

Optimización del proceso de atomización de pulpa de Camu Camu (*Myrciaria dubia*) en el desarrollo de un producto con alto contenido de Vitamina C de reconstitución instantánea

Camacho Alvarez, Wendy*

Lara Jauregui, Seleni**

Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

RESUMEN

El alto contenido nutricional que poseen los frutos exóticos oriundos del Perú han hecho que se estudien nuevas técnicas de conservación que permitan prolongar la vida útil y preservar la calidad de estos alimentos. Al mismo tiempo, se busca que, por efecto de estos tratamientos tecnológicos, los aromas y sabores de estos frutos no se pierdan o que la pérdida sea mínima. Es por esto que en la actualidad, una de las formas más populares de comercialización es mediante el polvo atomizado. El presente estudio sobre camu camu (*Myrciaria dubia*) propone optimizar el proceso de atomización de la pulpa de camu camu de tal manera que garantice la máxima retención en su contenido de vitamina C como desarrollo de un producto de alta calidad nutricional y de reconstitución instantánea. El desarrollo del proyecto contempla las siguientes etapas: caracterización de la materia prima y acondicionamiento de la pulpa de camu camu; establecimiento de los tratamientos a partir de los factores y niveles de la investigación y atomización de la pulpa de camu camu; y caracterización del producto final mediante sus características fisicoquímicas, validando su alto contenido de vitamina C.

Palabras claves: frutos exóticos, Perú, polvo atomizado, camu camu, vitamina C, caracterización, tratamientos.

ABSTRACT

The high nutritional content of exotic fruits natives from Peru have made the possibility to search new conservation techniques that allow extend the life and preserve the quality of these foods. Likewise, as a result of the technological treatments, it prefers that the loss of aromas and flavors of these fruits is minimal. That is why now one of the most popular forms of commercialization is by atomized powder. This study of camu camu (*Myrciaria dubia*) looks for optimize the atomization process pulp camu camu to get a high content of vitamin C in the development of a instant reconstitution product with a high nutritional quality. The development of this project includes the following stages: characterization of the raw and packaging of the pulp of camu camu matter; establishment of treatments based on the factors and levels of research and atomization of the pulp camu camu; and characterization of the final product by their physicochemical characteristics, validating its high content of vitamin C.

Keywords: exotic fruits, Peru, atomized powder, camu camu, vitamin C, characterization, treatments.

1. INTRODUCCIÓN

El Camu Camu (*Myrciaria dubia*) es un fruto de un arbusto del mismo nombre que crece en las orillas de quebradas y cochas de la cuenca amazónica. Esta especie forma parte importante de la vegetación riparia de Perú, Brasil, Venezuela y Colombia. Sin embargo, la mayor parte se encuentra en la Amazonía peruana entre las poblaciones naturales extensas (Peters & Vasquez, 1986). Chirinos y Justi (citado en (International Society of Food Engineering, 2013)) indican que la principal característica de este fruto es su alto contenido en vitamina C. Esta presenta valores entre 1000 y 6000 mg/100 g. Esta concentración es bastante superior a la de otros frutos como la naranja (92mg/100g de pulpa), el limón (44.2mg/100g de pulpa) y hortalizas (Ramos, García, & Pinedo, 2002). Su contenido significativamente alto de vitamina C, resulta de especial interés para la industria de productos naturales que necesitan una fuente natural de la misma (Hughes, 2007). El camu camu cumple un papel ecológico muy importante. Se considera que este fruto nativo tiene un elevado potencial que garantiza grandes posibilidades económicas a la Amazonía peruana (Peters & Vasquez, 1986). Cabe mencionar que, en Loreto, los principales productores de camu camu no han tenido oportunidad de acceder a tecnología productiva moderna para desarrollar y elaborar productos de alto valor agregado con tiempo prolongado de vida útil manteniendo las características inherentes de la materia prima (Carazo & Liñán, 2008).

Existe un mercado en expansión para los frutos exóticos en Lima, especialmente para aquellos con características especiales como las propiedades nutritivas. Esto está vinculado con el auge gastronómico actual y el interés por el redescubrimiento de productos locales (Paino & Donovan, 2012). Existen una gran variedad de frutales nativos amazónicos como los energéticos dulces, energéticos grasos, los alimentos energéticos que aportan fibra y los llamados “alimentos reguladores”. Los frutos que encontramos dentro de la última clasificación son los siguientes: el camu camu, aguaje, cocona, entre otros (Gonzales, 2007). En este sentido, la comercialización de los productos derivados del camu camu puede significar una oportunidad de desarrollo y de progreso social y económico para las familias de agricultores que se dedican al cultivo de este fruto rico en vitamina C (Ginocchio , 2012).

Las bebidas de reconstitución instantánea surgieron como una alternativa a la necesidad de la población que requiere del uso y consumo de alimento de rápida preparación. Se han considerado como la vía apropiada para hacerles llegar una variedad de nutrientes que aporten beneficios a la salud en la medida que se incluyan con frecuencia en la dieta diaria. Los investigadores se mantienen en una búsqueda continua de nuevas fuentes con alternativas a sus materias primas para elaborar este tipo de producto, estableciendo desarrollo de mezclas óptimas de ingredientes que conlleven a sus características fisicoquímicas, organolépticas y funcionales que sean deseables por el consumidor (García & Pacheco-Delahaye, 2010).

El proceso de secado o deshidratación consiste en disminuir la actividad del agua del alimento y, de este modo, se consigue prolongar la vida útil de los alimentos y preservar la calidad de los mismos (Aguilar, 2012). Es importante mencionar que las tecnologías para el procesamiento de frutas, suponen una serie de cambios físicos, químicos y sensoriales como consecuencia del estrés térmico e hídrico al que se ve sometido dicho fruto (Moraga citado en (Sandy, 2013)). Los cambios químicos contribuyen a la calidad final del producto deshidratado; tales como: color, sabor, textura, viscosidad y valor nutritivo. El grado en que ocurren estos cambios depende de la composición del fruto y el método de secado que se utilizará, la pérdida parcial de componentes volátiles y de sabor son otros de los efectos del secado (Contreras, 2006). Entre los productos derivados del camu camu (*Myrciaria dubia*) tenemos la pulpa congelada, pulpa concentrada, pulpa deshidratada (polvo liofilizado, atomizado y secado al vacío) y néctares (Centro de Promoción de la Biodiversidad Amazónica, 2006). La obtención de pulpa deshidratada mediante el proceso de atomización es una alternativa viable respecto de los otros procedimientos. Las principales desventajas del liofilizado para la obtención de pulpa deshidratada de camu camu son los tiempos excesivos del proceso de secado y el alto grado de manipulación, esto causa que la obtención de la pulpa deshidratada mediante liofilizado sea cara en relación con los otros productos derivados (Huaraca, 2011). De igual modo, la producción de pulpa congelada de camu camu genera bajos rendimientos de producción, esto se debe a que los alimentos congelados comercialmente tienen la desventaja de mayores costos de distribución y almacenamiento, además del costo de energía para congelar inicialmente el producto (Clayton, Bush, & Keener, 2012).

Debido a esto, el método más apropiado es el secado por atomización o Spray dryer, ya que mediante este método se logra obtener un producto seco sin una pérdida significativa de componentes volátiles como aromas, proteínas e inclusive el color de la misma fruta (Chegini & Ghobadian, 2007). Sin embargo, existen algunos factores que afectan las propiedades del mismo fruto; Masters (citado en (Lopez, Menéndez, García, González, & Nogueira, 2010)), mencionan que las propiedades higroscópicas y termoplásticas naturales del jugo de fruta son los problemas fundamentales con la manipulación y obtención del fruto atomizado. El modo de transferencia de calor que se aplica en el atomizado es por convección. Según Fito et ál. (citado en (Espinoza, 2011)), el calor que se transfiere al sólido que se está secando mediante una corriente de aire caliente (u otro fluido) que, además de transmitir el calor necesario para la evaporación del agua, es también el agente transportador del vapor de agua que se elimine del sólido.

Por otra parte, para facilitar el proceso de secado, mejorarlo y reducir los problemas durante el proceso de atomización, se hace uso de distintos encapsulantes (aditivos) tales como: Maltodextrina, Goma arábiga y Carboximetilcelulosa (comercialmente conocido como CMC); de estos, la goma arábiga es uno de los aditivos más utilizados en micro encapsulación mediante el secado por atomización (González, Igual, & Martínez-Navarrete, 2014). Es importante mencionar que además de la simplicidad del proceso, esta tecnología es apropiada para elementos sensibles al calor ya que el tiempo de exposición a temperaturas elevadas es muy corto (5 a 30 segundos), logrando de esta manera la mínima reducción de los componentes nutricionales de la materia prima en el producto, en comparación con los métodos tradicionales de conservación (Yañez citado por (García, 2011)).

(Egas, Gonzáles, & Camacho, 2014), trabajaron con la atomización del pomelo y la influencia de la temperatura y de la adición de diferentes aditivos de alto peso molecular, con lo que obtuvieron como resultado que tanto la concentración de los solutos añadidos como la temperatura de trabajo para la elaboración de polvo de pomelo licuado afectan a todos los parámetros estudiados (humedad del producto referida a los sólidos, totales de pomelo, higroscopicidad, luminosidad, tono, color, porosidad, solubilidad y rendimiento de materia secado). Además, observaron que la presencia de CMC protege el color, pero aumenta la higroscopicidad; la temperatura afecta a la porosidad y la disminuye; y la goma arábiga aumenta la solubilidad al igual que la combinación entre CMC y la proteína. La maltodextrina disminuye el rendimiento mientras que la goma arábiga lo aumenta. Finalmente concluyeron también que el uso de temperaturas bajas a 120°C y la no adición de CMC para la obtención de un polvo de calidad bajo los estándares estudiados.

Por otro lado, (Rojas & Alegría, 2013) investigaron sobre el estudio de la influencia de los encapsulantes sobre la calidad del camu camu liofilizado entre la goma arábiga y dextrina (proporción), con la goma arábiga se obtuvieron los mejores resultados, pues el producto presentó mayor porcentaje de ácido ascórbico y mejores características sensoriales de sabor aceptable y buen color. (Silva, y otros, 2012), concluyeron que el camu camu verde era el que presentaba el mayor contenido de vitamina C frente a otras dos fases de madurez del fruto (pintonas y maduras); asimismo se tomaron en consideración el color del fruto y su respectiva dureza, así como las características organolépticas de la pulpa de camu camu para su procesamiento en diversos productos derivados.

El objetivo de este proyecto es optimizar el proceso de atomización de pulpa de Camu Camu (*Myrciaria dubia*) en el desarrollo de un producto con alto contenido de vitamina C de reconstitución instantánea, otorgándole valor agregado y garantizando las características de calidad exigidas para este tipo de frutos.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Procesos Industriales (LPI) de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

2.2. MATERIALES Y REACTIVOS

- Materias primas y aditivos alimentarios: Frutos de camu camu verde, pintón y maduro, ecotipo “Arbusto Myrciaria Dubia HBK Mc Vaugh” (usado principalmente para la exportación de pulpa de camu camu congelada) y recolectadas específicamente de la cuenca del Río Nanay - Región Loreto, cuyas condiciones fueron homogéneas en estado de madurez, tamaño y color correspondiente al fruto; indicador 2.6 Diclorofenol-indofenol; ácido acético; ácido metafosfórico; ácido sulfúrico concentrado y azul de metileno.
- Equipos: Pulpeadora semi industrial; refrigeradora FRIGIDAIRE; refractómetro de mano digital KRÜS modelo DR-201-95, Alemania; Potenciómetro Basic 20 CRISON, España; Estufa-esterilizadora MEMMERT-ALEMANIA, modelo UNB 100; mufla; agitador con sistema de calefacción VELD CIENTIFICA 50-1200RPM, España.
- Materiales: Equipo de titulación; matraces; pipetas graduadas; vasos precipitados (250, 600, 1000 ml), balanza analítica AND GF-6100 Rango: 0.01 – 6100g, Japón; balanza de humedad AND MX-50, Japón; medidor de actividad de agua LABSWIFT, modelo Novasina, España; balanza de precisión; baguetas; buretas de 50ml; fiolas (50, 100ml).

2.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS

Los métodos de análisis son los siguientes:

- Determinación del estado e índice de madurez: Para determinar el estado e índice de madurez del camu camu, se tomó como referencia la clasificación de (Imán Correa, Bravo Zamudio, Sotero Solis, & Oliva Cruz, 2011).
- Determinación del pH: El pH se determinó a través del método potenciométrico, utilizando el potenciómetro y medida directa (A.O.A.C, 1995).
- Determinación de la acidez total: Se determinó a través del método de titulación con NaOH 0,1N (A.O.A.C, 1995) y expresada como ácido cítrico (%).
- Determinación de los sólidos solubles: Los sólidos solubles se determinaron con el método refractométrico (A.O.A.C, 1995), utilizando un refractómetro digital Krüss de lectura directa y expresada en Grados Brix.
- Determinación de la vitamina C (ácido ascórbico): Se determinó utilizando la técnica de titulación volumétrica con el reactivo 2,6 diclorofenol-indofenol descrito por (A.O.A.C, 1995).
- Determinación de la humedad: Se determinó con el uso de la balanza de humedad AND MX-50, cuyo principio es usar radiación halógena, controlando peso inicial y final de la muestra. Asimismo, se siguió la metodología descrita por (A.O.A.C, 1995); este método se basa en la pérdida de peso que experimenta una muestra sometida a una temperatura de 100 – 150°C hasta obtener un peso constante.

- Determinación de las cenizas: Se determinó utilizando la metodología de (A.O.A.C., 1990), este método se basa en la destrucción de la materia orgánica presente en la muestra por calcinación y determinación gravimétrica del residuo. Se pesó 2 gramos de muestra homogenizada al 0.1 mg en una cápsula previamente calcinada y tarada, pre calcinando previamente la muestra de la placa calefactora y evitando que se inflame, luego se colocó en la mufla y se incineró a 550°C por 8 horas, hasta cenizas blancas y grisáceas. Finalmente, se dejó enfriar la mufla apagada y se pesó.

2.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

ETAPA I. Caracterización fisicoquímica de la materia

La primera etapa se divide en dos fases. En la primera fase se realizó la caracterización de la materia prima, en donde se determinó la procedencia, el estado y el índice de madurez del camu camu. Lo cual fue necesario para continuar con los procedimientos posteriores y garantizar el mayor contenido de vitamina C (ácido ascórbico).

Asimismo, en la segunda fase se realizó el acondicionamiento de la pulpa de camu camu. Después de la recepción del camu camu, se procedió al pesado de este. Seguidamente, se seleccionaron los frutos, separando los frutos partidos y fermentados por excesiva madurez, además de las hojas, tallos y otras materias extrañas. A continuación, se realizó el lavado en tinas, en donde se utilizó agua potable con el objetivo de eliminar las materias no deseadas adheridas al fruto. Para la desinfección, se sumergieron los frutos en solución clorada a 100ppm y se enjuagó con abundante agua con el objetivo de eliminar hongos, algas y posibles bacterias aún presentes en el fruto. Luego, la fruta seleccionada pasó a una pulpeadora, en donde se trabajó a baja velocidad y con una malla de 5 mm aproximadamente. Finalmente, la pulpa se colecta en un recipiente que pasará al proceso de refinado, el proceso final en el cual se obtiene la pulpa a través de una refinadora que trabaja a alta velocidad y con una malla entre 0.5 y 1mm.

ETAPA II. Establecer los tratamientos a partir de los factores y niveles de la investigación y atomización de la pulpa de camu camu

En la segunda etapa se establecieron los parámetros que influyen en la máxima retención de vitamina C, los cuales son: Temperatura de entrada, Flujo de alimentación, Tipos de encapsulante; Se utilizará un diseño factorial 2^3 con tres puntos centrales. Los niveles serán establecidos de acuerdo a las referencias bibliográficas y experimentación previa en un secador por atomización: Temperatura de entrada (150°C, 160°C, 170°C), Flujo de alimentación (0.9L/h, 1.2L/h, 1.5L/h), Tipos de encapsulante (Maltodextrina 100%, Maltodextrina50%-Goma Arábica 50%, Goma Arábica 100%). De esta manera se establecen los tratamientos y se procede a atomizar la pulpa de camu camu. Cada tratamiento se realizará por triplicado. En las Tablas 2 y 3 se detallan los factores y niveles propuestos, así como el diseño factorial completo con puntos centrales por cada tratamiento.

Tabla 1: Diseño factorial completo con puntos centrales.

TRATAMIENTO	FACTORES		
	TEMPERATURA DE ATOMIZACIÓN (°C)	FLUJO DE ALIMENTACIÓN (L/h)	TIPO DE ENCAPSULANTE (L/h)
1	160	1.05	50
2	170	0.9	0
3	160	1.05	50
4	150	0.9	0
5	170	1.2	100
6	170	1.2	0
7	150	1.2	100
8	150	0.9	100
9	160	1.05	50
10	170	0.9	100
11	170	0.9	0
12	150	1.2	0
13	150	0.9	100
14	150	1.2	0
15	150	0.9	0
16	170	1.2	0
17	150	1.2	100
18	170	0.9	100
19	170	1.2	100

Tabla 2: Factores y niveles propuestos.

DISEÑO EXPERIMENTAL (DOE)			
FACTORES Y NIVELES PROPUESTOS			
FACTORES	NIVELES		PUNTO CENTRAL
	MÍNIMO	MÁXIMO	
TEMPERATURA DE ATOMIZACIÓN (°C)	150	170	160
FLUJO DE ALIMENTACIÓN (L/h)	0.9	1.2	1.05
TIPO DE ENCAPSULANTE (*) (**)	0	100	50

(*)Considerando que:

0 = Representa 100 % de Goma arábica

100 = Representa 100% de Maltodextrina

50 = Representa 50:50 (Goma arábica y Maltodextrina)

(**)La cantidad de encapsulante está relacionado con el contenido de humedad en base seca del producto.

Elaboración propia

ETAPA III. Evaluar las características del producto final mediante estudios físicos-químicos

En esta etapa se realizó la caracterización del producto obtenido, se cuantificó el contenido de vitamina C usando la técnica de titulación volumétrica con el reactivo 2,6 diclorofenolindofenol (A.O.A.C., 1995) en todos los tratamientos; asimismo, se establecieron las cinéticas de degradación de la vitamina C en todos los tratamientos propuestos. Para medir la solubilidad del producto final, se estimó su reconstitución instantánea mediante pruebas físicas, que se llevará a cabo mediante la Metodología de East-man y Moore (1984), modificado por Cano et ál. (2005). También se realizó pruebas químicas como la composición química proximal, concentración de sólidos solubles, acidez titulable, pH, humedad y actividad de agua, siguiendo la metodología AOAC (2012).

ETAPA IV. Análisis estadísticos de los resultados

Los resultados obtenidos se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia $p=0.05$ el cual determinará el mejor tratamiento en la retención de un alto contenido de vitamina C en el polvo atomizado. Asimismo, se tomó en cuenta de que si en caso no existiera diferencia significativa entre tratamientos, se estimará el mejor tratamiento mediante comparaciones múltiples que son posibles con 3 unidades repetitivas, aplicando la prueba de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH). Finalmente, el procesamiento de los datos se realizó con el programa estadístico Minitab V. 17.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la primera fase de la etapa I se pueden visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 3: Resultados del análisis fisicoquímico del camu camu.

Ensayo	Estado de madurez	°BRIX	pH	Acidez (g A.C./100g)	Cenizas (%)	Humedad (%)	mg Ac. Ascórbico/100g muestra
1	Verde	5.4	2.57	0.031	0.29	96.72	1711.48
2	Pintón	6	2.545	0.028	0.33	96.73	1466.85
3	Maduro	6.95	2.615	0.028	0.42	96.5	1239.96

Elaboración propia

En el estado verde se obtuvo 1,711.48 mg/100g, seguido del estado pintón en donde se obtuvo 1,466.85 mg/100g y, por último, el estado maduro con 1,239.96 mg/100g. De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que los más altos niveles de ácido ascórbico en la pulpa pertenecen al estado de madurez verde. Como parte de la tercera etapa, se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto al contenido de Ácido Ascórbico para los 19 tratamientos.

Tabla 4: Resultados del contenido de ácido ascórbico en los tratamientos propuestos.

RESULTADOS DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN LOS TRATAMIENTOS PROPUESTOS

TRATAMIENTO	FACTORES			RESPUESTA
	TEMPERATURA DE ATOMIZACIÓN (°C)	FLUJO DE ALIMENTACIÓN (L/h)	TIPO DE ENCAPSULANTE (*)(**)	AC. ASCÓRBICO (mg/100g)
1	160	1.05	50	10958.22
2	170	0.9	0	11108.33
3	160	1.05	50	10316.60
4	150	0.9	0	11274.13
5	170	1.2	100	10778.09
6	170	1.2	0	11335.91
7	150	1.2	100	11243.24
8	150	0.9	100	11552.12
9	160	1.05	50	10625.48
10	170	0.9	100	11335.90
11	170	0.9	0	10177.63
12	150	1.2	0	11168.37
13	150	0.9	100	10327.75
14	150	1.2	0	12818.53
15	150	0.9	0	10996.14
16	170	1.2	0	10267.70
17	150	1.2	100	10254.83
18	170	0.9	100	11366.80
19	170	1.2	100	10477.86

(*)Considerando que:

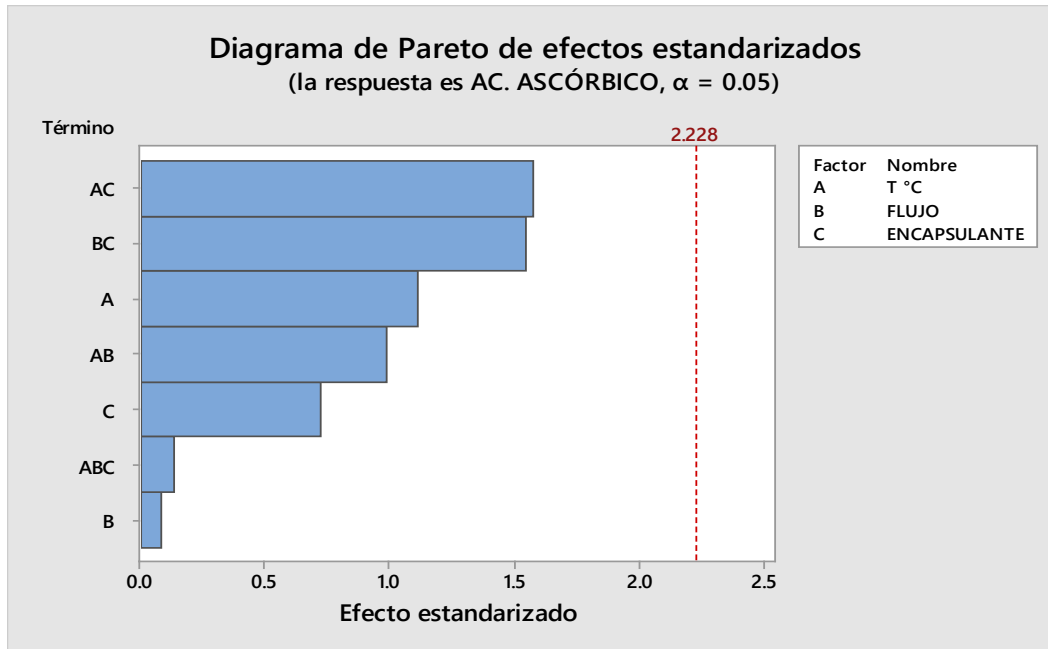
- 0 = Representa 100 % de Goma arábica
- 100 = Representa 100% de Maltodextrina
- 50 = Representa 50:50 (Goma arábica y Maltodextrina)

(**)La cantidad de encapsulante está relacionado con el contenido de humedad en base seca del producto.

Elaboración propia

Al analizar las iteraciones, se puede concluir que ninguna de estas resultó significativa. Sin embargo, como se puede apreciar en la siguiente imagen, las iteraciones no significativas que representan mayor variabilidad son las siguientes (AC y BC): T (°C) + tipo de encapsulante y Flujo + tipo de encapsulante.

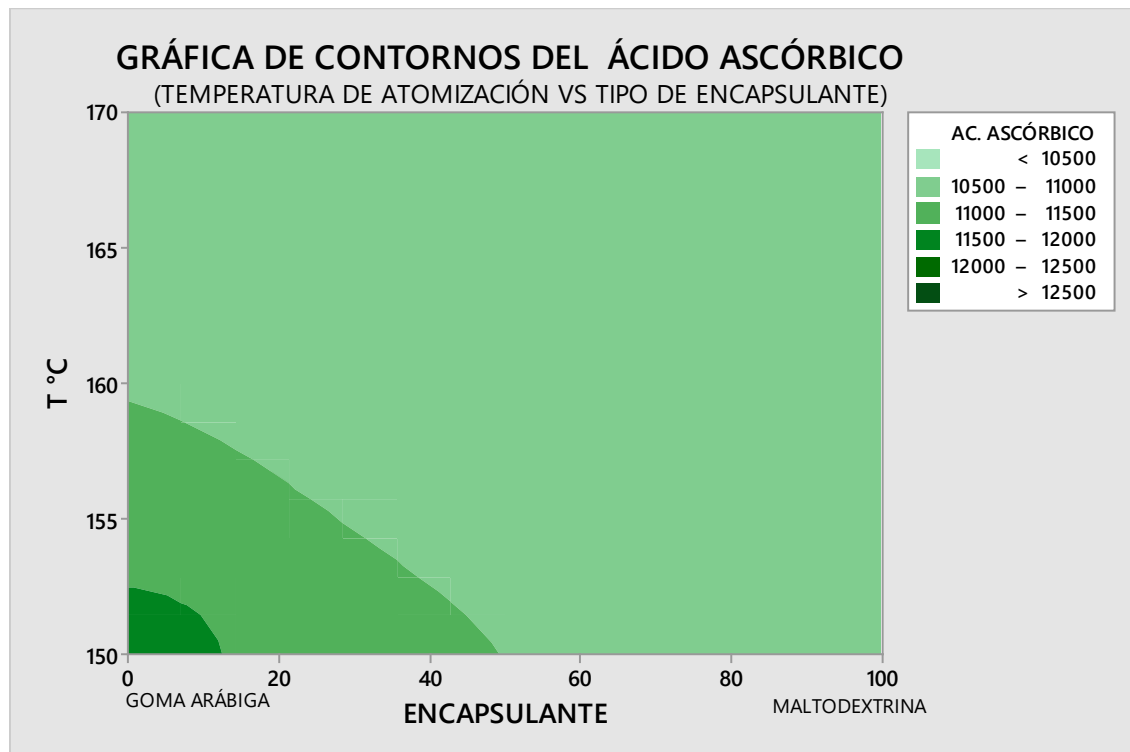
Imagen 1: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.



Elaboración propia

- **Análisis AC (Temperatura + Encapsulante)**

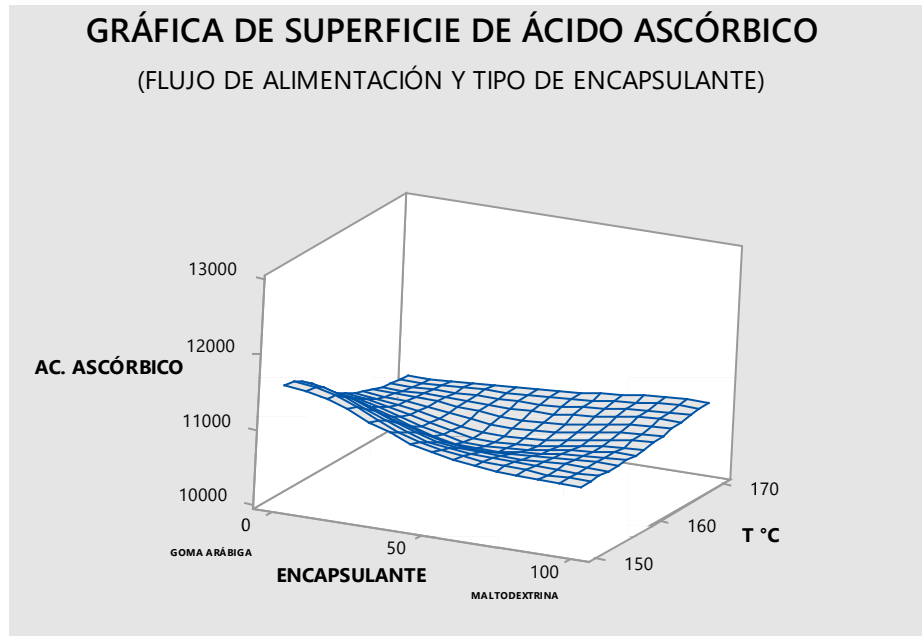
Imagen 2: Gráfica de contornos de ácido ascórbico AC.



Elaboración propia

En la imagen anterior se puede observar que el mayor contenido de ácido ascórbico se obtiene utilizando una temperatura de 150°C y el 100% de goma arábiga como encapsulante. Con la siguiente imagen se puede comprobar lo mismo, la parte de la superficie que se encuentra más pronunciada (a más altura) está en las intersecciones de la menor temperatura y “0” como encapsulante.

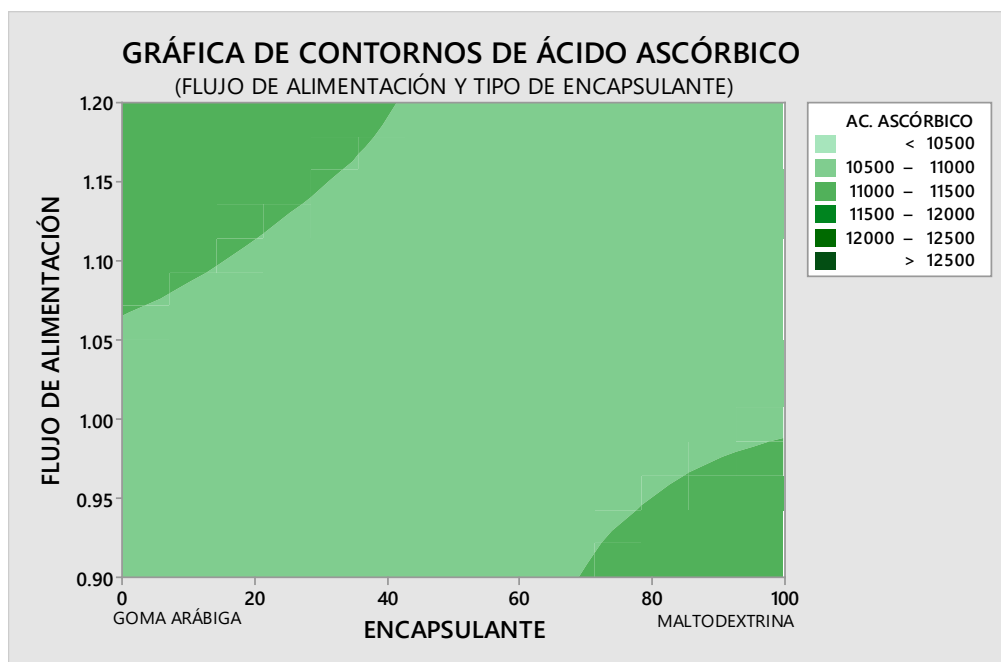
Imagen 3: Gráfica de superficie de ácido ascórbico AC.



Elaboración propia

- **Análisis BC (Flujo + Encapsulante)**

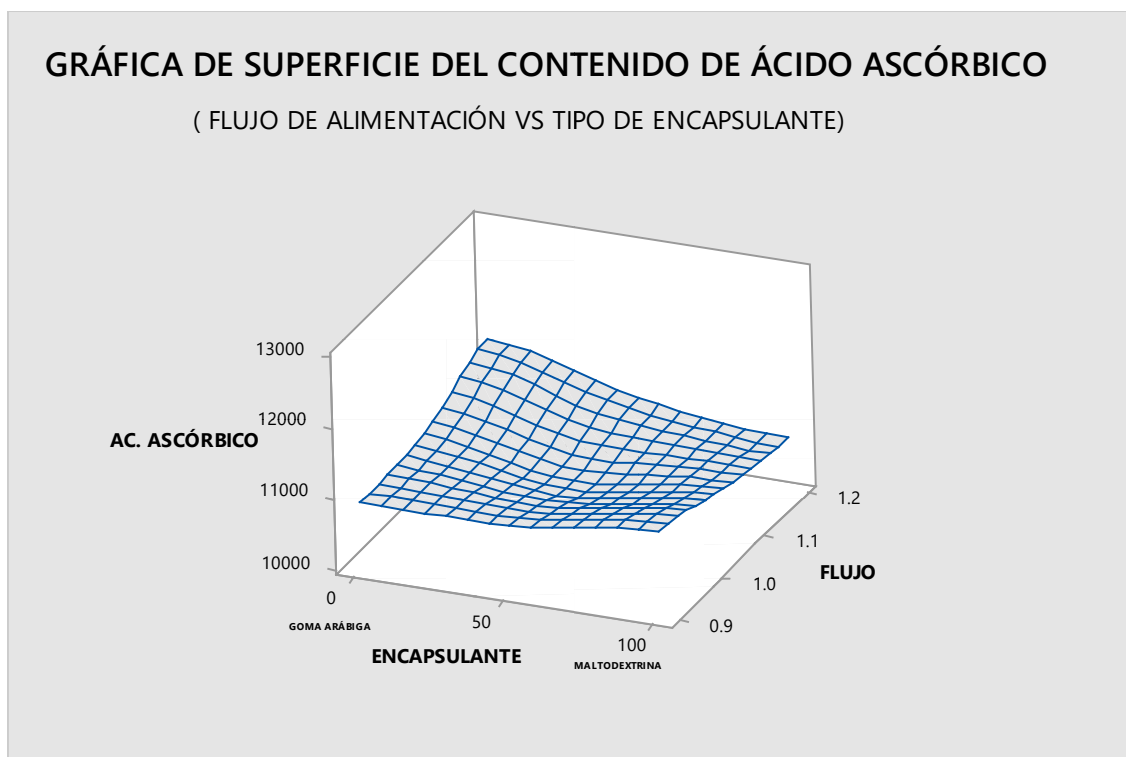
Imagen 4: Gráfica de contornos de ácido ascórbico BC.



Elaboración propia

En la imagen anterior, las zonas sombreadas con un verde más oscuro son las que obtienen una mayor cantidad de ácido ascórbico. Para la iteración de flujo de alimentación y tipo de encapsulante, se obtienen valores óptimos utilizando un flujo de alimentación alto (1.1 a 1,2 L/h) y 100% de goma arábica o un flujo de alimentación bajo (<1 L/h) y el 100% de maltodextrina, obteniéndose un mayor contenido de vitamina C con la primera combinación. Esto se puede visualizar mejor en la siguiente gráfica de superficie.

Imagen 5: Gráfica de superficie de ácido ascórbico BC.



Elaboración propia

Finalmente, la siguiente tabla presenta el tratamiento que optimiza la obtención de camu camu atomizado, indicando los parámetros que maximizan la retención de ácido ascórbico. Asimismo, en la última imagen se presenta un esquema de los procesos involucrados en el proyecto.

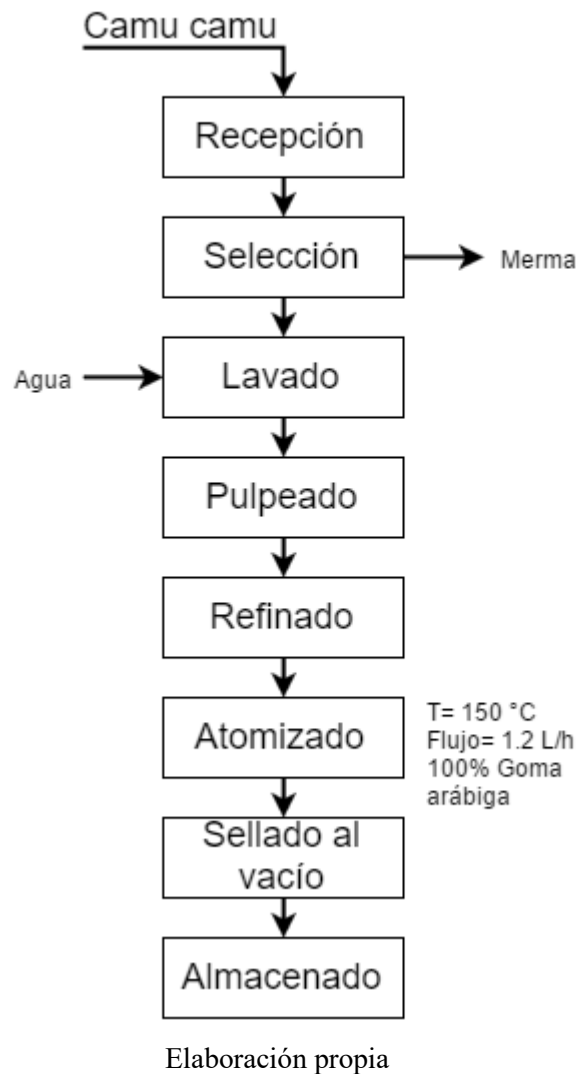
Tabla 5: Efectos obtenidos por los factores y sus niveles bajo condiciones óptimas.

Factores	Parámetros	Nivel seleccionado
Temperatura de atomización (°C)	150	1
Flujo de alimentación (L/h)	1.2	2
Tipo de encapsulante	0	1

(*)Considerando que:

0 = Representa 100 % de Goma arábica

Imagen 6: Diagrama de flujo para la elaboración de polvo atomizado de camu camu.



4. CONCLUSIONES

- El análisis realizado al camu camu proviene de la cuenca del río Nanay en la región de Loreto correspondiente al ecotipo de tipo arbustivo Myrciaria Dubia, el cual se caracteriza por su alto nivel comercial a nivel mundial. En referencia a las dos primeras etapas de investigación, se obtuvo el mayor contenido de vitamina C en la pulpa de camu camu en estado de madurez verde. Por otro lado, se obtuvo una ventaja del 14.29% de vitamina C sobre el camu camu pintón y un 27.55% sobre el camu camu maduro. Finalmente, la composición Físico-Química del camu camu verde como materia prima fue 96.72 g de agua/100 g de fruto; 0.031 g de cenizas/100 g de fruto; 1711.48 mg de ácido ascórbico/100 g de fruto; 5.4 grados Brix; y un pH de 2.57.
- Los factores propuestos resultaron no significativos para su optimización, sin embargo, se pudo establecer las condiciones adecuadas para la maximización del contenido de ácido ascórbico, siendo los siguientes parámetros: Temperatura de atomización (150°C), Flujo de alimentación (1.2 L/h), Tipo de encapsulante (100% goma arábica)

- La iteración entre la Temperatura de atomización y tipo de encapsulante, resultó no significativo pero presentar mayor variabilidad en referencia a las variables de manera independiente. Se obtienen resultados óptimos utilizando una temperatura de 150°C y el 100% de goma arábica. Asimismo, la disminución del contenido de ácido ascórbico está en relación directa al aumento de la temperatura y el uso de maltodextrina como encapsulante.
- La iteración del Flujo de alimentación y tipo de encapsulante, resultó no significativo pero es la segunda que presenta mayor variabilidad en referencia a las variables de manera independiente. Se obtienen resultados óptimos utilizando un flujo de 1.2 L/h y el 100% de goma arábica, también, considerando un flujo de alimentación de 0.9 L/h y el 100% de maltodextrina, obteniéndose un mayor contenido de vitamina C con las iteraciones mencionadas. Asimismo, se interpreta que para este caso no es necesario hacer una combinación (1:1) entre ambos encapsulantes.

REFERENCIAS

- A.O.A.C. (1995). *Official Methods of Analysis (16th ed.)*. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
- A.O.A.C. (1990). *Official Methods of Analysis*. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Aguilar, J. (2012). *Métodos de conservación de alimentos*. México: Red Tercer Milenio S.C. Obtenido de http://www.aliatuniversidades.com.mx/bibliotecasdigitales/pdf/economico_administrativo/M%C3%A9todos_de_conservacion_de_alimentos.pdf
- Carazo, M., & Lián, I. (2008). Frutas tropicales y plantas medicinales de Loreto. 28, 12. Obtenido de http://www2.produce.gob.pe/apsportalproduce/RepositorioAPS/2/jer/SERVITE/boletin_cites_jul08.pdf
- Centro de Promoción de la Biodiversidad Amazónica. (2006). *Diagnóstico de la actividad productiva. Cadena productiva de camu camu*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos. Obtenido de <http://www.iiap.org.pe/promamazonia/sbiocomercio/Upload%5CLineas%5CDocumentos/536.pdf>
- Chegini, G., & Ghobadian, B. (2007). Spray Dryer Parameters for Fruit Juice Drying. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3(2), 230-236. Obtenido de http://www.researchgate.net/profile/Barat_Ghobadian/publication/242193527_Spray_Dryer_Parameters_for_Fruit_Juice_Drying/links/0c96052d835020646a000000.pdf
- Clayton, G., Bush, D., & Keener, K. (2012). *Emprendimientos alimentarios: Alimentos orgánicos*. Universidad Purdue, Indiana. Obtenido de <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/FS/FS-15-S-W.pdf>
- Contreras, C. (2006). *Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratadas*. Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología de Alimentos, Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1932/tesisUPV2345.pdf>
- Egas, L., Gonzáles, F., & Camacho, M. (2014). *Optimización del proceso de atomizado de pomelo. Influencia de la temperatura y de la adición de diferentes solutos de alto peso molecular*. Obtenido de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1496/1/T-SENESCYT-00629.pdf>
- Espinoza, J. (2011). *Aplicación de un proceso de secado asistido infrarrojo para la deshidratación del fruto de murtillo (Ugni Molinae Turcz.)*. Tesis para obtener Título en Ingeniería en Alimentos, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Santiago. Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/qf-espinoza_jl/pdfAmont/qf-espinoza_jl.pdf
- García, A. (2011). *Optimización y caracterización de almidones modificados y su aplicación como agentes encapsulantes del bioinsecticida Bacillus thuringiensis*. Tesis para obtener Título en Ingeniería Química de Alimentos, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química, Querétaro. Obtenido de <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/1321/1/RI000908.pdf>
- García, A., & Pacheco-Delahaye, E. (2010). Evaluación de una bebida láctea instantánea a base de harina de arracacha (arracacia xanthorrhiza) con la adición de ácido fólico. *Revista Chilena de Nutrición*, 37(4), 480-492.

- Ginocchio, L. (2012). *Pequeña agricultura y gastronomía: Oportunidades y desafíos*. Lima: Apega. Obtenido de <http://www.apega.pe/peuqnaagricultura.pdf>
- Gonzales, A. (2007). *Frutales nativos amazónicos: Patrimonio alimenticio de la humanidad*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos. Obtenido de http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CD/documentos/Frutales_Libro.pdf
- González, F., Igual, M., & Martínez-Navarrete, N. (2014). *Efecto de la goma arábiga y de la carboximetilcelulosa en las propiedades fisicoquímicas del licuado de pomelo atomizado*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/36062/Trabajo%20Final%20de%20M%C3%A1ster.pdf?sequence=1>
- Huaraca, A. (2011). *Evaluación nutritiva y nutracéutica de la frutilla (Fragaria Vesca) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas*. Tesis para obtener Título en Bioquímica Farmacéutica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1994/1/56T00302.pdf>
- Hughes, K. (2007). *Potencial del Camu camu y Sacha inchi en el mercado estadounidense*. PROMPEX - Biocomercio. Obtenido de <http://media.peru.info/siicex/resources/sectoresproductivos/Camu-Camu-y-Sacha-Inchi-USA-mod.pdf>
- Imán Correa, S., Bravo Zamudio, L., Sotero Solis, V., & Oliva Cruz, C. (05 de 09 de 2011). Contenido de vitamina C en frutos de camu camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh, en cuatro estados de maduración, procedentes de la colección de germoplasma del INIA Loreto, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 2, 123-130. Recuperado el 04 de 12 de 2015
- International Society of Food Engineering. (2013). Concentration of camu-camu juice by the coupling of reverse osmosis and osmotic evaporation processes. *Journal of Food Engineering*, 119(1), 7-12. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877413002331>
- Lopez, O., Menéndez, R., García, C., González, M., & Nogueira, A. (2010). Estudio de secado por aspersión de extractos de *Plectranthus amboinicus*, *Ocimum tenuiflorum*, *Passiflora incarnata*, *Matricaria recutita* y *Melissa officinalis*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 9(3), 216-220. Obtenido de <http://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/blacpma/article/viewFile/156/161>
- Paino, B., & Donovan, J. (2012). *Demanda por frutos amazónicos en el mercado de Lima, Perú*. ICRAF. Obtenido de <http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/RP12243.pdf>
- Peters, C., & Vasquez, A. (1986). *Estudios ecológicos de Camu-Camu (Myrciaria Dubia): Producción de frutos en poblaciones naturales*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos. Obtenido de <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL716.pdf>
- Ramos, Z., García, L., & Pinedo, M. (2002). *Evaluación de factores de procesamiento y conservación de pulpa de Myrciaria Dubia H.B.K. (Camu-Camu) que reducen el contenido de vitamina C (Ácido Ascórbico)*. Tesis para obtener Título en Ingeniería Química, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Iquitos. Obtenido de <http://www.unapiquitos.edu.pe/pregrado/facultades/alimentarias/descargas/vol3/7.pdf>
- Rojas, T., & Alegría, M. (2013). *Influencia de los encapsulantes: goma arábiga y dextrina sobre la calidad del camu camu (Myrciaria Dubia) liofilizado*. Obtenido de http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/web/anales/pdf_anales/Vol_LXI_Arch1.pdf
- Sandy, R. (2013). *El agua y su influencia en la textura de los alimentos*. Tesis para obtener el Título en Ingeniería Biotecnológica, Instituto Tecnológico de Sonora, Obregón. Obtenido de <http://es.slideshare.net/lauragassos/el-agua-y-su-influencia-en-la-textura-de-los-alimentos-sandy-hernandez-et-al-2013>
- Silva, N., Cornejo, F., Gomes, F., Pontes, S., Matta, V., & Freitas, S. (2012). *Influence of Shell material on vitamin C content, total phenolic compounds, sorption isotherms and particle size of spray-dried camu-camu juice*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Obtenido de <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=af220ce2-7514-466e-a6b2-add7dc4ea176%40sessionmgr198&hid=121>