3.7
3	5,9	1350,00	2.9
4	6,0	2133,00	3,18

Desarrollo de la tecnología de esferificación y deshidratación de la pulpa de camu camu

Se muestra la secuencia de operaciones para definir la tecnología de esferificación de camu camu deshidratados, después de varios ensayos este fue el resultado de

dichas investigaciones El camu camu fue recepcionado, pesado y lavado como se aprecia en la foto, donde el camu camu fue pulpeado y realiza la extracción de la pulpa (figuras 1, 2, 3 y 4).



Figura 1. Recepción de camu camu



Figura 2. Primera extracción de pulpa



Figura 3. Segunda extracción



Figura 4. Residuos del pulpeo

La pulpa separada de los residuos (fig. 5) es colocada en tubos de centrifugación (fig. 6) y

en la fig. 7 se aprecia la separación de la pulpa refinada en los tubos de centrifuga.



Figura 5. Pulpa sin refinar

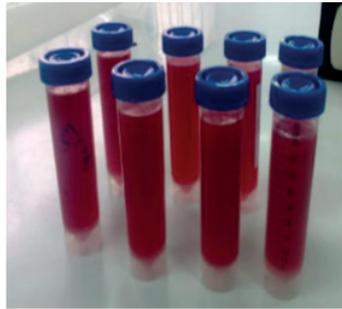


Figura 6. Pulpa a centrifugación

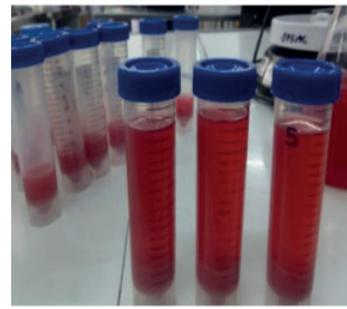


Figura 7. Pulpa refinada

En la figura 8, se observa la pulpa refinada y los residuos sólidos, en la figura 9 la pulpa refinada y pasteurizada

es colocada en envases flexibles y sometidos congelación para sus usos posteriores:



Figura 8. Pulpa refinada y residuos



Figura 9. Pulpa envasada y congelada a -5°C

En la fig. 10 se muestran los reactivos utilizados para la esferificación, el Alginato de sodio, el cloruro de calcio y el acetato de sodio.

que permite que la mezcla de pulpa refinada de camu camu y Alginato de sodio pueda ser colocada gota a gota en el beaker que contiene cloruro de calcio, en la figura 12 se puede apreciar las esferas formada por la pulpa de camu camu.

En el figura 11 se observa el proceso de formación de esferas utilizando una bureta



Figura 10. Reactivos para la esferificación



Figura 11. Formación de esferas de la pulpa



Figura 12. Esferas de camu camu

Operación de esferificación de la pulpa de camu camu

Caracterización de la muestra y la base de cálculo para elaboración del producto

Tabla 5. Base de cálculo: 105,34 g

Peso de camu camu	105,34 g
Volumen	105,00 ml
pH	3,18
°Brix	6
Vitamina C	21,33 mg VitC/ g de pulpa de camu camu

Estando la pulpa con un pH bajo se hizo necesario la neutralización hasta un pH de 4,5 a 4,7:

Tabla 6. Resultado de la neutralización de la pulpa de camu camu

Peso total de bicarbonato de Na	0,9 g
pH	4,69
°Brix	6,5

El alginato de sodio al adicionarse en agua forma un coloide con las siguientes propiedades:

Tabla 7. Preparación de la Solución coloidal de alginato de sodio

Volumen	100 ml
Alginato de sodio	2 g/100 l
pH	7,84
Solidos solubles	2,00

A fin de forma la matriz de alginato y pulpa de camu camu se mezclan ambas soluciones:

Tabla 8. Adición del Alginato de sodio a la pulpa neutra de camu camu

Volumen total	200 ml
Solidos solubles	4,00
pH	4,99

La solución de cloruro de calcio que sirve para formar la película en torno a la esfera:

Tabla 9. Preparación de solución de cloruro de calcio

Volumen	200 ml
Cloruro de calcio	1g/ 200 ml
pH	5,96

Mezcla de cloruro de calcio y solución coloidal de cloruro de calcio con alginato de sodio:

Tabla 10. Esferificación del camu camu en solución con el alginato de sodio adicionado a la solución de cloruro de calcio

Peso del material encapsulado	135,12 g
Volumen residuos de cloruro de calcio	240 ml
% de sólidos de las esferas	6 %
% de agua de las esferas	94 %

Resultado de la deshidratación de las esferas de camu camu:

Tabla 11. Esferas de pulpa de camu cam deshidratado

Peso deshidratado	7,70 g
Vitamina C	71,08 mg de Vit. C/ g de esfera deshidratada

Determinación del contenido de vitamina C en el líquido residual:

Tabla 12. Contenido de vitamina C residual en la solución de cloruro de calcio

Volumen	240 ml
Vitamina C	6,66 mg Vit C / ml de solución Cl ₂ Ca

Secado de las capsulas al arrastre con aire. Temperatura de secado con aire caliente: 60°C, y HRE: 70 %:

Tabla 13. Record de deshidratación de las esferas de camu camu encapsuladas

Tiempo (t) h	Peso (W) g
0	135.12
1	85.40
2	50.30
3	35.11
4	23.75
5	13.48
6	7.72

En las figuras 13 y 14 las esferas fueron colocadas en un secado de arrastre de aire a una temperatura de 60°C y en la figura 15 se muestran ya las esferas deshidratadas.



Figura 13. Secado de la esferas



Figura 14. Esferas secadas



Figura 15. Esferas envasadas

La elaboración de la curva de secado de las cápsulas se realizó en un secador de aire caliente por arrastre a temperatura de 60 °C.

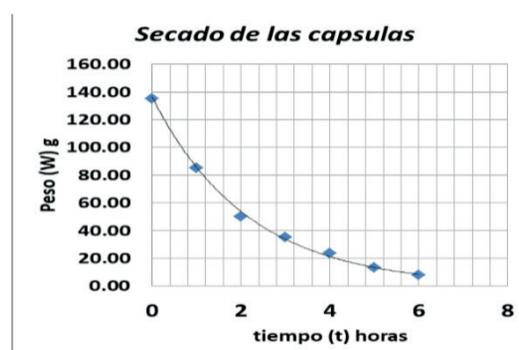


Figura 16. La curva de secado

Donde w : Peso (w) en gramos residual y t : el tiempo de secado en horas.

Por análisis de regresión se obtiene la siguiente expresión:

$$W = 136,5.e^{-0.465(t)}$$

Con un coeficiente de correlación $R^2 = 0,9958$ En el gráfico se puede observar que las dos primeras horas sigue un curso constante de pérdida de peso, que equivale a la pérdida de humedad y de acuerdo a la tabla tiene un valor de 84,82 gramos, en términos de porcentaje equivale a reducción en peso de 62,77 %.

Esta fase se conoce como secado a razón constante y está representado por una línea recta. , para posteriormente esta velocidad de pérdida de peso va siendo variable a partir de la segunda hora.

DISCUSIÓN

Según Gallegos (2015), la encapsulación es una técnica de obtención de una barrera que retarda las reacciones químicas con el medio que lo rodea promoviendo un aumento en la vida útil del producto, incluso facilitando su manipulación.

Las cápsulas pueden tener forma esférica o irregular, constituidas por una membrana simple, múltiples capas e incluso núcleos múltiples.

La forma de las cápsulas obtenidas fue esférica, utilizando el alginato sodio y cloruro de calcio para su formación, de esta manera se obtuvo zumo de camu camu (*Myciaria dubia*) encapsulado, logrando de esta manera una fácil manipulación de vitamina C el cual se encuentra en el zumo concordando de esta manera lo expuesto por el autor.

Según Madene et al., 2006, en cuanto a la técnica de deshidratación atómica el tamaño de partículas de los encapsulados varía de 0,3 a 10 mm, así como algunas ventajas de esta técnica son: permite una distribución de tamaños específicos, baja porosidad, altas velocidades de secado, óptimas velocidades de transferencia de calor y masa, áreas más pequeñas de flujo, alta eficiencia térmica, bajo presupuesto y costos de mantenimiento, así como un fácil control.

La cantidad utilizada de alginato y cloruro de sodio fue de 1g/100g lo cual nos resultó aceptable a la textura y forma de la esfera de camu camu, nuestra cantidad utilizada no coincide con lo citado por los autores, lo cual nos indicaría que la cantidad de aditivos a utilizar para la esferificación depende también de la materia prima que se desea esterificar, y un factor importante fue el pH que debe tener un mínimo de 4,7.

CONCLUSIONES

El alginato es un polímero adecuado para la encapsulación por ser bio compatible, no tóxico y degradable.

En el trabajo de investigación la cantidad de 1g/ 100 g, pH 7,2 de alginato fue aceptada para la formación de la esferificación de camu camu. Utilizando como adyuvante de formación de esferas o cápsulas al cloruro de calcio a 1g/100 g, obteniéndose un material deshidratado de 7,7 gramos / 100 g de pulpa.

Diversas investigaciones demostraron que los compuestos encapsulados se encuentran biodisponibles y por tanto pueden mantener sus actividades funcionales durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos.

La tecnología definida en el presente trabajo con la deshidratación por secado de aire

caliente resultó el más adecuado y favorece la conservación del producto.

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

Avendaño C. (2013). Propiedades del alginato y aplicaciones en alimentos. Temas selectos de Ingeniería de los alimentos 7-1(2013):87-96 Puebla, México.

Alginate Industry (2013). Recuperado en el 15 diciembre 2018 de Propiedades del Alginato de sodio, <https://www.iroalginate.com/sp/Alginates/Sodium-Alginate.htm>

Funami, T., Fang, Y., Noda, S., Ishihara, S., Nakauma., Draget, K., y Phillips, G. (2009) Propiedades reológicas del alginato de sodio en un sistema acuoso durante la gelificación en relación con las estructuras supramoleculares y la unión de Ca^{2+} . Alimentos hidocoloides. 23 (7), 1746-1756.

Gallegos, G. M. (2015) Utilización de Alginato de Sodio para la encapsulación de complejo B. Revista de Ciencia y Tecnología. 6 (1), 1-20.

Hernández, Carmona. G., Rodríguez, M. Y., Arvizu, H. D., Reyes, T. R., Murillo, A.J., y Muñoz, O. M. (2011). Avances tecnológicos en la producción de alginatos en México. Scielo. (13), 52 – 55.

Madene, A., Jacquot, M., Sher, J., y Desobry, S. (2006). Encapsulación de sabor y liberación controlada, revisada en; International Journal of Food Science and Technology. 41: 1-21.

Pinedo, (2007). El camu camu y sus usos populares como planta medicinal. Revista de Agroecología. LEISA 23.3. Diciembre 2007. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana – UANP, Iquitos, Perú

Ramos *et al.* (2005). Evaluación de factores de procesamiento y conservación de pulpa de *Myrciaria dubia* H.B.K. (camu-camu) que reducen el contenido de vitamina (ácido ascórbico). Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, v.2 n°2 p. 89 - 99 (2002) Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias UNAP, Iquitos, Perú.

Ramos, Z., Panduro, L., y Panduro, M. (2002). Evaluación de factores de procesamiento y conservación de pulpa de *Myrciaria dubia* h.b.k. (camu-camu) que reducen el 22 contenido de vitamina (ácido ascórbico). Revista Amazónica de Investigación Alimentaria. 2 (2), 89 – 99.

Salinas-Hernández (2007). Modelación del deterioro de productos vegetales frescos cortados. División Académica de Ciencias Agropecuarias. UJAT. (GAGA) Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Carretera a La Victoria 0,6 km. C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. (MEP) Instituto de Tecnología de Alimentos-UNL, Argentina. (FUM) División Académica de Ciencias Básicas. UJAT.

Villachica (2008). El cultivo de camu camu en la Amazonia Peruana, tratado de Cooperación Amazónica, secretaria Pro Tempore, Lima, Perú. Pag 3-7.

Madene, A., Jacquot, M., Sher, J., y Desobry, S. (2006). Encapsulación de sabor y liberación controlada, revisada en; International Journal of Food Science and Technology. 41: 1-21.