



Comparación entre el secado convectivo y osmoconvectivo en la pérdida de vitamina C de Aguaymanto (*Physalis peruviana*) con y sin pre-tratamiento de NaOH.

Comparison between convective drying and osmo-convective drying in the loss of vitamin C in aguaymanto (*Physalis peruviana*) with and without pretreatment of NaOH.

Victor Aredo, Ana Arteaga, Ckristhian Benites, Wagner Gerónimo

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

Recibido 1 agosto 2012; Aceptado 23 octubre 2012.

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó la pérdida de vitamina C en el secado de aguaymanto, para eso las muestras fueron separadas en dos grupos sumergiendo a uno de estos en una solución de 1.5% NaOH por 5 segundos a 80°C y al otro grupo en agua a las mismas condiciones, luego cada grupo se dividió en dos subgrupos a uno de los cuales se le sometió posteriormente a un secado convectivo (60°C y 3 m/s) y al otro además de un secado convectivo en las mismas condiciones tuvo una previa deshidratación osmótica a vacío (40°C, 65°Brix, 540 mmHg por 4 horas), y se usó como parámetro de parada del proceso un 20% de humedad del producto, controlado evaluando la evolución de la pérdida de peso. A los aguaymantos deshidratados, se le determinó el contenido de vitamina C y la humedad. Se determinó que en la deshidratación osmoconvectiva se dan mayores pérdidas de vitamina C que en por secado convectivo, y el pretratamiento con NaOH influye positivamente facilitando la transferencia de masa en los procesos de secado generando también menores pérdidas de la vitamina. Se recomienda para producir aguaymanto deshidratado con la menor pérdida de vitamina C, secar convectivamente a 60°C y 3m/s haciendo un pretratamiento de NaOH al 1.5% por 5 segundos a 80°C.

Palabras clave: Aguaymanto, Acido Ascórbico, secado osmoconvectivo, secado convectivo y NaOH.

ABSTRACT

In this work, loss of vitamin C in the drying of golden berry was evaluated, the samples were separated into two groups one was immersed in a 1.5% solution of NaOH per 5 seconds at 80 ° C and the other group in water under the same conditions, then each group was divided into two subgroups, one of the which was subsequently subjected to convective drying (60 ° C and 3 m / s) and the other plus a convective drying under the same conditions had an osmotic dehydration prior to vacuum (40 ° C, 65 ° Brix, 540 mmHg 4 hours), and was used as process parameter of stop 20% product moisture, controlled evaluating the evolution of weight loss. To the dehydrated cape aguaymanto, was determined the content of vitamin C and humid. It was determined that osmotic dehydration and after convective drying losses are greatest vitamin C than only convective drying and NaOH pretreatment facilitating positively influences mass transfer in drying processes also generate lower losses of vitamin. Golden Berry is recommended to produce dehydrated with the least loss of vitamin C, convectively dried at 60 ° C and 3 m / s by a pretreatment of 1.5% NaOH for 5 seconds at 80 ° C.

Keywords: Golden berry, acid ascorbic, convective drying, osmotic dehydration y NaOH.

1. Introducción

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es una fruta nativa de los andes peruanos, (Cahuapaza, C; Matos, R, 2011). Aunque no se conocen variedades definidas de la especie, si se conocen varios ecotipos de las que se básicamente se cultivan tres, que proceden de Kenia, Sudáfrica y Colombia, de donde han tomado sus nombres, que se diferencian por el

color, tamaño del fruto, por la forma del cáliz y por el peso de los frutos cuando maduran (AMPEX, 2008).

La producción mundial de aguaymanto deshidratado está liderada por Colombia (AMPEX, 2008). En el Perú la agroindustria de esta baya está en sus albores, y las presentaciones más exportadas son el fruto deshidratado y fresco (SUNAT, 2012).

Una razón principal de su consumo es por su contenido de ácido ascórbico 43 mg de (AA) por cada 100 g de pulpa (Repo y Encina, 2008) y que le confiere el carácter de alimento funcional de antioxidante como fruto fresco y seco (Ruiz, 2010). Según ello es necesario evitar o disminuir las pérdidas del ácido ascórbico (Vitamina C) por ser el referente de su capacidad antioxidante y su calidad nutricional durante el procesamiento agroindustrial (Marfil. *et al.*, 2007).

En el secado las altas temperaturas y largos tiempos usando aire caliente puede afectar negativamente la calidad nutricional del producto final (Marfil. *et al.*, 2007). Aunque la tecnología del microondas disminuye el tiempo de secado, aumentando la calidad y la vida útil de los productos (Duque *et al.* 2011); es muy costosa por ello es limitado su uso en el secado, evaluando en este trabajo los métodos de secado convectivo y osmoconvectivo que son de mayor accesibilidad.

Acerca del secado convectivo Godoy (2011) sugiere que el rango de temperatura para adecuado esta entre 50 y 70°C, del mismo modo Castro, *et al.* (2007) determinó que la mejor condición de temperatura para el secado convectivo del aguaymanto es de 60°C logrando una menor degradación del β -caroteno; Castañeda (2010) utilizó una velocidad de aire de 3.02 ms⁻¹ y una temperatura de 69.5 °C como condiciones de secado para lograr una mínima pérdida de vitamina C en la chalarina, según ello, la menor

degradación del vitamina C durante el secado estará dentro de estos rangos.

En la deshidratación osmótica como pretratamiento al secado convectivo Constanza (2012) determinó que la mejor condición para la menor pérdida de vitamina C durante la deshidratación osmótica a vacío es 40°C, 65°Brix, 540 mmHg por 4 horas.

Respecto al proceso de secado Escriche *et al.* (2000), comentan que la etapa limitante en la deshidratación de frutos es el flujo de agua a través de la piel por lo que la remoción química de la piel facilita la salida de agua durante la deshidratación mejorando la rapidez en el secado, lo que da lugar a un mejor color en el fruto seco. Ronceros, *et al.* (2007) concluyeron que al utilizar 1.5% NaOH por 5 segundos, se obtiene una mínima remoción de piel sin dañar el arándano, siendo una técnica para aprovechar frutos descartados por tamaño, para ser sometidos a un posterior secado; esto sería beneficioso en el secado porque como ya se mencionó al facilitar la transferencia de masa, reduce el tiempo de proceso, y el contenido de ácido ascórbico sería mínimamente afectado, además de que los aguaymantos secos tienen una buena presentación porque incluyen la cáscara.

Teniendo en cuenta que la información de la degradación de vitamina C en el secado de aguaymanto es incipiente, el objetivo de este trabajo fue determinar bajo qué proceso de secado (Secado convectivo u osmoconvectivo) se degrada en menor cantidad el ácido ascórbico y si el pretratamiento de NaOH aplicado facilita la transferencia de masa.

2. Materiales y métodos

Se utilizó aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) procedente de la provincia de San Pablo - Cajamarca. La materia prima fue seleccionada eliminando aquellas que presentaron signos de mal estado. Luego se escogió teniendo en cuenta criterios de uniformidad con un peso de 4 gramos, diámetro de 1.5 cm y con un grado de madurez de cinco según lo establecido por INCONTEC (1999).

De la materia prima seleccionada se escogieron algunas muestras a las cuales se les hizo los análisis

fisicoquímicos pertinentes. Mientras que las demás muestras fueron separadas en dos grupos sumergiendo a uno de estos en una solución de 1.5% soda caustica por 5 segundos a 80°C y al otro grupo en agua a las mismas condiciones.

Posteriormente cada grupo se dividió en dos subgrupos a uno de los cuales se le sometió directamente a un secado convectivo (60°C y 3 m/s) y al otro, se le sometió a una deshidratación osmótica y luego un secado convectivo donde se realizó un control del peso cada 10 minutos deteniendo el secado cuando indirectamente el peso indique una humedad del 20% del fruto (Ver Figura 1).

Análisis físico-químicos en aguaymanto fresco y deshidratado

Para el aguaymanto fresco se realizarán análisis de humedad, cenizas (incineración en mufla), vitamina C (titulación con 2,6 diclorofenol indofenol, °Brix por método indirecto (Brixometro), pH por método (pHmetro). Para el aguaymanto

deshidratado se realizaron análisis de humedad y vitamina C.

Cálculos cinéticos

Humedad en base seca: se usó la siguiente expresión.

$$Y = \frac{m - m_s}{m_s}$$

m = masa total (g)
 m_s = masa del producto seco (g)
 Y = humedad en base seca (gH₂O/g.m.s)

Difusividad efectiva: se usó la solución de la ley de Fick para una esfera presentado por Ibarz y Barboza (2005):

$$\Gamma = \frac{Y - Y_s}{Y_0 - Y_s} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} e^{\left[\frac{-n^2 D_{ef} t}{r^2} \right]}$$

Γ = fuerza impulsora
 Y = contenido de humedad en el tiempo (gH₂O/g.m.s.)
 Y₀ = contenido de humedad inicial (gH₂O/g.m.s.)
 Y_s = contenido de humedad en la superficie (gH₂O/g.m.s.)
 n = n° de sumando
 D_{ef} = Difusividad efectiva (m²/s)
 r = radio de la esfera (m).

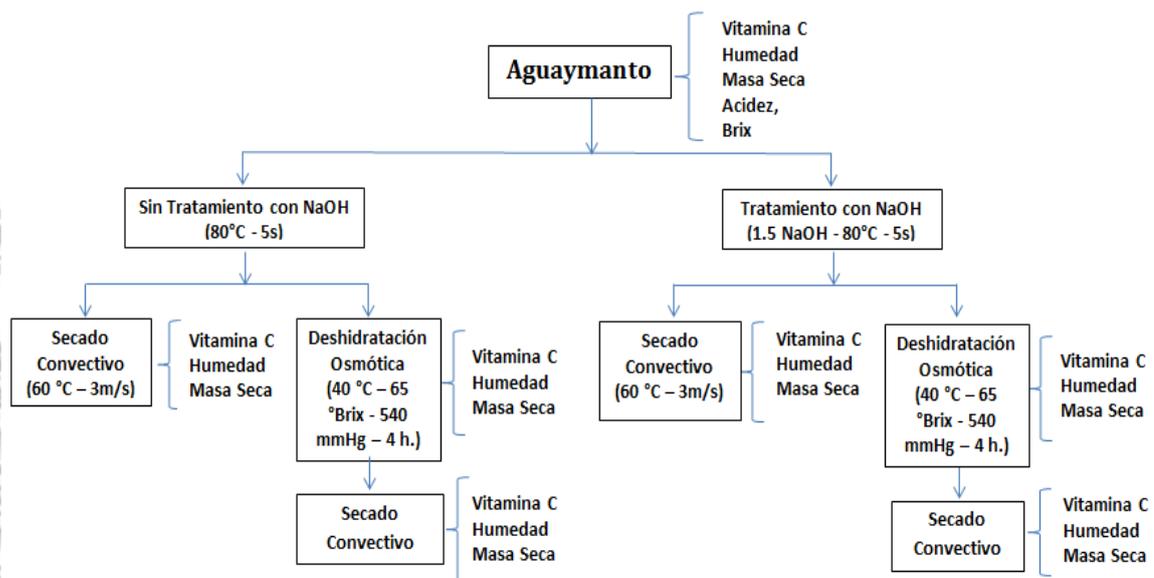


Figura 1. Esquema experimental para para la deshidratación convectiva y osmoconvectiva de aguaymanto.

3. Resultados y discusión

Caracterización del aguaymanto fresco

En la Tabla 1 se muestra las características fisicoquímicas del aguaymanto fresco utilizado, así como los valores teóricos reportados para esta fruta por Repo *et al.* (2008), comparando estos resultados notamos que el aguaymanto utilizado es muy similar al reportado por el autor citado.

Tabla 1. Características fisicoquímicas del Aguaymanto.

Característica	Valor obtenido	Repo <i>et al.</i> (2008).
Humedad (%)	79.39±0.22	79.8
Cenizas (%)	0.9±0.1	1.0
vitamina C (mg/100g)	46.8±0.6	43.3 ± 0.5
pH	3.38±0.02	3.43 ± 0.01
°Brix	14.4±0.1	13.4 ± 0.2

En la Tabla 2, notamos una diferencia de humedades en los tratamientos después de la deshidratación osmótica, donde las muestra sin pretratamiento tuvieron una humedad de 77.2% mayor al 72.47% de humedad de las muestras que tuvieron un pretratamiento con NaOH, indicando que el pretratamiento con NaOH influyo en la transferencia de masa, al comparar pérdidas porcentuales de vitamina C respecto al contenido inicial del fruto se encontró que las muestras sin pretratamiento perdieron menos vitamina siendo lógico ya que también perdió menos humedad. Las pérdidas de vitamina C se explican por el carácter hidrosoluble de la vitamina perdiéndose por lixiviación (Hernández y Sastre, 1999).

Respecto a la humedad final en el secado se encontró que la humedad final del producto determinada experimentalmente si llego a valores cercanos al 20% preestablecido, por lo tanto las

pérdidas porcentuales de vitamina C determinadas respecto al contenido inicial del fruto, son comparables entre sí, notando que el pretratamiento con NaOH tanto para secado convectivo y el secado osmoconvectivo se dio la menor pérdida de ácido ascórbico.

Según Duque *et al.* (2011) y Juntamay (2010) los largos periodos de secado afectan las características organolépticas y generan mayor pérdida de vitamina C. En la experimentación se halló que los tratamientos con NaOH tardaron en llegar a la humedad deseada en el S.C. y D.O. + S.C. 440min y 600min respectivamente mientras que las muestras sin tratamiento 510min y 620min respectivamente, confirmando que el pretratamiento con NaOH influye positivamente en la transferencia de masa durante el secado (Ronceros *et al.*, 2007) y mediante la disminución del tiempo de exposición al secado hay menores pérdidas de vitamina.

En la figura 2 (a) se muestra la evolución de la pérdida de peso de los tratamientos respecto al tiempo de secado y que se modifica para facilitar las interpretaciones del proceso de secado generando la figura 3 (b) donde se observa que las muestras en el secado convectivo con previa deshidratación osmótica tienen un similar comportamiento en la pérdida de humedad en base seca, evidenciando un cambio leve de periodo de secado de velocidad constante a periodo de secado de velocidad decreciente a los 240 y 290 minutos en las muestras sin pretratamiento y con pretratamiento de NaOH respectivamente, indicando que el pretratamiento con NaOH influyó positivamente extendiendo el periodo de velocidad constante; Mientras que en las muestras que pasaron directamente a secado convectivo presentaron comportamiento muy similar y no se pueden distinguir los periodos de velocidad de secado.

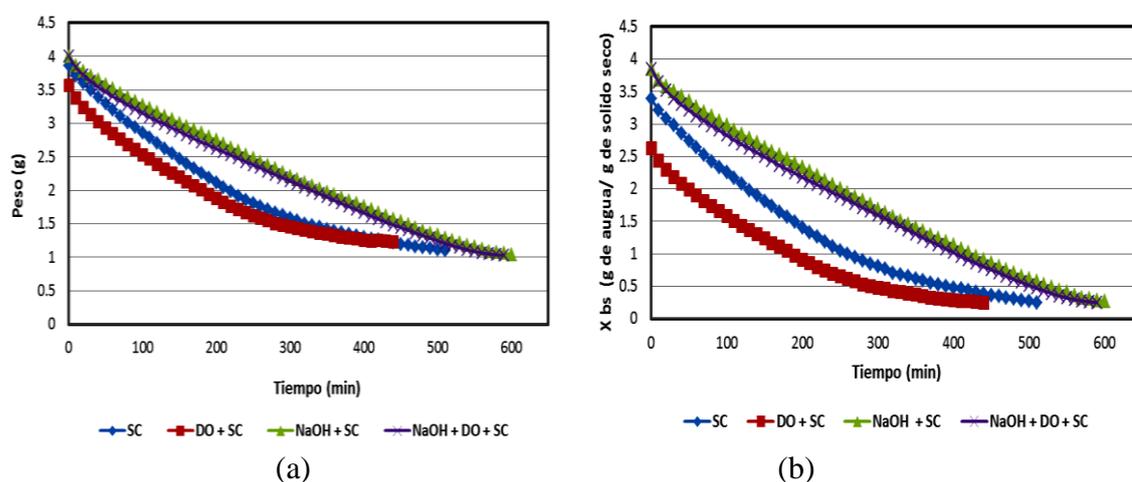


Figura 2. Curvas de secado en función del peso (a) y humedad en base seca (b).

Tabla 2. Porcentaje de pérdida total de Vitamina C con base en el contenido inicial de la fruta y su humedad.

%	Sin Tratamiento con NaOH			Tratamiento con NaOH		
	S.C.	D.O.	D.O + S.C.	S.C.	D.O.	D.O + S.C.
Pérdida	67.85 ± 0.89	24.52 ± 0.95	74.33 ± 0.97	60.34 ± 0.93	36.15 ± 0.96	68.83 ± 0.95
Humedad	19.98 ± 0.91	77.20 ± 0.90	20.02 ± 0.95	19.99 ± 0.89	72.47 ± 0.80	20.03 ± 0.83

Las difusividades efectivas halladas fueron para el secado convectivo con previa deshidratación osmótica 1.85×10^{-9} m/s² y 2.77×10^{-9} m/s² en las muestras sin y con pretratamiento de NaOH respectivamente, mientras que en el secado convectivo directo fueron 5.71×10^{-10} m/s² 7.80×10^{-10} m/s² en las muestras sin y con pretratamiento de NaOH respectivamente, estos valores hallados están dentro del rango

conocido en productos alimentarios Okos, et al (1992), Considerando que la difusividad mide la velocidad de transferencia y es inversamente proporcional a la resistencia de la transferencia (Arreola y Rosas, 2007), se puede afirmar que las muestras D.O.+S.C. muestran mayores velocidades de transferencia de masa respecto a las S.C. y que también el pretratamiento con NaOH la aumenta.

4. Conclusiones

En la deshidratación osmoconvectiva se dan mayores pérdidas de vitamina C que en por secado convectivo, y el pretratamiento con NaOH influye positivamente facilitando la transferencia de masa en los procesos de secado, generando también menores perdidas de la vitamina. Se recomienda para producir aguaymanto deshidratado con la menor pérdida de vitamina C, secar convectivamente a 60°C y 3m/s haciendo un pretratamiento de NaOH al 1.5% por 5 segundos a 80°C.

6. Referencias Bibliográficas

- AMPEX. 2008. Aguaymanto: Perfil de mercado – Asociación Macrorregional de Productores para la Exportación disponible en www.ampex.com.pe/down_file.php?f=perfil-aguaymanto.pdf.
- Arreola, S.; Rosas, M. 2007. Aplicación de vacío en la deshidratación osmótica de higos (ficus carica). *Información Tecnológica* 18(2): 43-48.

- Castañeda, J; Arteaga, H; Siche,R; Rodriguez, G. 2010 Estudio comparativo de la pérdida de vitamina C en chalarina (*Casimiroa edulis*) por cuatro métodos de deshidratación. *Scientia Agropecuaria* 1(2010) 75 – 80.
- Cahuapaza, C; Matos , R. 2011 Estudio del aguaymanto (*Physalis peruviana*) como fuente de vitamina C. I CONACIN disponible en: <http://papiros.upeu.edu.pe/handle/123456789/8>
- Castro, A; Rodríguez, L.; Vargas, E .2008. Secado de Uchuva (*Physalis peruviana* L) por Aire Caliente con Pre-tratamiento de Osmodeshidratación. *Revista Vitae*. Volumen 15, numero 2 ISSN 0121-4004 Medellín Colombia
- Duque, C.; Alba, L.; Villamizar, V.; Rafael, H.; Giraldo, P.; German, A. 2011. Evaluacion de las tecnicas de secado de uchuva (*Physalis peruviana* L.) y mora (*Rubus glaucus*) con aire caliente y aire caliente –microondas.
- Escrive, I. A. 2000. Influence of blanching-osmotic dehydration treatments on volatile fraction of strawberries. *Food Sci.*
- Hernandez, M.; Sastre, A .1999. Tratado de nutrición, Ediciones Diaz de Santos S.A. Madrid-España.
- ICONTEC. 1999. Uchuva (*Physalis peruviana*), para el consumo fresco o destinado al procesamiento industrial. Colombia. Norma Técnica Colombiana NTC 4580.
- Godoy, J. C. 2011. Determinación de los parámetros para la simulación matemática del proceso de deshidratación de la uchuva (*Physalis Peruviana L.*).
- Ibarz, A.; Barbosa, G. 2005 Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Ediciones Mundi Prensa. Madrid España
- Juntamay, E. 2010. Evaluacion nutricional de la uvilla (*Physalis peruviana L*) deshidratada, a tres temperaturas mediante un deshidratador de bandejas.
- Marfil, P.; Santos, E.V.T. 2007. Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. *Food Science and Technology*.
- Okos, M.; Narsimhan, G.; Singh, R.; Weitnauer, A. 1992. Food dehydration. En *Handbook of Food Engineering* (D.R. Heldman y D.B. Lunds, Eds). Marcel Dekker, New York.
- Repo, R.; Encina, C. 2008. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Rev. Soc. Quím.*, abr./jun. 2008, vol.74, no.2, p.108-124 Lima-Perú.
- Roncero, B.; Quevedo, R.; Leiva, J. 2007. Efecto de un Pre-tratamiento Químico en el Deshidratado del Arándano por Métodos Combinados. *Revista Información Tecnológica* Vol.18 N° 6 Osorno-Chile
- Ruiz, M. 2010. Tratado de nutrición. Composición y calidad nutritiva de los alimentos.

Agroind Sci
Agroind Sci
Agroind Sci

