

ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE HOJAS Y TALLOS DE *PHYSALIS PERUVIANA* L. STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE ESSENTIAL OIL FROM LEAVES AND STEMS OF *PHYSALIS PERUVIANA* L.

Morillo, Marielba*¹; Marquina, Virginia ¹; Rojas-Fermín, Luis ¹; Aparicio, Rosa ¹;
Carmona, Juan ²; Usubillaga Alfredo ¹

¹Grupo de Productos Naturales y Química Medicinal, Instituto de Investigaciones, ² Departamento de Farmacognosia y Medicamentos Orgánicos. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de Los Andes, Mérida. Venezuela.

Resumen

Physalis peruviana L. es una especie originaria de los Andes de Sur América perteneciente a la familia Solanaceae. El aceite esencial de hojas y tallos de esta planta fue aislado mediante hidrodestilación, empleando la trampa de Clevenger, con un rendimiento de 0,01 % y 0,012 % respectivamente. La composición química de estos aceites fue determinada por cromatografía de gases-masas y mediante medición de los índices de Kovats (GC-FID). En el aceite proveniente de las hojas se identificaron 22 componentes, siendo el ácido hexadecanoico (42,8 %), el (-)-epóxido de hexadeceno (28,8 %), el fitol (4,7 %), y el éster metílico del ácido hexadecanoico (2,1 %) los componentes mayoritarios. En el aceite de los tallos se identificaron 21 componentes y los mayoritarios fueron el ácido hexadecanoico (80,5 %), el ácido pentadecanoico (3,3 %) y el ácido tetradecanoico (2,6 %). Este es el primer reporte sobre los constituyentes volátiles presentes en las hojas y tallos de *Physalis peruviana* L. en Venezuela.

Palabras clave: Aceite esencial, *Physalis peruviana* L, Solanaceae, ácido hexadecanoico.

Abstract

Physalis peruviana is a species native to the Andes region of South America, which is a member of the Solanaceae family. The essential oil of leaves and stems of this plant were isolated by hydrodistillation, using a Clevenger trap, with yields of 0.01 % and 0.012 % respectively. The chemical composition of the oils was determined by GC-MS and Kovats indices measurement. Twenty two components were identified in the leaves' oil, and it was found that the major constituents were hexadecanoic acid (42.8 %), (-)-hexadecene epoxide (28.8 %), phytol (4.7 %), and hexadecanoic acid methyl ester (2.1 %). On the stems' oil 21 components were identified; the most abundant constituents were hexadecanoic acid (80.5 %), pentadecanoic acid (3.3 %) and tetradecanoic acid (2.6 %). This is the first report on the chemical composition of the volatile components from leaves and stems of *Physalis peruviana* L. from Venezuela.

Key words: Essential oil, *Physalis peruviana* L, Solanaceae, hexadecanoic acid.

Recibido: 13/12/2016 - Aprobado: 21/03/2017

***Marielba Morillo:** Farmacéutico de la Universidad de Los Andes (ULA) con estudios de Maestría en Química de Medicamentos, Facultad de Farmacia y Bioanálisis (ULA). Doctorado en Ciencias Médicas Fundamentales, Facultad de Medicina (ULA). Profesora asistente del Instituto de Investigaciones Facultad de Farmacia y Bioanálisis. ULA.

Virginia Marquina: Bachiller, estudiante de la carrera de Farmacia. Universidad de Los Andes.

Luis Rojas-Fermín: Farmacéutico de la Universidad de Los Andes (ULA) con Maestría en Química de Medicamentos, Facultad de Farmacia y Bioanálisis (ULA) y Doctorado en Química Orgánica de la Universidad de Bordeaux- Francia. Profesor Titular y Director del Instituto de Investigaciones Facultad de Farmacia y Bioanálisis. ULA. (sigue en la pág. 91)

Introducción

Physalis peruviana L, también conocida como uchuva en Colombia, uvilla en Ecuador, aguaymanto en el Perú, topotopo en Venezuela y goldenberry en los países de habla inglesa son algunos de los múltiples nombres para este fruto en todo el mundo. El nombre botánico de la planta es *P. peruviana* Linnaeus, y pertenece a la familia de las Solanáceas, de este género se pueden encontrar más de 80 variedades (Cedeño y Montenegro, 2004). Es un semi arbusto herbáceo, en posición vertical y perenne, es una planta de las zonas subtropicales, puede crecer hasta llegar de 0,6 a 0,9 m, sin embargo en algunos casos crece hasta 1,8 m (Tapia y Fries, 2007).

El fruto de la uchuva, es una jugosa baya con forma ovoide y un diámetro entre 1,25 a 2,50 cm, peso entre 4 y 10 g, puede contener en su interior hasta 200 semillas pequeñas, el fruto está protegido por el cáliz que cubre completamente el fruto a lo largo de su desarrollo y la maduración, que lo protege contra insectos, aves, enfermedades y situaciones climáticas adversas (Tapia y Fries, 2007).

Es una planta nativa de la región de los Andes, que trasciende la historia de los períodos pre inca e inca, a lo largo de Sur América. Esta planta se ha mantenido intacta y sin aparentes cambios en la estructura de su germoplasma. El centro de su origen, de acuerdo con la Legge en 1974 (Legge, 1974) fueron los Andes del Perú, pero de acuerdo con un estudio realizado por los países pertenecientes al Convenio Andrés Bello en 1983, fue identificada como *P. peruviana* L., y su origen fue asignado a un área más grande incluyendo los Andes ecuatorianos (Brito, 2002).

Esta planta, se extiende cada vez más por todo los Andes de Sur América y

se ha encontrado durante, dos décadas, en los mercados desde Venezuela hasta Chile (NRC, 1989), Colombia se convirtió en el productor más grande seguido por Sudáfrica (Mazorra, 2006). Otros países que también la producen son: Ecuador, Kenia, Zimbabue, Australia, Nueva Zelanda, Hawai, India, Malasia y China. En los últimos años se comenzó a producir también en Brasil (Rodrigues y col, 2009).

Por otra parte, *P. peruviana*, es una planta medicinal ampliamente utilizada en medicina popular contra el cáncer, como antibacteriana, antipirético, inmunomoduladora y también para el tratamiento de enfermedades como la malaria, asma, hepatitis, dermatitis y el reumatismo (Wu y col, 2005).

Los componentes bioactivos presentes en el fruto, como los fitoesteroles se encuentran en niveles elevados en los aceites fijos extraídos de los frutos de esta planta, que les darían propiedades tales como antioxidantes e hipocolesterolémicos. La especie presenta tres fitoesteroles específicos: campesterol, β -sitosterol y estigmasterol, los cuales serían responsables de los niveles más bajos de colesterol en la sangre. Además, la actividad antioxidante se ha asociado con los altos niveles de polifenoles y elevado contenido de vitaminas A y C (Puente y col, 2011).

Asimismo, el β -sitosterol, posee actividad antiinflamatoria similar a la hidrocortisona® y oxifenbutazona®, además de actividad antipirética parecida al ácido acetilsalicílico® (Gupta y col, 1980), tiene efecto analgésico y antiinflamatorio, a través de un mecanismo central relacionado con los receptores opioides (Dighe y col, 2016), ha mostrado resultados promisorios en el tratamiento de la hiperplasia prostática benigna (Berges y col, 2000) y es un antidepresivo comparable con la fluxetina® (Zhao y col, 2016).

Por otra parte, es una prometedora planta candidata para el desarrollo de fitomedicina contra muchas enfermedades, esto indica una potencial importancia como nutraceutico y como una nueva fuente bioactiva (Ramadan, 2011).

A pesar de su importancia, hay pocos trabajos en la literatura que reportan los componentes volátiles de esta planta (Berger y col, 1989; Mayorga y col, 2001); en esta especie se encontró un precursor natural de derivados del ácido cinámico (Lata y col, 1996). Otros estudios exponen la composición volátil de los frutos de *P. peruviana* L (Yilmaztekin, 2014) y la composición de terpenos en los mismos (Dymerski y col, 2016), en ambos casos usando el método de microextracción.

Berger y col. (1989) utilizaron la técnica de extracción líquido-líquido, seguido de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas y obtuvieron los siguientes resultados: Los constituyentes volátiles de la fracción neutra de uchuva comprendió productos del metabolismo de los compuestos fenólicos, hidratos de carbono, terpenos y ácidos grasos.

El fruto resultó ser rico en compuestos de naturaleza terpenica, monoterpenos no oxigenados y oxigenados, tales como 1,8-cineol o Camfor, también se determinaron otros productos provenientes de las vías hipotéticas de degradación de los carotenoides. Los trimetil ciclohexanona, (6-metil-5-hepteno-2-ona, β -ciclocitral, β -ionona, epoxi β -ionona) y dihidroactinidiolido, son productos de la degradación de β - caroteno (Hohler y col, 1988).

El constituyente principal de la fracción ácida, fue ácido cítrico. También se encontró ácido oleico libre, ácido linolénico, ácido hexadecanoico, ácido cinámico y ácido benzoico (Whitaker, 1986). El fruto contiene

también pequeñas cantidades de ácido láctico, ácido oxálico y ácidos carboxílicos alifáticos con 2-17 átomos de carbono (Berger y col, 1989).

Durante el estudio de los compuestos activos relacionados con el aroma de la uchuva se identificaron: hexanal, 3-hidroxi-2-butanona, 2-metilpropanol, 2-hidroxibutanoato de etilo, octanoato de etilo y 3-hidroxibutanoato de butilo (Gutiérrez y col, 2010).

En los últimos años se han realizado varios estudios de los componentes volátiles del fruto reportándose la presencia de 133 compuestos volátiles diferentes, incluyendo 42 alcoholes, 36 ésteres, 17 terpenos y derivados, 13 aldehídos, 10 cetonas, 4 lactonas, 6 ácidos y 5 óxidos, utilizando como técnica la microextracción (Yilmaztekin, 2014).

Dymerski y col (2016), determinaron la presencia de terpenos en el fruto, utilizando como técnica microextracción (HS-SPME) cromatografía de gases integral de dos dimensiones con espectrometría de masas de tiempo de vuelo (GC x GC-TOFMS), lograron identificar 25 compuestos en esta planta y pudieron determinar que un 8 % de los componentes volátiles eran terpenos.

Basado en los estudios previos reportados en la literatura y en aras de dar un aporte más al conocimiento sobre la composición química de *P. peruviana* L.; en la presente investigación se planteó como objetivo determinar la composición química del aceite esencial de las hojas y tallos, de esta planta, recolectada en Mérida, Venezuela.

Materiales y métodos

Material vegetal.

Las partes aéreas de *Physalis peruviana* L., fueron recolectadas en el sector el Valle, municipio Libertador, del estado Mérida. El voucher (MM 02) fue depositado en el herbario MERF "Dr. Luis Ruiz Terán" de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de los Andes, la especie vegetal fue identificada por el Ing. Juan Carmona, adscrito al Departamento de Farmacognosia y Medicamentos Orgánicos, Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes.

Aislamiento del aceite esencial.

Se recolectaron las hojas (840 g) y tallos (1063 g), se licuaron y se sometieron a hidrodestilación usando la trampa de Clevenger durante 4 horas. El aceite obtenido se retomó con *n*-heptano, se secó con sulfato de sodio anhidro y se almacenó en la oscuridad a 4 °C.

Cromatografía de gases acoplada a Espectrometría de Masa (CG-EM):

Los aceites esenciales de las hojas y tallos fueron analizados en un cromatógrafo de gases acoplado a un Espectrómetro de Masas. Hewlett Packard 5973 a 70 eV., provisto con un inyector automático, utilizando una columna capilar HP-5MS (30 m, 0,25 mm, 0,25 µm). Se inyectó una muestra de 1,0 µL al 2 % del aceite esencial en *n*-heptano, con reparto de 1:1. Se utilizó helio como gas portador, a un flujo de 1 mL/min. Las condiciones utilizadas fueron las siguientes: temperatura inicial 60 °C, temperatura final 260 °C; gradiente de temperatura 4 °C/min; tiempo total de análisis 50 min; temperatura del inyector 250 °C; temperatura de la interfase 280 °C. La identificación de los componentes del aceite se realizó mediante comparación

computarizada de los espectros obtenidos con los de una Librería Wiley y NIST (6ta Edición). Además se comprobó que los índices de Kováts (IK) calculados para los componentes del aceite coinciden con los reportados en la literatura (Adams, 2007; Babushok y col., 2011).

Resultados y discusión

Los aceites obtenidos por hidrodestilación de las hojas y tallos de *P. peruviana* L., fueron de color amarillo pálido, con un rendimiento de 0,01 % y 0,012 % respectivamente. El análisis por CG/EM permitió identificar los compuestos volátiles presentes en los aceites esenciales, de los tallos de la planta, se lograron obtener 21 componentes los cuales representan el 93,4 % de la mezcla y del aceite esencial de las hojas, 22 componentes los cuales representan el 92,1 %.

En la Tabla 1 se muestran los componentes identificados en los aceites esenciales de hojas y tallos de *P. peruviana* L.

Del total de componentes identificados en el aceite esencial de las hojas, la mayor parte corresponden a ácidos grasos (48,6 %); éter cíclico (28,8 %); alcoholes (5,8 %); ésteres (4,1 %); cetonas (2,8 %); terpenos (0,9 %) entre otros.

En el caso del aceite esencial de los tallos, la mayor parte corresponde a ácidos grasos (90,9 %); hidrocarburos (0,8%); cetonas (0,6 %) y terpenos (0,5 %) entre otros.

Los compuestos mayoritarios para las hojas fueron: ácido hexadecanoico (42,8 %), (-)-epóxido de hexadeceno (28,8 %), fitol (4,7 %), éster metílico del ácido hexadecanoico (2,1 %), ácido oleico (2,0 %) y para los tallos ácido hexadecanoico (80,5 %); ácido pentadecanoico (3,3 %), ácido tetradecanoico (2,6 %), ácido 14-pentadecenoico (1,4 %),

Tabla 1: Componentes del aceite esencial en las hojas y tallos de *Physalis peruviana* L

N°	Compuesto	TR (min)	Hoja Área %	Tallos Área %	IK
1	4-Heptanona	4,35	0,3	0,1	883
2	3-Heptanona	4,57	0,3	0,2	895
3	2-Heptanona	4,64	0,6	0,3	898
4	3-Heptanol	4,71	0,4	0,1	902
5	2-Heptanol	4,79	0,7	0,2	905
6	Limoneno	7,82	0,6	-	1011
7	Geraniol	14,76	-	0,4	1255
8	β - ionona	22,09	0,5	t	1490
9	Ácido laurico	24,29	0,3	0,1	1559
10	Viridiflorol	24,99	-	-	1580
11	Tetradecanal	25,71	1,2	0,3	1600
12	7-Muurolol	26,96	-	0,1	1652
13	(-)-epóxido de hexadeceno	28,66	28,8	-	1702
14	Ácido tetradecanoico	29,78	0,4	2,6	1765
15	6,10,14-trimetil-2-pentadecanona	31,99	1,2	-	1848
16	Acido 14-pentadecenoico	32,04	-	1,4	1859
17	Ácido pentadecanoico	32,4	1,2	3,3	1868
18	Ácido hexadecanoico metil éster	33,94	2,1	0,4	1936
19	Ácido hexadecanoico	35,30	42,8	80,5	1992
20	13-epi-manoil-óxido	36,14	0,3	-	2027
21	Ácido linoleico metil éster	37,90	0,9	0,2	2098
22	Metil (10E)-10-octadecenoato	38,03	1,1	-	2101
23	Fitol	38,34	4,7	0,1	2112
24	Ácido linoleico	38,81	1,0	0,8	2132
25	Ácido oleico	39,02	2,0	1,1	2138
26	Ácido esteárico	39,49	0,7	0,5	2153
27	Docosano	40,20	-	0,3	2181
28	Tricosano	42,33	-	0,4	2283
Total identificado			92,1	93,4	

IK: índice de kovats

ácido oleico (1,1 %) y ácido esteárico (0,5 %) (Tabla 1).

Los estudios de compuestos volátiles de esta planta, reportados en la literatura se corresponden solo a la composición de los frutos, pero muy pocos datos se han encontrado de los componentes volátiles en las hojas y tallos, usando como técnica la hidrodestilación (trampa de Clevenger), que fue la técnica empleada en esta investigación.

Estudios anteriores muestran que los frutos de *P. peruviana* L. tiene como componentes mayoritarios alcoholes que representaron el 39,27 % de los componentes volátiles identificados, entre estos, 1-hexanol, eucaliptol y 4-terpineol. En los frutos se reportó ácido graso de cadena corta solo en un 0,90 % (Yilmaztekin, 2014). Los resultados obtenidos en este trabajo, muestran diferencias con los reportados en la literatura. En esta investigación, se pudo constatar que en las hojas y tallos de esta planta, los componentes mayoritarios, son ácidos grasos de cadena larga que representan 78,1 y 90,9 % respectivamente, siendo el ácido hexadecanoico el componente mayoritario común en ambos (Tabla 1).

Dymerski y col (2016) comprobaron la composición química de los componentes volátiles de varios frutos incluyendo de *P. peruviana* L., e identificaron 25 compuestos volátiles, estos compuestos fueron terpenos, alcoholes, ésteres, ácidos, aldehídos y cetonas, en los frutos, los terpenos correspondieron al 8 % (α -pineno, γ -terpineno, α -terpinoleno, linalool, terpinen-4-ol y α -terpineol); los alcoholes representaron el 35 %; ésteres 29 % (dodecanoato de etilo); ácidos 3 % (ácido octanoico); aldehídos 10 % (benzaldehído y hexanal); cetonas 15 %.

Estos resultados difieren de este trabajo, donde se identificaron terpenos en los tallos en bajo porcentaje (geraniol 0,4 %

y 7-Muurolol 0,1 %) y en las hojas (limoneno 0,6 % y 13-epi-minoil-óxido 0,3 %); entre los ésteres, en las hojas se identificó, el éster metílico del ácido hexadecanoico (2,1 %) y en menor proporción en los tallos (0,4 %); en el caso de los ácidos, en las hojas se identificaron: ácido hexadecanoico (42,8 %), ácido oleico (2,1 %), ácido pentadecanoico (1,2 %) y ácido linoleico (1,1 %) entre los más abundantes y en los tallos ácido hexadecanoico (80,5 %), ácido pentadecanoico (3,3 %), ácido tetradecanoico (2,6 %), ácido 14-pentadecenoico (1,4 %), ácido oleico (1,1 %) y ácido esteárico (0,5 %).

Es importante mencionar que en esta investigación se pudo determinar que los compuestos mayoritarios tanto en las hojas como tallos de *P. peruviana* L., fueron ácidos grasos de cadenas cortas y medianas, es probable que estos ácidos carboxílicos sean derivados de β -oxidación de ácidos grasos (Sanz y col, 1997; Schwab, 2008); los ácidos alifáticos hasta C-10 juegan un papel importante en los sabores o son sustratos bajo la forma acil CoA en la síntesis de los sabores (Schwab, 2008).

El fruto de *P. peruviana* L. puede contener ácidos carboxílicos alifáticos con 2-17 átomos de carbono, los ácidos grasos son posibles precursores de los numerosos alcoholes alifáticos, aldehídos, cetonas, ésteres y lactonas (Tressl y Albrecht, 1986).

Se ha reportado que los ácidos grasos de cadena larga incluidos n-3, n-6, n-7 y n-9, tienen actividad antibacteriana y antiinflamatoria (Huang y col., 2010a; Huang y Ebersole, 2010b; Bendyk y col., 2009; Raffaelli y col., 2008; Kesavalu y col., 2007; Campan y col., 1997).

Estudios realizados por Huang y col. (2011), demostraron que bacterias gran negativas como *Fusobacterium nuclatum*

resultaron ser muy susceptibles a la acción del ácido mirístico y ácido hexadecanoico. También es conocido que bacterias que se hacen presentes en la cavidad oral producen ácidos grasos de cadena corta (Bendyk y col., 2009; Imai y col., 2009; Kurita-Ochiai; Okamoto, 2009) e incluso ácido mirístico y ácido hexadecanoico (Braunthal, 1980). La hipótesis sugerida por Huang y col. (2011) es que los ácidos grasos extrínsecos o intrínsecos podrían funcionar en las infecciones orales crónicas y podrían potenciar los enfoques terapéuticos existentes y ser utilizados como adyuvantes terapéuticos.

Conclusiones

Del aceite esencial de los tallos de *P. peruviana* L., se lograron identificar 21 componentes los cuales representan el 93,4 % de la mezcla.

Del aceite esencial de las hojas, se identificaron 22 componentes los cuales representan el 92,1 %.

Los compuestos mayoritarios de las hojas fueron: ácido hexadecanoico (42,8 %), (-)-epóxido de hexadeceno (28,8 %), fitol (4,7 %), éster metílico del ácido hexadecanoico (2,1 %), ácido oleico (2,0 %). Los compuestos mayoritarios de los tallos fueron: ácido hexadecanoico (80,5 %), ácido pentadecanoico (3,3 %), ácido tetradecanoico (2,6 %), ácido 14-pentadecenoico (1,4 %), ácido oleico (1,1 %) y ácido esteárico (0,5 %).

Agradecimientos

Al Consejo de Desarrollo Científico Humanístico Tecnológico y de las Artes de la Universidad de Los Andes (CDCHTA-ULA), proyecto FA-575-15-08-B del Grupo de Productos Naturales y Química Medicinal.

Autores (viene de la pág. 85):

Rosa Aparicio: Farmacéutico de la Universidad de Los Andes (ULA) con estudios de Maestría en

Química de Medicamentos, Doctorado en Química Aplicada, Mención Química Orgánica. Facultad de Ciencias (ULA). Asistente de Investigación del Instituto de Investigaciones Facultad de Farmacia y Bioanálisis. ULA.

Juan Carmona: Ingeniero Forestal, egresado de la Universidad de Los Andes, Investigador en Ciencias Básicas y Aplicadas adscrito al Departamento de Farmacognosia y Medicamentos Orgánicos. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. ULA.

Alfredo Usubillaga: Ing. Químico. Master of Science University of Illinois, Urbana, Ph. D. University of Illinois, Urbana. Profesor Titular del Instituto de Investigaciones, Facultad de Farmacia y Bioanálisis. ULA.

Referencias bibliográficas:

- Adams R. 2007. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry (N° Ed. 4) Carol Stream. Illinois (USA): Allured Publishing Corporation, 804 p.
- Babushok V, Linstrom Py Zenkevich I. 2011. Retention indices for frequently reported compounds of plant essential oils. *The Journal of Physical Chemistry*. 40(4): 1- 47.
- Berges R, Kassen A y Senge T. 2000. Treatment of symptomatic benign prostatic hyperplasia with β -sitosterol: an 18-month follow-up. *BJU International*. 85(7): 842-846.
- Berger R, Drawert F y Kollmannsberger H. 1989. The flavour of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*. 188(2): 122–126.
- Braunthal S, Holt S, Tanner A y Socransky S. 1980. Cellular fatty acid composition of *Actinobacillus actinomycetemcomitans* and *Haemophilus aphrophilus*. *Journal of Clinical Microbiology*. 11(6): 625–30.
- Brito D. 2002. Producción de uvilla para exportación. Agro exportación de productos no tradicionales. Quito, Ecuador: Fundación Aliñambi, 10 p.

- Campan P, Planchand P y Duran D. 1997. Pilot study on n-3 polyunsaturated fatty acids in the treatment of human experimental gingivitis. *Journal Clinical Periodontology*. 24: 907–13.
- Cedeño M y Montenegro D. 2004. Plan exportador, logístico y de comercialización de uchuva al mercado de Estados Unidos para Frutexpo S.C.I. Ltda. Trabajo de grado. Bogotá Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, 133 p.
- Dighe S, Kuchekar B y Wankhede S. 2016. Analgesic and anti-inflammatory activity of β -sitosterol isolated from leaves of *Oxalis corniculata*. *International Journal of Pharmacological Research*. 6(3): 109-113.
- Dymerski T, Namieśnik J, Leontowicz H, Leontowicz M, Vearasilp K, Martinez-Ayala A, Gonzalez-Aguilar G, Robles-Sánchez M y Gorinstein S. 2016. Chemistry and biological properties of berry volatiles by two-dimensional chromatography, fluorescence and fourier transform infrared spectroscopy techniques. *Food Research International*. 83: 74-86.
- Gupta M, Nath R, Srivastava N, Shanker K, Kishor K y Bhargava K. 1980. Anti-inflammatory and antipyretic activities of β -sitosterol. *Planta Medica*. 39(06): 157-163.
- Gutiérrez D, Sinuco D y Osorio C. 2010. Caracterización de los compuestos volátiles activos olfativamente en uchuva (*Physalis peruviana* L). *Revista Colombiana de Química*. 39(3): 389-399.
- Hohler A, Nitz S y Drawert F. 1988. Über die bildung und die sensorischen eigenschaften flüchtiger nor carotinoide. 1. Photooxidation von β -Carotin in N,N-dimethylformamid. *Chemie Mikrobiologie Technologie der Lebensmittel*. 11: 115-126.
- Huang C, George B y Ebersole J. 2010a. Antimicrobial activity of n-6, n-7 and n-9 fatty acids and their esters for oral microorganisms. *Archives of Oral Biology*. 55(8): 555–60.
- Huang C y Ebersole J. 2010b. A novel bioactivity of omega-3 polyunsaturated fatty acids and their ester derivatives. *Molecular Oral Microbiology*. 25(1): 75–80.
- Huang C, Alimova Y, Myers T y Ebersole J. 2011. Short and medium chain fatty acids exhibit antimicrobial activity for oral microorganisms. *Archive of Oral Biology*. 56(7): 650-654.
- Imai K, Ochiai K y Okamoto T. 2009. Reactivation of latent HIV-1 infection by the periodontopathic bacterium *Porphyromonas gingivalis* involves histone modification. *The Journal of Immunology*. 182(6): 3688–95.
- Kesavalu L, Bakthavatchalu V, Rahman M, Su J, Raghu B, Dawson D, Fernandez G y Ebersole J. 2007. Omega-3 fatty acid regulates inflammatory cytokine/ mediator messenger RNA expression in *Porphyromonas gingivalis* induced experimental periodontal disease. *Oral Microbiology Immunology*. 22(4): 232–9.
- Kurita-Ochiai T, Seto S, Suzuki N, Yamamoto M, Otsuka K, Abe K y Ochiai K. 2008. Butyric acid induces apoptosis in inflamed fibroblasts. *Journal of Dental Research*. 87(1): 51–5.
- Latza S, Ganßer D y Berger R. 1996. Carbohydrate esters of cinnamic acid from fruits of *Physalis peruviana*, *Psidium guajava* and *Vaccinium vitis-idaea*. *Phytochemistry*. 43(2): 481–485.
- Legge A. 1974. Notes on the history, cultivation and uses of *Physalis peruviana* L. *Journal of The Royal Horticultural Society*. 99(7): 310 – 314.
- Mayorga H, Knapp H, Winterhalter P y Duque C. 2001. Glycosidically bound flavor compounds of cape gooseberry

- (*Physalis peruviana* L). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 49(4): 1904–1908.
- Mazorra M, Quintana A, Miranda D, Fischer G y Chaparro M de V. 2006. Aspectos anatómicos de la formación y crecimiento del fruto de la uchuva *Physalis peruviana* (Solanaceae). Acta Biológica Colombiana. 11(1): 69–81.
- National Research Council (NRC). 1989. Goldenberry (cape gooseberry). Washington: National Academy Press, p 241-251.
- Puente L, Pinto-Muñoz C, Castro E y Cortés M. 2011. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit. Food Research International. 44(7): 1733–1740.
- Raffaelli L, Serini S, Piccioni E, Manicone P, Berardi D, Perfetti G y Calviello G. 2008. N3 polyunsaturated fatty acid effect in periodontal disease: state of art and possible mechanisms involved. International Journal of Immunopathology and Pharmacology. 21(2): 261-266.
- Ramadan M. 2011. Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. Food Research International. 44(7): 1830–1836.
- Rodrigues E, Rockenbach I, Cataneo C, Gonzaga L, Chaves E y Fett R. 2009. Minerals and essential fatty acids of the exotic fruit *Physalis peruviana* L. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 29(3): 642-645.
- Sanz C, Olías J y Pérez A. 1997. Aroma biochemistry of fruits and vegetables. In: Tomas F y Robins R (eds). 1993. Phytochemistry of fruits and vegetables. Oxford, UK: Clarendon Press, p. 125–155.
- Schwab W, Davidovich R y Lewinsohn E. 2008. Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. Plant Journal. 54(4): 712–732.
- Tapia M y Fries A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. Lima: FAO y ANPE. Consultado en Marzo 2016. <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s00.HTM>.
- Tressl R y Albrecht W. In: Parliment T y Croteau R. 1986. Biogeneration of aromas. ACS Symposium Series No 317. Washington DC. 114 p.
- Whitaker B. 1986. Fatty-acid composition of polar lipids in fruit and leaf chloroplasts of “16:3” and “18:3” plant species. Planta. 169(3): 313-319.
- Wu S, Ng L, Huang Y, Lin D, Wang S, Huang S y Lin C. 2005. Antioxidant activities of *Physalis peruviana*. Biological and Pharmaceutical Bulletin. 28(6): 963–966.
- Yilmaztekin M. 2014. Analysis of volatile components of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) grown in Turkey by HS-SPME and GC-MS. The Scientific World Journal. 2014: 1-9.
- Zhao D, Zheng L, Qi L, Wang S, Guan L, Xia Y y Cai J. 2016. Structural features and potent antidepressant effects of total sterols and β -sitosterol extracted from *Sargassum horneri*. Marine Drugs. 14(7):123.