

Burbucitas de Vitamina C

Nathalia Vanesa Belalcázar Caicedo¹

Gabriela Alejandra Díaz Giménez²

Nathalia Ortega Rosero³

Cítese como: Belalcázar-Caicedo, N. V., Díaz-Giménez, G. A. y Ortega-Rosero, N. (2023). Burbucitas de Vitamina C. En H. Juajibioy-Otero, J. A. Oviero, H. D. Huertas-Moreno, N. S. Gallego-Eraso, F. C. Gómez-Meneses y O. A. Bernal-Ortiz (comps.), *Investigar e innovar en ambientes diversos con sustento en el desarrollo humano sostenible* (pp. 19-27). Editorial UNIMAR. <https://doi.org/10.31948/editorialunimar.172.c246>

Resumen

La industria alimenticia es de gran importancia a nivel mundial; no obstante, como toda actividad genera residuos que deben ser aprovechados para el consumo humano. Actualmente, en Colombia, las cáscaras de naranja se clasifican como residuos orgánicos después del consumo de la misma. Estos residuos orgánicos contienen ácido ascórbico y no tienen el aprovechamiento adecuado en su totalidad; además, al ser sometidos a un proceso de transformación industrial, generan beneficios: suplementos vitamínicos, transformación de la cáscara de naranja en cápsulas de suplementos vitamínicos. Así, el proyecto se realizó en varias etapas, teniendo en cuenta el rendimiento alcanzado y las características fisicoquímicas del producto obtenido al final de la etapa de pulverizado y, en consecuencia, la solución base. Para ello se utilizó diferentes operaciones unitarias, extracción, separación, centrifugación y esferificación inversa. Además, fueron realizadas pruebas piloto con tres muestras (cáscara con albedo hacia arriba, cáscara con albedo hacia abajo y cáscara con pulpa), porcentaje de vitamina C, pH, humedad relativa y disminución de residuos.

Palabras clave: cáscara de naranja; transformación, suplementos vitamínicos.

Burbucitas of Vitamin C

Abstract

Although the food industry is of great importance worldwide, like any activity, it generates waste that must be used for human consumption. Currently, in Colombia, orange peels are classified as organic waste after the consumption of the fruit, which contains ascorbic acid and is not fully used adequately. In addition, by being subjected to an industrial transformation process, they generate benefits: vitamin supplements, and the transformation of the shell into vitamin supplement capsules. Thus, the project was carried out in several stages, taking into account the performance achieved and the physicochemical characteristics of the product obtained at the end of the spraying stage and, consequently, the base solution. For this, different unit operations were used, extraction, separation, centrifugation, and inverse

¹Semillero de investigación SIIDEP, Ingeniería de Procesos, Universidad Mariana. Correo electrónico: nathaliava.belalcazar@umariana.edu.co

²Semillero de investigación SIIDEP, Ingeniería de Procesos, Universidad Mariana. Correo electrónico: gabrielaal.diaz@umariana.edu.co

³Semillero de investigación SIIDEP, Ingeniería de Procesos, Universidad Mariana. Correo electrónico: nathalia.ortegar@umariana.edu.co

spherification. Pilot tests were carried out with three samples (shell with albedo: upwards, downwards, and with pulp), percentage of vitamin C, pH, relative humidity, and reduction of residues.

Keywords: Orange peel, transformation, vitamin supplements.

Introducción

Un grupo importante de frutas está conformado por los cítricos. El procesamiento de estas frutas genera residuos en un porcentaje significativo con respecto al proceso de obtención del producto final, lo cual conlleva al planteamiento de un aprovechamiento adecuado. Este proyecto tiene como objetivos producir pulverizado de la cáscara de naranja, obtener la solución base en condiciones aptas para el proceso de esferificación, identificación de propiedades y características de la solución base (determinación porcentaje de ácido ascórbico) y adquirir prototipos del producto final (capsulas vitamínicas).

En este contexto, varios estudios demuestran que el rendimiento de jugo de frutas cítricas representa la mitad del peso de la fruta, por lo tanto, una gran cantidad de desecho de pulpa y cáscara es producido cada año a nivel mundial (Li et al., 2006). En Colombia, especialmente en Nariño, estos residuos (cáscaras) presentan un valor bajo o nulo y, por ende, son desechados y/o arrojados a su alrededor, sin el conocimiento de que su aprovechamiento puede significar beneficio para la economía de la región y para el cuidado del medioambiente.

De acuerdo con lo anterior, este proyecto denominado *Burbucitas de Vitamina C* tiene como objetivo el aprovechamiento de residuos orgánicos (cáscaras de naranja) para la obtención de ácido ascórbico. Además, con el proyecto, desde el ámbito social y ambiental, se pretende generar conciencia sobre la necesidad de reutilizar esos residuos, fomentando así la conciencia ecológica y la generación de un posible desarrollo sostenible y autosustentable.

Planteamiento del problema

Disipación de oportunidad en la transformación industrial de la cascara de naranja en ácido ascórbico; se desaprovecha la fuente vitamínica proveniente de dicha materia orgánica, lo que impide el progreso económico, ecológico y nutricional. La generación de los residuos orgánicos es considerable y es uno de los factores principales para la realización de este proyecto. Por tanto, el objetivo es la reutilización de los residuos, fomentando así la percepción ecológica y un posible desarrollo sostenible y autosustentable con valor agregado, además de innovador.

Fundamentación teórica

La naranja es el fruto del naranjo, árbol que pertenece al género *Citrus* de la familia de las Rutáceas. Esta familia comprende más de 1.600 especies, de ellas aproximadamente 20 especies tienen frutos comestibles que son abundantes en vitamina C (Eroski Consumer, s.f.). Entre las especies que pertenecen al género *Citrus* se encuentran la naranja común (*Citrus sinopsis*), la naranja china (*Citrus japónica*), la naranja amarga (*Citrus aurantium*). La naranja tiene una forma redondeada con un diámetro de 6 cm a 10 cm, su color y sabor varían de acuerdo con las variedades. Tiene un importante valor nutricional por contener 16 fuentes de fibra y minerales: potasio, calcio y magnesio; también tiene un alto contenido de vitamina C, lo que hace que su consumo sea elevado. El *Citrus aurantium* destaca por su contenido en ácidos ascórbico, cítrico, málico y sales minerales (Rodas, 2018).

El secuestro de radicales libres por polifenoles es indicador importante para conocer las bondades antioxidantes de frutas y vegetales (Angeloni et al., 2015; Arteaga y Arteaga, 2016), a ello se suma los diferentes beneficios que ofrecen a la salud. (Grosso et al., 2013). (Ordoñez-Gómez et al., 2018, p. 116)

El consumo de polifenoles es importante para la salud, debido a sus múltiples efectos benéficos (Bhullar y Rupasinghe, 2013), (...), se muestra el resultado de los análisis en cáscara y hojas en las diferentes variedades de cítricos. El contenido de polifenoles totales entre las diferentes variedades de cítricos en cáscara y hojas mostró diferencias significativas ($p < 0,05$). (p. 115)

La industria de los cítricos genera un residuo constante representado en las cáscaras. Tradicionalmente se hacen tratamientos para extracción de pectina del albedo, que se emplea como gelificante en otras industrias, pero muchas empresas simplemente desechan las cáscaras por medios tradicionales. Las técnicas de extracción de aceites esenciales, además de ofrecer una alternativa adicional de aprovechamiento del producto para fines comerciales, disminuyen la carga de compuestos hidrófobos en las aguas residuales, entre otras clases de descargas de residuos. Se emplean técnicas de arrastre con vapor de agua, presión en frío, destilación al vacío e incluso extracción supercrítica. (Muñoz, 2013, p. 25)

Con respecto a la producción de cítricos en Colombia, durante el año 2015, hubo una cantidad de 47.075.000 toneladas producidas, con una disminución de 3,81 % con relación a 2014, según los últimos datos de producción mundial publicados por USDA (2012- 2015), el punto máximo se alcanza en 2013, con 52,082,000 toneladas producidas, mientras que 2015 compone el año de menor producción del período analizado. Brasil sigue siendo el principal productor de naranja en el mundo. La tendencia de la producción es a la baja, durante todo el período de análisis. (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), 2016)

En la actualidad la industria alimentaria elabora jugo de naranja el mismo que al finalizar su elaboración solo se aprovecha el jugo resultante del prensado del fruto. La cáscara resultante considerada como residuo se da en gran cantidad, se suele amontonar al aire libre, para emplearlo como abono, el cual no es aprovechado o industrializado, pudiendo ser tomado en cuenta como material de estudio. (Delgado, 2018, p. 8)

Metodología

Para esta investigación, se realizó un estudio longitudinal, experimental y ambispectivo, con un enfoque metodológico mixto y una investigación descriptiva, entre marzo del 2020 y septiembre del 2021. El área de estudio fue la ciudad de Pasto, Nariño. Se elaboraron técnicas de recolección de datos tales como observación y recopilación documental, por medio de las cuales se diseñaron y formularon tablas, gráficas y bitácora para la recopilación de datos. Los procesos se realizaron en los laboratorios de la Universidad Mariana, sede Alvernia.

Por lo tanto, inicialmente, se hizo una selección de la materia prima (cáscara de naranja), un primer tratamiento de lavado para retirar el albedo, posteriormente se realizó un segundo lavado del material resultante (ver Figura 1).

Figura 1

Pretratamiento y selección de la materia prima



Más adelante, se preparó el material orgánico, de lo cual resultaron 3 muestras diferentes para la deshidratación. En esta etapa, se realizó un proceso de corte, separación del material, pesaje de las cáscaras y adecuación en las bandejas (ver Figura 2). La cantidad de material recolectado fue 2.804 g. Luego, se llevó a cabo el proceso de deshidratación, la temperatura del proceso fue de 30 °C a 40 °C, por un periodo de 24 h, la velocidad del aire sobre secado fue de $8 \frac{m}{s}$.

Figura 2

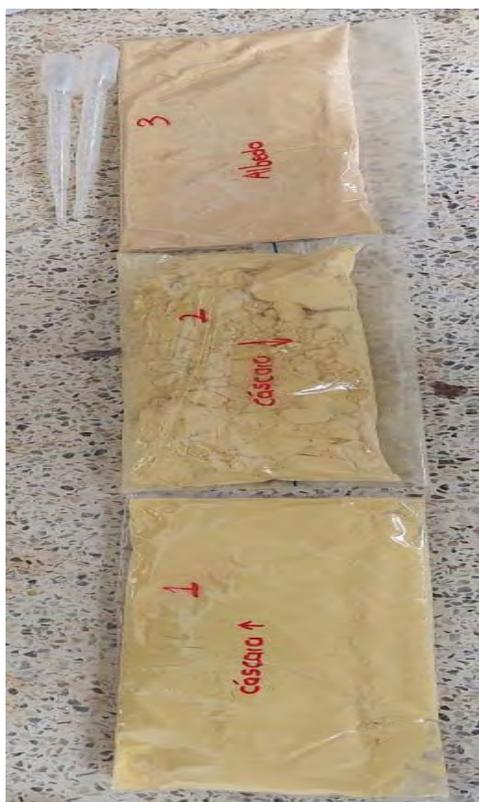
Proceso de secado del material seleccionado en la etapa de pretratamiento



El material obtenido en el proceso de deshidratación se almacenó durante 24 h, para garantizar y facilitar el proceso de pulverizado, de esta forma, se desarrollaron 2 fases para la molienda. La primera fase: triturado con un molino eléctrico, potencia de 1.5 Hp; segunda fase: el material pasa por la procesadora de alimentos con capacidad de 650 w. El pulverizado pasó por una tamizadora analítica, con un tamiz de 180 μm . El proceso se repitió en la procesadora hasta obtener las cantidades requeridas de cada muestra con el tamaño de partícula deseado (ver Figura 3).

Figura 3

Material pulverizado



Posteriormente, se produjo la solución base con las tres muestras de pulverizado realizadas anteriormente (ver Figura 3). Así mismo, se realizaron tres pruebas con porcentajes de solución y soluto diferentes. En la prueba piloto se elaboraron tres soluciones: solución 1, 1 g de pulverizado de cada muestra en 50 % agua (H_2O) y 50 % etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), que equivalen a 10 mL de agua y 10 mL de etanol; solución 2, 5 g de pulverizado en 75 % agua (H_2O) y 25 % etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), que equivalen a 75 mL de agua y 25 mL de etanol; solución 3, 5 g de pulverizado en 75 % agua (H_2O) y 25 % etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), que equivalen a 300 mL de agua y 100 mL de etanol (ver Figura 4). Para cada una solución con cada muestra, se utilizó el proceso de agitación magnética, con el fin de homogenizar la solución.

Figura 4

Soluciones base



La producción de la solución base se realizó con las distintas muestras a la agitación orbital durante 2 h y 30 min a una temperatura de 40 °C con una velocidad 380 rpm. Se centrifugó la solución en un tiempo de 15 min a 6000 rpm, estas soluciones pasaron por un proceso de filtración al vacío para garantizar la eliminación de residuos en la solución. Las tres pruebas se sometieron al proceso de rota-evaporación con una temperatura de 50 °C por un tiempo de 30 min, con el fin de evaporar el etanol presente en cada prueba realizada.

También se realizaron 2 pruebas para determinar el porcentaje de vitamina C presente en cada muestra, la primera prueba con la mezcla de agua (H_2O) y etanol (C_2H_5OH) y la segunda prueba con el etanol evaporado. Además, se midió el pH en las 3 muestras realizadas. La solución base se refrigeró por 24 h, con el fin de realizar el proceso de esferificación inversa, obteniendo, así, las cápsulas vitamínicas. Cabe resaltar que, la preparación de estas requiere la adición de cloruro de calcio ($CaCl_2$) al 0.1 M y el alginato de sodio ($C_6H_8O_6$)_n a una concentración del 4% $\frac{p}{v}$.

Resultados y discusión

Los resultados que se obtienen hasta el momento de la investigación son altamente satisfactorios, dentro de la primera etapa, denominada proceso de recolección y selección de materia prima esencial (adecuación), siguiendo protocolos de desinfección y bioseguridad alimentaria, se obtuvo una eficiencia de 68 %, correspondiente a 2.804 g de material óptimo para transformar. Cabe mencionar que, los procesos de lavado y deshidratación de cáscara han sido descritos por varios autores como Sinclair (1961), que considera que el lavado de cáscara siempre se realiza con agua pura, sin calcio, ya que el pectato de calcio que contiene el agua es un compuesto insoluble. Con el lavado también se extraen el magnesio, ácidos y azúcares, que deben ser eliminados para evitar reacciones indeseadas durante el secado de la cáscara (Bogdanoff, 2015). A nivel industrial, se utiliza generalmente una proporción 3 a 1, es decir, tres de agua por una de cáscara, ya que económicamente es viable, algo que se debe tener en cuenta en este proyecto, puesto que, si el fin es comercializar el producto, es necesario pensar en los costos que implica el proceso.

El proceso de deshidratación es muy importante, ya que, si se garantiza que las cáscaras de naranja tienen un contenido de humedad muy bajo –cáscara de naranja completamente seca–, esto permitirá que el proceso de molienda sea óptimo. La mayoría de productos secos admiten una mejor mezcla o segregación cuando se garantiza un buen proceso de deshidratación, especialmente si se trata de alimentos o productos para el consumo; lo anterior se explica porque un producto seco requiere menor energía que un producto húmedo para ser molido.

El proceso de secado y deshidratación, el cual se basa en eliminar la humedad paulatinamente, a través de la máquina deshidratadora con una temperatura controlada no superior a 40 °C para así evitar la volatilización del ácido ascórbico, permite eliminar la humedad de la cáscara, que debe oscilar en un rango de 5 a 8 % (Castillo, 2004). Por lo tanto, se realizaron cálculos necesarios y correspondientes a una curva de secado (ver Figura 5), de tal forma que, en 2.804 g de cáscara de naranja se encuentren presentes 1.125 g de H₂O, en este caso, se obtuvo, al ingresar 2.804 g de cáscara, parcialmente deshidratados 1.649 g.

Además, se evaluó el peso, tiempo, temperatura y la humedad relativa de tres muestras, siendo estas respectivamente: 675 g de muestra de cáscara con albedo hacia arriba, 709 g de muestra de cáscara con albedo hacia abajo, 265 g de muestra de cáscara con pulpa. Es importante mencionar que, el proceso de secado ayuda a la eliminación de microorganismos y bacterias.

Por tanto, una buena deshidratación de la materia prima (cáscara de naranja) facilita el proceso de pulverización y tamizado; así, se usó 100 g por cada muestra para las posteriores pruebas, el desarrollo de tamizado se llevó a cabo con un tamiz de 180 µm pasando por un cernido manual y uno automatizado, una vez se finalizó se obtuvo los siguientes resultados experimentales (ver Tabla 1).

Tabla 1

Resultados experimentales en hojas y cáscaras en las diferentes variedades de cítricos

Muestra	Flujo de entrada	Flujo de salida	Pérdida
Cáscara con albedo hacia arriba	100 g	99,3 g	0,7 g
Cáscara con albedo hacia abajo	100 g	99,6 g	0,4 g
Cáscara con pulpa	100 g	99,5 g	0,5 g

Figura 5

Curva de secado experimental



Luego de la etapa de pulverización y tamizado, se realizaron las primeras pruebas piloto de la solución base, utilizando las tres muestras, disolvente agua destilada (H₂O) y etanol (C₂H₅OH) siendo 10 mL H₂O (50 %) y 10 mL C₂H₅OH (50 %) y como soluto 1 g de pulverizado. Como resultado de estas pruebas, se observa que el pulverizado se homogenizó de manera eficaz por acción del etanol; sin embargo, el porcentaje máximo y apto de consumo de esta sustancia para el ser humano es de 25 %, por tal motivo, se redujo la proporción de este en las tres muestras, lo que llevó al desarrollo de más pruebas de carácter investigativo. A dichas muestras se les aplicó una prueba de pH, de lo cual se obtuvo los siguientes resultados (ver Tabla 2).

Tabla 2

Resultados experimentales pH solución base

Muestras de solución base	Temperatura (°C)	Nivel pH
Cáscara con albedo hacia arriba (10 mL H ₂ O, 10 mL C ₂ H ₅ OH, 1 g pulverizado)	16,7	6,08
Cáscara con albedo hacia abajo (10 mL H ₂ O, 10 mL C ₂ H ₅ OH, 1 g pulverizado)	16,2	5,80
Cáscara con pulpa (10 mL H ₂ O, 10 mL C ₂ H ₅ OH, 1 g pulverizado)	16,4	5,25

Posteriormente, se utilizó una proporción de 75 mL H₂O (75 %) y 25 mL C₂H₅OH (25 %) y soluto 5 g de pulverizado, se observó que la dilución no era completa, motivo por el cual se implementó una agitación magnética y orbital siendo de gran utilidad en la homogenización de la solución; para mejorar dicho proceso y evitar la presencia de sustancias indeseadas en la solución, se sometieron las tres muestras a una centrifugación, teniendo como resultado un sobrante de licnina.

Asimismo, se observó que la muestra 2 presentaba una mayor cantidad de licnina con respecto a la 1 y 3. Las muestras fueron sometidas a una filtración para garantizar mayor pureza, por cada muestra se registró una pérdida de 0,6 mL. Finalmente, se llevó las muestras al rota- evaporador para eliminar el etanol de las soluciones obtenidas con anterioridad tanto para librar el producto de alcohol como para su reutilización.

Tabla 3

Resultados separación rota evaporadora

Muestras de solución base	Flujo de entrada (ml)	Flujo de salida (ml)	Etanol esperado (ml)
Cáscara con albedo hacia arriba (75 mL H ₂ O, 25 mL C ₂ H ₅ OH, 1 g pulverizado)	94	70,5	23,5
Cáscara con albedo hacia abajo (75 mL H ₂ O, 25 mL C ₂ H ₅ OH, 1 g pulverizado)	94	70,5	23,5
Cáscara con albedo hacia abajo (75 mL H ₂ O, 25 mL C ₂ H ₅ OH, 1 g pulverizado)	94	70,5	23,5

De igual manera, se desarrollaron guías de laboratorio, con el fin de establecer un seguimiento de los procedimientos para medir las variables controlables; además, se desarrollaron guías para los diferentes procesos: pulverización, preparación de solución bases, pruebas de pH y la prueba de ácido ascórbico que está en curso.

Conclusiones

Las cáscaras de naranja recolectadas fueron utilizadas exitosamente para las distintas pruebas y procesos del proyecto, así mismo, se evaluó el ácido ascórbico y la cantidad de vitamina C obtenida en las muestras de solución base, por medio de lo cual se evidenció la viabilidad del proyecto.

En el trabajo, se realizaron dos pruebas de preparación de solución base, en las cuales se demostró que el etanol (C_2H_5OH) facilita la homogenización de las soluciones base; sin embargo, se descartó la prueba 1, ya que el porcentaje establece que para el consumo humano no debe exceder el 25 %. Cabe resaltar que, la prueba 1 presentó un mejor proceso de homogenización, pero no cumplía con el parámetro establecido para el consumo humano del 25 %, hecho que sí se observa con la prueba 2, homogenización adecuada y cumplimiento del parámetro establecido.

Asimismo, se obtuvo resultados de las pruebas de pH en las diferentes muestras de solución base. Por lo tanto, se realizaron distintas investigaciones, donde se presenta que el pH de la cáscara de naranja varía entre 2,9 % y 3,9 %, con esto se logró deducir que las pruebas se ajustaban a los valores establecidos.

También se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva acerca de ensayos y pruebas para determinar propiedades y características de la cáscara de naranja, pH, acidez y almidón. De igual forma, se llevó a cabo diversas pruebas que permitieron encaminar el procesamiento de la cáscara de naranja para la producción de cápsulas de vitamina C.

Finalmente, cabe señalar que se obtuvo buenos resultados en los procesos de centrifugación y rota-evaporación; las muestras obtenidas fueron las adecuadas: forma cristalina óptima, se eliminó residuos o solventes restantes, los cuales son objeto de estudio para la encapsulación.

Referencias

- Bogdanoff, N. (2015). *Optimización de los procesos de obtención y concentración de pectina de naranja* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata]. SEDICI. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/48617>
- Castillo, J. S. (2004, 13 de febrero). *Deshidratación de naranjas*. <https://www.engormix.com/balanceados/foros/deshidratacion-naranjas-t1329/>
- Delgado, D. E. (2018). *Evaluación del rendimiento, calidad y actividad antioxidante del aceite esencial de cáscara de naranja fresca de la especie Citrus maxima (Burm.) Merr. Familia Rutaceae, obtenido por dos métodos de extracción* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16721>
- Eroski Consumer. (s.f.). Naranja. <https://frutas.consumer.es/naranja/propiedades>
- Li, S., Lo, C. Y., & Ho, C. T. (2006). Hydroxylated Polymethoxyflavones and Methylated Flavonoids in Sweet Orange (*Citrus sinensis*) Peel. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(12), 4176-4185. <https://doi.org/10.1021/jf060234n>
- Muñoz, C. (2013). *Utilización de los subproductos de la horchata de chufa en la industria cárnica* [Trabajo de especialización, Universidad Politécnica de Cartagena]. Crai Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/10317/3594>
- Ordoñez-Gómez, E. S., Reátegui-Díaz, D. y Villanueva-Tiburcio, J. E. (2018). Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 113-121. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v9n1/a12v9n1.pdf>
- Rodas, E. J. (2018). *Deshidratación de Cascara de Naranja*. <https://es.scribd.com/document/388487497/Deshidratacion-de-Cascara-de-Naranja>
- Sinclair, W. B. (1961). *The Orange: Its Biochemistry and Physiology*. Universidad de California.