

Estudio comparativo de las características fisicoquímicas y vida útil de las papayas nativas, “papayita de monte” (*Carica pubescens* Lenné & K. Koch) y “babaco” (*Carica pentagona* Heilborn) (Caricaceae) deshidratadas mediante liofilización

Erick Aldo Auquiñivin Silva¹, Luz Maria Paucar Menacho^{2*}

¹ Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Calle Higos Urco N° 342-350,356, Chachapoyas, Perú.

² Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agroindustrial y Agrónoma, Av. Universitaria, s/n, Urb. Bella Mar, Nuevo Chimbote, Ancash, Perú.

* Autor para correspondencia: luzpaucar@uns.edu.pe

Información de financiamiento

Este estudio fue financiado por los propios autores.

Declaración de disponibilidad de datos

Toda la data relevante a la investigación se muestra dentro del mismo manuscrito.

Declaración de conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés alguno.

Contribución de los autores

E.A.A.S. y L.M.P.M.: Ejecución de trabajo de laboratorio, redacción texto, revisión y aprobación del texto final. Todos los autores autorizan la publicación del manuscrito final.

Recibido: 5 de Enero de 2020.

Aceptado: 25 de Febrero de 2020.

Publicado (digital): 30 Marzo 2020.

Publicado (impreso): 30 Abril 2020.

Cita bibliográfica:

Auquiñivin, E. & L. Paucar. 2020. Estudio comparativo de las características fisicoquímicas y vida útil de las papayas nativas, “papayita de monte” (*Carica pubescens* Lenné & K. Koch) y “babaco” (*Carica pentagona* Heilborn) (Caricaceae) deshidratadas mediante liofilización. *Arnaldoa* 27(1): e72-e79. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27105>

Resumen: La región Amazonas del Perú, es una de las regiones con mayor potencial en la producción de recursos naturales del país, entre ellas las papayas nativas. El objetivo de esta investigación fue realizar un estudio comparativo de las características fisicoquímicas y vida útil de las papayas nativas tales como la “papayita de monte” (*Carica pubescens* Lenné & K. Koch) y “babaco” (*Carica pentagona* Heilborn) (Caricaceae) deshidratadas mediante liofilización. Se determinaron las características fisicoquímicas, así como, los valores biométricos de ambas especies. Adicionalmente, se cuantificó el contenido total de polifenoles por el método espectrofotométrico, la capacidad antioxidante por el método DPPH y se determinó matemáticamente el tiempo de vida útil de las pulpas liofilizadas de “papayita” y “babaco”, las cuales fueron embolsadas. Los resultados indican que, en relación a los análisis biométricos como peso, longitud y diámetro, entre la “papayita” y el “babaco” si existe diferencia estadística significativa (p -valor =0.0001). La comparación de las características fisicoquímicas entre las pulpas de “papayita” y “babaco”, estadísticamente existió diferencia significativa entre ellas. La comparación entre los rendimientos de las pulpas liofilizadas de la “papayita” y “babaco” se determinó una diferencia de 0,12. En la comparación del contenido de fenoles totales entre las pulpas frescas y pulpas liofilizadas si existió una diferencia significativa, entre la “papayita” y el “babaco” respectivamente, donde se determinó que los productos liofilizados tienen mayor contenido de fenoles totales, que los productos de pulpa fresca. Asimismo, en la capacidad antioxidante si existen diferencias significativas entre las pulpas frescas y liofilizadas entre la “papayita” y el “babaco”. Se determinó también que la pulpa liofilizada de papayita tiene mayor capacidad antioxidante que la pulpa liofilizada del “babaco”.

Palabras clave: Frutas nativas, características fisicoquímicas, compuestos fenólicos, actividad antioxidante, vida útil.

Abstract: Comparative study of the physicochemical characteristics and shelf life of native papayas, “monte papayita” (*Carica pubescens* Lenné & K. Koch) and “babaco” (*Carica pentagona* Heilborn) (Caricaceae) dehydrated by lyophilization. The Amazon region of Peru is one of the regions with the greatest potential in the production of natural resources in the country, including native papayas. The objective of this research was to conduct a comparative study of the physicochemical characteristics and shelf life of native papayas such as Papayita del Monte (*Carica pubescens* Lenné & K. Koch) and babaco (*Carica pentagona* Heilborn) dehydrated by lyophilization. The physicochemical characteristics as well as the biometric values of both varieties were determined. Additionally, the total polyphenol content was quantified by the spectrophotometric method, the antioxidant capacity by the DPPH method and the shelf life of the freeze dried papayite and tobacco pulps, which were bagged, were determined mathematically. The results indicate that in relation to biometric analyzes such as weight, length and diameter, between papayite and babaco if there is a significant statistical difference (p -value = 0.0001). The comparison of the physicochemical characteristics between papayita and babaco pulps statistically existed a significant difference between them. The comparison between the yields of lyophilized pulps of papayite and babaco was determined a difference of 0.12. In the comparison of the total phenolic content between fresh pulps and lyophilized pulps if there was a significant difference,

between papayite and babaco respectively, where it was determined that lyophilized products have a higher total phenolic content, than fresh pulp products. Also, in the antioxidant capacity if there are significant differences between fresh and lyophilized pulps between papayite and babaco. It was also determined that the lyophilized papayite pulp has a higher antioxidant capacity than the lyophilized pulp of the babaco.

Keywords: Native fruits, physicochemical characteristics, phenolic compounds, antioxidant activity, shelf life.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda por parte de los consumidores de productos saludables y listos para consumir, hace que los métodos de conservación alternativos, como es el caso de la liofilización, resulten atractivos. El proceso de liofilización en alimentos se ha considerado como el mejor método de deshidratación que además de conservar las características organolépticas y nutritivas del alimento, le otorga un valor agregado aproximado del 120% (Ramírez, 2011). Esta técnica es utilizada con el objetivo de reducir las pérdidas de los componentes responsables del aroma y sabor, los cuales se ven afectados en los procesos convencionales de secado (Grajales-Agudelo *et al.*, 2005), además de preservar algunos componentes como minerales y vitaminas (Marques *et al.*, 2007). Esta tecnología nos permite obtener productos deshidratados de gran calidad, sin embargo, conlleva elevados costes y largos tiempos de proceso. Por ello, resulta interesante el uso combinado de la liofilización junto a otras técnicas de secado, que permitan una reducción inicial de la humedad y de esta forma obtener un producto con una elevada relación calidad/coste. En este estudio se evaluó el efecto de la aplicación de pretratamientos de deshidratación, por microondas y secado por aire caliente, en el proceso de liofilización, desde el punto de vista de la cinética de secado y de la calidad del producto. Para ello se llevó a cabo la modelización de las curvas de secado en base a la segunda Ley de Fick y el modelo de Page. Los resultados obtenidos mostraron que la aplicación de los pretratamientos dio lugar a una mayor velocidad de la eliminación del agua de las muestras. A su vez, los pretratamientos de deshidratación utilizados no afectaron a la capacidad de rehidratación ni a la actividad antioxidante de las muestras (Monteagudo, 2013). El ácido ascórbico ha sido reconocido como un nutriente importante en varios productos alimentarios de la canasta familiar. La acción de la vitamina C es suministrada por dos formas biológicamente activas: el ácido L-ascórbico (L-AA) y su forma oxidada, el ácido dehidroascórbico (DHAA) (Cortés, 2015).

Hay varios frutos donde se ha aplicado esta técnica. La cocona es una fruta de la Amazonía que al ser liofilizada se retiene su valor nutritivo, disminuye costos de almacenamiento y aumenta tiempo de vida útil del producto, lo cual puede garantizar que la cocona en polvo sea un producto de exportación. Donde se obtuvo polvos, con actividad de agua por debajo de 0,2, retención de ácido ascórbico en 87% e incremento de luminosidad. La vida útil de los polvos de cocona fue de 61 días empacada en polipropileno biorientado (BOPP) almacenados a 25°C determinados por método integral y se concluyó que cocona en polvo tiene un gran potencial agroindustrial (Vargas, 2015).

Cuando a la pulpa de mango se le somete a liofilización convencional, se logra retener el 78,3% de vitamina C, mientras que por el método rápido su retención es de 65,10%; en ambos casos la pérdida de vitamina C es sustancial, posiblemente por el pulpeado que incrementa su área de contacto con el oxígeno, pero si se compara solo entre la pérdida de vitamina C entre ambas técnicas de liofilización, las pérdidas son insignificantes. La misma tendencia se encuentra al liofilizar rodajas de plátano y lúcuma (Rodríguez-Paucar *et al.*, 2011).

En el departamento de Amazonas existen muchas frutas nativas entre ellas están la papayita de monte y el babaco, con gran importancia nutricionales y organolépticas, que mediante la técnica de liofilización se pueden obtener materias primas secas, como ingredientes en la industrialización de bebidas saludables, compotas, salsas, papillas, gelatinas con pulpa, buscando permanecer su composición nutricional, su altísima hidratación y la tipicidad de sus sabores o aromas (Santillán, 2013). Cada planta puede producir anualmente entre 25 y 30 frutos. Su sabor es similar al de la piña, la fresa y la naranja. La pulpa, carente de semillas, es de color blanquecino-amarillento cuando el fruto está verde, y rosáceo-anaranjado cuando está maduro. Las plantas comienzan a producir a los 10 o 12 meses y continúa hasta los 36 o más meses. Puede consumirse en fresco, solo o combinado en ensaladas, su sabor tan especial convierte al Babaco en deliciosos helados, yogurt, mermeladas y jaleas; además de ser un excelente complemento en platos muy variados, combina muy bien con los preparados de carnes, puede procesarse para obtener concentrados, pulpas y conservas (Pérez-Andrade & Zambrano-Balarezo, 2013).

Por estas razones el objetivo de la presente investigaciones es el estudio comparativo de las características fisicoquímicas y vida útil de la "papayita de monte" (*Carica pubescens* Lenné & K. Koch) y "babaco" (*Carica pentagona* Heilborn) deshidratadas mediante liofilización.

MATERIAL Y MÉTODOS

Obtención del material

Los frutos de "papayita de monte" (*Carica pubescens* Lenné & K. Koch) se obtuvieron de la ciudad de Chachapoyas, capital del departamento de Amazonas en el Nororiente Peruano. Por otro lado, los frutos de "babaco" (*Carica pentagona* Heilborn) se obtuvieron de Lamud, ciudad cercana a Chachapoyas. Se recolectaron las frutas nativas para su posterior estudio en laboratorio, de las mismas áreas. Después se hizo uso de un triturador con la finalidad de obtener diversas muestras de un estado sólido a un estado líquido de la pulpa. Tras la obtención de la pulpa, se llevó a cabo el proceso de procesos de liofilización.

Análisis de laboratorio

Con los productos ya liofilizados se procedió a determinar los parámetros fisicoquímicos. El % de humedad, sólidos solubles, acidez total titulable, pH, ceniza según los diferentes métodos del A.O.A.C. (2000). La determinación de la actividad de agua, se realizó con el equipo HYDROLAB de la marca OTRONIC. Para la determinación de polifenoles totales, se usó el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999), realizando la curva patrón de ácido gálico a partir de una disolución concentrada de mg AGE/g muestra y luego se aplica la fórmula:

$$\left[\frac{\text{mg AG}}{100\text{g de PD}} \right] = \left[\frac{\text{de AG Ex}}{\text{g MD}} \right] * \left[\frac{\text{SE}}{\text{g MD}} \right] * 100$$

Donde:

- AG = Acido gálico.
- PD = Pulpa deshidratada.
- Ex = Extractos.
- SE = Solvente de extracción.
- MD = Muestra deshidratada.

Por último, la determinación de la capacidad antioxidante se realizó mediante el método DPPH desarrollado por Brand-Williams *et al.* (1995). Posteriormente, con los valores de las absorbancias obtenidas se calculará en % de captación de radicales libres (DPPH) mediante la siguiente fórmula:

$$C.A. (\%) = \left[1 - \frac{A2 - A3}{A1} \right] * 100$$

Donde:

- C.A. = Capacidad Antioxidante.
- A1 = Absorbancia del patrón de referencia.
- A2 = Absorbancia de la muestra.
- A3 = Absorbancia del blanco de muestra.

Determinación de vida útil

La determinación de la vida útil se determinó según Wyser y Lanctuit (Migone, 2017), indican que la predicción del tiempo de vida se puede estimar con una relación lineal entre el estado inicial y el estado crítico en la isoterma de sorción y se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Tiempo\ vida\ útil = \ln \left(\frac{me - mi}{me - mc} \right) * \left(\frac{RH * W * b}{WVTR * A * 10000} \right)$$

Donde:

- me = contenido de humedad en equilibrio teórico con la humedad relativa.
- mi = contenido de humedad inicial.
- mc = contenido de humedad crítico.
- RH = humedad relativa del ambiente.
- W = peso del producto.
- b = pendiente que relaciona la actividad de agua y el contenido de humedad.
- WVTR = tasa de transmisión al vapor de agua del empaque.
- A = superficie del empaque donde se da la transmisión de vapor de agua.

Análisis estadístico

En esta investigación se utilizó un DCA. Donde se realiza comparaciones; además es el más simple de todos los diseños que se utilizan para comprar las frutas nativas antes y después de liofilizar, dado que solo consideran dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio (Gutiérrez & de la Vara, 2008). Se tuvo como variables de entrada o dependientes las características fisicoquímicas, contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de las pulpas de papayita y babaco; y de salida la comparación de las características fisicoquímica, polifenoles totales, capacidad antioxidante y tiempo de vida útil. Los resultados se analizaron mediante ANOVA. Los tratamientos se realizaron por triplicado. Para establecer diferencias significativas entre medias se aplicó la prueba de Tukey con una probabilidad de P<0.05 un intervalo de confianza del 95% (α = 0.05). Todos los datos analizados son el promedio de 3 unidades experimentales, usando el software Infostat 2019.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Biométrico

Tabla 1. Características Biométricas del babaco y papayita.

Medidas Biométricas	Papayita	Babaco
Peso de la fruta (g)	178.58 ±0.763	261.84 ±1.04
Longitud (cm)	10.55±0.50	25.50±0.50
Diámetro (cm)	7.13±0.54	10.00 ±0.10

De la tabla 1 se realizó su ANOVA, reportando diferencias significativas con un p-valor 0.0001 entre las medidas de peso, longitud y diámetro, entre las frutas entera del babaco y papayita.

Tabla 2. Rendimiento de cascara, pulpa y semilla respecto al babaco y papayita.

Rendimiento	Papayita	Babaco
Peso de la Fruta (%)	100	100
Cascara	32.80 ±0.207	24±0.10
Pulpa	54.45±1.51	67±0.45
Semilla	12.75±0.93	9.00±0.20

De la tabla 2 se realizó también una ANOVA, reportando diferencias significativas con un p-valor 0.0001 entre los % Rendimiento de cascara, % Rendimiento de pulpa y % Rendimiento de semilla, entre las frutas entera del babaco y papayita.

Para ambos casos (tabla 1 y 2), la comparación de pares de medias, según método de Tukey, se reportan diferencias significativas.

Características fisicoquímicas de las pulpas frescas nativas

Tabla 3. Características fisicoquímicas de las unidades experimentales.

Análisis físico-químico	Papayita	Babaco
Humedad (%)	87.79±0.78	94.05±0.86
Acidez (%)	0.22±0.01	0.60±0.03
Ceniza (%)	0.57	1.00
°Brix (%)	6.63±0.66	5.75±0.18
pH	4.00±0.21	3.82±0.08
Densidad (g/ml)	1.09±0.16	0.971±0.11
IM	30.80±3.73	9.54±0.78

De la tabla 3 se realizó su ANOVA, reportando diferencias significativas con un p-valor 0.0001 en el contenido de % humedad entre las pulpas del babaco y la papayita. Al mismo tiempo, el % de Acidez y de cenizas, reportando diferencias significativas con un p-valor 0.0001 entre las pulpas del babaco y la papayita, al realizar la ANOVA. Respecto al °Brix se realizó su ANOVA, reportando diferencias significativas con un p-valor 0.0006 entre las pulpas del babaco y la papayita. Para el pH se realizó su ANOVA, reportando diferencias significativas con un p-valor 0.0158 entre las pulpas del babaco y la papayita. Para la Densidad se realizó su ANOVA, reportando diferencias significativas con un p-valor 0.0303 entre las pulpas del babaco y la papayita. Por último, al IM se realizó su ANOVA, reportando diferencias significativas con un p-valor 0.0001 entre las pulpas del babaco y la papayita. Para todos los parámetros, la comparación de pares de medias, según método de Tukey, se reportan diferencias significativas.

Características fisicoquímicas de las pulpas liofilizadas de las frutas nativas

Tabla 4. Características fisicoquímicas en frutas liofilizadas / 100g en base seco.

Análisis físico-químico	Papayita	Babaco
Humedad (%)	0.46±0.12	0.61±0.1
Acidez (%)	6.49±0.59	4.95±0.61
Ceniza (%)	5.00±0.35	3.4±0.65
°Brix (%)	5.75±0.45	5.6±0.41
pH	4.15±0.49	4.49±0.51
Aw	0.315±0.13	0.292±0.11

De la tabla 4 se realizó su ANOVA, reportando diferencias significativas con un p-valor 0.0001 en el contenido de % humedad entre las pulpas liofilizadas del babaco y la papayita. Así mismo, la comparación de pares de medias, método Tukey reporta diferencias significativas. Podemos mencionar que las programaciones de calentamiento durante la sublimación si afecto significativamente las características fisicoquímicas del % de Humedad, esta disminución se debió a la pérdida de agua libre en la deshidratación por liofilización,

la explicación también es compartida por Málaga *et al.* (2013) y Huachuillca (2017).

Respecto al % de Acidez se realizó su ANOVA, reportando diferencias significativas con un p-valor 0.0001 entre las pulpas liofilizadas del babaco y la papayita. Así mismo, la comparación de pares de medias, método Tukey reporta diferencias significativas.

Para el caso del contenido de acidez se observa que en las muestras liofilizadas si existe un aumento considerados, esto se presume que se deba al estado de madurez, es decir, que exista menos agua que extraer y más solutos a obtener, esto es compartido por Amores (2011) y Huachuillca (2017). Respecto al % de Ceniza se realizó su ANOVA, reportando diferencias significativas con un p-valor 0.0001 entre las pulpas liofilizadas del babaco y la papayita. Así mismo, la comparación de pares de medias, método Tukey reporta diferencias significativas, por lo tanto, se puede afirmar que él % de ceniza en la pulpa liofilizada aumenta significativamente. Respecto al °Brix se realizó su ANOVA, reportando que no existe diferencias significativas con un p-valor 0.0610 entre las pulpas liofilizadas del "babaco" y la "papayita". Así mismo, la comparación de pares de medias, método Tukey reportando que no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En el contenido de sólidos solubles (°Brix), también es compartido que la baja diferencia se deba al estado de madurez de la fruta, y que también el proceso de liofilización hace que la concentración de azúcar aumente, siempre en cuando la fruta antes de ser liofilizado este al límite de su madurez. Amores (2011) y Huachuillca (2017). Respecto al pH se realizó su ANOVA, reportando diferencias significativas con un p-valor 0.0001 entre las pulpas liofilizadas del babaco y la papayita. Así mismo, la comparación de pares de medias, método Tukey reporta diferencias significativas. Con respecto al pH Se debe tener en cuenta que las frutas contienen ácidos orgánicos de forma libre o combinada que están disueltos en las vacuolas de las células que al eliminar el agua se concentrarían, esto es la razón por la cual la diferencia que existe entre los pH no sea mayor. Lo comparten los autores Málaga *et al.* (2013) y Huachuillca (2017). Respecto a la aw se realizó su ANOVA, reportando diferencias significativas con un p-valor 0.0001 entre las pulpas liofilizadas del "babaco" y la "papayita". Así mismo, la comparación de pares de medias, método Tukey reporta diferencias significativas.

De la tabla 4 se reportan los resultados de actividad de agua de las pulpas liofilizadas de babaco y papayita 0.292 y 0.315 respectivamente, la diferencia es concordante con las actividades de agua de las frutas frescas, por ende, presenta mayor actividad de agua, de allí es su susceptibilidad al deterioro, mientras las otras fueron sometidas a la liofilización por tanto ya no cuenta con agua libre. Huachuillca (2017) menciona, en general, actividades de agua por debajo de 0.8 hacen al alimento muy seguro de un posible problema microbiológico, pero no se inhiben las reacciones químicas y bioquímicas, en tanto que con actividades de agua por debajo de 0.3 los alimentos serán muy seguros en todos los aspectos, salvo a las reacciones de oxidación. Martínez *et al.*, (1998) menciona que la estabilidad de un producto se puede alcanzar cuando la AW se encuentra entre 0.2 y 0.4, que corresponde a la humedad de la monocapa y se logra la conservación en condiciones ambientales, Las pulpas

liofilizadas de babaco y papayita presentan una actividad de agua de 0.292 y 0.315 respectivamente, que se ubican en el rango indicado por Martínez *et al.*, (1998), que corresponde a la humedad de la mono capa y se logra la conservación en condiciones ambientales.

Tabla 5. Rendimiento de la pulpa liofilizada respecto a la pulpa liofilizada.

Pulpa liofilizada	Rendimiento (%)
Papayita	6.10±0.15
Babaco	6.22±0.10

Como se puede apreciar en la tabla 5, el rendimiento de la pulpa liofilizada con respecto a las pulpas frescas, podemos decir que la pulpa liofilizado del babaco tiene un 0.12 % más que la pulpa liofilizada de la papayita. El rendimiento depende del tipo de fruta y el proceso aplicado, en esto concordamos con los autores Surco, Tipiana y torres (2017).

Determinación del contenido de compuestos fenólicos totales

La tabla 6 reporta los resultados en pulpa liofilizado; asimismo, la media y desviación estándar de los compuestos fenólicos los cuales son valores próximos a 223.03 ± 3.02 mgAGE/g en liofilizado, reportados por Huachuillca (2017). Se observa una diferencia significativa de contenido de compuestos fenólicos entre las frutas antes y después de ser liofilizadas, para los dos casos existió un aumento en las pulpas liofilizadas. También observamos que en las frutas frescas la papayita obtuvo mayor contenido de compuesto fenoles totales, asimismo en la pulpa liofilizada la papayita obtuvo mayor contenido de este componente en el babaco. Damodaran (2010), manifiestan las diferencias encontradas son debido al estado de madurez, el tipo de solvente usado durante el análisis y el lugar de donde proviene. Los compuestos fenólicos disminuyen con el grado de madurez en las frutas, pero aumentan como respuesta al estrés producido por magulladuras y por infecciones fúngicas. Tarín *et al.* (2015), Las diferencias encontradas es debido a la extracción de los compuestos fenólicos con diferentes solventes. Además, el tipo de equipo utilizado para liofilizar. Y otros factores tales como velocidad de congelación, presión y la temperatura de liofilización.

De la tabla 6, se realizó una ANOVA, reportando que si existen diferencias significativas entre el contenido de compuestos fenólicos en las pulpas liofilizada y pulpa fresca a un p-valor 0.0001 menor al nivel de significancia. La liofilización si afectó en el contenido de compuestos fenólicos, como se aprecia las diferencias entre las pulpas liofilizadas y entre las pulpas frescas. Así mismo, la comparación de pares de medias, método Tukey reporta que si existe diferencias significativas entre ellas.

Determinación de la actividad antioxidante de papayita y babaco por el método de secuestro de radical libre DPPH

Encina *et al.* (2007), reportaron con el reactivo DPPH 249.23±8.01 y con el reactivo ABTS Hidrofílica 288.95±3.62 y Lipofílica 297.51±4.23 estos valores son mayores a 37.67 ± 1.54 y 12.61 ± 0.61 del valor encontrado en la presente investigación; Málaga *et al.* (2013) refiere la capacidad antioxidante por ABTS Hidrofílica 3.65±0.20 b.h (25.73±1.40 liofilizado) y Lipofílica 0.30±0.6 b.h (2.20±0.35 liofilizado), respectivamente. Huachuillca, (2017), reporto con el reactivo DPPH una media de 5581.81 en base liofilizado, este valor bien alto respecto al obtenido. La ANOVA reporta que si existen diferencias significativas en contenido de la capacidad de antioxidante de las pulpas liofilizada y pulpas frescas a un p-valor 0.0001 menor al nivel de significancia. La liofilización si afectó en la capacidad antioxidante, como se aprecia las diferencias entre las pulpas liofilizadas y entre las pulpas frescas. Así mismo, la comparación de pares de medias, método Tukey reporta que si existe diferencias significativas entre ellas.

Estas diferencias encontradas son debido al índice de madurez de la fruta, el uso del reactivo para la extracción y el tiempo de análisis. Repo & Encina (2008), mencionan que la capacidad antioxidante está directamente relacionada con el contenido de pigmentos de la fruta además la capacidad antioxidante de un alimento depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes naturales presentes en él. Las variaciones son atribuidas al estado de madurez, lugar de procedencia del fruto. También observamos que la pulpa liofilizada de la papayita es mayor en su % de inhibición DPPH con respecto a la pulpa liofilizado de babaco, así como también la pulpa fresca de la papayita presenta un % de inhibición DPPH mayor que la pulpa fresca del babaco. Moure *et al.* (2001) mencionan que los factores que afectan la actividad antioxidante de los compuestos bioactivos en alimentos de origen vegetal dependen de su concentración y su estructura,

Tabla 6. Contenido de compuestos fenólicos totales de pulpa fresca y liofilizada.

Condición	Liofilizado		Pulpa Fresca	
	Papayita	Babaco	Papayita	Babaco
Frutas Nativas	361.89	55.22	1.43	0.46
mgAGE/g Muestra	317.44	43.00	1.44	0.47
	368.56	80.78	1.41	0.44
Media	349.3±27.79	59.67±19.28	1.43±0.02	0.46±0.02

la cantidad de estas sustancias en vegetales es ampliamente influenciada por factores genéticos y condiciones ambientales, sin mencionar el estado de madurez o la variedad de la planta. Encina *et al.* (2007), Estas diferencias encontradas son debido al índice de madurez de la fruta, el uso del reactivo para la extracción y el tiempo de análisis.

Repo & Encina (2008), señalan cuando el estado de madurez de aguaymanto aumenta, sus compuestos bioactivos (contenido de ácido ascórbico, compuestos fenólicos y carotenos totales) aumentan, obteniéndose una mayor capacidad antioxidante.

Las diferencias se deben a los factores tales como los parámetros de concentración de la pulpa, velocidad de congelación y la temperatura de liofilización (Huachuhuillca, 2017). La pérdida de la actividad antioxidante en las distintas variedades de pulpa de mango, podemos atribuirla principalmente a la pérdida de carotenoides totales que son sustancias con reconocida actividad antioxidante (Salamanca *et al.*, 2007).

Determinación de la vida útil

Para la determinación de tiempo de vida útil se realizó un análisis sensorial inicial, se determinó la humedad inicial y también se determinó actividad de agua inicial de la muestra liofilizada. Y también se realizó lo mismo para la etapa crítica iniciando en la evaluación sensorial, determinación de la humedad crítica y actividad de agua crítica, Toda esta información se aplicó en la fórmula que indicó Wyser y Lanctuit (Migone, 2017),

Tabla 7. Resultados de la evaluación sensorial de las dos muestras liofilizadas de la papayita y babaco (n=15*).

Propiedad Organoléptica	Observación	Resultados
Sabor	Sabor típico	Aceptable
Color	Crema	Aceptable
Olor	Aroma agradable	Aceptable
Apariencia	Bueno	Aceptable

*Panelistas semi entrenados

Como se puede observar, los panelistas que participaron en la evaluación determinaron que las dos muestras liofilizadas se encuentran con calificación de aceptable para las propiedades organolépticas clave tales como: sabor, color, olor y apariencia. Esto es importante ya que indica que el producto se encuentra apto para poder iniciar las pruebas de determinación de humedad inicial y crítica y también nos permite contar con muestras aprobadas como referencia sensorial.

En la tabla 8 se muestran los valores de humedad inicial y actividad de agua, esto se tomó de las muestras liofilizadas recién envasado. El resultado de humedad en los productos es conforme, lo cual indica que el producto a granel ha sido

mantenido en condiciones óptimas desde su liofilización hasta el envasado, esto se explica por en la ciudad universitaria – Ciudad de Chachapoyas se encuentra en un promedio de 20°C y 70 de HR.

Migone (2017) coincide con Damodaran (2010) indicando que, si empacas al alimento en un empaque que es permeable, habrá cierta ganancia de humedad y el producto puede llegar a cruzar la temperatura de transición vítrea donde el producto pasa de ser un sólido amorfo y se vuelve elástico “rubbery” y se comprime.

Tabla 8. Resultados de humedad inicial y actividad de agua inicia.

Muestras liofilizadas	Humedad (mi) %	Actividad de agua (awi)
Papayita	0.46	0.315
Babaco	0.61	0.292

*panelistas

Tabla 9. Resultados de la evaluación sensorial en condiciones de humedad y actividad de agua crítica de las dos muestras liofilizadas de la papayita y babaco (n=15*).

Propiedad Organoléptica	Observación	Resultados
Sabor	con menor fuerza de sabor	Casi Aceptable
Color	Crema	Casi aceptable
Olor	Baja Perdida de aroma	Menos Aceptable
Apariencia	Presencia de grumos	Casi no aceptable

*panelistas

En consecuencia, se determinó el contenido de humedad crítica y actividad de agua crítica en el punto donde se produce el cambio de estado de cristalino a elástico “espeso” desviación de calidad, (tabla 9), asimismo en las observaciones sensoriales como el sabor, color y olor indicaron una disminución de sus atributo, esto se debe al incremento de humedad causando propiedades elásticas

Se observó en las muestras presencia de grumos, compactación y además dejó de ser soluble de ser soluble en agua caliente a 60 °C, los factores de degradación principales se debe el vapor de agua y el oxígeno (Condezo, 2002).

Con la fórmula que indicó Wyser y Lanctuit (Migone, 2017), se predijo el tiempo de vida útil de las muestras liofilizadas de las pulpas de papayita y babaco. Se determinó que con una permeabilidad al vapor de agua (WVTR) de 0.06 g.m2.día, en empaque de Aluminio, se puede obtener hasta 22.60 y 18.36 meses para las muestras liofilizadas de papayita y babaco respectivamente, a una temperatura de 20 °C, 70% HR.

En las características sensoriales, existió un cambio respecto

al sabor, olor y color, los cuales fueron determinantes para definir la humedad crítica y la actividad de agua crítica.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que, en relación a los análisis biométricos como peso, longitud y diámetro, entre la papayita y el babaco si existe diferencia estadística significativa (p -valor = 0.0001), el rendimiento de las papayas nativas en relación a la cascara, pulpa y semilla fueron 32.8, 54.45 y 12.75 % respectivamente en el caso de la papayita del monte y 24, 67 y 9 % respectivamente para babaco.

La comparación de las características fisicoquímicas entre las pulpas de papayita y babaco, estadísticamente existió diferencia significativa: humedad (87.79 ± 0.78 ; 94.05 ± 0.86); Acides (0.22 ± 0.01 ; 0.60 ± 0.03); Ceniza (0.57 ; 1.00); °Brix (6.63 ± 0.66 ; 5.75 ± 0.18); pH (4.00 ± 0.21 ; 3.82 ± 0.08); Densidad (1.09 ± 0.16 ; 0.971 ± 0.11); IM (30.80 ± 3.73 ; 9.54 ± 0.78), entre ellas respectivamente.

La comparación entre los rendimientos de las pulpas liofilizadas de la papayita y babaco se determinó una diferencia de 0.12 %, obteniendo 6.10 ± 0.15 y 6.22 ± 0.10 respectivamente.

En la comparación del contenido de fenoles totales entre las pulpas fresca (0.46 ± 0.02 mgAGE/g; 1.43 ± 0.02 mgAGE/g) y pulpas liofilizadas (349.30 ± 27.79 mgAGE/g; 59.67 ± 19.28 mgAGE/g) si existió una diferencia significativas, entre la papayita y el babaco respectivamente, donde se determinó que los productos liofilizados tienen mayor contenido de fenoles totales, que los productos de pulpa fresca.

La capacidad antioxidante según Anova y el método Tukey reporto que si existen diferencias significativas entre las pulpas liofilizadas (81.59 ± 0.52 ; 64.6 ± 0.16) y entre pulpas frescas (45.92 ± 0.29 ; 25.41 ± 5.2) si existió una diferencia significativa, entre la papayita y el babaco respectivamente, donde se determinó que los productos liofilizados tienen mayor capacidad antioxidante, que los productos de pulpa fresca. Se determinó también que la pulpa liofilizada de papayita tiene mayor capacidad antioxidante que la pulpa liofilizada del babaco: 81.58% y 64.6% respectivamente.

Se determinó que con una permeabilidad al vapor de agua (WVTR) de 0.06 g.m².dia, en empaque de Aluminio, se puede obtener hasta 22.60 y 18.36 meses para las muestras liofilizadas de papayita y babaco respectivamente, a una temperatura de 20 °C, 70% HR.

LITERATURA CITADA

- Amores, D. A.** 2010. Evaluación nutritiva y nutraceútica de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas y secador en bandejas. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Association of Official Analytical Chemist (A.O.A.C.)** 2000. Official methods of analysis of AOAC International. 17ª ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, EE.UU. 2200 págs.
- Brand-Williams, W.; M. E. Cuvelier; C. Berset.** 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol.*; 22:25-30.
- Condezo, L. A.** 2002. Predicción de la vida útil de galletas soda mediante modelos matemáticos deterministas. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Cortés, G. M.; G. A. Prieto, & W. E. Rozo.** 2015. Caracterización bromatológica y fisicoquímica de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) y su posible aplicación como alimento nutracéutico. *Ciencia en Desarrollo*; 6(1):87-98. <https://doi.org/10.19053/01217488.3653>
- Damodaran, S.** 2010. FENNEMA Química de los alimentos. 3ª ed. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 1166 págs.
- Encina, C. R.; M. O. Ureña & R. Repo.** 2007. Determinación de los compuestos bioactivos del Aguaymanto (*Physalis peruviana*, Linnaeus, 1753) y de su conserva en almíbar maximizando la retención de ácido ascórbico. *Revista ECIPeru*; 4(1):6-10.
- Grajales-Agudelo, L. M.; W. A. Cardona-Perdomo & C. E. Orrego-Alzate.** 2005. Liofilización de carambola (*Averrhoa carambola* L.) osmodeshidratada. *Ingeniería y Competitividad*; 7(2):19-26.
- Gutiérrez, H. & R. de la Vara.** 2008. Análisis y diseño de experimentos. 2ª ed. McGraw-Hill Interamericana, Ciudad de México, México. 545 págs.
- Huachuhuilca, D.** 2017. Efecto de Liofilización sobre los Compuestos Bioactivos y Capacidad Antioxidante en la Pulpa de Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Tesis de Grado. Universidad Nacional José María Arguedas, Apurímac, Perú.
- Martínez, N.; A. M. Andrés; A. Chiralt & P. F. Maupoey.** 1998. Termodinámica y Cinética de Sistemas Alimento Entorno. 1ª ed. Editorial Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. 372 págs.
- Málaga, R.; A. Guevara & M. Araujo.** 2013. Efecto del procesamiento de puré de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), sobre los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante. *Revista de la Sociedad Química del Perú*; 79(2):162-174.
- Marques, L. G.; M. C. Ferreira, & J. T. Freire.** 2007. Freeze-drying of acerola (*Malpighia glabra* L.). *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*; 46(5):451-457.
- Migone, F.** 2017. Reemplazo del empaque primario flexible de aluminio a metalizado para bebida deshidratada y estimación de tiempo de vida. Tesis de Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Monteagudo, G.** 2011. Aplicación de métodos combinados para la obtención de kiwi en polvo de alta calidad. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Mourea, A.; J. M. Cruz; D. Franco; J. M. Domínguez; J. Sineiro; H. Domínguez; M. J. Núñez; J. C. Parajó.** 2001. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*; 72(2):145-171.
- Pérez-Andrade, M. J. & Zambrano-Balarezo.** 2013. Diseño de un proyecto para la agroindustrialización del babaco, como: conservas, mermelada, yogourt y helados, en la comunidad "Eloy Alfaro", Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Ramírez, J. S.** 2006. Liofilización de alimentos. *ReCiTelA*; 6(2):92-131.
- Repo, R. & C. R. Encina.** 2008. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*; 74(2):108-124.
- Rodríguez-Paucar, G.; E. Aguirre-Vargas; B. Sandoval-Zavaleta & S. Quezada-Berru.** 2011. Efecto de las metodologías de liofilización en la calidad de frutas deshidratadas. Universidad Nacional del Santa. Ancash, Perú.
- Salamanca, G.** 2007. Avances en la caracterización, conservación y procesamiento del mango (*Mangifera indica* L.) en Colombia. *Revista Tumbaga*; 2(1):57-64.
- Santillán, F.** 2013. Plan de Negocio Producción y comercialización de papa (semilla y consumo) de la zona de Luya en la región

nororiental del Perú. Chachapoyas, Perú.

- Singleton, V. L.; R. Orthofer & R. M. Lamuela-Raventós.** 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. En *Methods in enzymology*. 299:152-178.
- Tarín, M.** 2015. Evaluación de la calidad funcional de extractos de mora y fresa liofilizada. Tesis de Grado. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Vargas, D. P.** 2015. Efecto de la liofilización sobre propiedades fisicoquímicas y vida útil de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) en polvo. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.