



La deshidratación osmótica mejora la calidad de *Ananas comosus* deshidratada

Osmotic dehydration improves the quality of dehydrated *Ananas comosus*

Flor García Huamán¹; Dagnith Bejarano Luján^{2,*}; Luis Paredes Quiroz²; Ruth Vega Rojas¹; José Encinas Puscán¹

¹ Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Ciudad Universitaria, Higos Urco, Chachapoyas, Amazonas, Perú.

² Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Facultad de Ingeniería. Av. Garcilaso de la Vega s/n Tamburco, Abancay, Apurímac, Perú.

Received May 5, 2018. Accepted July 30, 2018.

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la deshidratación osmótica en la calidad fisicoquímica y concentración de vitamina C en *Ananas comosus* deshidratada. Para la osmodeshidratación se utilizó trozos de *Ananas comosus* 1 cm de espesor, concentraciones 60, 65 y 70 °Brix, tiempos de inmersión 3, 6, 24 y 48 horas, en una relación jarabe de sacarosa 2:1, posteriormente se secó con flujo de aire caliente por 3 horas a 50 °C, velocidad 2,5 m/s. El diseño experimental empleado fue 3A x 4B, teniendo 16 unidades experimentales de las cuales 12 fueron tratamientos y 4 control, con tres repeticiones, dispuestos en un diseño completamente al azar. Se realizó el análisis fisicoquímico y se determinó la concentración de vitamina C. Con la evaluación estadística de comparaciones múltiples de Tukey al 95%, se encontró que *Ananas comosus* osmodeshidrata y secada, presentó mejores características fisicoquímicas a 70 °Brix por 48 horas, humedad 15,23%, sólidos solubles 25,1 °Brix, acidez 0,79%, pH 4,35 y mayor concentración de vitamina C 10,39 mg/100g. La osmodeshidratación puede ser considerada como proceso alternativo para mejorar la calidad de *Ananas comosus* deshidratada.

Palabras clave: *Ananas comosus*; osmodeshidratación; vitamina C; características sensoriales; vida útil.

Abstract

The objective of the study was to evaluate the effect of osmotic dehydration on the physicochemical quality and vitamin C concentration in dehydrated *Ananas Comosus*. For the osmodeshydration, pieces of *Ananas Comosus* of 1cm thickness were used, in concentrations of 60, 65 and 70 °Brix, with immersion times of 3, 6, 24 and 48 hours, in a sucrose syrup ratio of 2: 1, later was dried with hot air for 3 hours at 50 °C with a velocity of 2.5 m/s. The experimental design employed was 3A x 4B, having 16 experimental units of which 12 were treatments and 4 control, with three replicates, a completely randomized design was used. The physicochemical analysis was performed and the concentration of vitamin C was determined. With the statistical evaluation of Tukey's multiple comparisons at 95%, it was found that *Ananas comosus* osmodeshidrata and dried, presented better physicochemical characteristics at 70 °Brix per 48 hours, humidity 15.23%, soluble solids 25.1 °Brix, acidity 0.79%, pH 4.35 and higher concentration (10.39 mg/100g) of vitamin C (treatment 12). Osmodehydration can be considered as an alternative process to improve the quality of dehydrated *Ananas comosus*.

Keywords: *Ananas comosus*; osmodeshidratación; vitamin C; sensory characteristics; shelf life.

* Corresponding author
E-mail: dagnith2007@yahoo.com.br (D. Bejarano).

1. Introducción

El Perú es un país megadiverso con una gran variedad de frutas de interés internacional por sus propiedades nutricionales y funcionales, observándose en el mercado mayor demanda de productos con colores atractivos y texturas diferentes, siendo necesario prolongar la vida útil de los productos por diferentes tipos de procesos de conservación, y obtener un producto para consumo con cierto parecido al mismo en estado fresco y mínimamente procesado (Von May et al., 2012).

La osmodeshidratación es un proceso utilizado comúnmente en métodos combinados de conservación y/o en la preparación de alimentos funcionales, permitiendo la incorporación de componentes que incrementan el valor nutricional de frutas o alimentos en general (Castañeda et al., 2010; Soares et al., 2016; Chottanom et al., 2016).

El pretratamiento de deshidratación osmótica antes de la deshidratación convencional con aire caliente permite reducir los tiempos de deshidratación y conservar mejor las propiedades de las frutas y verduras deshidratadas (Gallo et al., 2015). El uso adecuado del pre-tratamiento osmótico puede reducir considerablemente el tiempo de secado, conservando el color, mejorando la textura y protegiendo el contenido de vitaminas y compuestos con alto valor nutricional de las frutas y verduras (Correa et al., 2017). Estudios relatan la deshidratación osmótica en *Physalis peruviana* L. (Huamán y Ninahuanca, 2017), fresa (Kowalska et al., 2017), manzanas ahumadas (Akharume et al., 2017), granada (Cano-Lamadrid et al., 2017), y recientemente deshidratación osmótica asistida por ultrasonido en *Ananas comosus* (Correa et al., 2017) y en arándanos orgánicos (Nowacka et al., 2018); por sonido acústico en *Ananas comosus* (Rodríguez et al., 2016) y campo eléctrico pulsante en kiwi orgánico (Traffano-Schiffo et al., 2017), donde se reduce los tiempos de secado con aire caliente y se conservan mejor las propiedades de los alimentos.

Ananas comosus es una fruta tropical con características nutricionales y propiedades sensoriales atractivas, fuente de vitaminas, B y C, y minerales, tales como calcio, fósforo, magnesio, potasio y hierro (Rodríguez et al., 2016). Sin embargo, estudios relatan baja concentración de vitamina C en *A. comosus* deshidratada en relación al producto fresco. La retención de vitamina C en *A. comosus* fue similar, 55 a 60%, cuando comparada con mango, col silvestre y té verde, y retención baja en

relación a la fresa, 70 a 75% (Rodríguez, 2016). Gallo et al. (2015) mostraron pérdida de ácido galacturónico en la piña durante la deshidratación osmótica, relacionada con la pérdida de pectina soluble que forma parte de la fibra de la fruta, y una disminución de 25% en la concentración de vitamina C en relación a la fruta fresca.

Por estos motivos el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del pretratamiento osmótico en la calidad fisicoquímica y concentración de vitamina C en *Ananas comosus* deshidratada.

2. Materiales y métodos

2.1 Materia prima y acondicionamiento

Frutos de *Ananas comosus*, proveniente de la región Amazonas, con madurez comercial y textura firme, frescos de color y tamaño uniforme, sin presencia de daños por insectos, golpes o fisuras fue utilizado para el estudio. Seguidamente se realizó el pesado y lavado con agua potable, mediante un proceso de inmersión. Se procedió al descorazonado, para mantener homogeneidad en el producto, dejando solamente la parte comestible y utilizable. Se realizaron cortes en trozos, en forma de trapecio circular, cada trozo tuvo 4 cm de longitud de arco mayor, 2 cm de longitud de arco menor, separados por 4 cm de diferencia de radios y con un espesor de 0,5 cm, teniendo 4 cm³ de volumen por cada trozo.

2.2 Análisis fisicoquímico de la materia prima

Los valores pH, sólidos solubles totales, acidez total y humedad fueron determinados de acuerdo a la A.O.A.C. (2005) citado por Assous et al. (2014).

El pH se midió con pH – metro (QUIMIS, modelo Q-400MT2), pesando 10 g de muestra, luego se trituró, se homogenizó con 50 mL de agua destilada y se introdujo el pH – metro en la disolución (método 981.12).

Para la determinación de los sólidos solubles totales se utilizó un Brixómetro RF-8d previamente calibrado. Se pesó 5 g de muestra y se trituró, luego se homogenizó con 5 mL de agua destilada y se agregó 5 gotas en un refractómetro digital, el resultado se expresó en °Brix (método 932.12).

El porcentaje de acidez se determinó mediante el método de titulación (método 920.43). Se pesó 10 g de muestra y se trituró. Seguidamente se homogenizó con 50 mL de agua destilada y 10 mL de la disolución homogenizada se colocó en un Erlenmeyer 250 mL. Luego se agregó 3

gotas de fenolftaleína 1% y se vertió la solución de NaOH gota a gota hasta observar el cambio al color rosado. Se realizaron los siguientes cálculos.

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{B \cdot N \cdot E \cdot 100}{W}$$

Dónde:

B = mL de NaOH

N = normalidad del NaOH

E = peso mili equivalente del ácido ascórbico

W = peso muestra en mg o mL.

Se determinó el contenido de humedad de las muestras utilizando un analizador automático de humedad (ADAM, modelo AMB50). Se colocó 1 g de *Ananas comosus* previamente triturada y los resultados se expresaron en porcentaje (%) de humedad (método 394.06).

Para determinar el índice de madurez de la materia prima se utilizó los resultados de sólidos solubles totales y porcentaje de acidez, determinados anteriormente (Borda y Caicedo, 2013), utilizando la siguiente fórmula:

$$IM = \frac{^{\circ}\text{Brix}}{\% \text{ acidez total}}$$

Dónde:

IM: Índice de madurez.

°Brix: Sólidos solubles totales expresado en °Brix

% acidez total: Acidez expresado en porcentaje de ácido ascórbico.

2.3 Osmodeshidratación y secado de *Ananas comosus*

Preparación del jarabe y establecimiento de los tratamientos

Se realizó un escaldado previo al proceso de osmodeshidratación para facilitar el ingreso del azúcar (sacarosa) a tempe-

ratura 95 °C durante 15 segundos. Se preparó jarabe de sacarosa (azúcar y agua) a 60 °C, en concentraciones 60 °Brix, 65 °Brix y 70 °Brix, dispuestos por tratamientos en una relación jarabe:fruta 2:1. Por unidad experimental se consideró 250 g de fruta con 500 mL de jarabe. Se procedió a controlar los tiempos de inmersión 3, 6, 24 y 48 horas. Transcurrido el tiempo se separaron los trozos de *Ananas comosus* haciendo uso de un colador, sin eliminar el jarabe, posteriormente se procedió a realizar un enjuague con agua potable para eliminar restos de sacarosa, luego se escurrieron mediante el uso de un colador, obteniendo un oreado rápido. Se prepararon 16 tratamientos (Tabla 1).

Secado de *Ananas comosus* osmodeshidratada y determinación de la humedad

Se realizó en un secador de bandejas, evitando sobreponer las muestras, a una temperatura de 50 °C, durante 180 minutos y a 2,5 m/s de velocidad de aire caliente. Posteriormente se empaquetaron en bolsas de polietileno de primer uso y se almacenaron a temperatura ambiente.

Se determinó el contenido de humedad *Ananas comosus* osmodeshidratada con un analizador automático de humedad, hasta llegar al valor de 15% de humedad.

2.4 Evaluación de parámetros de osmodeshidratación del producto terminado (*Ananas comosus* deshidratada y secada)

La deshidratación osmótica se determinó según las velocidades de pérdida de peso (WR), ganancia de sólidos (SG) y pérdida de agua (WL). Procedimiento descrito por Germer et al. (2017).

Tabla 1

Parámetros de osmodeshidratación y secado de *Ananas comosus*

Tratamientos	Osmodeshidratación		Secado	
	Concentración (°Brix)	Tiempo de inmersión (horas)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
T1	60	3	180	50
T2	65	6	180	50
T3	70	24	180	50
T4	60	48	180	50
T5	65	3	180	50
T6	70	6	180	50
T7	60	24	180	50
T8	65	48	180	50
T9	70	3	180	50
T10	60	6	180	50
T11	65	24	180	50
T12	70	48	180	50
T13	0 (Testigo)	3	180	50
T14	0 (Testigo)	6	180	50
T15	0 (Testigo)	24	180	50
T16	0 (Testigo)	48	180	50

Pérdida de peso (WR)

Para esto se determinó el peso inicial de *Ananas comosus* (antes de sumergir en el jarabe) y el peso final (tomado inmediatamente después de retirar la muestra del jarabe) en cada uno de los tratamientos. Luego se utilizó la siguiente fórmula:

$$WR = \frac{Mo - Mf}{Mo} \times 100$$

Donde:

Mo = Peso inicial de la fruta (g)

Mf = Peso final de la fruta (g).

Pérdida de agua (WL)

Para calcular la pérdida de agua en la deshidratación, se determinó la humedad inicial de *Ananas comosus* fresca y luego se midió la humedad final, en cada uno de los tratamientos. También se empleó los pesos inicial y final de la fruta, se utilizó la siguiente fórmula:

$$WL = \frac{(Mo \times Ho) - (Mf \times Hf)}{Mo} \times 100$$

Donde:

Mo = Peso inicial de la fruta (g).

Mf = Peso final de la fruta (g).

Ho = Humedad inicial de la fruta, como fracción (mL/g).

Hf = Humedad final de la fruta, como fracción (mL/g).

Ganancia de sólidos (SG)

Se determinó los sólidos iniciales de *Ananas comosus* fresca, posteriormente los sólidos finales en cada uno de los tratamientos, estos valores fueron expresados en °Brix. Luego para determinar la ganancia de sólidos se utilizó los pesos calculados para la pérdida de peso en la siguiente fórmula:

$$SG = \frac{(Mf \times Sf) - (Mo \times So)}{Mo} \times 100$$

Donde:

Mo = Peso inicial de la fruta (g)

Mf = Peso final de la fruta (g)

So = Sólidos iniciales

Sf = Sólidos finales.

2.5 Determinación del contenido de vitamina C en *Ananas comosus* osmodeshidratada y secada, osmodeshidratada y fresca

Fue determinado por el método de titulación, descrito por Germer et al. (2017). Se pesó 10 g de *Ananas comosus* y se redujo a trozos lo más pequeños posibles, luego se

colocó en un vaso de precipitado y se agregó 100 mL de agua destilada. Posteriormente se homogenizó y se filtró la solución, después se separó 10 mL de la muestra preparada y se colocó en un matraz Erlenmeyer con 15 mL de agua destilada, 0,25 mL de HCL 15% y 0,25 mL de almidón 1% que actuó como indicador. Se llenó la bureta con 15 mL de la disolución de yodo y se pasó a titular lentamente y agitando la disolución que contiene el Erlenmeyer, hasta que viró a azul (método de titulación). Para calcular el contenido de vitamina C (mg/100g) se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{g de vitamina C}}{\text{Kg de pulpa}} = 0,424 \times \frac{\text{volumen de yodo consumido}}{\text{volumen de la muestra}}$$

$$\frac{\text{mg de vitamina C}}{100 \text{ g de pulpa}} = 42,4 \times \frac{\text{volumen de yodo consumido}}{\text{volumen de la muestra}}$$

Donde:

El volumen de yodo consumido fue el volumen añadido al Erlenmeyer desde la bureta al titular el preparado de vitamina C. El volumen de la muestra fue el volumen de la disolución de *Ananas comosus* y agua destilada que se colocó en el matraz Erlenmeyer con una concentración de vitamina C desconocida.

Análisis fisicoquímico del producto obtenido

Se determinó las características fisicoquímicas de *Ananas comosus* osmodeshidratada y secada, para los diferentes tratamientos (AOAC, 2005).

En la investigación se utilizó un experimento factorial 3Ax4B, con tres repeticiones por unidad experimental. El procesamiento estadístico de los datos fue realizado con el software especializado Statgraphics Plus en su versión 5.1.

3. Resultados y discusión

Caracterización fisicoquímica de la materia prima

La caracterización fisicoquímica de la piña en trozos se muestra en la [Tabla 2](#). Los valores acidez total, °Brix y vitamina C difirieron de los resultados relatados por Godoy et al. (2017) para piña mínimamente procesada (*Ananas comosus* L. Merr), 0,65 a 0,53%; 14,73 a 15,5 °Brix y 8,53 a 7,62 mg vitamina C/100g, respectivamente. Comportamiento similar fue observado cuando

comparado con frutos de piña entera y cortada (*Ananas comosus*, variedad Cayena Lisa), pH 4,04 y 14 °Brix (García et al., 2013).

Tabla 2

Valores de la caracterización fisicoquímica de *Ananas comosus* en 100g de pulpa fresca

Parámetros fisicoquímicos de <i>Ananas comosus</i> (100g, pulpa fresca)	Valor
Humedad (%)	91,86 ± 0,64
Sólidos solubles (°Brix)	9,7 ± 0,43
Acidez total (%)	0,896 ± 0,01
pH	3,8 ± 0,26
Vitamina C (mg)	18 ± 1,73
Índice de madurez	10,83 ± 0,18

Fernández (2017) estudió la composición bioquímica de *Ananas comosus*, 13,5% corresponde a la corona, 12% es material aprovechable para la obtención de jugo, 54,5% es pulpa, 20% restante lo conforma el cilindro utilizado para rebanadas y trozos (10%) y molido (10%). El autor relata que el sabor de la piña depende principalmente de los azúcares totales, el cual puede variar por la temperatura, grado de madurez, estación de cosecha, etc. La composición química de la piña está representada por 85,1% de agua, 8% de carbohidratos, 1,3% de fibra y 0,1% de cenizas. Además, contiene 51 mg/100 g de calorías y lo más importante 15 mg/100 g de vitamina C. En nuestro estudio se encontró que las muestras de *Ananas comosus* contenían 18 mg/100 g de vitamina C y 91,86% de agua (Tabla 2), características favorables en la materia prima.

Osmodeshidratación y secado de *Ananas comosus*

Las propiedades de la fruta cambio con el proceso de osmodeshidratación. Fue observado un incremento de °Brix cuando comparado con la pulpa fresca (Tabla 3), debido a la migración de azúcar para el interior de la fruta osmodeshidratada. Contrariamente, fue observada una disminución significativa en la concentración de vitamina C, aproximadamente 53%. Pérdida de vitamina C (43%) también fue relatado para grageados de fruta con solución final de la deshidratación osmótica de piña (Germer et al., 2017). Este mismo autor relato pérdida de vitamina C (46%) durante la deshidratación osmótica de guava (Germer et al., 2016). Atribuyendo esta pérdida a la oxidación y remoción para la solución osmótica debido a la alta solubilidad de este componente.

En la Tabla 3 se observa que el proceso de osmodeshidratación fue efectivo, los

tratamientos T1 a T12 presentaron un rango aceptable para humedad. En relación al contenido de sólidos solubles se evidencia variación en los tratamientos, encontrándose rango permisible tratamiento 70 °Brix, 3h (T9) de menor valor (17,97 °Brix) y tratamiento 70 °Brix, 48h (T12) de mayor valor (25,1 °Brix). La acidez registrada presentó ligera disminución y con valores próximos al de la fruta fresca 0,896% (Tabla 2). Respecto al pH de los tratamientos no se evidenció variaciones significativas.

García et al. (2013) realizaron un análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña (*Ananas comosus*, variedad Cayena Lisa), y determinaron que al aumentar la concentración del jarabe aumentó la ganancia de sólidos en la misma. La presión osmótica presente será mayor en la medida que sea mayor la diferencia de concentraciones entre el jarabe y el interior de los trozos de la fruta. El efecto de esta diferencia se ve reflejado en la rapidez con que es extraída el agua de la fruta hacia el jarabe. La posibilidad de que la sacarosa del jarabe entre en la fruta dependerá de la impermeabilidad de las membranas a este soluto. Por lo general los tejidos de las frutas no permiten el ingreso de la sacarosa por el tamaño de esta molécula, realizando un escaldado previo de las frutas puede producir ingreso de sólidos al interior de la fruta y salida de agua con ciertos ácidos y aromas.

En la presente investigación el escaldado favoreció la ganancia de sólidos, el tratamiento 70 °Brix, 48 horas (T12) presentó mayor ganancia de sólidos, 25,1 °Brix (Tabla 3), en la fruta durante la osmodeshidratación debido a la modificación de la permeabilidad de los tejidos, por ello se aplicó este tratamiento para posibilitar la ganancia de sólidos solubles en la pulpa, mejorando las condiciones para la salida de agua, principalmente con los jarabes que presentaron mayor concentración de sólidos solubles, originándose mayor presión osmótica hacia el interior de la fruta (Germer et al., 2017), en contraste con los sólidos presentes en la fruta fresca 9,7 °Brix (Tabla 2).

Estudios sobre deshidratación osmótica de *Ananas comosus* "piña", teniendo al escaldado como pretratamiento (Fernández et al., 2017) y deshidratación osmótica de mango (*Mangifera indica* L.) en función de la temperatura (Arias et al., 2017), determinaron que al aumentar la concentración del jarabe aumentó la ganancia de sólidos en la misma, además

mencionan que la concentración del jarabe influye directamente sobre la velocidad de salida de agua, porque al mantener una alta diferencia de concentración entre ambos lados de la membrana, se incrementa más la presión osmótica, favoreciendo un flujo más rápido de agua desde el fruto a través de la membrana hacia la solución osmótica en busca del equilibrio. En el presente trabajo, el tratamiento testigo (T16), mostró menor pérdida de peso a medida que se incrementó las horas de inmersión en estudio porque no tenía ninguna concentración de azúcar.

El uso del tratamiento osmótico en *A. comosus* redujo el tiempo de secado (3h) en más de 70% comparado con el secado por aire caliente, conservando mejor sus propiedades fisicoquímicas y retención de vitamina C.

Parámetros de osmodeshidratación del producto terminado (*Ananas comosus* deshidratada y secada)

Los parámetros de osmodeshidratación, WR y WL, presentaron variaciones de 20 y 30%, respectivamente, entre tratamientos (Tabla 4). Estas diferencias estarían relacionadas con la dilución del jarabe y consecuentemente la pérdida del potencial osmótico. A escala industrial el proceso de secado requiere monitoreo y ajuste continuo de los parámetros, dependiendo de las características propias de cada fruta (Germer et al., 2017). Durante la reutilización de jarabe de sacarosa en la deshidratación osmótica de guava fue relatado diferencias de 5% en los parámetros de WR y WL, manteniendo las condiciones de operación constante en cada ciclo de osmodeshidratación.

Tabla 3

Valores de la caracterización fisicoquímica y concentración de vitamina C de *Ananas comosus* osmodeshidratada y secada

Tratamiento	Características fisicoquímica y concentración de vitamina C de <i>Ananas comosus</i> osmodeshidratada y secada				
	Humedad (%)	Sólidos solubles (°Brix)	Acidez (%)	pH	Vitamina C (mg/100 g)
T1	15,34 ± 0,19	19,93 ± 0,88	1,24 ± 0,17	4,32 ± 0,10	9,84 ± 0,11
T2	15,65 ± 0,19	20,73 ± 0,53	1,15 ± 0,05	4,25 ± 0,09	9,77 ± 0,07
T3	15,13 ± 0,11	22,13 ± 0,69	1,09 ± 0,11	4,17 ± 0,13	9,62 ± 0,09
T4	15,75 ± 0,05	23,17 ± 0,59	0,98 ± 0,31	4,07 ± 0,09	9,54 ± 0,14
T5	15,47 ± 0,13	18,2 ± 0,59	0,85 ± 0,11	4,02 ± 0,11	9,65 ± 0,06
T6	15,35 ± 0,08	19,8 ± 0,62	1,02 ± 0,12	4,1 ± 0,17	9,78 ± 0,06
T7	14,69 ± 0,13	21,53 ± 0,63	0,96 ± 0,20	4,19 ± 0,14	9,82 ± 0,08
T8	14,94 ± 0,38	22,07 ± 0,70	0,87 ± 0,06	4,04 ± 0,12	9,67 ± 0,08
T9	15,98 ± 0,28	17,97 ± 0,72	0,99 ± 0,23	4,08 ± 0,13	9,95 ± 0,09
T10	15,95 ± 0,23	22,6 ± 0,61	0,94 ± 0,17	4,2 ± 0,08	9,98 ± 0,12
T11	15,48 ± 0,30	23,17 ± 0,66	0,83 ± 0,23	4,13 ± 0,07	10,15 ± 0,12
T12	15,23 ± 0,11	25,1 ± 0,56	0,79 ± 0,14	4,35 ± 0,06	10,39 ± 0,15
T13 (Testigo 1)	30,4 ± 0,79	4,03 ± 0,61	1,65 ± 0,11	3,93 ± 0,07	2,34 ± 0,11
T14 (Testigo 2)	29,32 ± 0,54	3,54 ± 0,47	1,68 ± 0,18	3,84 ± 0,15	2,05 ± 0,04
T15 (Testigo 3)	28,15 ± 0,61	3,27 ± 0,15	1,76 ± 0,17	3,64 ± 0,19	1,98 ± 0,11
T16 (Testigo 4)	26,24 ± 0,43	3,12 ± 0,34	1,84 ± 0,11	3,46 ± 1,01	1,75 ± 0,09

Tabla 4

Valores de los parámetros osmodeshidratación de *Ananas comosus* osmodeshidratada y secada

Tratamientos	Parámetros de osmodeshidratación de <i>Ananas comosus</i> osmodeshidratada y secada					
	Mo (g)	Mf (g)	WR (%)	Ho (mL/g)	Hf (mL/g)	WL (%)
T1	223,72	44,61	80,06	0,85	0,15	82,01
T2	217,84	41,44	80,98	0,82	0,16	78,96
T3	212,50	39,92	81,21	0,71	0,15	68,18
T4	220,52	43,56	80,25	0,68	0,16	64,84
T5	211,33	40,93	80,63	0,76	0,16	72,90
T6	205,45	37,23	81,88	0,74	0,15	71,28
T7	200,00	35,72	82,14	0,63	0,15	60,32
T8	208,03	39,09	81,21	0,6	0,15	57,18
T9	212,32	41,37	80,52	0,84	0,16	80,88
T10	209,52	39,93	80,94	0,81	0,16	77,95
T11	218,75	45,25	79,31	0,71	0,16	67,69
T12	226,78	49,37	78,23	0,67	0,15	63,73
T13 (Testigo 1)	235,22	59,86	74,55	0,96	0,3	88,37
T14 (Testigo 2)	238,45	61,57	74,18	0,95	0,29	87,51
T15 (Testigo 3)	243,75	64,81	73,41	0,94	0,28	86,56
T16 (Testigo 4)	240,27	63,95	73,38	0,95	0,26	88,08

Mo: peso inicial de la fruta.

Mf: peso final de la fruta.

WR: pérdida de peso.

Ho: humedad inicial de la fruta.

Hf: humedad final de la fruta.

WL: pérdida de agua.

En la **Tabla 4** se puede observar que para los valores de los parámetros de *Ananas comosus* osmodeshidratada y secada la mayor pérdida de peso (WR) estuvo en el tratamiento 60 °Brix, 24h (T7) y la mayor pérdida de agua (WL) se obtuvo en el tratamiento 60 °Brix, 3h (T1), además se puede verificar que los tratamientos testigo presentaron bajo porcentaje de pérdida de peso, y los más altos porcentajes de pérdida de agua, esto debido al alto contenido de agua de *Ananas comosus* (**Tabla 2**). Las altas temperaturas contribuyen para que la humedad se libere rápidamente del alimento en forma de vapor, si este proceso de secado se realiza a bajas temperaturas el vapor no se eliminaría y crearía una atmósfera saturada en la superficie del alimento que reduciría la velocidad de eliminación de agua y por consiguiente mayores tiempos de secado (**Ahmed et al., 2016**).

Contenido de vitamina C en *Ananas comosus* osmodeshidratada y secada; osmodeshidratada y fresca

La osmodeshidratación resultó en una pérdida significativa de vitamina C entre tratamientos (**Tabla 5**), 35% en la fruta osmodeshidratada y 47% en frutas osmodeshidratada y secada.

Prolongados periodos de secado afectan las características organolépticas y generan mayor pérdida de vitamina C, mediante la disminución del tiempo de exposición al secado hay menores pérdidas de vitamina C (**Ahmed et al., 2016**).

García et al. (2013) estudiaron la retención del ácido ascórbico en *Ananas comosus* durante la deshidratación osmótica y secado, se cuantificaron los cambios en el contenido de ácido ascórbico de medias rodajas de *Ananas comosus*, durante el

secado con aire a 45, 60 y 75 °C y durante la deshidratación osmótica en solución de sacarosa 60 °Brix a 40, 45 y 50 °C. En ambos procesos, deshidratación osmótica y secado con aire, la retención de vitamina C en *Ananas comosus* fue afectada por la temperatura y el tiempo de procesamiento; el modo en que estas variables influyen cambia con el contenido de agua en el sólido. Además, se encontró que las condiciones de deshidratación más apropiadas fueron: 60 °C para el secado con aire y 45 °C para la deshidratación osmótica, así el contenido de agua en la fruta disminuyó en 50% en aproximadamente 70 minutos de secado con aire y en 35 minutos de deshidratación osmótica, registrándose retención de vitamina C 80% y 93%, respectivamente. En estas condiciones, el tratamiento osmótico presentó menos pérdida de nutrientes para un mismo valor de pérdida de agua durante la primera hora de proceso; y este fenómeno se invirtió después de las tres horas de deshidratación. En la **Tabla 5** se observa que el contenido de vitamina C en *Ananas comosus* fresca fue 18 mg/100 g y el tratamiento 70 °Brix, 48 h (T12) registró el mayor contenido de vitamina C (12,87 mg/100g) para el caso de *Ananas comosus* osmodeshidratada, y 10,39 mg/100g para *Ananas comosus* osmodeshidratada y secada; así mismo los tratamientos testigo muestran claramente pérdida de vitamina C durante la inmersión en agua, en diferentes tiempos, también durante el secado se observa pérdidas de vitamina C, debido a su sensibilidad a altas temperaturas. Las pérdidas de vitamina C se explican por el carácter hidrosoluble de la vitamina perdiéndose por lixiviación (**Germer et al., 2017**).

Tabla 5

Valores comparativos del contenido de vitamina C (mg/100g) en *Ananas comosus* osmodeshidratada y secada; osmodeshidratada y fresca

Tratamiento	Contenido de vitamina C en <i>Ananas comosus</i> osmodeshidratada y secada (mg/100g)	Contenido de vitamina C en <i>Ananas comosus</i> osmodeshidratada (mg/100g)	Contenido de vitamina C en <i>Ananas comosus</i> fresca (mg/100g)
T1	9,84 ± 0,12	11,89 ± 0,08	18,00 ± 1,73
T2	9,77 ± 0,11	11,79 ± 0,08	18,00 ± 1,73
T3	9,62 ± 0,09	11,62 ± 0,07	18,00 ± 1,73
T4	9,54 ± 0,09	11,59 ± 0,08	18,00 ± 1,73
T5	9,65 ± 0,05	11,68 ± 0,07	18,00 ± 1,73
T6	9,78 ± 0,06	11,78 ± 0,07	18,00 ± 1,73
T7	9,82 ± 0,07	11,87 ± 0,07	18,00 ± 1,73
T8	9,67 ± 0,09	11,88 ± 0,01	18,00 ± 1,73
T9	9,95 ± 0,06	11,98 ± 0,06	18,00 ± 1,73
T10	9,98 ± 0,05	12,01 ± 0,06	18,00 ± 1,73
T11	10,15 ± 0,12	12,53 ± 0,09	18,00 ± 1,73
T12	10,39 ± 0,07	12,87 ± 0,08	18,00 ± 1,73
T13 (Testigo 1)	2,34 ± 0,04	6,43 ± 0,09	18,00 ± 1,73
T14 (Testigo 2)	2,05 ± 0,05	6,17 ± 0,14	18,00 ± 1,73
T15 (Testigo 3)	1,98 ± 0,06	5,91 ± 0,05	18,00 ± 1,73
T16 (Testigo 4)	1,75 ± 0,10	5,87 ± 0,03	18,00 ± 1,73

En estudios realizados sobre pérdida de vitamina C en alimentos, se comprobó que a bajas temperaturas de secado (menores a 50 °C) se origina la degradación enzimática del ácido ascórbico, debido al largo tiempo de exposición de la fruta al calor, en cambio a temperatura 50 °C, este secado se vio favorecido por una osmodeshidratación previa, que disminuyó los tiempos de secado evitando posibles reacciones enzimáticas. En temperaturas altas, la degradación se considera preferentemente oxidativa, mientras que a temperaturas intermedias la degradación podría deberse a reacciones enzimáticas de degradación, reacción de destrucción química y/o una combinación de ambas (Soto y Guablocho, 2016).

La calidad de frutas se diferencia por la técnica de preservación utilizada. Nowacka et al. (2018) evaluó el efecto del ultrasonido durante la deshidratación osmótica sobre compuestos bioactivos de los arándanos. Muestras de arándanos enteros, cortados y escaldados (90 °C por 5 min), fueron tratadas con ultrasonido en dos soluciones osmóticas: una solución estándar con sacarosa 61,5% y una solución con contenido reducido de sacarosa 30% y adición 0,1% de glucosido steviol. La reducción de la sacarosa y el uso del edulcorante fueron equivalentes a la dulzura de la solución 65%. Como resultado de los tratamientos el contenido de vitamina C en arándanos (25,3 mg/100 g), disminuyó no significativamente con la operación de corte; sin embargo, el escaldado causó una degradación significativa en la vitamina C de arándanos, aproximadamente 22% en comparación a la muestra control.

El tratamiento ultrasonido en arándanos enteros, independientemente de la solución osmótica utilizada, resultó en degradación de la vitamina C, siendo atribuido a la formación de radicales libres por ondas de ultrasonido responsables del inicio de diferentes reacciones. Entretanto los tratamientos, corte y escaldado, combinado con ultrasonido, resultaron en alta degradación de vitamina C. Sin embargo, el tratamiento combinado corte y ultrasonido, causó cambios menores. Para el caso del escaldado la degradación de la vitamina C fue relacionado con la exposición a la temperatura, mientras que en los arándanos cortados las heridas produjeron estrés y pérdida de agua en las soluciones osmóticas.

El uso de la solución osmótica con contenido reducido de sacarosa (30% + 0,1% de edulcorante) resultó en mayor con-

centración de vitamina C, probablemente relacionado con la eliminación de agua durante la inmersión osmótica y menor poder osmótico de la solución en comparación con la solución estándar de sacarosa, siendo notorio en las frutas que fueron cortadas o blanqueadas y posteriormente sonicadas, donde el contenido de vitamina C fue similar a las muestras sin ultrasonido (cortadas y blanqueadas, respectivamente).

Los pretratamientos y procesos de escaldado, deshidratación osmótica y secado conducen a pérdidas significativas de compuestos bioactivos tales como la vitamina C (Nowacka et al. 2018). En el presente trabajo la deshidratación osmótica redujo significativamente el contenido de vitamina C en *Ananas comosus* representando retenciones de 71,5% a 64,4% en relación al producto fresco. Sin embargo, mayores pérdidas fueron observadas en la deshidratación osmótica seguida del secado por aire caliente, con retenciones de vitamina C en el rango 57,7 a 53% en relación al producto fresco. Probablemente las pérdidas de vitamina C también estuvieron relacionadas con el escaldado realizado previamente a la deshidratación osmótica. Cuando comparada el contenido de vitamina C, de piña osmodeshidratada y secada con los tratamientos testigo (Tabla 5), mostró mayor valor ya que estos, no fueron sometidos a la interacción de los factores, mostrando una pérdida notoria de vitamina C, 87 a 90%.

4. Conclusiones

La deshidratación osmótica con respecto a la concentración del jarabe de sacarosa y el tiempo de inmersión, seguida de secado por aire caliente ofrece un producto alternativo con características ventajosas. Secar en condiciones de laboratorio *Ananas comosus* osmodeshidrata, resulta en un producto de mejor calidad en términos de características fisicoquímicas, vitamina C y estabilidad en comparación con secar piña sin osmodeshidratación. Se recomienda utilizar otras soluciones osmodeshidratantes, tales como edulcorantes naturales, debido a la mayor demanda de productos naturales.

Referencias bibliográficas

- Ahmed, I.; Qazi, I.M.; Jamal, S. 2016. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 34: 29-43.
- Akharume, F.; Singh, K.; Jaczynski, J.; Sivanandan, L. 2018. Microbial shelf stability assessment of

- osmotically dehydrated smoky apples. *LWT-Food Science and Technology* 90: 61-69.
- AOAC - Official Methods of the Analysis of AOAC. 2005. International 18th Edition, Published by AOC International. Maryland 20877-2417, USA.
- Arias, L.; Perea, Y.; Zapata, J.E. 2017. Cinética de la transferencia de masa en la deshidratación osmótica de mango (*Mangifera indica* L.) var. Tommy Atkins en función de la temperatura. *Información Tecnológica* 28(3): 47-58.
- Assous, M.T.M.; Soheir E.M.; Dyab, A.S. 2014. Enhancement of quality attributes of canned pumpkin and pineapple. *Annals of Agricultural Science* 59(1): 9-15.
- Borda, C.; Caicedo, O. 2013. Cambios en el contenido nutricional de la unchuva (*Physalis peruviana*) frente a la osmodeshidratación como método de conservación. *Perspectivas en Nutrición Humana* 15(2): 149-156.
- Cano-Lamadrid, M.; Lech, K.; Michalska, A.; Wasilewska, M.; Figiel A.; Wojdylo, A.; Carbonell-Barrachina, A. 2017. Influence of osmotic dehydration pre-treatment and combined drying method on physico-chemical and sensory properties of pomegranate arils, cultivar Mollar de Elche. *Food Chemistry* 232: 306-315.
- 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.
- Chottanom P.; Pratin, T.; Shopka, K.; Nasinsorn, N.; Itsaranuwat, P. 2016. Pulsed vacuum osmotic dehydration of cherry tomatoes: Impact on physicochemical properties and probiotics entrapment. *Walailak Journal of Science and Technology* 13(3): 193-204.
- Correa, J.L.G.; Rasia, M.C.; Mulet, A.; Cárcel, J.A. 2017. Influence of ultrasound application on both the osmotic pretreatment and subsequent convective drying of pineapple (*Ananas comosus*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 41: 284-291.
- Fernández, P.; Lovera, N.; Romero, A.; Borsini, A.; Ramalho, L. 2017. Deshidratación osmótica de ananás con reutilización del jarabe de sacarosa. *RECYT* 19(28): 21-27.
- Gallo, L.A.; Tirado, D.F.; Acevedo, D. 2015. Deshidratación osmótica: una revisión. *Revista ReCiTeIA* 15(1): 1-12.
- García, P.A.; Muñoz, B.S.; Hernández, G.A.; Mario, G.L.; Fernández, V.D. 2013. Análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña (*Ananas comosus*, variedad Cayena lisa). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuaria* 22(1): 62-69.
- Germer, S.P.M.; Luz, G.M.; Da Silva, L.B.; Silva, M.G.; Morgano, M.A.; Silveira, N.F.A. 2017. Fruit dragée formulated with reused solution from pineapple osmotic dehydration. *Pesquisa agropecuária brasileira* 52(9): 806-813.
- Germer, S.P.M.; Souza, E. de G.G.; Morgano, M.A.; Silva, M.G.; Silveira, N.F. de A. 2016. Effect of reconditioning and reuse of sucrose syrup in quality properties and retention of nutrients in osmotic dehydration of guava. *Drying Technology* 34: 997-1008.
- Godoy, Y.P.; Rojas, B.S.; Pérez C.M.; Giménez, A.; Petit-Jiménez, D.; Alvarado, Q.G. 2017. Influencia del índice de madurez en la calidad de la piña (*Ananas comosus* L. Merr) mínimamente procesada. *Revista Científica Agroindustria, Sociedad y Ambiente (A.S.A.)*: 39-50.
- Huamán, K.B.; Ninahuanca, B.A. 2017. Evaluación de la pérdida de β -carotenos en la osmodeshidratación de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) con una solución de stevia. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Perú. 81 pp.
- Kowalska, H.; Marzec, A.; Kowalska J.; Ciurzynska, A.; Czajkowska, K.; Cichowska, J.; Rybak, K.; Lenart, A. 2017. Osmotic dehydration of honeysuckle strawberries in solutions enriched with natural bioactive molecules. *LWT-Food Science and Technology* 85: 500-505.
- Nowacka, M.; Tylewicz, U.; Tappi, S.; Siroli, L.; Lanciotti, R.; Romani, S.; Witrowa-Rajchert, D. 2018. Ultrasound assisted osmotic dehydration of organic cranberries (*Vaccinium oxycoccus*): Study on quality parameters evolution during storage. *Food Control* 93: 40-47.
- Nowacka, M.; Fijalkowska, A.; Dadan, M.; Rybak, K.; Wiktor, A.; Witrowa-Rajchert, D. 2018. Effect of ultrasound treatment during osmotic dehydration on bioactive compounds of cranberries. *Ultrasonics* 83: 18-25.
- Rodríguez, O.; Gomes, W.; Rodrigues, S.; Fernandes, F.A.N. 2016. Effect of acoustically assisted on vitamins, antioxidant activity, organic acids and drying kinetics of pineapple. *Ultrasonics Sonochemistry* 35(Part A): 92-102.
- Soares, K.; Gomes, J.L.; Junqueira, J.R.; Angelis, M.C.; Vilela, M.B. 2016. Optimization of osmotic dehydration of yacon slices. *Drying Technology* 34(4): 386-394.
- Soto, G.H.; Guablocho, Y. 2016. Evaluación de la temperatura y concentración de dos agentes osmodeshidratantes en la obtención de *Vaccinium myrtillus* "arandano" deshidratado. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Amazonas. Perú. 87 pp.
- Traffano-Schiffo, M.V.; Laghi, L.; Castro-Giraldez, M.; Tylewicz, U.; Rocculi, P.; Ragni, L.; Dalla, M.; Fito, P.J. 2017. Osmotic dehydration of organic kiwifruit pre-treated by pulsed electric fields and monitored by NMR. *Food Chemistry* 236: 87-93.
- Von May, R.; Catenazzi, A.; Angulo, A.; Venegas, P.; Aguilar, C. 2012. Investigación y conservación de la biodiversidad en Perú: Importancia del uso de técnicas modernas y procedimientos administrativos eficientes. *Rev. Peru. Biol.* 19(3): 351-358.