

Microencapsulado y parámetros de concentración de zumo *Citrus sinensis* en la vitamina C

Microencapsulation and concentration parameters of *Citrus sinensis* juice in vitamin C

Harold Ore Q.¹* William Aldana J.² Kim Seminario V.³ Lesly Espinoza H.⁴.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la microencapsulación y los parámetros de operación (temperatura y presión de vacío) durante la concentración de zumo de naranja (*Citrus sinensis*) en el contenido de vitamina C. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, fue de tipo aplicada explicativa y con un diseño experimental; en el cual, se obtuvo el zumo de naranja concentrado durante un período de 4 horas; las variables analizadas fueron: 3 concentraciones de microencapsulante (5, 10 y 15% maltodextrina), con 3 temperaturas (30, 40 y 50 °C) y 3 presiones de vacío (100, 200 y 300 mbar); utilizando el diseño estadístico factorial 3x3x3 y para el contenido de vitamina C se utilizó el método espectrofotométrico basado en reducir el colorante 2-6-diclorofenolindofenol. Como resultado se obtuvo que el mejor tratamiento fue a 300 mbar, 30 °C y 15% de maltodextrina con un contenido de 40.5 mg ácido ascórbico/100 ml de zumo; y el estudio evidenció valores de significancia de 0.00 los cuales son menores al P-valor = 0.05. Concluyendo que las concentraciones de microencapsulado y los parámetros operativos de temperatura y presión de vacío tienen un efecto significativo en la cantidad de la vitamina C del zumo de naranja.

Palabras clave: Vitamina C, temperatura, microencapsulación, evaporación.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effect of microencapsulation and the operating parameters (temperature and vacuum pressure) during the concentration of orange juice (*Citrus sinensis*) on the vitamin C content. The research was developed under a quantitative approach, it was of an explanatory applied type and with an experimental design; in which, the concentrated orange juice was obtained during a period of 4 hours; The variables analyzed were: 3 microencapsulant concentrations (5%, 10% and 15% maltodextrin), with 3 temperatures (30, 40 and 50 °C) and 3 vacuum pressures (100, 200 and 300 mbar); Using the 3x3x3 Factorial Statistical Design and for the vitamin C content, the spectrophotometric method based on reducing the dye 2-6-dichlorophenolindophenol was used. As a result, it was obtained that the best treatment was at 300 mbar, 30 °C and 15% maltodextrin with a content of 40.5 mg ascorbic acid/100 ml of juice; and the study showed significance values of 0.000 which are less than P-value = 0.05. Concluding that the concentrations of microencapsulation and the operating parameters of temperature and vacuum pressure have a significant effect on the amount of vitamin C in orange juice.

Keywords: Vitamin C, temperature, microencapsulation, evaporation

DOI: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v11i1.361>

Recibido: 07/12/2022. Aceptado: 01/03/2023

* Autor para correspondencia

1. Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja, Perú. Email: haroldore@unat.edu.pe
2. Universidad Nacional de Frontera, Perú. Email: waldana@unf.edu.pe
3. Universidad Nacional de Frontera, Perú. Email: tercer_nombre3@gmail.com
4. Universidad Nacional del Santa, Perú. Email: lespinoza@agrobanco.com.pe

INTRODUCCIÓN

En la última década se evidenció que el 20% de las personas en el mundo consumen cantidades de vitamina C por debajo de lo requerido, muy marcados en partes de Asia y con menor importancia en los países de mayor ingreso (Beal, Massiot, Arsenault, Smith, & Hijmans, 2017). Entre los antioxidantes imprescindibles tenemos a la Vitamina C, que tiene como principales funciones la neutralización de los radicales libres, reducir el hierro, regenerar la vitamina E (Calabrese y otros, 2013) y actuar como cofactor de enzimas α -cetoglutarato dioxigenasas (Clemetson, 1989; Cimmino, Neel, & Aifantis, 2018). Estas enzimas participan en la síntesis de neurotransmisores, en la regulación de la expresión génica y en el entrecruzamiento de las fibras de colágeno, siendo un componente esencial de la matriz extracelular que debe hidroxilarse en residuos de lisina y prolina para formar una estructura de triple hélice (Villagrán, y otros, 2019). En términos generales, la escasez de la vitamina C y ciertos micronutrientes son asociados a una mal nutrición generalmente, se presenta en alcohólicos, indígenas, ancianos (Gan, Eintracht, & Hoffer, 2008). La reducida presencia de vitamina C en la ingesta de alimentos de la población de diabéticos generan altos niveles de riesgos, ya que la mayoría presentan niveles plasmáticos de Ácido ascórbico menores de 20 μ M, generando un incremento de un problema asociado a mala cicatrización en estas personas (Christie-David & Gunton, 2017). La vitamina C mejora el incremento de tejidos conectivos, la biotransformación y absorción de vitaminas y lípidos (Calabrese, Masuelli, & Gazzolo, 2013). Es altamente sensible al procesamiento, al oxígeno, temperaturas media-altas y a la luz (Marsanasco, Márquez, Wagner, & Chiaramoni, 2011).

A nivel mundial, el 12% de la población canadiense tiene una ingesta por debajo del requerimiento diario, en Francia se presentó déficit del 12% y 6% en hombres y mujeres respectivamente (Gan, Eintracht, & Hoffer, 2008; Mosdol, Erens, & Brunner, 2008), en Estados Unidos el 7% de la población presenta un déficit en su ingesta diaria de vitamina C (Schleicher, Carroll, Ford, & Lacher, 2009), en Tailandia se determinó un déficit de vitamina C en niños de 6 meses a 9 años que se alimentaron con leche UHT durante la hospitalización, esto debido al calor utilizado en el proceso que logra inactivar la vitamina C (Ratanachu, Sukswai, Jeerathanyasakun, & Wongtapradit, 2003).

A nivel de Latinoamérica, aunque el déficit de vitamina C no supera el 37% en la población genera el desarrollo de escorbuto, incremento del deterioro de la función cognitiva, mayor cantidad de infecciones, cáncer y cierta enfermedad ocular (Granger & Eck, 2018).

A nivel nacional, se mostró que un 75% tuvo ingestas menores a 18 mg/día, y que el 90% mostró datos menores a 60 mg/día. La ingesta promedio para la región sierra rural fue 27.72 mg/día y una parte de la costa fue 18.98 mg/día (INS, 2021).

La Vitamina C que es conocido como ácido L-ascórbico, pertenece al grupo de moléculas orgánicas tipo ceto-lactona de 6C (Hediger, 2002; Levine, 1986), puede absorberse como ácido ascórbico y como ácido dehidroascorbico a nivel de mucosa bucal, estómago y yeyuno (intestino delgado), luego es transportada vía vena porta hacia el hígado para luego ser conducida a los tejidos que la requieran (Ganem, Aguilar, Dorsant, & Viel, 2012). El contenido se reduce significativamente en el procesamiento de frutas y hortalizas, por exposición a temperaturas, a la luz, al oxígeno, a variaciones de depresión, a pH diversos, entre otros (García, y otros, 2006). La naranja es uno de los cítricos más utilizados por los consumidores para ingerir en forma de jugo natural (Schvab, Ferreyra, Gerard, & Davies, 2013). Su zumo es un producto complejo formado agua, azúcares, ácidos orgánicos, sales minerales, vitaminas y pigmentos, además de una serie de componentes orgánicos volátiles e inestables responsables de su sabor y aroma (Correa & Faria, 1999). Sus cualidades están influenciadas básicamente por factores microbiológicos, enzimáticos, químicos y físicos que comprometen sus características sensoriales (aroma, sabor, color, viscosidad y estabilidad) y nutricionales (Arena y otros, 2001). Ahora, la concentración del zumo por medio de la evaporación permite realizar la concentración de una mezcla conformada en principio un soluto volátil y un disolvente volátil, este proceso está determinado por el equilibrio líquido-vapor (McCabe & Smith, 1991). Para Singh y Hieldman (2009) es una operación básica usada para eliminar agua de alimentos en estado líquidos y así generar un producto más concentrado, con mayor estabilidad microbiológica y con costos reducidos de almacenamiento y transporte. Así también, Rojero et al (2008), afirma que se obtienen menores temperaturas de evaporación operando a una presión por debajo de la atmosférica. Y la encapsulación como la técnica en donde partículas en estado líquido, sólido o gaseoso, son cubiertas con una película de un polímero poroso que contiene una sustancia activa (Araneda & Valenzuela, 2009); ésta cubierta que generalmente se hace de componentes que forman cadenas se usa para construir una pared con propiedades entre ellas: una hidrofóbica y/o hidrofílica (Fuchs, y otros, 2006). La microencapsulación es aplicada principalmente en las industrias farmacéuticas, médicas, textiles, alimentaria (Dutta y otros, 2009; Rai y otros, 2009). Esta permite que el producto alimenticio resista condiciones de procesamiento, envasado y almacenado además de mejorar la apariencia, valor nutritivo, estabilidad, el sabor y aroma de sus productos (Montes y otros, 2007).

Según lo expuesto se formuló el problema general: ¿Cuál es el efecto del Microencapsulado y los parámetros de concentración de zumo de naranja (*Citrus sinensis*) por medio de un evaporador rotativo en la vitamina C?

El objetivo general de la investigación fue determinar el efecto del Microencapsulado y los parámetros de concentración de zumo de naranja (*Citrus sinensis*) por medio de un evaporador rotativo en la cantidad de vitamina C.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología para obtener el zumo de naranja concentrado se muestra en la Figura 1. Para el proceso se realizan las siguientes etapas:

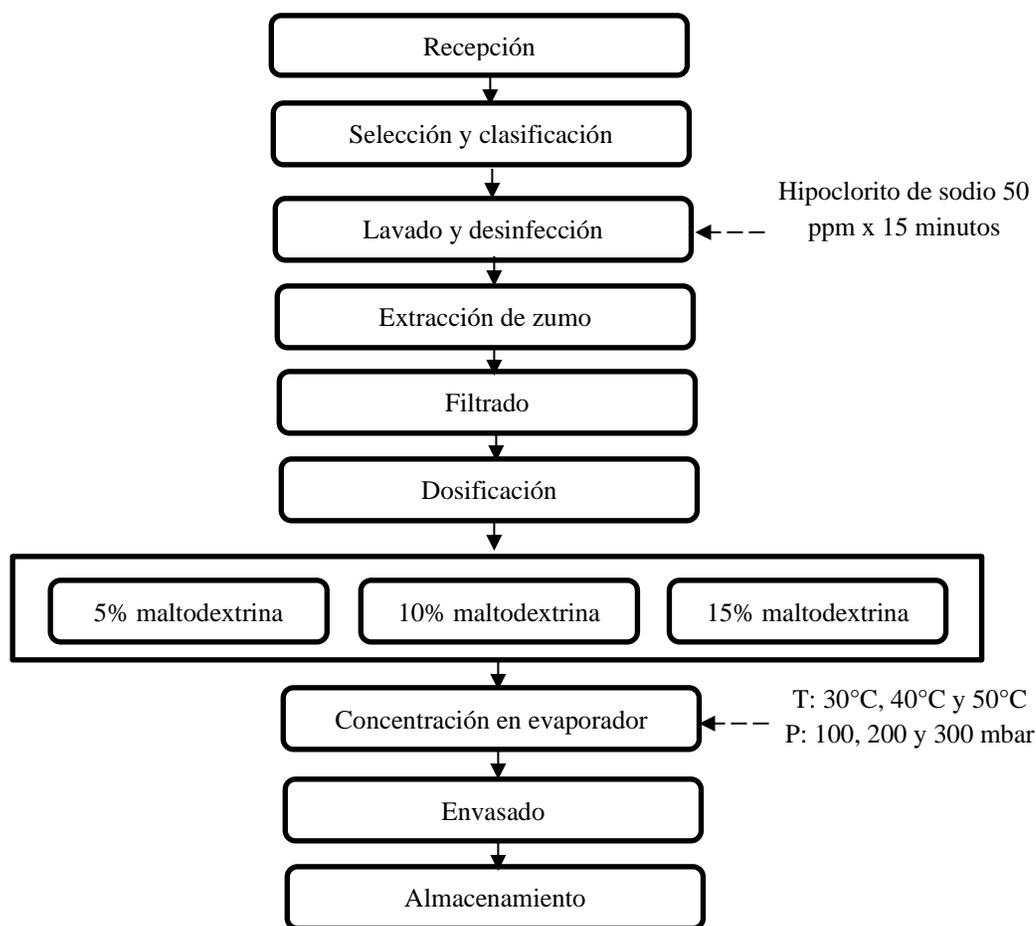


Figura 1. Diagrama para el concentrado de zumo de naranja

Determinación del contenido de ácido ascórbico:

Se determinó por el método espectrofotométrico (Ciancaglini, 2001) que se basa en la reducción del colorante 2-6-diclorofenolindofenol, por efecto del ácido ascórbico en solución. Primero calculamos la absorbancia de L_1 , para ello se ajustó la absorbancia a cero con agua destilada, a una longitud de onda de 520 nm, luego se lee la absorbancia de un tubo con un contenido de 1 ml de ácido oxálico al 0.4% + 9 ml. de solución coloreada (2,6-diclorofenolindofenol), determinando L_1 . Segundo calculamos L_2 , colocamos un 1 ml de filtrado + 9 ml. de agua destilada en un tubo y ajustamos la absorbancia. En un tubo adicional se colocó 1 ml. de filtrado + 9 ml. de solución coloreada, y tomo la absorbancia (L_2) después de 15 segundos. Luego calculamos la diferencia de L_2-L_1 para curva patrón.

Determinación de acidez

Se determinó con el método 935.05 de Official methods of Analysis - AOAC (2000). Los resultados se expresaron con los porcentajes de ácido cítrico y se calcularon mediante la ecuación (1):

$$\%acidez = \left(\frac{(B \times N \times E)}{V} \right) \times 100 \quad (1)$$

Donde:

B = ml. de NaOH

N= Normalidad de NaOH

E= Peso mili equivalente del ácido cítrico

V= Volumen de la muestra en ml

Determinación de pH

El pH se determinó con un potenciómetro digital (Marca: Hanna Instrument), por inmersión del electrodo en el zumo de naranja previas calibraciones con soluciones buffers a pH 4, 7 y 10.

Determinación de grados °Brix

Se determinó la cantidad de sólidos totales solubles con un refractómetro ABBE (marca: Hand.Held Atago).

Análisis de datos

Para el análisis estadístico se utilizó un Diseño Factorial 3x3 con 3 repeticiones, las variables analizadas fueron: 03 temperaturas (30, 40 y 50°C), 03 presiones de vacío (100, 200 y 300 mbar) y 03 concentraciones de Microencapsulante (5%, 10% y 15% de maltodextrina) durante la concentración, con la intención de evaluar el efecto de esas variables sobre la cantidad de vitamina C durante la concentración del zumo de naranja. Para el procesamiento de datos se usó el programa estadístico SPSS

versión 25, donde se aplicó el Análisis de varianza para determinar las variables independientes con efecto significativo en la variable respuesta utilizando un valor $P < 0.05$

Tabla 1. Definiciones de variables y niveles del Diseño Factorial

Variable	Nombres	Und	Tipos	Mín	Med	Máx	Mean
A	Presión de Vacío	mbar	Numérico	100	200	300	200
B	Temperatura	°C	Numérico	30	40	50	40
C	Microencapsulante	%	Numérico	5	10	15	10

Tabla 2. Variable respuesta del Diseño Factorial

Respuestas	Nombres	Und	Análisis
R1	Contenido de Vitamina C	mg/100 g	Polinomio

Supuesto de normalidad

La prueba de normalidad aplicada a los datos experimentales según el test de Shapiro Wilk indicado en la Tabla 3 nos muestra un valor de 0.971, el cual es mayor al p-Valor de 0.05, confirmando que los datos experimentales están distribuidos siguiendo una distribución normal.

Tabla 3. Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Vitamina C	0.082	27	0.200	0.986	27	0.971

a. Corrección de significación de Lilliefors

Prueba de varianza

Según el test de Levene indicado en la Tabla 4, podemos decir que las varianzas son homogéneas según el p-valor = 0.54 el cual es mayor a 0.05, lo cual nos permite aceptar la hipótesis nula.

Tabla 4. Prueba de Igualdad de Levene de la variable dependiente: Vitamina C

F	df1	df2	Sig.
0.379	2	24	0.688

Cumpléndose los supuestos de normalidad y varianza, confirmamos la aplicación de una prueba paramétrico de los datos, como es el ANOVA.

RESULTADOS

Características fisicoquímicas del zumo de naranja (*Citrus sinensis*)

En la Tabla 5 se observan los resultados en la caracterización fisicoquímica del jugo de naranja de variedad Valencia (*Citrus sinensis*), donde encontramos que tiene una humedad de 89.2%, los sólidos totales se encuentran en 11.2 °Brix, la acidez se encuentran en 0.97% p/p, g a.c./100g muestra, el pH está en 3.61 y la concentración de vitamina C se encuentra en 50.2 mg a.a./100ml de jugo.

Tabla 5. Características fisicoquímicas de la naranja (*Citrus sinensis*)

Característica fisicoquímica	Cantidad
Humedad (%)	89.4 ± 0.1
Sólidos totales (°Brix)	11.1 ± 0.2
Acidez (% p/p, g a.c./100g muestra)	0.97 ± 0.2
pH	3.62 ± 0.01
Vitamina C (mg a.a./100ml de jugo)	50.1 ± 0.4

Efecto del microencapsulante y los parámetros de operación durante el proceso de concentrado del zumo de naranja (*Citrus sinensis*) en un evaporador rotatorio en el contenido de vitamina C.

Se utilizó una descripción cuantitativa en función a los efectos generados por cada variable en el contenido de vitamina C. Estas variables independientes fueron; concentración de microencapsulante, presión de vacío y temperatura de la operación unitaria de evaporación; cuya variable respuesta fue la cantidad de la Vitamina C en el zumo de naranja, como indica la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados del contenido de la vitamina C del zumo de naranja concentrado

Factor A: Presión de vacío	Factor C: Microencapsulante – Maltodextrina								
	5%			10%			15%		
	Factor B: Temperatura								
	30°C	40°C	50°C	30°C	40°C	50°C	30°C	40°C	50°C
100 mbar	13.2 ± 0.1	10.1 ± 0.1	6.15 ± 0.1	19.8 ± 0.1	16.1 ± 0.5	11.4 ± 0.3	25.4 ± 0.1	19.5 ± 0.2	15.3 ± 0.1
200 mbar	21.6 ± 0.1	16.5 ± 0.3	11.4 ± 0.2	26.2 ± 0.2	21.4 ± 0.2	15.9 ± 0.5	31.6 ± 0.4	25.4 ± 0.3	19.3 ± 0.1
300 mbar	30.9 ± 0.3	24.4 ± 0.4	18.3 ± 0.1	35.6 ± 0.3	28.4 ± 0.1	22.1 ± 0.1	40.5 ± 0.2	34.2 ± 0.3	28.2 ± 0.6

Análisis de varianza - ANOVA

Podemos observar que la Tabla 7 presenta el ANOVA para la respuesta en relación al contenido de vitamina C en el zumo de naranja, conociendo que la fuente que genera variación del modelo se

subdivide en ciertos componentes, Presion de vacío (A), temperatura (B) y concentración de microencapsulado (C), estos componentes son factores cuantitativos que cuentan con 3 niveles.

Tabla 7. Prueba de efecto del microencapsulante y parámetros de concentración en vitamina C

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	1826,806 ^a	6	304,468	258,820	,000
Interceptación	12849,362	1	12849,362	10922,888	,000
Microencapsulante:	417,295	2	208,648	177,366	,000
Maltodextrina					
Temperatura	523,593	2	261,797	222,546	,000
Presion de Vacío	885,918	2	442,959	376,547	,000
Error	23,527	20	1,176		
Total	14699,696	27			
Total corregido	1850,334	26			

a. R al cuadrado = 0.987 (R al cuadrado ajustada = 0.983)

En la Tabla 7, se observa que el microencapsulante y los parámetros de operación en la concentración de zumo de naranja (*Citrus sinensis*) en un evaporador rotativo luego de la aplicación del ANOVA muestra valores de significancia de $0.000 < 0.05$ indicando que las concentraciones de microencapsulado y los parámetros operativos de temperatura y Presion de vacío son significativos en la cantidad de la vitamina C del zumo de naranja. Se determinó aceptar la hipótesis alternativa. Además, el coeficiente de determinación R^2 fue 0.983, el cual indica que el 98.3% de las respuestas serán explicadas por el modelo y que el 1.7% no será explicado.

DISCUSIÓN

Entre las características fisicoquímicas del jugo de naranja (*Citrus sinensis*), se tiene a la humedad con 89.4%, similar a lo determinado por Leiton y otros (2016) que obtuvieron una humedad de 90.52% en jugo de naranja fresca, así mismo Mosquera, Ayala, & Ochoa (2012), reporta una humedad de 95.52%, además Romero (2020) indicó que la humedad estuvo en 92.5%. Además, los sólidos totales se encuentra en 11.1 °Brix, siendo similar a la investigación de Leiton, Mosquera, Ayala, & Ochoa (2016) quien obtuvo 8 °Brix, así mismo Mosquera, Ayala, & Ochoa (2012), reporta un 8 °Brix, también Ariza, y otros (2014) determinó que los sólidos solubles (SST) están entre 7.7 y 9.6 °Brix, además Romero (2020)

determinó que los sólidos torales era 8.22 °Brix. En tanto, la acidez titulable estuvo en 0.97% p/p, g a.c./100g muestra, similar a lo indicado por Ariza, y otros (2014) indicaron valores de acidez titulable (AT) de 0.66 y 1% de ácido cítrico, además Romero (2020) determinó una acidez de 0.95 p/p, g a.c./100g muestra de zumo de naranja, también para Avalo, Pérez, & Tovar (2009) la acidez titulable 1.47 p/p, g a.c./100g muestra de zumo. Como otra característica analizada, tenemos al pH con 3.62, que se asemeja a lo determinado por Romero (2020) indicando un pH de 3.37, además para Avalo, Pérez, & Tovar (2009) el pH determinado fue de 3.63. Por último, el contenido de vitamina C estuvo en 50.1 mg a.a/100ml de zumo de naranja, muy cercano a lo indicado por Romero (2020) con un contenido de 51.12 mg a.a/100ml de zumo, como también por Avalo, Pérez, & Tovar (2009) que determinó un contenido de vitamina C en 50.05 mg a.a/100ml de zumo.

Según la Tabla 6, se observa que la reducción del contenido de vitamina C: a 5% de maltodextrina, 30°C y 100 mbar disminuyó 73.7%; a 5% de maltodextrina, 50°C y 100 mbar disminuyó 87.7%; a 5% de maltodextrina, 30°C y 200 mbar disminuyó 56.8%; a 5% de maltodextrina, 50°C y 200 mbar disminuyó 77.2%; a 5% de maltodextrina, 30°C y 300 mbar disminuyó 38.2%; a 5% de maltodextrina, 50°C y 300 mbar disminuyó 63.5%; a 15% de maltodextrina, 30°C y 100 mbar disminuyó 49.2%; a 15% de maltodextrina, 50°C y 100 mbar disminuyó 69.6%; a 15% de maltodextrina, 30°C y 200 mbar disminuyó de 36.9%; a 15% de maltodextrina, 50°C y 200 mbar disminuyó 61.6%; 15% de maltodextrina, 30°C, 300 mbar disminuyó 19.1%; y 15% de maltodextrina, 50°C y 300 mbar disminuyó 43.8%, con una gran variación entre extremos de 68.6% indicando las diferencias producto a las tres variables. Y según la Tabla 7, el microencapsulante y los parámetros de operación en la concentración de zumo de naranja (*Citrus sinensis*) en un evaporador rotativo luego de la aplicación del ANOVA muestra valores de significancia de $0.000 < 0.05$ indicando que las concentraciones de microencapsulado y los parámetros operativos de temperatura y Presion de vacío son significativos en la cantidad de la vitamina C del zumo de naranja. Se determinó aceptar la hipótesis alternativa. Lo cual fue respaldado por Munyaka y otros, (2010) que determinó que la presencia de la vitamina C se ve afectada de forma significativa mientras se genera el desarrollo de las etapas de procesamiento en frutas y hortalizas por causa de los factores como la variación de pH, la interacción de los iones metálicos, la Presion de vacío en el equipo, la exposición al oxígeno y las altas temperaturas. Además, según Nagy (1980) y Manso, Oliveira, Oliveira, & Frias (2001) determinaron que los parámetros de procesamiento térmico como temperatura y Presion afectan los productos generados a partir de frutas, siendo la más afectada la vitamina C. También Ordoñez y Yoshioka (2012) indican que el procesamiento y el tiempo del almacenamiento afectan el

contenido de vitamina C. Según Ibarz y Barbosa (2005) el coeficiente de transferencia de calor se reduce en función del tiempo de intercambio de calor debido a la adhesión de partículas a las paredes del intercambiador. Para Singh & Heldman (2009) y Ibarz y Barbosa (2005) esto ocurre debido al aumento ebulloscópico generado por el aumento de solutos en la solución en proceso de concentración. Las microcápsulas, ayudan a que los materiales alimenticios empleados resistan las condiciones de procesamiento y empaçado mejorando sabor, aroma, estabilidad, valor nutritivo y apariencia de sus productos (Montes, Ortega, & De-Paula, 2007). Además, para Loksuwan (2007), el almidón nativo y modificado de tapioca, y maltodextrina han sido investigados por su habilidad de ser utilizado como material de pared para la encapsulación de β -caroteno; así mismo, Riveros (2015) concluyó que la Goma Arábiga al 50% (2178.13 mg/100g) y la Maltodextrina al 50% (2168.44 mg/100g) siendo la muestra atomizada presentaron menor degradación de ácido ascórbico durante el periodo de almacenamiento. Además, Lastrada y Vivanco (2015) en su investigación indicaron que el proceso de atomizado con el tratamiento a 140°C de temperatura de secado y 10% de maltodextrina presentó las mejores características dando un 14.66% de higroscopicidad, 5.1% de humedad, 2.73 de pH, 2.88% de acidez (Ácido cítrico) y 976.2 mg de vitamina C/100 g de polvo. Siendo respaldado por Montes y otros, (2007), la microencapsulación ayuda a que los materiales alimenticios empleados resistan las condiciones de procesamiento y empaçado mejorando sabor, aroma, estabilidad, valor nutritivo y apariencia de sus productos.

CONCLUSIONES

Las características fisicoquímicas del zumo de naranja (*Citrus sinensis*), en la cual encontramos que tiene una humedad de 89.4%, los sólidos totales se encuentran en 11.1 °Brix, la acidez se encuentra en 0.97 % p/p, g a.c/100g muestra, el pH está en 3.62 y el contenido de vitamina C se encuentra en 50.1 mg a.a/100ml de zumo de limón.

El microencapsulante y los parámetros de operación en la concentración de zumo de naranja (*Citrus sinensis*) en un evaporador rotativo luego de la aplicación del ANOVA muestra valores de significancia de $0.000 < 0.05$ indicando que las concentraciones de microencapsulado y los parámetros operativos de temperatura y presión de vacío son significativos en la cantidad de la vitamina C del zumo de naranja.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. (2000). *Official methods of Analysis*. 16th Edition. Association of official Analytical Chemists. Washington D.C, USA.
- Araneda, C., & Valenzuela, F. (2009). Microencapsulación de extractantes: una metodología alternativa de extracción de metales. . *Revista Ciencia Ahora* , 22(11): 9-19 pp.
- Arena, E., Fallico, B., & Maccarone, E. (2001). Thermal damage in blood orange juice: kinetics of 5-hydroxymethyl-2- furancarboxaldehyde formation. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 36(2) 145-151 pp.
- Ariza, F., Tejacal, I., Beltrán, M., Ambriz, C., Aarón, L., Barrios, A., & Barbosa, M. (2014). Calidad de los frutos de naranja "valencia" en morelos, México. . *Revista Iberoamericana de tecnología postcosecha*, 11, 148-153.
- Avalo, B., Pérez, S., & Tovar, M. (2009). Caracterización preliminar del proceso de concentración del jugo natural de naranja en un evaporador de tres efectos. *Interciencia*, (34)11, 784-790 pp. Recuperada de <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=33913148005>.
- Beal, T., Massiot, E., Arsenault, J., Smith, M., & Hijmans, R. (2017). Global trends in dietary micronutrient supplies and estimated prevalence of inadequate intakes. *PLoS One*, 12(4). DOI: 10.1371/journal.pone.0175554.
- Calabrese G., M. L. (2013). Effects of vitamin C on health: A review of evidence. *Biosci-Landmark*.
- Christie-David, D., & Gunton, J. (2017). Vitamin C deficiency and diabetes mellitus - easily missed? *Diabetic medicine : a journal of the British Diabetic Association*, 34(2):294-296. doi: 10.1111/dme.13287.
- Ciancaglini, P. (2001). Using a classical method of vitamin C quantification as a tool for discussion of its role in the body. . *Revista Biochemistry and molecular biology education*, 29 (3), pp. 110-114.
- Cimmino, L., Neel, B., & Aifantis, I. (2018). Vitamin C in stem cell reprogramming and cancer. . *Trends Cell Biol*, 28(9): 698-708.
- Clemenson, C. (1989). *Vitamin C*. United States: CRC Press.
- Correa, N., & Faria, J. (1999). Factores que influem na qualidade do suco de laranja. *Ciencia Tecnologia Alimentaria*, 19(1)153-161 pp. Recuperada de <https://www.redalyc.org/pdf/813/81327871015.pdf>.
- Dutta, P., Tripathi, S., Mazutti, G., & Dutta, J. (2009). Review: Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. . *Journal Food Chemistry* , 114(4): 1173–1182.

-
- Fuchs, M., Turchiuli, M., Bohin, M., Cuvelier, C., Ordonnaud, M., & Dumoulin, E. (2006). Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 75(1): 27-35.
- Gan, R., Eintracht, S., & Hoffer, L. (2008). Vitamin C deficiency in a university teaching hospital. *J Am Coll Nutr*, 27(3):428-33. doi: 10.1080/07315724.2008.10719721.
- Ganem, P. I., Aguilar, P. M., Dorsant, R. L., & Viel, R. H. (2012). Aspectos esenciales sobre vitamina C. *Revista Información Científica*, (73) 1. Recuperada de <https://www.redalyc.org/pdf/5517/551757293021.pdf>.
- García, G., García, A., Mejía, O., Clavijo, D., Hernández, S., Báez, S., & Cobos, C. (2006). Aspectos bioclínicos y patobiológicos de la vitamina C en la especie humana. *Rev CES Med*, 20(2):53-72.
- Granger, M., & Eck, P. (2018). Dietary Vitamin C in Human Health. *Advances in food and nutrition research*, 83, 281–310. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2017.11.006>.
- Hediger, M. (2002). New view at C. *Nature Medicine*, 8, 445–446. <https://doi.org/10.1038/nm0502-445>.
- Ibarz, A., & Barbosa, G. (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Madrid: Grupo Mundi-Prensa.
- INS. (11 de Noviembre de 2021). *Micronutrientes. Sala situacional alimentaria nutricional 3*. Obtenido de Instituto Nacional de Salud. Centro Nacional de Alimentación y nutrición: https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/cenan/van/sala_nutricional/sala_4/2016/01_Sala_Situacional_Alimentaria_Nutricional_3_Micronutrientes.pdf
- Leiton, R., Mosquera, V. E., Ochoa, M. C., & Ayala, A. A. (2016). Evaluación de propiedades físico-químicas en secado de naranja (*Citris sinensis*) mediante liofilización: influencia del espesor. *Agronomía Colombiana*, (1) 302-304. Doi: 10.15446/agron.colomb.sup.2016n1.58087.
- Levine, M. (1986). New concepts in the biology and biochemistry of ascorbic acid. *The New England journal of medicine*, 314(14), 892–902. <https://doi.org/10.1056/NEJM198604033141407>.
- Loksuwan, J. (2007). Characteristics of microencapsulated β -carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrina. *Food Hydrocolloids*, 21: 928-935.
- McCabe, W., & Smith, J. (1991). *Operaciones básicas de ingeniería química*. Editorial Reverte, 564 pp.

- Manso, M., Oliveira, F., Oliveira, J., & Frias, J. (2001). Modelling ascorbic acid thermal degradation and browning in orange juice under aerobic conditions. *International Journal Of Food Science and Technology*, 36(3): 303-312.
- Marsanasco, M., Márquez, A., Wagner, J., & Chiaramoni, N. (2011). Liposomes as vehicles for vitamins E and C: An alternative to fortify orange juice and offer vitamin C protection after heat treatment. *Food Res Int.*, 44(9)3039-3046.
- Montes, E., Ortega, M., & De-Paula. (2007). Determinación de las condiciones óptimas de encapsulamiento por co-cristalización de jugo de maracuya (*Passiflora edulis*). *Revista Temas Agrarios*, 12: 5-12.
- Mosdol, O., Erens, B., & Brunner, E. (2008). Estimated prevalence and predictors of vitamin C deficiency within UK's low-income population. *J Public Health (Oxf)*, 30(4):456-60. doi: 10.1093/pubmed/fdn076.
- Mosquera, E., Ayala, A., & Ochoa, C. (2012). Influencia de la congelación con nitrógeno líquido sobre el secado de naranja por liofilización. *Vitae*, (19)1. 204-206. Recuperada de https://www.researchgate.net/publication/313342065_INFLUENCIA_DE_LA_CONGELACION_CON_NITROGENO_LIQUIDO_SOBRE_EL_SECADO_DE_NARANJA_POR_LIOFILIZACION.
- Munyaka, A., Makule, E., Oey-I, V., & Hendrickx, M. (2010). Thermal Stability of L-Ascorbic Acid and Ascorbic Acid Oxidase in Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *J Food Sci.*, 75 (4), C336-C340.
- Nagy, S. (1980). Vitamin C contents of citrus fruit and their products: a review. *Journal of agricultural and food chemistry.*, 28(1), 8-18. <https://doi.org/10.1021/jf60227a026>.
- Ordoñez, L., & Yoshioka, L. (2012). Cinética de degradación térmica de vitamina C en pulpa de mango (*Mangifera indica* L). . *Vitae* , 19: 81-83.
- Rai, M., Asthana, P., Kant, S., Jaiswal, V., & Jaiswal, U. (2009). The encapsulation technology in fruit plants: A review. . *Biotechnology Advances* , 27(6): 671-679.
- Ratanachu, S., Sukswai, P., Jeerathanyasakun, Y., & Wongtapradit, L. (2003). Scurvy in pediatric patients: a review of 28 cases. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 86 Suppl 3, S734–S740. Recuperada de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14700174/>.
- Riveros, C. (2015). *Estabilidad de la vitamina C del zumo atomizado de aguaymanto (Physalis peruviana L.) utilizando distintos encapsulantes [Tesis de pregrado]*. Huancavelica: Universidad

Nacional de Huancavelica. Recuperada de <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/119/TP%20-%20UNH%20AGROIND%20%200033.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Rojero, M., García, J., Serrano, B., Félix, M., & Ríos, G. (2008). Simulación de un evaporador de doble efecto. caso de estudio: jarabe de azúcar. . *Revista Investigación Científica*, 4(2), 1-6
- Romero, C. (2020). *Liofilización de zumo de naranja de la variedad Valencia y Tangelo y su influencia en la degradación de la vitamina C [Tesis de Pregrado]*. Tarapoto-Perú: Universidad Nacional de San Martín.
- Schleicher, r., Carroll, M., Ford, E., & Lacher, D. (2009). Serum vitamin C and the prevalence of vitamin C deficiency in the United States: 2003-2004 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). *Am J Clin Nutr*, 90(5):1252-63. doi: 10.3945/ajcn.2008.27016.
- Schvab, M., Ferreyra, M., Gerard, L., & Davies, C. (2013). Parametros de calidad de jugos de naranja entrerrianas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14(1), 85-92 pp. Recuperada de <https://www.redalyc.org/pdf/813/81327871015.pdf>.
- Singh, P., & Heldman, D. (2009). *Introducción a la ingeniería de los alimentos. [2da edición]*. España: Acribia S.A.
- Villagrán, M., Muñoz, M., Díaz, F., Troncoso, C., Celis-Morales, C., & Mardones, L. (2019). Vitamin C in health and disease: a current perspective. *Revista chilena de nutrición*, (46)6. Recuperada de <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000600800>.
- Walter, P. (1994). Vitamin requirements and vitamin enrichment of foods. *Food Chem*.