

Caracterización bromatológica y fisicoquímica de la uchuva (*Physalis peruviana L.*) y su posible aplicación como alimento nutracéutico

Bromatological and Physicochemical Characterization of *Physalis peruviana L.*, and its Potential as a Nutraceutical Food

G. M. Cortés Díaz^{a,*}

G. A. Prieto Suárez^b

W. E. Rozo Nuñez^c

Resumen

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). En esta investigación se estudió la uchuva (*Physalis peruviana L.*), en cuanto a sus propiedades bromatológicas, fisicoquímicas y actividad antioxidante, para su posible aplicación como alimento nutracéutico. El fruto fue sometido a deshidratación por calor y liofilización. El análisis proximal de la uchuva (*Physalis peruviana L.*) procedente de Toca (Boyacá) presentó un contenido de humedad, cenizas, grasa y proteína de 82,43 %, 0,75 %, 0,48 % y 1,43 %, respectivamente, valores cercanos a los referentes de la FAO y del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). El fruto presentó un contenido de proteína relativamente alto (1,43 %) -la mayoría de los frutos no superan el 1,0%-. El porcentaje de humedad obtenido por deshidratación por calor a 30 °C y durante 72 h fue de 57,46 %, mientras que por el método de liofilización fue de 82,43 %. La vitamina C, determinada por HPLC, contenida en el fruto fresco fue de 20,7575 ± 0,0617 mg/100 g de muestra, y en el fruto liofilizado, de 21,9212 ± 0,1929 mg/100 g de muestra. El contenido de fenoles totales en la uchuva liofilizada fue de 0,1381 mg/L, y del fruto fresco, de 0,1301 mg/L. El extracto metanólico de la uchuva presentó actividad antioxidante por su capacidad para atrapar el catión radical ABTS⁺, registrando valores para la uchuva deshidratada por calor de 186,242 mg/100 g de muestra seca, y para la uchuva liofilizada, de 211,64 mg/100 g de muestra seca. En el caso del atrapamiento del radical DPPH⁺, se alcanzaron concentraciones de 393,69 mg/100 g de muestra liofilizada y 391,39 mg/100 g de muestra deshidratada por calor.

Palabras clave: *Physalis peruviana L.*, Deshidratación, Liofilización, Vitamina C, Actividad Antioxidante, ABTS, DPPH, Fenoles totales.

^aFacultad de Ciencias Básicas, Escuela de Ciencias Químicas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

* Autor de correspondencia: gloria.prieto@uptc.edu.co

^bGrupo de Investigación en Química y Tecnología de Alimentos, GIQTA, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

^cGrupo de Investigación en Química-Física Molecular y Modelamiento Computacional, QUIMOL, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Abstract

Ascorbic acid has been recognized as an important nutrient in various food products of the family basket. The action of vitamin C is supplied by two biologically active forms: the L-ascorbic acid (L-AA) and its oxidized form, the dehydroascorbic acid (DHAA). In this study we characterized the Physalis (*Physalis peruviana L.*) in its physicochemical and bromatological properties, plus its antioxidant activity for its possible application as a nutraceutical food. Furthermore it was subjected to dehydration by heat and lyophilization. The proximate analysis of Physalis (*Physalis peruviana L.*) from Toca-Boyacá presented a moisture, ash, protein and fat values content at 82,43 %, 0,75 %, 0,48 % and 1.43 %, respectively, which are near the FAO and the ICBF (Colombian Familiar Wealth Fare Institute) referents. Their result showed a relatively high protein content (1,43 %), because most of the fruits do not exceed 1,0 %. The moisture content obtained by heat drying at 30 °C and during 72 h was 57,46%; while by the lyophilization method was 82,43 %.

The vitamin C content determined by HPLC in fresh fruit, was $20,7575 \pm 0.0617$ mg/100 sample, while in the lyophilized fruit was $21,9212 \pm 0.1929$ mg/100 of the sample. The total phenolic content in the lyophilized Physalis was 0.1381 mg/L and in the fresh fruit 0.1301 mg/L. The Physalis methanol extract presents an antioxidant activity, due to its ability to trap the radical cation ABTS⁺, while the recorded values for dehydration Physalis were 186,242 mg/100 g in dry sample and for the lyophilized Physalis was 211.6444 mg/100 g of dry sample. In the DPPH radical trapping case, the concentrations reached were 393.69 mg/100 g for the lyophilized sample and 391.39 mg/100 g for the dehydrated by heat sample.

Key words: *Physalis peruviana L.*, Dehydration, Lyophilization, Vitamin C, Antioxidant activity, ABTS, DPPH, Total phenols.

1. Introducción

Los Productos Nutraceuticos, o Alimentos Funcionales (AF), como se conocen en el mercado, son sustancias de origen natural que al ingresar en el organismo se comportan como medicamentos, proporcionando un efecto beneficioso para la salud más allá de su valor nutricional básico [1,4]. Sin embargo, cuando se trata de definir los nutraceuticos, la ley es muy vaga y no delimita las fronteras entre éstos y los AF. Varios nutraceuticos han demostrado eficacia en el tratamiento de varias enfermedades como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, dermatológicas y gastrointestinales. No obstante, para poder utilizarlos de manera eficaz es necesario saber su mecanismo de acción, dosis y frecuencia de administración, por lo que es muy importante conocer el consumo actual por la población, así como sus dianas específicas [22]. Por otro lado, muchos de los nutraceuticos son sintetizados por el organismo, y son capaces de equilibrar la neuroquímica de las personas; en Estados Unidos, usualmente, son usados para prevenir la obesidad, para tratar problemas de migraña o prevenir enfermedades como gripa y hepatitis y dolencias musculares. En la cosmetología son muy usados, debido a que muchos frutos enriquecen y nutren la piel, permitiendo la reconstrucción del tejido celular cutáneo; de esta forma retardan

el envejecimiento de la piel, entre otros beneficios [16, 17]. La Union Europea estableció el Reglamento (CE) No. 1924 de 2006 y en los países de America Latina se aplica para el comercio internacional de Alimentos Funcionales [21].

La uchuva (*Physalis peruviana L.*) es una fruta de origen americano, oriunda de los Andes. Colombia es el primer productor y exportador de uchuva en el mundo, seguida de Sudáfrica [12]. En sólo Antioquia se han identificado y caracterizado morfológicamente cuarenta y seis (46) accesiones de uchuva [20]. En Boyacá, este fruto se cultiva en los municipios de Toca y Villa de Leiva, principalmente, para exportación; en Pauna, Soracá, Duitama y Sogamoso se cultiva silvestremente [3]. El fruto de la uchuva se caracteriza por tener buena coloración y un alto contenido de azúcares (ver tabla 1).

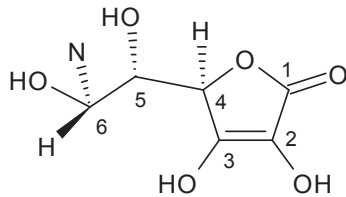
La uchuva es un fruto exótico, con propiedades farmacológicas atribuidas principalmente a la presencia de múltiples lactonas-esteroidales (withanolidos), compuestos químicos reconocidos por sus propiedades citotóxicas contra diferentes tipos de cáncer, principalmente, cáncer de seno [3, 8, 9, 11].

Químicamente, el ácido ascórbico, C₆H₈O₆, (2-ceto-L-threo-hexano-1,4-lactona-2,3-enediol), es considerado un azúcar ácido débil, por su relación

Tabla 1. Composición de la uchuva (*Physalis peruviana L.*) por cada 100 g de muestra.

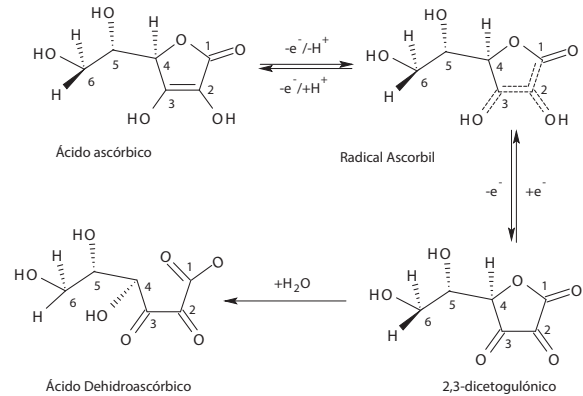
Composición de Uchuva por cada 100g de fruto		
Parámetros	ICBF	FAO
Humedad (g)	85,00	85,90
Energía (Kcal)	60	56
Proteína (g)	1,50	1,50
Lípidos (g)	0,50	0,50
Carbohidratos totales (g)	12,30	11,40
Cenizas (g)	0,80	0,70
Calcio (mg)	9,00	9,00
Fósforo (mg)	21,00	21,00
Hierro (mg)	1,70	0,40
Niacina (mg)	0,80	0,80
Riboflavina (mg)	0,17	0,17
Tiamina (mg)	0,01	0,01
Vitamina C (mg)	20,00	20,00
Vitamina A (µg)	520,00	520,00

estructural con hexosas como la glucosa (figura 1) y la lactona de seis carbonos del ácido 2-ceto-*L*-glucónico.

**Figura 1.** Estructura molecular del ácido *L*-ascórbico [15].

El ácido ascórbico (AA) tiene una agrupación enodiol entre los C2 y C3, actuando, al igual que todos los enodíoles, como reductor energético; además, tiene dos carbonos asimétricos (C4 y C5), dando posibilidad de dos pares de isómeros ópticamente activos [13]; su acción contra el escorbuto reside, casi por completo, en el isómero *L*-AA. Las formas *D* (ácido *D*-iso-ascórbico y ácido *D*-arabo-ascórbico) son prácticamente inactivas contra el escorbuto, pero muestran un potencial óxido-reductor similar al *L*-isómero. A 20 °C, el AA es fácilmente soluble en agua (33 g/100 mL) y algo soluble en alcohol etílico (3 g/100 mL); este ácido es comparativamente más fuerte que el ácido acético, ya que sus soluciones acuosas tienen pH de 3,0; por otro lado, al ceder un hidrógeno se oxida reversiblemente en el organismo a ácido *L*-dehidroascórbico (DHAA). La hidrólisis de la lactona del DHAA forma el ácido 2,3-dicetogulónico [15]; este compuesto no puede reversar la reacción, de modo que genera pérdida tanto de la propiedad antiescorbuta (figura 2) como

de la actividad de vitamina C [13, 15]. La hidrólisis de la lactona se ve favorecida en condiciones alcalinas; el DHAA es más estable en el intervalo de pH de 2,5-5,5; un pH mayor disminuye su estabilidad [15]. La velocidad de la hidrólisis del DHAA se incrementa de forma marcada al aumentar la temperatura, pero no se ve afectada por la presencia o ausencia de oxígeno [15].

**Figura 2.** Ascorbato, radical ascorbilo, ácido dehidroascórbico y 2,3-dicetogulónico [15].

Dentro de las principales enfermedades mortales de los humanos se encuentran las cardiovasculares, las neurológicas, el cáncer de carácter degenerativo del sistema circulatorio y otros tipos de cáncer y trastornos relacionados con el envejecimiento [11, 14,18]. Como origen primordial de estas enfermedades se encuentra el daño oxidativo causado por especies químicas conocidas como radicales libres (RL) [17], que a su vez alteran el buen funcionamiento de las células, atacando componentes estructurales claves de estas, lípidos y proteínas de la membrana celular, enzimas e incluso al ADN, responsable de la renovación celular [15, 17, 18].

Los antioxidantes son compuestos importantes considerados nutraceuticos por los beneficios que brindan para la salud humana [17], cumplen la función primordial de proteger el organismo humano contra la acción de los RL. A manera de prevención de las patologías mencionadas, llaman más la atención los antioxidantes de los alimentos de origen vegetal, Vitaminas A, C y E, y los compuestos fenólicos tipo flavonoides, porque además de su papel antioxidante, también pueden desarrollar actividad antiviral y antimicrobiana, quelar hierro, inhibir enzimas, principalmente metaloproteinasas, regular la expresión génica y mejorar significativamente la función endotelial [17, 18].

2. Materiales y métodos

La uchuva (*Physalis peruviana L.*) fue obtenida del municipio de Toca (Boyacá), población que registra las mayores extensiones de este cultivo. La muestra (3000 g) se dividió en cinco porciones iguales; de cada porción se seleccionaron los frutos buenos y de excelente calidad en cuanto a color, tamaño, forma y textura. Se tomaron 100 g de muestra y se cortaron en rodajas de 1,0 mm de ancho x 5,0 mm de alto, aproximadamente.

2.1. Fases metodológicas

El desarrollo experimental se llevó a cabo en siete etapas procedimentales.

Etapa 1. Análisis proximal y fisicoquímico de la uchuva (*Physalis peruviana L.*)

A la muestra de uchuva (*Physalis peruviana L.*) se le realizó el análisis proximal: Humedad y cenizas (método gravimétrico AOAC Official Methods 990,19 y 945,46, respectivamente), proteína (método Kjeldahl, AOAC 991,20) y grasa (método Soxhlet oficial AOAC 7,060). Estos análisis se desarrollaron en el Laboratorio de Estudio de Cambios Químicos y Bioquímicos de Alimentos Frescos y Procesados de la Universidad Nacional de Colombia.

Etapa 2. Deshidratación de la uchuva

Deshidratación por estufa. Las rodajas de fruto de 1,0*5,0 mm se dividieron en porciones de 20 g cada una y se ubicaron en cajas de petri. Se tomaron cinco réplicas. Luego, se llevaron cinco muestras a la estufa marca MLW UNIVERSAL, a una temperatura de 30 °C. Se tomaron lecturas de peso cada 2 horas, durante tres días, hasta que el peso del alimento se hizo constante. Con las muestras restantes, se llevó a cabo este proceso de igual manera a temperaturas de 40, 50 y 60 °C. En total se analizaron 20 muestras de uchuva, distribuidas en cinco porciones para cada tratamiento térmico, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Distribución de muestras para el proceso de deshidratación en estufa.

Muestra poblacional del fruto	Porciones tomadas	No. de muestras por tratamiento térmico	Temperatura (°C)
3000 g	5 cada una de 100 g	5 cada una de 20 g	30
			40
			50
			60

Deshidratación por liofilización. Se tomaron 205,6 g de uchuva fresca en buen estado y se depositaron en el liofilizador marca FreeZone 2,5 LAB-CONCO, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Inicialmente, la muestra se llevó a una temperatura de congelación de -70 °C, durante 3 días; concluido este tiempo de congelación, el fruto se llevó al timbal de deshidratación del liofilizador y se mantuvo allí durante 36 horas.

Etapa 3. Cuantificación del contenido de vitamina C

La cuantificación del contenido de vitamina C en la uchuva (*P. peruviana L.*) se llevó a cabo por el método de estándar externo, utilizando el equipo HPLC (WATERS 1525 BINARY HPLC PUMP) de la Universidad Nacional de Colombia seccional Bogotá, en el Departamento de Química, Grupo de Investigación: *Estudio de los cambios químicos y bioquímicos de alimentos frescos y procesados*. Previamente fue necesario construir la curva de calibración. Se usó un patrón de Ácido Ascórbico (AA) (Merck, grado analítico). Se preparó una solución stock de 500 µg de AA/mL. A partir de esta solución se prepararon cinco patrones en el rango de concentraciones de 0-100 µg/mL. A cada solución se adicionó 1,0 mL de solución de Dithiotreitol (DTT), y luego se aforó a 10,0 mL. Las disoluciones se dejaron en reposo durante 10 minutos a temperatura de laboratorio, para obtener una solución estable. A cada solución patrón se le registró el área de absorción, y luego se construyó la curva de calibración; posteriormente se llevó a cabo la cuantificación del contenido de vitamina C en fruto fresco y liofilizado.

Determinación del contenido de vitamina C en fruto fresco. Del fruto fresco se tomaron 10,012 g, se maceraron y adicionaron 10,0 mL de agua grado HPLC. La solución se centrifugó en el equipo Universal 320R Hettich, a 4 °C y 4000 rpm durante 20 min. Luego, se tomaron 2,5 mL de la solución sobrenadante, se adicionó 1,0 mL de DTT y se aforó a 10,0 mL. La elución del analito se hizo en método isocrático 90%-10% agua-metanol, inyectando 20 µL de muestra. El análisis se realizó por triplicado.

Determinación del contenido de vitamina C en fruto liofilizado. Para la cuantificación del contenido de vitamina C en la uchuva liofilizada se realizó el mismo procedimiento que con la muestra fresca, solo que en este caso se pesaron 1,751 g de muestra,

se maceraron y se adicionaron 10,0 mL de agua destilada grado HPLC. Para determinar la concentración total de vitamina C en las muestras de uchuva fresca y liofilizada se registró el área de absorción y este valor se interpoló en la curva de calibración.

Etapas 4. Determinación de la actividad antioxidante del deshidratado de uchuva

La capacidad antioxidante de la uchuva deshidratada por calor y por liofilización se determinó usando los métodos de atrapamiento (*scavenging*) del catión radical DPPH y ABTS, y el contenido de fenoles totales [6].

Método ABTS. En la determinación de la capacidad antioxidante se usó el método descrito por R. D. Rojas *et al.* [14], modificado porque la curva de calibración de ABTS está en relación con la concentración de ácido ascórbico. Se prepararon 10 mL de las soluciones 7 mM de ABTS y 2,45 mM de persulfato de potasio, usando agua tipo HPLC. Las dos soluciones se mezclaron y se dejaron reaccionar durante 18 horas. La solución se almacenó en frasco ámbar; luego, se aforó a 100 mL con metanol. La absorbancia de la solución de ABTS se ajustó a $0,70 \pm 0,02$ y este valor se tomó como blanco. Se construyó una curva de calibración usando cinco soluciones metanólicas de AA en concentraciones de 100-500 ppm a partir de un patrón de 500 mg/L.

Para el análisis de las muestras frescas y deshidratadas por liofilización se hizo el siguiente tratamiento: Se tomaron 0,5009 g y se disolvieron en 20 mL de una solución 50:50 de agua-metanol, y se mantuvo en agitación constante durante 1 h. La muestra se filtró y el sobrenadante se almacenó en un frasco ámbar y se llevó a un volumen de 20 mL con una solución 70:30 acetona-agua; se agitó durante 1 h a temperatura ambiente. Posteriormente, se filtró, y el sobrenadante se mezcló con el primer filtrado. La solución obtenida se llevó a centrifuga durante 20 minutos a 4000 rpm. Las muestras se analizaron por triplicado.

Posteriormente, se tomaron 3 mL del reactivo ABTS y se adicionaron 30 μ L de muestra patrón (relación 1:100) o extracto del fruto deshidratado por calor y liofilizado, y se depositaron en un tubo cubierto con papel aluminio, se agitó el tubo y se incubó durante 6 minutos. Luego, se realizó la lectura en el espectrofotómetro SHIMADZU USA,

UV-1800 a 734 nm. Cada muestra patrón se analizó por duplicado, y las muestras de fruto, por triplicado. Con las absorbancias obtenidas se determinó el porcentaje de inhibición del catión-radical ABTS.

Método DPPH. La eficacia del DPPH para atrapar radicales libres fue medida siguiendo el método descrito por Dewanto *et al.* [2]. La solución de DPPH se preparó tomando 0.0039 g del reactivo y disolviéndolo en 100 mL de metanol. Posteriormente, se prepararon patrones de AA en el rango de 100-500 ppm. Para el análisis del material liofilizado se realizó el mismo tratamiento que en la obtención del extracto para el análisis de ABTS, solo que se pesaron 0,5009 g. Una vez obtenido el extracto del alimento, se tomaron 100 μ L de la solución de la muestra y se le adicionaron 5,0 mL de la solución de DPPH, se dejaron en reacción 30 min y se realizó la lectura de la absorbancia a 517 nm en el espectrofotómetro SHIMADZU USA, UV-1800. El mismo procedimiento se realizó con el fruto fresco. La muestra se analizó por triplicado.

Determinación del contenido de fenoles totales. Para esta prueba se preparó una solución patrón de ácido gálico de 250 ppm, pesando 0,0110 g del reactivo y disolviendo en 100 mL de agua destilada. A partir de esta solución se prepararon cinco patrones en el rango de 50-250 ppm. Para la construcción de la curva de calibración se tomaron 100 μ L del patrón de ácido gálico, se adicionaron 200 μ L del reactivo de Folin-Ciocalteu, se dejó reaccionar durante 5 minutos y luego se adicionaron 300 μ L de la solución de Na_2CO_3 al 20% p/v y 1400 μ L de agua. La mezcla se dejó en reacción durante 60 minutos. Se realizó la lectura de la absorbancia a 760 nm en el espectrofotómetro SHIMADZU USA, UV-1800. Para las muestras de fruto liofilizado y fresco se siguió el mismo procedimiento, utilizando igual relación de reactivos. Las muestras se analizaron por triplicado.

Etapas 5. Elaboración del producto nutracéutico

Se elaboró un producto en dos presentaciones: 1) tableta y 2) polvo de fácil rehidratación. Cada comprimido (1900 mg) se preparó de la siguiente manera: se pesaron 360 mg de uchuva liofilizada, que equivalen a un 25% de vitamina C (90 mg de vitamina C) (112% CDR), y se mezclaron con los excipientes: 7 mg de extracto seco de bayas de escaramujo y bioflavonoides, 0,001 mg de sorbitol (E420), como agente de carga, y 0,001 mg de estearato de

magnesio (E572), como lubricante. Se tuvo en cuenta la Resolución 4651 de 2005 [7].

Etapas 6. Etiquetado y composición nutricional de los productos

Para el etiquetado del producto se elaboró un diseño alusivo al fruto, y al respaldo su respectiva tabla nutricional. El producto se encuentra listo para su comercialización, cumpliendo con la norma vigente para el rotulado, NTC 512-1 [10].

Etapas 7. Evaluación de la calidad del producto

La evaluación de la calidad de la pastilla se realizó por comparación de su contenido de vitamina C, determinado por HPLC, con el de un producto ya posicionado en el mercado (Vitamina C MK).

3. Resultados y discusión

Para la selección de la muestra se realizaron pruebas desde la recepción del producto y su manipulación, teniendo en cuenta las propiedades principales que garantizan la calidad del producto y la concentración de ácido ascórbico de la uchuva (*Physalis peruviana L.*) Las características fisicoquímicas analizadas fueron madurez del alimento, color y tamaño, dado que este tipo de alimento depende de muchas condiciones físicas para estar en excelentes condiciones. Adicionalmente, se analizaron la jugosidad, la textura y la humedad del fruto. El fruto presentó alta cantidad de agua y de azúcares, que le dan mayor protección (tabla 3).

Tabla 3. Análisis proximal de Uchuva (*Physalis peruviana L.*).

Los datos en esta tabla son valorados por cada 100 g de muestra de la uchuva (<i>Physalis peruviana L.</i>)			
Parámetros	Muestra	FAO	ICBF
Humedad (g)	82,43	85,90	85,0
Cenizas (g)	0,75	0,70	0,80
Grasa (g)	0,48	0,50	0,50
Proteína (g)	1,43	1,50	1,50

Comparando el contenido de humedad de la uchuva procedente de Toca (Boyacá) con los datos reportados por la FAO y el ICBF, se encuentra un porcentaje de error del 3,53 % con respecto a la media entre estos dos entes. Para el contenido de grasa el porcentaje de error fue del 4,66 %. Estos errores se consideran aceptables, porque no superan el 5,0 %. Las diferencias se pueden deber a la variedad del fruto, el lugar de cosecha, la altura, las condiciones

del suelo, el clima, los nutrientes y el estado de madurez, entre otros factores, e influyen al momento de realizar un análisis. Es de destacar el contenido de proteína relativamente alto en el fruto (1,43 %), pues, generalmente, la mayoría de los frutos no superan el 1,0 %; por lo anterior, es importante reconocer que el fruto brinda aportes nutricionales significativos [5].

3.1. Deshidratación de la uchuva

Deshidratación por calor. Los resultados de este análisis muestran que las condiciones óptimas de temperatura y tiempo de deshidratación de la uchuva se encontraron a 50 °C y 72 h (tabla 4). Aunque la deshidratación fue mejor a temperaturas mayores, estas resultan menos efectivas, porque pueden ocurrir modificaciones organolépticas, como pérdida del aroma, cambios nutricionales y degradación de azúcares, observados en la presencia de color caramelo en el fruto seco de la uchuva.

Tabla 4. Deshidratación por estufa de la uchuva.

Temperatura (°C)	Peso final (g)	Humedad (%)
30	8,50	57,46
40	8,64	56,79
50	8,60	56,96
60	8,88	55,57

Deshidratación por liofilización. El método de liofilización es confiable, dado que garantiza la preservación de las cualidades fisicoquímicas del alimento; este método permitió conservar el alto contenido de azúcares de la uchuva y realizar una buena deshidratación. El porcentaje de humedad obtenido por deshidratación por calor fue más bajo que el obtenido por el método de liofilización (1,43 veces menor); por liofilización se obtuvo el 82,43 %, mientras que por deshidratación por estufa fue del 57,46 %, a 30 °C y 72 h.

El producto liofilizado presentó mejor apariencia física que el secado por estufa, dado que la liofilización facilita la manipulación del fruto, preserva su forma y mantiene su coloración, mientras que el fruto deshidratado por calor tiende a adherirse a las paredes del recipiente, por sus altos contenidos de azúcar, y, además, se contrae, dificultando el secado uniforme del alimento y permitiendo un aparente tostado.

3.2. Cuantificación del contenido de vitamina C

Inicialmente, fue necesario construir la curva de calibración (figura 3), para determinar la cantidad de AA presente en la uchuva fresca y deshidratada.

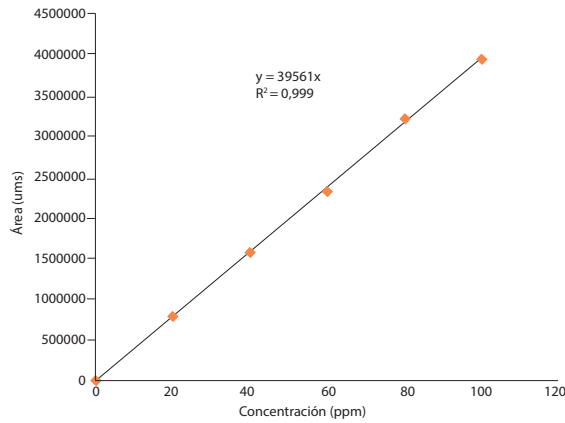


Figura 3. Curva de calibración del ácido ascórbico.

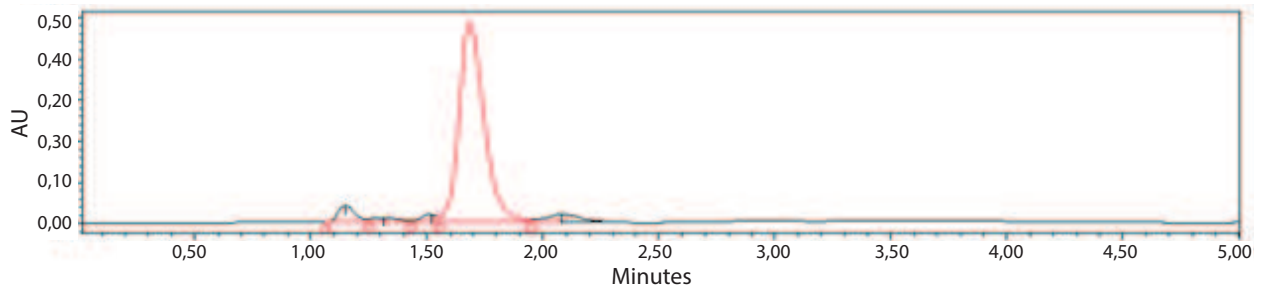


Figura 4. Cromatograma fruto fresco de Uchuva (*Physalis peruviana L.*)

Determinación del contenido de vitamina C en fruto liofilizado. El análisis del fruto liofilizado tuvo como referente la concentración de AA en fruto fresco, cuyo promedio fue de 20,75 mg/100 g de muestra (tabla 5), para determinar si existía alguna variación o alteración del alimento usando este proceso de deshidratación. El fruto liofilizado arrojó una concentración de 21,92 ± 0,19 mg de vitamina C/100

Análisis en fruto fresco. El contenido de vitamina C en el fruto fresco, determinado por cromatografía líquida de alta resolución, fue de 20,75 ± 0,06 mg/100g de muestra seca.

Determinación del contenido de vitamina C en fruto fresco. El contenido de vitamina C, expresado en mg/100g de muestra, determinado para la uchuva *P. peruviana L.*, deshidratada por calor a diferentes temperaturas fue de 0,47 a 30 °C, 0,81 a 40 °C, 0,82 a 50 °C y 0,81 a 60 °C. La máxima concentración de AA se alcanzó a 50 °C, sin embargo a estas condiciones se puede establecer que la lectura final de las mediciones equivale a una concentración de ácido dehidroascórbico (DHAA). En la figura 4, se muestra un cromatograma del fruto fresco de uchuva.

g de muestra. Por lo anterior, se puede decir que la liofilización es un método suave de deshidratación que no altera el contenido vitamínico en la uchuva, teniendo en cuenta que el AA es una vitamina termolábil; además, conserva las cualidades del alimento, evita la pérdida de color, olor y sabor natural del producto. En la figura 5 se observa el cromatograma obtenido para el fruto liofilizado.

Tabla 5. Contenido de vitamina C en fruto fresco y liofilizado.

Muestras analizadas	Fruto fresco			Muestras analizadas	Fruto liofilizado		
	Área (µmS)	Promedio	Concentración AA (mg/100g de muestra seca)		Área (µmS)	Promedio áreas	Concentración AA (mg/100g de muestra)
Muestra 1 10,012 g	2050572 2044542 2082761	2059292	20,8214	Muestra 1 1,751 g	2238073 2278382 2053411	2189955,333	22,1425
Muestra 2 10,012 g	2055322 2001833 2031357	2029504	20,6982	Muestra 2 1,751 g	2089638 2127743 2129222	2115534,333	21,7884
Muestra 3 10,012 g	2060472 2064534 2032578	2052528	20,7530	Muestra 3 1,751 g	2146204 2156862 2174866	2159310,667	21,8327
Concentración de Vitamina C			20,7575 ± 0,0617	Concentración de Vitamina C			21,9212 ± 0,1929

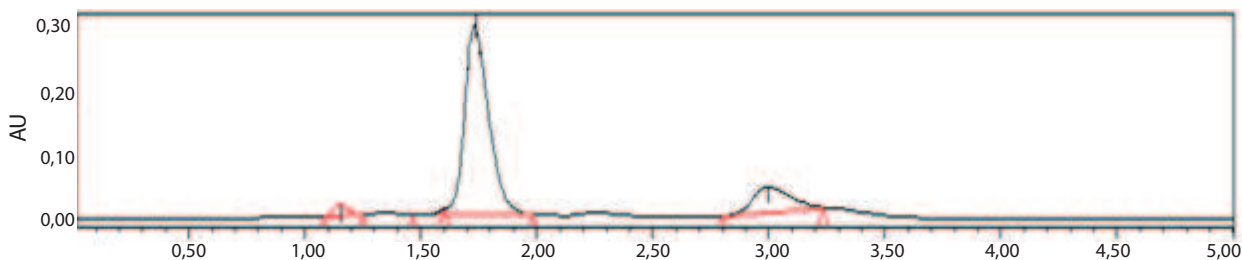


Figura 5. Cromatograma de Uchuva (*Physalis peruviana L.*) liofilizada.

3.3. Determinación de la capacidad antioxidante

Método ABTS. En la figura 6 se muestra la curva de calibración del ácido ascórbico con ABTS.

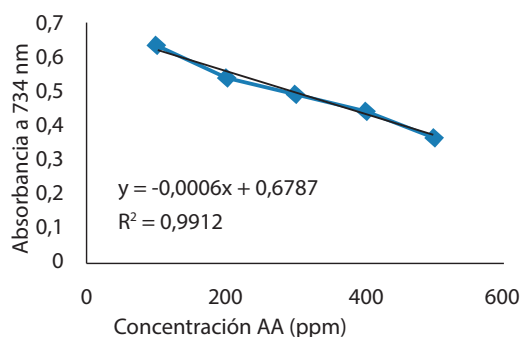


Figura 6. Curva de calibración ABTS.

El análisis reportó una concentración de 186,242 mg/100 g de muestra seca obtenido por deshidratación por calor y de 211,64 mg/100 g de muestra liofilizada. Estos resultados permiten mostrar el efecto benéfico de la liofilización en la composición del fruto, conservando 1,14 veces más la naturaleza de los componentes responsables de la actividad antioxidante. En la tabla 6 se reportan los porcentajes de inhibición del catión radical ABTS⁺ por los patrones de AA y de las muestras de uchuva fresca y liofilizada.

Tabla 6. Porcentaje de inhibición del radical ABTS⁺.

Concentración (mg/L)	Inhibición (%)
100	11,8525
200	23,8630
300	31,0760
400	38,3722
500	48,6783
Fruto fresco	41,3515
Fruto liofilizado	22,2215

Método DPPH. La tabla 7 muestra los datos de la curva de calibración de DPPH.

Tabla 7. Curva calibración y porcentaje de inhibición del radical DPPH.

Concentración (ppm)	Absorbancia 517 nm	Inhibición (%)
100	0,75556	8,37
200	0,66989	10,52
300	0,58499	23,27
400	0,48539	28,97
500	0,38616	41,16
Fruto fresco	Absorbancia 0,5011	
	Concentración 391,39 mg/100 g	23,6452
Fruto liofilizado	Absorbancia 0,4990	23,9601

Se obtuvo una concentración de AA para inhibir el radical DPPH⁺ ligeramente mayor en la muestra de uchuva liofilizada que en el fruto fresco.

Fenoles totales. La figura 7, muestra la curva de calibración del ácido gálico usado como patrón de referencia para la cuantificación del contenido de fenoles totales. El análisis de las muestras de uchuva reportó un contenido de fenoles totales muy similar para fruto deshidratado por calor (0,130 mg/L) y fruto liofilizado (0,138 mg/L).

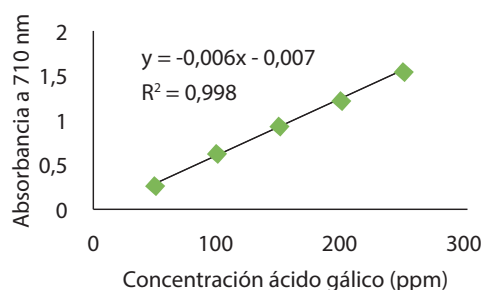


Figura 7. Curva de calibración de ácido gálico.

3.4. Elaboración del Comprimido

El comprimido fue elaborado en los Laboratorios de Tecnoquímicas S.A. y Bayer. La forma de preparación del producto final es material de reserva de la empresa. El fruto recolectado del municipio de Toca-Boycá presentó un estado de madurez óptimo que

garantiza que las propiedades del fruto se encuentran en excelentes condiciones. El contenido de vitamina C presente en el fruto de la uchuva deshidratado por liofilización es de 21,92 mg/100 g de muestra, de modo que la elaboración del comprimido de este fruto aprovechando las cualidades del alimento, requiere ser enriquecido en vitamina C para cumplir con la especificaciones del producto.

4. Conclusiones

El análisis proximal de la uchuva (*P. peruviana L.*) procedente de Toca-Boyacá presentó un contenido de humedad, cenizas, proteína y grasa del 82,43 %, 0,75 %, 0,48 % y 1,430 %, respectivamente. Estos valores se encontraron muy cercanos a los referentes de la FAO y del ICBF. Es de resaltar el contenido ligeramente alto de proteína pues en la mayoría de los frutos no supera el 1,0 %.

El porcentaje de humedad obtenido por deshidratación por calor (57,46 % a 30°C y 72h) fue 1,43 veces menor comparado con el método de liofilización. El método más efectivo fue la liofilización debido a que conserva sus propiedades físicas y nutricionales. El contenido de Vitamina C en el fruto fresco determinado por cromatografía líquida de alta resolución fue de $20.75 \pm 0,06$ mg/100g muestra y para el fruto liofilizado fue de $21,92 \pm 0,19$ mg/100g muestra.

La liofilización como método de secado es ventajoso porque no altera el contenido de compuestos antioxidantes presentes en la uchuva: Un contenido de fenoles totales de 0,138mg/L, y de compuestos hidroxílicos como el AA, con capacidad antioxidante determinada por los métodos de catión radical ABTS⁺ y DPPH⁺ de 211,64 y 393,68mg/100g de muestra liofilizada, respectivamente. Lo anterior muestra que el consumo de la uchuva resulta beneficioso para la salud.

Agradecimientos

A los Doctores Fabián Parada Alfonso y Mauricio Espinal Ruiz, del Grupo de Investigación de la Universidad Nacional, Estudio de los Cambios Químicos y Bioquímicos de Alimentos Frescos y Procesados, por su colaboración y asesoría para la cuantificación del contenido de Vitamina C y análisis proximal del fruto.

Referencias

- [1] Boucher François. Los productos nutraceuticos oportunidades para los recursos naturales autóctonos el papel de los investigadores. Disponible en: http://www.infoagro.net/shared/docs/a5/productos_nutraceuticos.pdf [Citado 15 de diciembre 2010].
- [2] Dewanto Veronica, Wu. Xianzhong, Adom Kafui K. Department of Food Science and Institute of Comparative and Environmental Toxicology, Stocking Hall, Cornell University, Ithaca, New York 14853. Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity.pdf. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, 50, octubre de 2012.
- [3] Dietas.com. La uchuva: una fruta con propiedades terapéuticas. Disponible en: <http://www.dietas.com/articulos/la-uchuva-una-fruta-con-propiedades-terapeuticas.asp>.
- [4] Güemes. Barrios Juan José, *et Al.* Inutcam. Instituto de Nutrición y transporte alimentario. Alimentos funcionales aproximación a una nueva alimentación. Salud Madrid. Consejero de Sanidad de la Comunidad de Madrid, p. 238.
- [5] ICBF. Página oficial de bienestar familiar en colaboración con la FAO. Manejo, control y regulación de alimentos en Colombia. Citada el 02 de octubre de 2012. URL:http://alimentoscolombianos.icbf.gov.co/alimentos_colombianos/principal_alimento.asp?id_alimento=465&alimento=Uchuva.
- [6] Ignat, Ioana. Volf. Irina. Popa. Valentin I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Rev. Food Chem*, vol. 126, pp. 1821-1835, 2011.
- [7] INVIMA. Normatividad para alimentos y fármacos. Resolución 004651 de 2005. Disponible en: http://www.invima.gov.co/normatividad/docs_medicamentos/resolucion_004651_2005.htm. [Citado 15 de diciembre 2010]
- [8] Kalt, Wilhelmina; Forney F, Charles, Antonio Martin, Prior L. Ronald. Agriculture and agri-foods Canada, Atlantic Food and Horticulture,

- Agricultural Research Service, Jean Mayer Human Nutrition Research Center on Aging, Tufts University, 711 Washington Street, Boston, Massachusetts 02111. Antioxidant Capacity, Vitamin C, Phenolics, and Anthocyanins after Fresh Storage of Small Fruits. *J. agric. Food Chem.*, 47, pp. 4638-4644, 1999.
- [9] Marin A, Zaira Tatiana; Cortes R, Misael Y Montoya C, Olga Inés. Uchuva (*Physalis peruviana L.*) Ecotipo Colombia, Mínimamente Procesada Inoculada con la Cepa Nativa *Lactobacillus plantarum* LPBM10 Mediante la Técnica de Impregnación a Vacío. *Rev. Chil. Nutr.*, vol.37, n.4, pp. 461-472, 2010 [en línea]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182010000400007&lng=es&nrm=iso. ISSN 0717-7518. doi: 10.4067/S0717-75182010000400007.
- [10] Norma Técnica Colombiana NTC 512-1. Industrias alimentarias. Rotulado o etiquetado. Parte 1: Norma general. 2007. I.C.S.: 67.040.00
- [11] Puente. Luis A., *et al.* *Physalis peruviana Linnaeus*, the múltiples propiedades de un fruto altamente funcional: una revisión (*Physalis peruviana Linnaeus*, the multiple properties of a highly functional fruit: A review). Universidad de Chile, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Av. Vicuña Mackenna 20, Casilla, Santiago, Chile. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimento, A.A. 568 Medellín Colombia, no. 7, vol. 44, pp. 1733-1740, 2011 [en línea]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996910003571>.
- [12] Palomino. Madriñan Carlos Eduardo. Caracterización morfológica de accesiones de *Physalis Peruviana L.* del banco de germoplasma de la universidad nacional de Colombia sede Bogotá. Tesis de grado presentada como requisito para optar por el título de Magíster en Ciencias, línea de investigación en Recursos Fitogenéticos Neotropicales. pp. 1-70, 2010.
- [13] Rodriguez. Silveira, Manuela Belén; Monereo Megias, Susana Y Molina Baena, Begoña. Alimentos funcionales y nutrición óptima: ¿Cerca o lejos? *Rev. Esp. Salud Publica*, no. 3, vol. 77, pp. 317-331, 2003. [en línea] ISSN 1135-5727. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1135-57272003000300003&script=sci_arttext.
- [14] Rojas. Barquera D. R, Narvéez Cuenca E. C, Restrepo Sánchez L. P. Evaluación del contenido de vitamina c, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa de guayaba (*Psidium guajava L.*) de las variedades pera, regional roja y regional blanca. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Ciudad Universitaria. Bogotá. D. C., Colombia. Memorias red-alfa lagrotech. Comunidad europea. Cartagena 2008. Pp. 1-12.
- [15] R. Juan, de Xammar Oro y M. Cristina Donna María. Acción Farmacológica, Biofísicoquímica y Estructura Dinámica de la Vitamina C. Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos (IFLYSIB), CONICET-CIC-UNLP. CC 565, B1900BTE-La Plata, Argentina. Acta Farm. Bonaerense. no. 1, vol. 25, pp. 145-54, 2006. ISSN 0326-2383. Disponible en: [http://www.latamjpharm.org/trabajos/25/1\(2006\)/LAJOP_25_1_6_1_508R9MF3CR.pdf](http://www.latamjpharm.org/trabajos/25/1(2006)/LAJOP_25_1_6_1_508R9MF3CR.pdf)
- [16] Saenz Patricia, *Et. al.* Inteligencia de mercados. Uchuva. Corporación Colombiana Internacional. Sistema de inteligencia de mercados. SIM. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Bogotá. Colombia. [en línea]. ISN 0124-1338, vol. 13, pp. 1-12. Disponible en: http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:4GJyV0gJiEJ:www.cci.org.co/cci/cci_x/Sim/Perfil%2520de%2520Productos/UCHUVA-13.pdf+uchuvas&hl=es&gl=co&pid=bl&srcid=ADGEESjYV3ku-sNFXU79Un8yQeNzJxkLURFdA7GZauL370VossSIFtgV4He4sClwXW8-yCEY9S8BhhkD3T60n2lQ-USEerJTwf b4rGu8BuURBMBkvYxXOQoMhGHgMTb7Ip0AWEPsXJR6&sig=AHIEtbSwl3rix_OGh h3fOmgQ-LM95NWwrg Día 09/01/2011.
- [17] Sharma. Om P. Bhat. Tej K. DPPH antioxidant assay revisited. *Rev. Food Chem.*, vol. 113, pp. 1202-1205, 2009.

- [18] Tabart, Jessica. Kevers. Claire. PINCEMAIL. Joel. DEFRAIGNE. Jean-Olivier. DOMMES. Jacques. Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. *Rev. Food Chem.*, vol. 113, pp. 1226-1233, 2009.
- [19] Secretaria de Salud de Boyacá. Disponible en: <http://www.boyaca.gov.co/?idcategoria=4739>.
- [20] Trillos Gonzalez, Ofelia *et al.* Caracterización morfológica de cuarenta y seis accesiones de uchuva (*Physalis peruviana* L.), en Antioquia (Colombia). *Rev. Bras. Frutic.*, no. 3, vol. 30, pp. 708-715, 2008. [en línea] ISSN 0100-2945. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452008000300025>.
- [21] Verástegui. Javier Bioeurolatina. *REDBIO 2007 – VI Encuentro Latinoamericano de Biotecnología Agropecuaria Simposio “Biodiversidad, biotecnología y derechos de propiedad intelectual en alimentos funcionales” – Viña del Mar, Chile, 23 de octubre de 2007*. Los Alimentos funcionales, la biotecnología y la cooperación Europa-América Latina: el Proyecto EULAFF. Disponible en: http://www.efbcentral.org/images/uploads/Los_Alimentos_Funcionales_La_Biotechnolog%C3%ADa_y_La_Cooperaci%C3%B3n_Europa_Am%C3%A9rica_Latina_El_Proyecto_EULAFF.pdf. [Citado 10 de enero de 2011].
- [22] Zezola, Baptista T, Ramos Cormenzana A. Nutraceuticos. *Rev. de la O.F.I.L.*, no. 18, vol. 3, 37-42, 2008.