



Efecto de los métodos escaldado y congelación previos a la liofilización sobre la retención de vitamina C en aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)

Effect of the blanching and freezing methods prior to lyophilization on weight loss of vitamin C content in aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)

Paul Cortijo-Mendoza*; **Ronald Haro Sánchez**; **Maria Fernanda Cerna Angeles**; **Luis Arana-Fu**; **Anghela Gutiérrez Figueroa**, **Mario Espinoza Aguilar**; **Jesús Sánchez-González**

Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias (Universidad Nacional de Trujillo) Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue optimizar el proceso de escaldado y método de congelación previos a la liofilización sobre la variación del contenido de vitamina C en una muestra de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) envasado procedente de la ciudad de Huánuco, provincia de Huánuco. Las variables de entrada consideradas fueron: tipo de escaldado (por inmersión a 75 °C durante 2 minutos y a vapor a 95 °C durante 2 minutos), y, el tipo de congelación (ultrarrápida con nitrógeno líquido, a -196 °C, y lenta, a -25 °C durante 1 día), aplicadas bajo la metodología de Taguchi con 12 ensayos (3 réplicas). Luego del pretratamiento de escaldado y congelación, las muestras se liofilizaron a condiciones de 0,22 mbar y -50 °C durante 24 horas. Esto se hizo con el fin de cuantificar la retención de la vitamina C en las muestras analizadas. Las muestras que fueron escaldadas por vapor y con una congelación ultrarrápida presentaron mayor retención del contenido de vitamina C ($73,33 \pm 2,07$ mg/100 g de materia seca) en comparación con el producto inicial sin ningún tratamiento ($175,94 \pm 11,31$ mg/100 g de materia seca). El análisis de resultados sugiere que la aplicación del escaldado a vapor como pretratamiento a la liofilización es una tecnología que favorece la conservación de vitamina C del Aguaymanto, permitiendo conservar mejor la calidad y características funcionales.

Palabras clave: uchuva, ácido ascórbico, pretratamiento, criodesecación, Metodología de Taguchi.

ABSTRACT

The aim of this research was to optimize the process and method of brewing before the freeze on the variation of vitamin C in a sample of aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) from the city of Huánuco, Huánuco province freezing. The input variables considered were: blanching type (immersed at 75 °C for 2 minutes and steamed at 95 °C for 2 minutes), and the type of freezing (flash with liquid nitrogen, at -196 °C, and slowly, at -25 °C for 1 day), applied under the methodology of Taguchi with 12 trials. After blanching pretreatment and freezing, the samples were lyophilized to conditions of 0,22 mbar and -50 °C for 24 hours. This was done to quantify the retention of vitamin C in the samples analyzed. Samples were scalded by steam and with a quick freezing method had higher retention of vitamin C (73.33 ± 2.07 mg/100 g of dry matter). The analysis of results suggests that the application of scalding steam as a pretreatment to freeze drying is a technology that favors the conservation of vitamin C aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), thus obtaining a product of higher quality and retain their functional characteristics.

Keywords: Uchuva, ascorbic acid, pre-treatment, freeze-drying, Taguchi method.

1. Introducción

En la actualidad se hace más importante para el consumidor ingerir alimentos que además de los beneficios originales que éste le pueda aportar, le ayude en el mantenimiento de su salud y en la prevención de enfermedades; es así que actualmente un buen porcentaje de la producción mundial de frutas está siendo

utilizada en procesos de producción de alimentos funcionales. El aguaymanto contiene nutrientes que junto con las vitaminas C, E y carotenoides potencializan la actividad antioxidante. Sustancias fenólicas como los flavonoides son los componentes más comunes en frutas y vegetales que tienen una fuerte capacidad antioxidante (Contreras-Calderón *et al.*, 2010). Estos compuestos pueden prevenir o

reducir el daño oxidativo de los lípidos, proteínas y ácidos nucleídos por especies reactivas de oxígeno (ROS), debido a sus propiedades como captadores de radicales libres (Martínez, 2005; Ikram et al., 2009). El aguaymanto es originario del Perú y existen diversas referencias históricas que indican que fue domesticado, cultivado y muy apreciado por los antiguos peruanos. La *Physalis peruviana* posee diferentes nombres comunes, dependiendo de la región: capulí, aguaymanto, awaymanto, bolsa de amor, cereza del Perú, uchuya, etc. El fruto es una baya carnosa, jugosa, en forma de globo con un diámetro entre 1,25 - 2,5 cm y contiene numerosas semillas (Repo y Encina, 2008). Las sustancias fenólicas son los componentes más comunes en frutas y vegetales que tienen una fuerte capacidad antioxidante (Contreras-Calderón et al., 2010). Estos compuestos pueden prevenir o reducir el daño oxidativo de los lípidos, proteínas y ácidos nucleicos por especies reactivas de oxígeno (ROS), debido a sus propiedades como captadores de radicales libres (Martínez, 2005; Ikram et al., 2009). Entre diferentes frutas, genotipos y cultivos, existe una marcada diferencia en cantidades y tipos de antioxidantes fenólicos y sus conjugados. Los métodos para establecer la capacidad antioxidante total difieren en la vía de generación de radicales libres, la forma de medida, el punto final de inhibición de la reacción y la sensibilidad de reducción de las moléculas en la muestra. El ácido ascórbico (AA) es un nutrimento esencial para los humanos. Una baja ingesta causa una enfermedad, por deficiencia, conocida como escorbuto. Este ácido está presente en forma natural en muchas frutas y verduras, además, estos alimentos son ricos en vitaminas antioxidantes, compuestos fenólicos y carotenos (Gutiérrez et al., 2007). El escaldado es un proceso térmico corto aplicado a frutas y hortalizas, antes de ser congelados, deshidratados o enlatados. Los alimentos pueden ser escaldados poniéndoles en contacto ya sea con agua, vapor, aire caliente o con microondas, por aproximadamente de 1 a 3 minutos, dependiendo de la naturaleza y el tamaño del producto concerniente.

El proceso de liofilización es una alternativa de interés como método de conservación de alimentos que permite prolongar el tiempo de vida útil conservando las propiedades físicas y fisicoquímicas relacionadas con la calidad. Consiste en la eliminación del agua de un producto por sublimación del agua libre de la fase sólida acompañada de la evaporación de

algunas porciones remanentes de agua no congelable. La sublimación ocurre cuando la presión de vapor y la temperatura de la superficie del hielo se encuentran por debajo del punto triple del agua. La liofilización se considera uno de los mejores métodos de conservación de las propiedades organolépticas y nutricionales de productos biológicos (Shui y Leong, 2006). Los productos liofilizados se caracterizan por su baja actividad de agua, bajos cambios de volumen y de forma, alta capacidad de rehidratación, aumento en su porosidad y por presentar un estado vítreo. La porosidad influye fuertemente en la capacidad de rehidratación de los vegetales deshidratados; a mayor porosidad mayor capacidad de rehidratación (Ayala, 2010).

La presente investigación tuvo el propósito de optimizar el proceso de escaldado y velocidad de congelación previos a la liofilización sobre la retención de vitamina C; esta vitamina es conocida por tener una alta actividad antioxidante que tras su consumo ayudaría a la prevención de algunas enfermedades en los seres humanos.

2. Materiales y métodos

El proceso se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Tecnología de Productos agroindustriales y de Biotecnología de los Productos Agroindustriales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Trujillo; siguiendo el diagrama de flujo de la Figura 1.

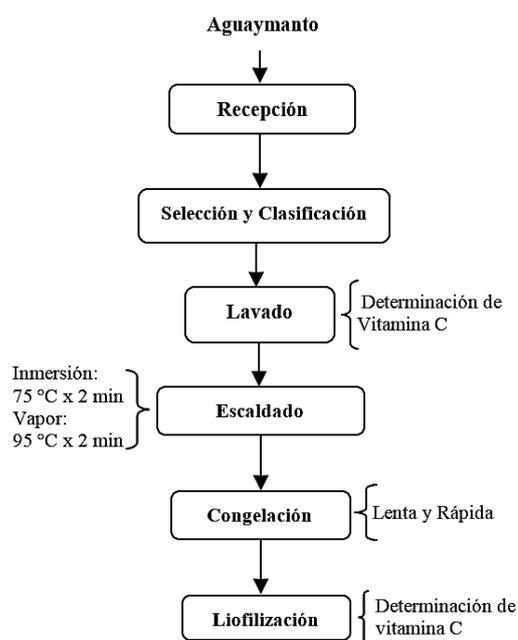


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso experimental aplicado al Aguaymanto.

Análisis fisicoquímicos

Humedad: La humedad se determinó usando la estufa, método A.O.A.C. 930.15, (A.O.A.C., 1997) a 105 °C hasta peso constante. Los resultados se expresaron en g/100 g muestra fresca.

Cenizas: Para la determinación de cenizas se siguió el método de la A.O.A.C. 923.03 incinerando la muestra a 550°C - 600°C durante 2 h. Los resultados se expresaron en g / 100 g muestra fresca.

Determinación de Sólidos solubles: Se determinó mediante Refractometría (COVENIN, N° 924-83). Los resultados fueron expresados en °Brix.

Determinación de color: El color fue determinado usando un colorímetro (Konica Minolta, USA) basado en el sistema CIE L*a*b* (coordenadas de unidades de color). Las mediciones de color serán expresadas en tres parámetros: Luminosidad L* (L* = 0 oscuro y L = 100 blanco); cromaticidad definida por a* (+a*=rojo y -a*=verde) y b* (+b = amarillo y -b* = azul). Se determinó la Cromaticidad ("C") y el Tono ("H", medido en Ángulo Hue) usando las ecuaciones (1) y (2) (Ibarz, 1989).

$$H = \arctang\left(\frac{b}{a}\right) \dots (1)$$

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2} \dots (2)$$

El índice de color (IC), adaptado para los frutos de aguaymanto en grado de madurez de cosecha se calculó a partir de la ecuación (3) (Márquez, 2009).

$$IC = 1000 \frac{a^*}{L^* b^*} \dots (3)$$

Liofilización del Aguaymanto

El liofilizador usado fue Freeze Dryer 8 modelo 75040. Se colocaron las muestras de aguaymanto previamente congeladas sobre las bandejas de carga del equipo. De manera digital se seleccionó la presión de vacío (0,22 mbar) y la temperatura (-50°C) por un tiempo de 24 horas para este proceso. Estos parámetros se siguieron de acuerdo a lo señalado por Huaraca (2011).

Determinación de compuestos fenólicos con Método Folin Ciocalteu Kaur y Kapoor (2002)

Se pesó 1,5 g de aguaymanto liofilizado para luego adicionar alcohol etílico de 80° y se aforó hasta 10 mL en una fiola, se agitó durante 30

minutos y se centrifugó a 4200 rpm por 15 minutos, finalmente se filtró.

Luego, se disolvió 20 g de Carbonato de sodio (Na₂CO₃) en 80 mL de agua destilada y se llevó a ebullición por 60 segundos, se enfrió y completó a 100 mL con agua destilada en una fiola.

Seguidamente se tomaron 20 µL de muestra y se llevó a un volumen igual a 1580 µL con agua destilada. Se agitó y se adicionaron a continuación 100 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu concentración 2N, se agitó y reposó 15 minutos a temperatura ambiente. Luego se añadió 300 µL de solución de carbonato de sodio al 20%. Luego de 2 horas se midió la absorbancia a 760 nm. Se realizó una curva de calibración con ácido gálico. El contenido de fenoles totales fue expresado como mg ácido gálico / g muestra seca. Todas las mediciones se efectuaron por triplicado.

Determinación de vitamina C

Se pesó 2,5 g de muestra previamente deshidratada y se le adicionó 50 mL de Ácido Oxálico 1%. En seguida, se homogenizó, se filtró con papel filtro, para luego adicionar 10 mL más de Ácido Oxálico 1% sobre el papel (lavar). Cubrir con papel aluminio y mantener en oscuridad por 15 minutos. Se transfirió una alícuota de 10 mL del extracto de muestra a otro matraz y hacer diluciones, si es necesario. Finalmente se tituló cuidadosamente con solución 0,02% de 2,6-diclorofenol-indofenol hasta coloración rosa claro (grosella); se anotó el volumen del gasto.

Diseño Estadístico

Para el procesamiento de datos se empleó la metodología de Taguchi mediante un arreglo ortogonal L4 para 2 variables independientes (tipo de escaldado y método de congelación) y dos niveles con 3 repeticiones, el cual permitirá determinar valores óptimos de mayor retención del contenido de Vitamina C en el alimento (Gutiérrez, 2007; Castañeda et al., 2010). El análisis se realizó con el software Statistica Dell Inc. (2016) (data analysis software system), v.13. software.dell.com (versión de prueba).

3. Resultados y discusión

Caracterización Fisicoquímica

En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos para diferentes parámetros fisicoquímicos, comparando dichos valores con lo obtenido por Hernández (2013) en su

investigación con Aguaymanto procedente de Talca-Chile, lugar que presenta un clima semejante al de la ciudad de Tarapoto por lo que se esperaban resultados cercanos.

Tabla 1

Caracterización fisicoquímica de *Physalis peruviana* L. (g/100 g de fruta)

Parámetro físico-químico	Resultado
Humedad (%)	90,83 ± 6,91
Cenizas (%)	0,96 ± 0,25
°Brix	13,12 ± 0,85
pH (a 26.5°C)	4,19
Diámetro	1,63 ± 0,07
Acidez (%)	2,31 ± 0,07
Índice de madurez	5,68

En cuanto a la humedad se aprecia que este autor obtuvo 81,4% y en la experimentación obtuvimos 90,83%. Así mismo, para los °Brix se obtuvo 13,12 ± 0,85 °Brix mientras que dicho autor reportó 13,79 °Brix. En general, los sólidos solubles que contiene el jugo de una fruta cítrica es también un índice del grado de madurez de la misma. Según la Norma Técnica de Colombia (ICONTEC, 1999) del aguaymanto, la fruta analizada presenta un estado de madurez intermedia, ya que el porcentaje de sólidos solubles es de 13,12 y de acidez 2,31%.

Caracterización colorimétrica

En la tabla 2 se presentan los valores obtenidos para la superficie del aguaymanto, los cuales fueron: para L* = 56,87, a* = 13,81 y b*=37,12; estos valores son cercanos a los reportados por Guevara (2013) donde L* = 57,82 ± 2,94, a* = 15,82 ± 1,18 y b* = 53,11 ± 2,53.

Tabla 2

Caracterización colorimétrica del fruto *Physalis peruviana* L

Superficie	Parámetro	Valor
	L*	56,87 ± 3,61
	a*	13,81 ± 2,00
	b*	37,12 ± 1,00
	C	39,65 ± 2,45
	H	69,59 ± 2,73
	Índice de color	6,54

Así mismo, [Puente et al. \(2011\)](#) reportan los rangos de color para el fruto fresco de aguaymanto L* (70,31 a 71,37), a* (14,31 a 15,20) y b* (60,84 a 61,76); mientras que [Encina \(2006\)](#) reporta L* = 61,42, a* = 10,08 y b* = 36,52 (índice de madurez 5,5).

Además, con los datos obtenidos de L*, a* y b*, se calculó el índice de color (IC), donde el valor

obtenido indica una coloración anaranjada (Tabla 3) ([Márquez, 2009](#)).

Tabla 3

Índice de color de los frutos

Intervalos de IC	Coloración
IC ≤ -7	Verde
-7 < IC < 0	Verde amarillosa
IC ≈ 0	Amarilla
0 < IC < 7	Anaranjada
IC > 7	Anaranjada intensa

Fuente: Márquez (2009).

Los valores obtenidos y los reportados por la bibliografía muestran algunas diferencias, esto se debe al estado de madurez del aguaymanto. En la figura 2 se presentan los resultados obtenidos de compuestos fenólicos para fruta fresca en base seca: 370,714 mg / 100 g de materia seca, siendo este valor comparable al obtenido por otros autores.

[Hernández \(2013\)](#) reportó un contenido fenólico de 244,08 mg AG / 100 g en base seca. Mientras que [Guevara \(2013\)](#) reporta 317,28 ± 10,63.

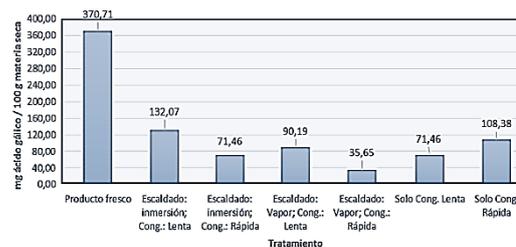


Figura 2. Determinación de Compuestos Fenólicos Totales expresados en mg ácido gálico / 100 g de materia seca.

La variación del contenido de este compuesto bioactivo puede deberse a las diferentes condiciones de cultivos (suelo y clima), al estado de madurez, etc.

Determinación de vitamina C

Los resultados expresados en la Figura 3 indican que ambos pretratamientos: escaldado por inmersión y por vapor, disminuyen el contenido de la vitamina C, el escaldado por inmersión es el que tiene efecto más significativo sobre su descomposición con una reducción del 75,8% de lo que tuvo la muestra fresca inicial (175,4 mg /100 g de materia seca) llegando a 42,53 mg / 100 g de materia seca para una velocidad de congelación lenta y 60,13 mg /100 g de materia seca, para el caso de la congelación rápida.

Estos resultados ratifican la sensibilidad de la vitamina C frente a tratamientos térmicos, por tanto, se debe tener en cuenta esta condición en el caso de procesamiento de alimentos,

especialmente en frutas, dado que se estaría disminuyendo significativamente su valor nutricional.

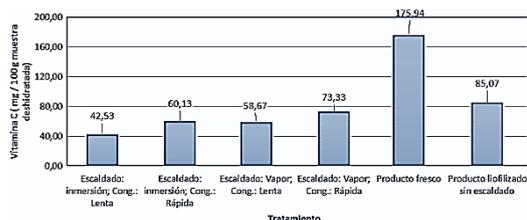


Figura 3. Determinación de Vitamina C expresado en mg / 100 g de materia seca.

Cortés et al. (2015) analizaron aguaymanto liofilizado procedente de la ciudad Boyacá-Colombia a una altitud de 5490 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), sin ningún pretratamiento con una humedad inicial de 82,43%, la muestra se llevó a -70° durante 3 días, el fruto se llevó al timbal de deshidratación del liofilizador y se mantuvo allí durante 36 horas, teniendo como referente la concentración de ácido ascórbico en el fruto fresco, cuyo promedio era 118,1 mg / 100 g de materia seca, para determinar si existía alguna variación o alteración del alimento usando este proceso de deshidratación. El fruto liofilizado arrojó una concentración de 124,76 mg / 100 g de materia seca. Según esto observamos que nuestros resultados (175.9 mg / 100 g de materia seca para la muestra fresca y 85,06 mg / 100 g de materia seca para la muestra liofilizada) muestran una diferencia significativa, en esto influyen las diferentes condiciones ambientales de ambas muestras. Ramadan (2010) realizó un análisis de la composición de una muestra de aguaymanto de Colombia determinando una humedad de 78,9% y un contenido de ácido ascórbico de 203,8 mg / 100 g de materia seca valor próximo al obtenido en la experimentación de 175,4 mg / 100 g de materia seca. Cortés et al. (2015) indican que la liofilización es un método suave de deshidratación que no altera el contenido vitamínico en el aguaymanto, teniendo en cuenta que el ácido ascórbico es una vitamina termolábil; además, conserva las

cualidades del alimento, evita la pérdida de color, olor y sabor natural del producto.

Condiciones óptimas para pérdida mínima de vitamina C usando metodología de Taguchi

Los factores de ruido son aquellos que el experimentador no puede controlarlos. En el caso de esta presente investigación, el error en las mediciones del experimentador, el error propio del análisis (la titulación directa usada para medir la vitamina C no es un método confiable), entre otros. Estos factores causan variación y pérdida de calidad. En ese sentido, la relación señal/ruido es considerado como un índice de robustez de calidad, y muestra la magnitud de la interacción entre factores de control y factores de ruido (que no están controlados desde un punto de vista económico o de costo (Rodríguez, 2007; Ruiz, 2005). Mientras mayor sea la relación señal/ruido, mayor será la robustez del diseño, que en este caso se obtuvo 74,067 dB (Tabla 4), lo que indica que el efecto de los factores de ruido sobre el diseño han sido minimizados (no existe un mínimo o máximo para afirmar que la relación sea adecuada o no; sin embargo, la mayoría de autores reportan datos en escala de 0 – 100). La figura 4 muestra el alcance de los mejores objetivos del proceso bajo las condiciones no controlables (ruido). Es decir, el nivel 2 para ambos factores influyó significativamente que el nivel 1 (para ambos factores) considerando factores de ruido (no controlables) (Kavanaugh, 2002). La fórmula presentada en el eje “y” en la figura 4, se explica así: el uso de logaritmos pretende hacer la respuesta más “lineal” y el signo negativo es para que siempre se maximice el índice SN. Se multiplica por 10 para obtener decibelios (Reyes, 2010). Según la tabla 4 del análisis de varianza del contenido de vitamina C, las variables del tipo de escaldado y velocidad de congelación tienen una influencia muy significativa en el contenido de vitamina C, mas no ocurre lo mismo con la interacción ($p > 0,05$).

Tabla 4

Análisis de varianza del contenido de vitamina C en aguaymanto

Variable	Contenido de Vitamina C			
	Nivel óptimo	p	E.S	S.E.
{1}escaldado	2	< 0,05	7,333	1,796
{2}congelación	2	< 0,05	8,067	1,796
1 by 2	---	> 0,05	S/N = 74,067	

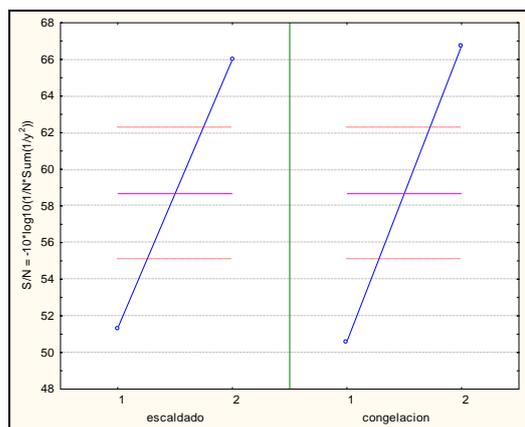


Figura 4. Efecto de Los factores “tipo de escaldado” y “velocidad de congelación” sobre el contenido de vitamina C.

En la figura 4, se muestra el efecto de los factores escaldado (E) y congelación (C) sobre el contenido de vitamina C residual después de la liofilización. Se observa que el efecto del factor E en su nivel 2 (escaldado por vapor) sobre el contenido de vitamina C muestra una relación S/N alta, lo cual indica un mayor efecto significativo; así mismo, para el factor C en su nivel 2 (congelación rápida) se observa también que la relación señal – ruido (S/N) es significativa.

Estos investigadores midieron la cantidad de vitamina C por voltametría de pulso diferencial (DPV) y lo contrastaron con metodología de Taguchi con análisis del HPLC. Ellos lograron hallar parámetros óptimos para así poder determinar los niveles que hacen eficiente a este proceso.

Análisis de comparación múltiple entre los tratamientos para la vitamina C.

Después de haber aplicado la prueba de Shapiro-Wilk y de corroborar la distribución normal de la data, se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). Con el fin de determinar entre que tratamientos existen diferencias significativas, se realizó el test de Levene para evaluar la homogeneidad de las varianzas. El valor $p > 0,05$ indicó que las varianzas son homogéneas, motivo por el que se realizó la prueba de comparaciones múltiples post hoc de Tukey.

Se puede observar (figura 5) que no existen diferencias significativas entre los tratamientos 2 y 3 por lo que estos tienen el mismo efecto en el contenido de vitamina C. Por otro lado, los tratamientos antes mencionados tienen un efecto diferenciado con los tratamientos 1 y 4, siendo el contenido de vitamina C mayor para el tratamiento 4 por lo que es el mejor tratamiento

coincidiendo este resultado con el obtenido mediante el método de Taguchi.

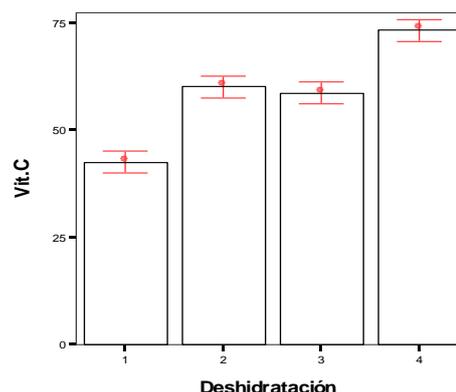


Figura 5. Gráfico de barras del contenido de vitamina C en función del tipo de deshidratación.

Tratamiento 1: Escaldado por inmersión y congelación lenta; tratamiento 2: escaldado por inmersión y congelación rápida; tratamiento 3: escaldado por vapor y congelación lenta; tratamiento 4: escaldado por vapor y congelación rápida.

4. Conclusiones

Se evaluó el efecto del escaldado y velocidad de congelación previos a la liofilización sobre la retención de vitamina C y (*Physalis peruviana* L.) procedente de la ciudad de Huánuco determinándose que el tratamiento que generó menor pérdida de vitamina C fue aquel que combinó el escaldado en vapor a 95 °C durante 2 minutos y la congelación rápida (con nitrógeno líquido). Hallándose además que la vitamina C es sensible frente a tratamientos térmicos, en este caso el escaldado, pues su contenido se redujo en un 75%, respecto al producto fresco. Se determinó además que la pérdida de vitamina C está influenciada por el estado de madurez. Por último, se logró desarrollar ensayos preliminares para la cuantificación de compuestos fenólicos totales, hallándose indicios de que el tratamiento al que se aplicó escaldado por inmersión y congelación lenta retuvo mayor cantidad de compuestos fenólicos, además se evidenció que los pretratamientos disminuyeron el contenido de compuestos fenólicos. En aquellos tratamientos en que no se realizó pretratamiento el más efectivo en retención de compuestos fenólicos fue el que se sometió a congelación rápida.

Referencias bibliográficas

- Ayala A., Serna L., Mosquera E. 2010. Liofilización de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). Vitae, Volumen 17 número. Colombia.
- Castañeda, J.; Arteaga, H.; Siche, R.; Rodríguez, G. 2010. Estudio comparativo de la pérdida de vitamina C en chalarina (*Casimiroa edulis*) por cuatro métodos de deshidratación. Scientia Agropecuaria 1(1): 75-80.

- Contreras-Calderón J.; Calderón-Jaimes L.; Guerra-Hernández E.; García-Villanova B. 2010. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International* 44(7): 2047-2053.
- Cortés, G.; Prieto, G.; Rozo Núñez W. 2015. Caracterización bromatológica y fisicoquímica de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) y su posible aplicación como alimento nutracéutico. *Ciencia en Desarrollo* 6(1): 87-97.
- Ruiz, M. 2005. Tema 9: Desarrollo de la metodología de Taguchi. Disponible en: http://www.ugr.es/~mruiz/temas/Tema_9.pdf
- Encina, C. 2006. Influencia del desecado y composición del almíbar en la optimización del tratamiento térmico de la conserva de aguaymanto (*physalis peruviana*, linnaeus, 1753) para la mayor retención de ácido ascórbico.). Exposición en Seminario. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Guevara, A.; Málaga, R. 2013. Determinación de los parámetros de proceso y caracterización del puré de aguaymanto. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Gutiérrez T.; Hoyos O.; Páez M. 2007. Determinación del contenido de ácido ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana* L.), por cromatografía líquida de alta resolución.
- Hernández, C. 2013. Desarrollo de productos tratados por procesos térmicos y no térmicos a partir del fruto *physalis peruviana* linnaeus. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- ICONTEC. 1999. Frutas frescas. Uchuva. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, Colombia.
- Ikram, E.H.K.; Eng, K.H.; Jalil, A.M.M.; Ismail, A.; Idris, S.; Azlan, A.; Nazri, H.S.M.; Diton, N.A.M.; Mokhtar, R.A.M. 2009. Antioxidant capacity and total phenolic content of Malaysian underutilized fruits. *Journal of Food Composition and Analysis* 22(5): 388-393.
- Kaur, C.; Kapoor, H. 2001. Antioxidants in Fruit and Vegetables- the millenium's Health. *Journal of Food Science and Nutrition* 36: 703-725.
- Kavanaugh, C. 2002. Los Diseños de Taguchi contra los diseños clásicos de experimentos. *Revista Conciencia Tecnológica* 19 p.0.
- Márquez, C.; Trillo, O.; Cartagena, J.; Cotes, J. 2009. Evaluación físico-química y sensorial de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista de la facultad de química farmacéutica* 16(1): 42-48.
- Martínez, G. 2005. Especies reactivas del oxígeno y balance redox, parte I: aspectos básicos y principales especies reactivas del oxígeno. *Revista Cubana de Farmacia* 39(3): 1-11.
- Puente, L.; Pinto, C.; Castro, E.; Cortés, M. 2011. *Physalis peruviana* Linnaeus. The multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International* 44: 1733-1740.
- Ramadan, M. 2010. Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.): An overview.
- Repo, R.; Encina C. 2008. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Rev Soc Quím Perú* 74(2): 108-124.
- Reyes, P. 2010. Servicios de consultoría. Diseño de experimentos Taguchi. Disponible en: www.icicm.com/files/DisTaguchi.doc
- Rodríguez, J. 2007. Curso: Ingeniería de Calidad. Instituto Tecnológico de Chihuahua. Disponible en: <http://www.itch.edu.mx/academic/industrial/ingcalidad/unidad2.html>
- Shui, G.; Leong, L.P. 2006. Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. *Food Chem.* 97(2): 277-284.

Agroind Sci

