

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

Características y propiedades funcionales de *Physalis peruviana* “Aguaymanto”

AUTOR: Br. Williams Anibar Tacanga Ramírez

ASESOR: M.Sc. Guillermo Alberto Linares Luján

TRUJILLO – PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE *Physalis peruviana* **“AGUAYMANTO”**

CHARACTERISTICS AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF *Physalis*
***peruviana* "AGUAYMANTO"**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

Williams Anibar Tacanga Ramírez

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO:

PRESIDENTE : Dr. Víctor Vásquez Villalobos

SECRETARIO : M.Sc. Carmen Rojas Padilla

MIEMBRO (ASESOR) : M.Sc. Guillermo Alberto Linares Luján

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque permite que comience y termine cada día teniendo poco que pedir y mucho que agradecer.

A mis padres y a mis hermanos que con sus consejos y ejemplos guiaron mi camino seguro y porque sé que en ellos siempre encontrare comprensión.

A todos los profesores que me brindaron sus conocimientos a lo largo de toda la carrera profesional, gracias por inculcarnos con valores y de así mismo lograrnos como profesionales.

A mis amigos, que de algún modo u otro me hicieron llegar su apoyo moral, sobre todo al haber compartido tantos momentos de alegría y tristeza durante la vida universitaria.

INDICE

RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. <i>Physalis peruviana</i> L.....	3
2.1. Presentaciones actuales.....	5
2.2. Futuras posibles tendencias de presentaciones	5
3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUAYMANTO	5
3.1. Composición físico-química	5
3.1.1. Las proteínas y los hidratos de carbono	8
3.1.2. Lípidos.....	8
3.1.3. Fitoesteroles	10
3.1.4. Minerales	12
3.1.5. Vitaminas.....	14
3.1.6. Fisalinas	15
3.1.7. Withanólidos	16
3.1.8. Carotenoides	17
4. PROPIEDADES FUNCIONALES DEL AGUAYMANTO	19
4.1. Zumo de aguaymanto.....	19
4.2. Aceite de aguaymanto	23
4.3. Propiedades antioxidantes del aguaymanto	24
4.4. Aguaymanto: biodisponibilidad de nutrientes y su efecto en la salud	26
4.4.1 Actividad anti-inflamatoria.....	28
4.4.2 Actividad anti-hepatotóxica	29
4.4.3 Actividad anti-hepatoma	29
4.4.4 Actividad inmunosupresora.....	31
4.4.5 Actividad anti-proliferativa en la línea celular H661 del cáncer de pulmón ..	32
4.4.6 Actividad hipoglucemiante	33
5. CONCLUSIONES	35
6. BIBLIOGRAFÍA.....	36

RESUMEN

Physalis peruviana L. “Aguaymanto” es una planta con una excelente fuente de vitaminas A (1460mg / 100g), proteínas (1900mg / 100g), lípidos (0,5g / 100g) y minerales (55,41mg / 100g). También es muy valorada por su alto contenido de fitoquímicos bioactivos y ácido ascórbico (vitamina C) (43,00mg / 100g) los cuales le atribuyen su capacidad antioxidante, que le permiten neutralizar la acción oxidante de los radicales libres. El objetivo principal de esta revisión es proporcionar información actual y científicamente comprobada acerca de las características físico-químicas y nutricionales de la *Physalis peruviana* L “Aguaymanto”, para un mayor desarrollo en industrias nutraceuticas y farmaceuticas; así mismo promover su consumo y evidenciar su impacto en la salud humana, mediante sus propiedades medicinales, las cuales le otorgan gran actividad anti-inflamatoria, anti-hepatoxica, anti-hepatoma, anti-septico e inmunosupresora para el tratamiento de diversas enfermedades, entre ellas el cáncer, diabetes, malaria, asma, hepatitis, dermatitis, entre otras.

Palabras clave: *Physalis peruviana* L., bioactivos, anti-hepatoxica, anti-hepatoma, anti-septico, inmunosupresor.

ABSTRACT

Physalis peruviana L., "Aguaymanto", is a plant with an excellent source of vitamins A (1460mg / 100g), proteins (1900mg / 100g), lipids (0.5g / 100g) and minerals (55,41mg / 100g). It is also highly valued for its high content of bioactive phytochemicals and ascorbic acid (vitamin C) (43,00mg / 100g) which attributed its antioxidant capacity, allowing you to neutralize the oxidizing effects of free radicals. The main objective of this review is to provide current and scientifically verified information about the physico-chemical and nutritional characteristics of *Physalis peruviana* L., "Aguaymanto", for further development in nutraceutical and pharmaceutical industries; likewise promote consumption and highlight their impact on human health, by its medicinal properties, which give great anti-inflammatory activity, anti-hepatoxica, anti-hepatoma, immunosuppressive and anti-septic for treating various diseases, including cancer, diabetes, malaria, asthma, hepatitis, dermatitis, among others.

Keywords: *Physalis peruviana* L., bioactive, anti-hepatoxica, anti-hepatoma, anti-septic, immunosuppressant.

1. INTRODUCCIÓN

El hombre consume productos alimenticios para obtener la energía y los nutrientes necesarios para subsistir. Los vegetales, las hortalizas y las frutas han sido utilizados desde el principio de los tiempos y en su selección influyen, además de los atractivos colores y sabores que presentan, los nutrientes que aportan, es así que el ser humano fue adquiriendo y asentando poco a poco determinadas costumbres alimentarias a las que denominamos hábitos alimentarios. Estas costumbres dependen de normas culturales y de la disponibilidad de productos alimenticios al alcance de la mano, entre otros factores. Los alimentos de origen vegetal incluyen semillas (cereales, legumbres, frutos secos), tubérculos y raíces, que aportan gran cantidad de energía junto a nutrientes esenciales, y frutas y hortalizas, que son grupos de enorme interés por los beneficios de su ingesta (Cámara *et al.*, 2003).

La ingesta constante de alimentos ricos en antioxidantes naturales como las frutas, se correlaciona bien con una reducción del riesgo de padecer ciertas enfermedades. En particular se ha observado una correlación inversa entre el consumo de alimentos ricos en compuestos biológicamente activos como polifenoles, con las enfermedades cardiovasculares. Además, esos alimentos pueden ejercer efectos anticarcinogénicos y se asocian con un menor riesgo de padecer enfermedades degenerativas como la arterioesclerosis. Hay una creciente evidencia de que la vitamina C y los carotenoides puedan proporcionar efectos protectores contra enfermedades como el cáncer. En el Perú se producen diversas frutas que en función a la composición química se consideran dentro del grupo de alimentos

funcionales; una de ellas es el aguaymanto. El aguaymanto contiene compuestos fenólicos, posee capacidad antioxidante y es fuente de vitamina. Asimismo, contiene importantes cantidades de carotenoides.

Los alimentos funcionales representan un mercado emergente de creciente importancia económica (Ramadán y Morsel, 2007), y la sociedad actual está interesada en la búsqueda de alimentos que proporcionen un beneficio adicional para la salud, es por ello que los alimentos vegetales serían una gran opción.

En 2005, había más de 1,8 millones de hectáreas de cultivos de bayas en todo el mundo, incluyendo 966 hectáreas de grosellas (Strik, 2007). El cultivo en Perú está aumentando constantemente los últimos años para satisfacer las crecientes demandas de exportación; una sola planta puede producir 300 frutas y plantas bien cuidados pueden proporcionar 20 a 33 toneladas por hectárea. Las frutas son de larga duración, se pueden almacenar durante varios meses y también se congelan bien. Dadas las investigaciones indican que el aguaymanto podría convertirse en una fruta de particular interés para la industria alimentaria.

Hoy en día esta fruta tiene un auge considerable, justamente debido a la incorporación de alimentos funcionales en el mercado, lo que ha marcado una tendencia global hacia su adquisición.

La *Physalis peruviana* L., “Aguaymanto”, se puede convertir en una alternativa a su alto contenido de compuestos bioactivos y minerales, que lo hacen muy beneficioso para la salud. Por lo que el objetivo de este artículo es dar a conocer a la población sobre las características y propiedades funcionales de la *Physalis peruviana* L.,

“Aguaymanto”, además de que la determinación del estado del arte respecto a este tema sería de mucha utilidad para futuras investigaciones.

2. *Physalis peruviana* L.

El aguaymanto es una planta originaria del Perú, según Legge (1974) el centro de origen fueron los Andes peruanos, pero de acuerdo a un estudio realizado por los países pertenecientes al Convenio Andrés Bello en 1983, se identificó un área más grande para el origen de la fruta de *P. peruviana* L. incluyendo los andes ecuatorianos (Brito, 2002). Actualmente su cultivo se desarrolla mayoritariamente en la sierra del Perú (Cusco, Huánuco, Huancavelica, Junín y Cajamarca); sin embargo también se presenta en la costa y selva.

El nombre botánico de la planta es *P. Peruviana Linnaeus*, perteneciente a la familia de las solanáceas y género *Physalis*, hay más de 80 variedades que se pueden encontrar en el desierto (Cedeño y Montenegro, 2004).

La planta de aguaymanto es de consistencia herbácea, de ciclo productivo anual, de porte bajo hasta una altura de 1,2-1,8 m. Los tallos y hojas están cubiertos por una pubescencia fina y blancuzca que desaparece con la edad. Las hojas son alternas acorazonadas con bordes dentados de 2 a 6 cm de largo por 1 a 4 cm de ancho, muy vellosas; las flores tienen forma de campana, son grandes y abiertas de color amarillo con manchas purpúreas en el interior; pueden ser fácilmente polinizadas por insectos, el viento y también por auto-polinización. El cáliz desarrolla más que el ovario, posee 5 lóbulos que van creciendo hasta envolver

completamente al fruto a lo largo de su desarrollo y maduración (protección contra insectos, aves, enfermedades y situaciones climáticas adversas). Por otra parte, esta estructura representa una fuente esencial de hidratos de carbono durante los primeros 20 días de crecimiento y desarrollo. Su fruto mide entre 1,25 y 2,5 cm de diámetro y contiene en su interior alrededor de 100 a 200 semillas pequeñas. De forma redonda, que varía del color amarillo a naranja, de sabor agri dulce y pequeña con un peso que puede oscilar entre 4 y 10 g (Tapia y Fries, 2007).

En la tabla 1 se muestra la taxonomía del aguaymanto y en la Figura 1-1 frutos típicos de aguaymanto.

Tabla 1. Taxonomía del aguaymanto

Reino :	Plantae
División :	Magnoliophyta
Clase :	Magnoliopsida
Orden :	Solanales
Familia :	Solanaceae
Subfamilia:	Solanoideae
Tribu :	Physaleae
Subtribu :	Physalinae
Género :	Physalis

Fuente: (Schreiber, 2015).

El aguaymanto presenta varios ecotipos que se adaptan a diferentes pisos altitudinales, con características de planta y fruto distintos. En el caso del aguaymanto silvestre el fruto puede ser de color verde limón, existe también Aguaymantos con frutos amarillo anaranjados, denominados aguaymantos Naranja o Gold (Schreiber,2015)

2.1. Presentaciones actuales

Actualmente el aguaymanto se comercializa principalmente en su estado fresco tanto en el mercado nacional como en el internacional. Los principales países productores (Colombia y Sudáfrica) se han especializado en la comercialización en su estado fresco. El Perú exporta fundamentalmente aguaymanto deshidratado. También se producen mermeladas, jaleas, aguaymanto en almíbar y cubiertos de chocolate, principalmente en mercados locales en el Perú (Schreiber,2015).

2.1. Futuras posibles tendencias de presentaciones

La tendencia a nivel mundial es el consumo de alimentos mínimamente procesados, principalmente frutas, estas nuevas tendencias como salsas, mermeladas y nectares son demandadas por EEUU y Europa. Sin embargo, en el caso peruano sus exportaciones son principalmente de aguaymanto deshidratado, lo que permite mejores condiciones de abastecimiento (Schreiber,2015).

3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUAYMANTO

3.1. Composición físico-química

Actualmente se vienen realizando una infinidad de estudios para determinar la composición fisicoquímica del aguaymanto, y muchos de los valores encontrados

para parámetros como sólidos solubles (expresados como °Brix) y porcentaje de acidez (expresado como % de ácido cítrico) son muy semejantes; cuyos contenidos en el fruto de *Physalis peruviana* L. varían en un rango de 12,5 a 14,3 y de 2 a 2,4 respectivamente. Según Puente *et al.* (2011) la maduración provoca una disminución del pH y los °Brix lo cual produce un aumento de la acidez de un 2,0 a 2,1%.

A continuación se presenta la siguiente tabla 2 con reportes de la composición fisicoquímica de *Physalis peruviana* L.

Tabla 2 .Reportes de la composición fisicoquímica de *Physalis peruviana* L.

Parámetro fisicoquímico	(Mendoza Ch,Rodríguez de S, y Millán, 2012).	(Marín A, Cortés R, y Montoya C, 2010)	(Márquez C, Trillos G, Cartagena V, y Cotes T, 2009).	(Restrepo Duque,Cortés R, y Márquez C, 2009).
Actividad de agua	0,998	0,988	--	0,985
Acidez (%)	2	2,05	2,4	2,1
°Brix	13	14,3	12,5	13,8
Densidad (kg/m3)	1,1031	1,038	--	--
pH	3,72	3,39	3,56	3,39

Los beneficios asociados al fruto de *P. peruviana* L., son principalmente debido a su composición nutricional, ya que, además de tener buenas características nutricionales contiene componentes biológicamente activos que proporcionan

beneficios para la salud y reducen el riesgo de ciertas enfermedades. Entre sus principales componentes están sus altas cantidades de ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas A, B y C y fitoesteroides, así como la presencia de minerales esenciales, vitaminas, tales como E y K1, withanólidos y fisalinas, que en conjunto les daría las propiedades medicinales ligadas a esta fruta.

En la Tabla 3 se muestran detalladamente el contenido nutricional por 100 g de fruta.

Tabla 3 .Reportes de la composición nutricional de *Physalis peruviana* L. por 100 g de fruta

Contenido nutricional	Consejo Nacional de Investigación (NRC) (1989)	Fischer et al.(2000)	CCI (2001)	Osorio y Roldán (2003)	Repo de Carrasco y Zelada (2008)	Valores diarios recomendados (basado en una dieta de 2000 cal).
Energía (cal)	73,0	49,0	54,0	49,0	76,8	--
Agua (g)	78,9	85,5	76,9	85,9	79,8	--
Proteína (g)	0,3	1,5	1,1	1,5	1,9	--
Grasa (g)	0,2	0,5	0,4	0,5	0,0	66
Carbohidratos (g)	19,6	11,0	13,1	11,0	17,3	300
Fibra (g)	4,9	0,4	4,8	0,4	3,6	25
Ceniza (g)	1,0	0,7	0,7	0,7	1,0	
Ácido ascórbico (g)	0,43	0,2	--	0,28	--	0,6

3.1.1. Las proteínas y los hidratos de carbono

Según Puente *et al.* (2011) en el fruto de *Physalis peruviana* L. el contenido de proteínas se encuentra en un rango de 1,1g a 1,5g; y en algunos casos también existen reportes de hasta 1,9g, hecho por el cual se le puede considerar como un alimento rico en proteínas.

En las frutas el carbohidrato dominante es la sacarosa. Las concentraciones de glucosa y fructosa varían notablemente de una especie a otra. A su vez estas pueden contener polisacáridos como el almidón, aunque en pequeñas cantidades ya que en el proceso de maduración en la mayoría de las frutas va disminuyendo hasta casi desaparecer. La pectina es otro compuesto de gran importancia en las frutas al conferirles consistencia y textura, este polisacárido también varía a lo largo del proceso de maduración (Astiasaran A y Martinez, 2000).

Novoa, Bojacá, Galvis, y Fischer (2006) evaluó tres azúcares en el fruto de *P. peruviana* L. siendo la sacarosa (disacárido) el azúcar más abundante después de la glucosa (monosacárido) y, finalmente, la fructosa (monosacárido) con presencia limitada en la fruta. También notaron que el contenido de glucosa en el fruto de *P. peruviana* L. es muy similar a otras frutas de solanáceas, con un valor cercano a 0.5%.

3.1.2. Lípidos

Según Ramadán *et al.* (2003) estudios realizados en el fruto de *P. peruviana* L. contiene 2% de aceite, de los cuales 1,8% se extrae de las semillas y 0,2%

propiedad de la piel de la pulpa y fruta. Los aceites extraídos de frutos de *P. peruviana* L. consisten en 15 ácidos grasos, entre los cuales están el ácido linoleico, oleico, palmítico y esteárico, que constituyen 95% de los ácidos grasos totales. El ácido linoleico es el ácido graso predominante seguido de ácido oleico, donde la relación de ácido linoleico y ácido oleico en la pulpa y la piel es de 2: 1, y 5: 1 semilla. Es bien sabido que los lípidos dietéticos ricos en ácido linoleico pueden prevenir los trastornos cardiovasculares tales como la enfermedad cardíaca coronaria, la aterosclerosis y la hipertensión. Los derivados de ácido linoleico sirven como componentes estructurales de la membrana plasmática, como precursores metabólicos y reguladores de algunos componentes.

Además, los ácidos grasos poliinsaturados son esenciales para el cuerpo humano, realizan muchas funciones tales como el mantenimiento de las membranas celulares y la producción de prostaglandinas (reguladores de muchos procesos del cuerpo, incluyendo la inflamación y la coagulación de la sangre). También se necesitan las grasas en la dieta, como entrada para las vitaminas solubles en grasa en los alimentos (A, D, E y K) y pueden ser absorbidos y regular el metabolismo del colesterol (Pinazo, Zanón, y Vinuesa, 2008).

La composición de ácidos grasos y altas cantidades de ácidos grasos poliinsaturados que se encuentran en los aceites extraídos de *P. peruviana* L. hacen de esta fruta ideal para la nutrición (Ramadán *et al.*, 2003).

Tabla 4. Composición de ácidos grasos en el aceite extraído de *Physalis peruviana* L. fruta

Componente (%)	Aceite de semilla	Pulpa y piel de aceite
Los ácidos grasos saturados	11,30	16,10
Monoenos totales	12,20	27,70
Dienos totales	76,10	44,40
Trienos totales	0,33	11,70

Fuente: Radamán *et al*, 2003.

Los aceites del aguaymanto se caracterizan por un alto nivel de vitamina K₁ (filoquinona), que comprende más de un 0,2% del total de lípidos (Ramadán *et al.*, 2003). La vitamina K₁ presenta un nivel que es muy bajo en la mayoría de los alimentos (<10 mg / 100 g), y la mayoría de la vitamina se obtiene a partir de unas pocas verduras verdes y frondosas (por ejemplo espinacas) (Jakob y Elmadfa, 2000).

3.1.3. Fitoesteroles

Son esteroides de origen vegetal (compuestos con 28 o 29 átomos de carbono), químicamente su estructura es similar al colesterol (27 carbonos). Se encuentran en casi todos los tallos, frutos y hojas vegetales. Las principales fuentes son los aceites vegetales, semillas oleaginosas, en cereales, legumbres, frutos secos.

La literatura científica y médica describe a los fitoesteroles como proveedores de una amplia variedad de efectos fisiológicos; entre ellos efecto anti-inflamatorio, antitumoral, antibacteriano y antifúngico. Sin embargo, el efecto mejor caracterizado y probado científicamente, es el efecto hipocolesteremiante, tanto en el colesterol LDL y colesterol total (Valenzuela y Ronco, 2004).

Los fitoesteroles son de gran interés debido a su capacidad antioxidante y el impacto en la salud (Ramadán *et al.*, 2009). El aceite extraído de la piel y la pulpa del fruto de *P. peruviana* L. tiene altos niveles de esteroides vegetales.

Tabla 5 .Composición de fitosteroides de aceites extraídos de los frutos de *Physalis peruviana* L.

Los fitoesteroides (g por kg de lípidos totales)	Aceite de semilla	Pulpa y piel de aceite
Campesterol	6,48	11,50
β -sitosterol	5,71	4,99
$\Delta 5$ -avenasterol	4,57	11,80
Lanosterol	2,27	7,44
Estigmasterol	1,32	6,17
$\Delta 7$ -avenasterol	1,11	2,68
El ergosterol	1,04	8,62
Esteroides totales	22,50	53,20

Fuente: Ramadán *et al.*, 2003.

Como se muestra en tabla 5, el campesterol es el más abundante de fitosteroles en los aceites de *P. peruviana* L., además contiene β -sitosterol y estigmasterol; la presencia de estos esteroides en el fruto de *P. peruviana* L. podría ser responsable de la capacidad de la fruta para reducir los niveles de colesterol. En términos generales el aguaymanto puede considerarse una fruta con altos niveles de esteroides (Puente *et al.*, 2011).

3.1.4. Minerales

El fruto de la *P. peruviana* L. contiene fósforo, hierro, potasio y zinc (Rodríguez *et al.*, 2007). En los seres humanos, fósforo y calcio tienen un papel como componentes principales del esqueleto. Tienen también importantes funciones metabólicas relacionadas con la función muscular, hormonal y la estimulación de los nervios (Latham, 2002), el fruto de la *P. peruviana* L. tiene un excepcionalmente alto contenido de fósforo para una fruta, pero los niveles de calcio son bajos (Consejo Nacional de Investigación (NRC), 1989), razón por la cual Botero (2009) diseñó una solución isotónica de sacarosa con calcio, vitamina C y E para la fortificación de uchuvas mínimamente procesadas aplicando la Ingeniería de Matrices, con el objetivo de obtener un producto con valor agregado.

El hierro se encuentra en los alimentos de origen vegetal y animal. La principal función biológica de hierro es el transporte de oxígeno al cuerpo, en consecuencia, la falta de este mineral en la dieta conduce a la anemia. Repo de Carrasco y Zelada (2008) informaron de un contenido de hierro en el fruto de *P. peruviana* L. cerca de 1,2 mg.

Según Mayorga *et al.* (2001) el fruto de *P. peruviana* L. se ha utilizado como una fuente de minerales, especialmente hierro y potasio. El potasio, como el sodio, juega un papel importante en las funciones fisiológicas de los animales y se distribuye abundantemente en la dieta humana (Szefer *et al.*, 2007).

Musinguzi, Kikafunda, y Kiremire (2007) comparó el contenido mineral entre *P. peruviana* L. y *Physalis minima* L., encontrando que *P. peruviana* L. es muy rico en potasio, con un valor cercano a 210 mg, mientras que, *Physalis minima* L., sólo tiene 2,43 mg.

En la siguiente tabla 6 se muestran los valores del contenido de minerales en los frutos de *Physalis peruviana* L. por 100 g de fruta.

Tabla 6 .Contenido de minerales en el fruto de *Physalis peruviana* L por 100 g de fruta

Mineral	Consejo Nacional de Investigación (NRC) (1989)	Leterme <i>et al.</i> (2006)	Musinguzi <i>et al.</i> (2007)	Repo de Carrasco <i>et al.</i> (2008)
Sodio (mg)	1.00	6.00	2.00	-
Potasio (mg)	320.00	467.00	210.00	292.65
Calcio (mg)	8.00	23.00	28.00	10.55
Magnesio (mg)	-	19.00	7.00	-
Fósforo (mg)	55.00	27.00	34.00	37.90
Hierro (mg)	1.20	0.09	0.30	1.24
Zinc (mg)	-	0.28	-	0.40

3.1.5. Vitaminas

El fruto de la *P. peruviana* L. es altamente nutritiva, contiene altos niveles de vitaminas A, B y C. La vitamina A desempeña un papel crucial en el crecimiento y desarrollo de los jóvenes es importante para la diferenciación celular, incluyendo el sistema hematológico, estabilización de la membrana lisosomal, el mantenimiento de la integridad del tejido epitelial y tiene un efecto inmunoestimulador (Ombwara, Wamosho, y Mugai, 2005).

A continuación se presenta una tabla 7 donde se muestran los valores del contenido de vitaminas en los frutos de *Physalis peruviana* L. por 100 g de fruta.

Tabla 7. Contenido de vitamina en el fruto de *Physalis peruviana* L.

Vitamina	Consejo Nacional de Investigación (NRC) (1989)	CCI (1994)	Fischer <i>et al.</i> (2000)
El betacaroteno (Vit. A) en mg	1460	648 UI	1730 UI
Tiamina (Vit. B1) en mg	0.10	0.18	0.10
Riboflavina (Vit. B2) en mg	0.03	0.03	0.17
La niacina (vit. B3) en mg	1.70	1.30	0.80
El ácido ascórbico (vit. C) en mg	43.00	26.00	20.00

El ácido ascórbico se encuentra ampliamente distribuida en las frutas y verduras frescas. Está clasificada como una vitamina soluble en agua, que es la razón por la cual es abundante en frutas con contenido de agua que supera el 50% (Gutiérrez, Hoyos, y Páez, 2007). Esto explicaría el alto nivel de ácido ascórbico (vitamina C) en el fruto de *P. peruviana* L. Esta vitamina juega un papel importante en la nutrición humana, incluyendo el crecimiento y mantenimiento de los tejidos, la producción de neurotransmisores, hormonas y respuestas del sistema inmune. La vitamina C es un antioxidante importante en la dieta, ya que reduce los efectos adversos del oxígeno reactivo y nitrógeno reactivo, que pueden causar daños a las macromoléculas tales como lípidos, ADN y proteínas, que están relacionados con las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y las enfermedades neurodegenerativas (Naidu, 2003).

3.1.6. Fisalinas

Las fisalinas son esteroideos constituyentes de plantas *Physalis* y se utilizan tradicionalmente para tratar el cáncer; debido a su actividad inmunosupresora también son utilizadas para evitar la respuesta del sistema inmune por ejemplo cuando se hacen trasplantes de órganos, cuando se presentan alergias y enfermedades autoinmunes.

Los principales componentes activos de *P. peruviana* L. son las fisalinas A, B, D, F y los glucósidos, que muestran actividad contra el cáncer (Wu *et al.*, 2004). Se ha demostrado que fisalinas B y F tienen una potente actividad supresora mediante la inhibición de la proliferación de linfocitos, también se ha demostrado que inhiben

tanto la producción de citoquinas proinflamatorias y la activación de los macrófagos. Estas actividades pueden ayudar a disminuir la inflamación y la fibrosis, por lo que serían útiles en el tratamiento de enfermedades autoinmunes. Esto sugiere que algunos de los efectos observados en las plantas de la medicina tradicional en el género *Physalis*, puede deberse en parte a la acción de estos pseudo-esteroides con acción inmuno-inflamatorio (Rodríguez *et al.*, 2007).

3.1.7. Withanólidos

Los withanólidos son un grupo de lactonas esteroidales que han sido aislados de los géneros *Acnistus*, *Datura*, *Jaborosa*, *Lycium*, *Physalis* y *Withania* de la familia de las solanáceas. Los withanólidos tienen una distribución limitada, habiendo sido primero aislado de *Withania somnifera* y, posteriormente, se encuentra en 12 géneros de la solanaceae (Ray y Gupta, 1994). Además exhiben un amplio espectro de propiedades biológicas y actividades farmacológicas significativas, incluyendo actividades repelentes de insectos, hepatoprotectora, inmunomodulador, antibacteriano, anti-inflamatorio, antitumoral, actividad citotóxica, y la protección contra la hepatotoxicidad inducida por tetracloruro de carbono (CCl₄) (Lan *et al.*, 2009).

Estudios recientes han reportado la caracterización y aislamiento de diez nuevos withanólidos de la parte superficial de *Physalis peruviana* L., “Aguaymanto”, incluyendo cuatro withanólidos de tipo perulactone, tres hidroxewithanólidos, y otros tres withanólidos, withaperuvins L-N (8- 10). (Fang, Liu, y Li, 2012). De esta gran variedad de compuestos, el Fiperunolido A, 4-β- hidroxewithanólido E, Withanólido

E y Withanólido C presentan citotoxicidad frente a diferentes tipos de cáncer como pulmón, mama e hígado (Lan et al., 2009).

Baumann y Meier (1993) cuantificó la concentración de 4β E -hydroxywithanolidos (4β HWE) y withanolidos E en frutas y cáliz de *P. peruviana* L. Ellos encontraron que la concentración de los dos withanólidos es mayor en los cálices que en los frutos, y la concentración de 4β HWE es mayor que la concentración de withanolidos E.

También se comparó las concentraciones de los cálices y frutos con los datos obtenidos por Ascher et al. 1987. Con esta comparación, Baumann y Meier determinaron que durante la maduración de la fruta, la concentración de withanólidos en el fruto disminuye notablemente. Por el contrario en los cálices, la concentración de withanólidos aumenta durante este tiempo. Teniendo en cuenta un alto nivel de withanólidos como defensa, estos autores proponen una estrategia de defensa. En los primeros días de desarrollo del fruto, las frutas tienen una defensa química, ya que tienen una alta concentración de withanolidos. Después, en la maduración de la fruta, la defensa de la fruta se realiza mediante cálices porque la concentración withanolidos disminuye en las frutas pero aumenta en los cálices.

3.1.8. Carotenoides

Los principales componentes activos de vitamina A en las frutas son α -caroteno, β -caroteno y criptoxantina β (Fischer, Ebert, y Ludders, 2000). Los carotenoides más

comunes son los β -caroteno, porque ninguno de los otros carotenoides están presentes en la provitamina A, que tiene la mitad de la actividad de β -caroteno y también es menos extensa en la naturaleza. Los carotenoides son responsables del color naranja en el fruto de *P. peruviana* L. (Ramadán *et al.*, 2003). El β -caroteno es muy importante en la prevención de ciertas enfermedades humanas tales como el cáncer. La razón por la que los carotenoides pueden prevenir el cáncer está relacionado con la actividad antioxidante que desactiva los radicales libres generados en los tejidos (Castro *et al.*, 2008).

Se observó una correlación positiva entre la ingesta de verduras y frutas que contienen carotenoides y la prevención de diversas enfermedades crónico-degenerativas (Coyne *et al.*, 2005). Los carotenoides de *Physalis peruviana* L. se determinaron por HPLC-PDA-MS / MS ;logrando identificar 22 compuestos carotenoides. El *todo-trans* - β -caroteno fue el principal carotenoide, contribuyendo 76,8% a la de carotenoides total, seguido de 9- *cis* - β -caroteno y *todo* - *trans* - α -criptoxantina, aportando alrededor del 3,6 y el 3,4% (De Rosso y Mercadante, 2007). El nivel de ésteres de carotenoides calculados como equivalentes de dimiristato de luteína fue (<0,5 mg / 100 g) (Breithaupt y Bamedi, 2001).

4. PROPIEDADES FUNCIONALES DEL AGUAYMANTO

4.1. Zumo de aguaymanto

Generalmente, el fruto de *P. peruviana* L. se consume fresca; y proporciona un equilibrio ácido-dulce a ensaladas de frutas y verduras. Además, la fruta entera se puede utilizar en jarabes, y deshidratados se convierten en pasas muy agradables. El fruto de la *P. peruviana* L. también se utiliza en salsas y esmaltes para carnes y mariscos. También puede ser utilizado como conservante para mermeladas y jaleas (Consejo Nacional de Investigación (NRC), 1989).

El rendimiento del jugo de *P. peruviana* L. es el 72,6% del peso de la baya. El contenido total de ácido en el jugo de Aguaymanto es 0,9 a 1,0% y el pH del jugo es bajo (3,79 a 3,86). El contenido total de azúcar en el zumo es 4,9 g / 100 g y los compuestos preponderantes son la sacarosa (35 g / 100 g de azúcar) y fructosa (29 g / 100 g de azúcar), que son comparables al contenido de azúcar en los jugos comunes. Se informó que el contenido de azúcar en los jugos comunes debe ser 9,8% en pera, 7,0% en naranja, 11,1% en la manzana, 8,5% en melocotón, y 5,7% en fresa (Belitz y Grosch, 1999 y Gurrieri *et al.*, 2000). El nivel de ácido ascórbico en Aguaymanto (46 mg / 100 g) resulta ser mayor que en la mayoría de frutas tales como peras (4 mg / 100 g), manzana (6 mg / 100 g), melocotón (7 mg / 100 g), y algo comparable con naranja (50 mg / 100 g) y la fresa (60 mg / 100 g) (Belitz y Grosch, 1999).

Se encontró jugo de frutas que contienen aceite de 0,2%, en el que el ácido linoleico, ácido oleico, ácido palmítico, γ -linolénico (GLA) y ácido palmitoleico fueron los ácidos grasos principales. El nivel total de trienos fue 22,7% y el aceite se

caracteriza por un elevado nivel de GLA (18,8). El jugo podría ser una fuente de ácidos grasos poliinsaturados; sumado a eso el interés en ácidos grasos poliinsaturados como nutrientes que promueven la salud se ha expandido en los últimos años con la creciente literatura que ilustra sus beneficios (Riemersma, 2001).

La siguiente tabla muestra la relación de ácidos grasos saturados a los ácidos grasos insaturados.

Tabla 8. Relación de ácidos grasos saturados a los ácidos grasos insaturados

Compuesto	%	Compuesto	g / kg
C12: 0	0.25	El ergosterol	9.23
C14: 0	1.09	Campesterol	12.2
C16: 0	19.3	Estigmasterol	6.23
C16: 1n-7	7.52	Lanosterol	6.55
C18: 0	1.87	β -sitosterol	5.23
C18: 1n-9	22.2	Δ 5-avenasterol	12.5
C18: 2n-6	22.7	Δ 7-avenasterol	3.71
C18: 3n-6	18.8	Esteroles totales	55.6
C20: 0	0.21		
C18: 3n-3	0.63	α -tocoferol	28.3
C20: 1n-9	0.15	β -tocoferol	15.2
C20: 3n-6	2.31	γ -tocoferol	45.5
C22: 1n-9	0.91	δ -tocoferol	1.50
C24: 0	0.65	Total de vitamina E	90.5
C24: 1n-9	1.12		
Relación S / T (%) ^{un}	29.4	β -caroteno	4.32

Fuente: Ramadán y Moersel (2007).

Los principales fitosteroles (ST) son $\Delta 5$ -avenasterol y campesterol. El nivel de vitamina E es alto, en donde γ - tocoferoles y α -tocoferoles son los principales constituyentes. Altas cantidades de β -caroteno se detectaron también en el zumo, por lo tanto el jugo de Aguaymanto podría ser una nueva fuente de bebidas funcionales sin necesidad de fortificación con bioactivos liposolubles (Ramadán y Moersel, 2007).

La actividad antioxidante de jugo de aguaymanto se evaluó por medio de una prueba de 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH). El jugo fresco produjo una disminución del 78% frente a la absorbancia de la solución de control de los radicales DPPH, mientras que el jugo tratado con enzimas dio lugar a una disminución de un 82% (Ramadán y Moersel, 2007).

Los compuestos fenólicos son responsables de la actividad antioxidante de los zumos y vinos, mientras que el ácido ascórbico juega un papel menor en la eficacia antioxidante de los zumos (Meyer *et al.*, 1995).

Miller y Rice-Evans (1997) recalcan el importante papel contributivo de los fenoles a la actividad antioxidante del zumo de naranja, incluso si la vitamina C fue el antioxidante más abundante. La presencia de una buena cantidad de compuestos fenólicos en el jugo de aguaymanto, podría contribuir a la elevada capacidad antioxidante. En la grosella espinosa, la quercetina es el compuesto fenólico principal, seguido por miricetina y kaempferol (Häkkinen, Kärenlampi, Heinonen, Mykkänen, y Riitta, 1999). Las buenas cantidades de compuestos fenólicos se estimaron en el jugo de Aguaymanto, donde el nivel de fenoles totales fue de 6,30 mg / 100 g de jugo como equivalentes de ácido cafeico (Ramadán y Moersel, 2007).

Tabla 9. Composición del zumo de aguaymanto y su efecto en la salud.

Componentes		Cantidad	Efecto en la salud
Vitaminas	C (ácido ascórbico)	43.3 mg/ 100g de fruto (a)	-Facilita la cicatrización de los tejidos.(b) -Facilita la absorción de otras vitaminas y nutrientes esenciales.(b) -Proporciona efecto antioxidante y reduce efectos adversos del oxígeno reactivo y nitrógeno reactivo.(b)
	E	86,30g / kg de lípidos totales (c)	-Protección contra las toxinas tales como la contaminación del aire, el síndrome premenstrual, trastornos oculares tales como cataratas, enfermedades neurológicas como la enfermedad de Alzheimer y la diabetes.(c) -Adelgaza la sangre, lo cual es otro beneficio significativo. En otras palabras, evita que las plaquetas de la sangre se aglutinen.(c)
Carbohidratos	glucosa	36 g / 100g de azúcar (e)	-Proporciona grandes cantidades energía para la realización de las actividades diarias.(d)
	fructuosa	29 g / 100g de azúcar (e)	-Al aportar un menor número de calorías, resulta útil para dietas de adelgazamiento.(d) -Es mejor tolerada por personas diabéticas.(d)
	sacarosa	35g / 100g de azúcar (e)	-En cantidades pequeñas que le aporten energía.(d) -En grandes cantidades puede generar grasa en exceso, producir caries dentales y puede diabetes.(d) Aportan protección frente a las infecciones del hígado y el estómago.(d)
Fenoles	Flavonoides	-	-Aportan propiedades antioxidantes reduciendo los efectos de los radicales libres en nuestro organismo.(f)
Fitoesteroles	Δ 5-avenasterol	12.5 g / kg de lípidos totales (g)	-Reducen el nivel de colesterol en la sangre.(c)
	Campesterol	12.2 g / kg de lípidos totales (g)	

Fuente: a. Consejo Nacional de Investigación (NCR) (1989); b. Vitaminas Básicas (2015); c. Puente *et al*, (2011); d. Botánica Online (2015); e. Belitz y Grosch (1999); f. Naturasan, (2015); g. Ramadán y Moersel (2007).

4.2. Aceite de aguaymanto

Un alto nivel de vitamina K₁, es la promoción de salud más característica del aceite de aguaymanto. Las funciones de la vitamina K como coenzima está involucrada en la síntesis de una serie de proteínas que participan en la coagulación de la sangre y el metabolismo óseo (Damon *et al.*, 2005). La vitamina K reduce el riesgo de enfermedades del corazón, mata a las células cancerosas, y mejora la salud de la piel y puede tener propiedades antioxidantes (Otles y Cagindi, 2007). Los consumos elevados de filoquinona son marcadores de un patrón de dieta y estilo de vida que se asocia con las enfermedades del corazón (CHD), menor riesgo coronario (Erkkilä, Booth, Hu, Jacques, y Lichtenstein, 2007). El requisito de filoquinona del adulto humano es extremadamente bajo. La vitamina K₁ se obtiene de algunos vegetales con hojas verdes y exuberantes (por ejemplo, la espinaca y el brócoli). Entre los aceites comestibles, las mejores fuentes de filoquinona son el aceite de colza (ca 1,5 ug / g) y aceite de soja (ca 1.30 ug / g) (Piironen *et al.*, 1997). El aceite de uchuva parece ser nutricionalmente valioso, ya que el alto contenido de ácido linoleico está asociado con la prevención de las enfermedades cardiovasculares (ECV) y el ácido linoleico es conocido por ser el precursor de los componentes estructurales de las membranas plasmáticas y de algunos compuestos reguladores metabólicos. El nivel de tocoferoles que es significativamente alto identifica al aceite como nutricionalmente valioso.

Tabla 10. Composición del aceite de aguaymanto y su efecto en la salud.

Componentes		% del total de aceites	Efecto en la salud
Vitaminas	K1 (filoquinona)	0.2 %	-Reduce la calcificación y la dureza de las arterias, lo que reduce la muerte por problemas cardiovasculares. -Es esencial para la mujer durante el embarazo y también a lo largo del período de la lactancia porque previene a su bebé de padecer una enfermedad hemorrágica, ya que actúa en el momento de existir una herida adhiriéndose a la piel e impidiendo de este modo un sangrado excesivo.
	Ácido linoleico	76,7 %	-Proporciona efecto antioxidante contra el ataque de la membrana por radicales libres. -Mejora los lípidos sanguíneos mediante la reducción de los triglicéridos y el colesterol. -Mejora la hiperinsulinemia debido a su influencia sobre los receptores de la hormona que regula genes implicados en el metabolismo de los lípidos y la insulina.
	Ácido oleico	11,9 %	-Disminuye la concentración de Colesterol total en sangre. -Disminuye los niveles de LDL-c sanguíneos. -Aumenta los niveles de HDL-c sanguíneos.
Esteroles	Fitoesteroles	-	-Propiedades antiinflamatorias, antitumorales, bactericidas y fungicidas. -Efecto hipocolesterolémico, produce reducciones del colesterol.
	Tocoferoles	-	-Como antioxidante, protege a las membranas celulares del daño oxidativo. -Estimula el sistema inmunológico. -Frena el desarrollo de la enfermedad de Alzheimer. -Ayuda a reducir los niveles de colesterol. -Puede ayudar a retrasar el inicio de la diabetes mellitus tipo 2, e incluso mejorar el control de azúcar en sangre. -Mejora la circulación sanguínea.

Fuente: (Silva, 2010)

4.3. Propiedades antioxidantes del aguaymanto

El interés en las propiedades antioxidantes de las frutas es relativamente reciente (Liu *et al.*, 2008 y Vijaya Kumar Reddy *et al.*, 2010), algunas de las propiedades medicinales de los frutos de *P. peruviana* L. se basan principalmente en las reacciones por las cuales se propicia una reducción del estrés oxidativo en las

células, lo cual está asociado con la capacidad antioxidante de los polifenoles presentes en la fruta.

Evaluaciones de la capacidad antioxidante de la uchuva ecotipo Colombia realizados por Restrepo Duque, 2009 y Botero, 2009 son recopiladas por Puente *et al.* 2011 mostrando resultados en función de la actividad captador de radicales DPPH (método DPPH) libre, la concentración de fenoles totales (método Folin-Ciocalteu) y el método FRAP (Ferric ion Reducing Antioxidant Power).

Tabla 11. Actividad antioxidante de los frutos de *Physalis peruviana* L.

Parámetro	La actividad antioxidante	
	Restrepo (2008)	Botero (2008)
DPPH (μmoltrolox / 100 g de muestra)	210,82 $\pm$ 9,45	192,51 $\pm$ 30,13
El contenido total de fenol (mg de ácido gálico / 100 g de muestra)	40,45 $\pm$ 0,93	39,15 $\pm$ 5,43
FRAP (ácido ascórbico mg / 100 g de muestra)	56,53 $\pm$ 1,38	54,98 $\pm$ 7.14

Estos resultados pueden cambiar durante el almacenamiento debido a la degradación de la vitamina C y compuestos fenólicos, disminuyendo la capacidad de eliminar los radicales libres (Peyrat-Maillard *et al.*, 2001).

Estudios realizados en Perú mostraron que en el aguaymanto el contenido de ácido ascórbico es de 43,3 mg en 100 g de fruto y carotenoides de 2,64 mg en 100 g de fruto. La capacidad antioxidante medida por el método del ABTS en aguaymanto

fue de 1066 ± 28 ug equivalente trolox / g de tejido); De acuerdo con el estudio, el contenido de estos compuestos bioactivos es proporcional al estado de madurez, lo cual influye sobre la capacidad antioxidante del mismo (Repo de Carrasco y Encina Zelada, 2008).

La capacidad antioxidante del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) como fruta fresca en tres cultivares: Giant, Golden Berry e Inka fue evaluada durante tres años consecutivos. La capacidad antioxidante se midió como la captación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y la peroxidación de lípidos de los extractos metanólicos. Así mismo, se determinaron los contenidos de vitamina C y el contenido total de fenoles. Inka presento valores más altos de la capacidad antioxidante (9,31 gramos de equivalentes de ácido ascórbico/kg de peso fresco), resultados que fueron corroborados con los resultados en ROS, el contenido de vitamina C y fenoles totales. Estos resultados sugieren que es una fruta con una alta capacidad antioxidante, que aumentara su popularidad y además la convierte en una materia prima promisoría, por los potenciales beneficios en la nutrición (Rop, Mlcek, Jurikova, y Valsikova, 2012).

4.4. Aguaymanto: biodisponibilidad de nutrientes y su efecto en la salud

Cuando consumimos un alimento o una bebida, los nutrientes que contiene se liberan de la matriz, pasan al torrente sanguíneo y son transportados hasta sus respectivos destinos finales. La absorción de los micronutrientes y fitoquímicos posterior a la ingesta de alimentos, no se realiza completamente, existe cierta cantidad que no se aprovecha. Cuantificar lo que realmente es absorbido, distribuido

a los tejidos, metabolizado y excretado se denomina biodisponibilidad (Holst y Williamson, 2008).

La biodisponibilidad de un nutriente se rige por factores externos e internos. Entre los factores externos se incluye la matriz alimentaria y la forma química del nutriente en cuestión, mientras que por otro lado el sexo, la edad, el estado nutricional y la etapa de la vida son algunos de los factores internos. Dado que algunos aspectos, como el estado nutricional, también determinan la cantidad de un nutriente que el cuerpo utiliza, almacena o excreta (The European Food Information Council, 2015).

Los estudios epidemiológicos de otras partes del mundo indican que el aumento del consumo de frutas y verduras se asocia con un menor riesgo de enfermedades crónicas degenerativas (Reddy, Sreeramulu, y Raghunath, 2010). Diversos compuestos bioactivos (withanólidos y compuestos fenólicos) son reportados a estar presente en *P. peruviana* L. (Dinan *et al.*, 1997). Algunos de estos compuestos tienen una fuerte propiedad antioxidante y previenen el daño peroxidativo de microsomas de hígado y hepatocitos (Wang, Lin-Shiau, y Lin, 1999).

El fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) tiene en su composición una cantidad de sustancias que potencialmente pueden ser absorbidas, metabolizadas y ejercer algún tipo de efecto beneficioso en la salud, dentro de los cuales se destacan, el contenido de compuestos fenólicos, vitaminas y minerales. En la medicina tradicional peruana se usa empíricamente en el tratamiento de las cataratas, cáncer, leucemia, hepatitis y reumatismo, no se tienen aún la suficiente evidencia científica al respecto (Bravo M, Muñoz D, Calderón G, y Osorio D, 2011).

4.4.1 Actividad anti-inflamatoria

Entre las muchas enfermedades que aquejan a la población mundial, las que involucran procesos inflamatorios representan un importante grupo; enfermedades como artritis reumatoidea, asma o trastornos neurodegenerativos implican reacciones inflamatorias en algunos casos incapacitantes para quienes las padecen. Además, muchas otras dolencias menores que se presentan diariamente involucran procesos inflamatorios como respuesta natural del organismo ante traumas físicos y alergias. Como consecuencia, existe una gran necesidad de descubrir y desarrollar nuevos agentes antiinflamatorios más seguros y eficaces.

La actividad antiinflamatoria del fruto de *Physalis peruviana* L., fue evaluada mediante extracción de compuestos bioactivos con dióxido de carbono (CO₂) supercrítico con el que se obtuvieron altos contenidos de flavonoides ($234,63 \pm 9,61$ mg / g) y fenol ($90,80 \pm 2,21$ mg / g). Los extractos en concentraciones de 0,1-30 µg/mL presentaron un potente efecto inhibidor de la xantina oxidasa, contribuyendo con la actividad antioxidante de los flavonoides. A concentración de 30 µg/mL previene significativamente la concentración de lipopolisácarido (LPS; 1 µg/mL), hay citotoxicidad celular inducida en las células de macrófagos murinos, y también previene la formación de óxido nítrico (NO) y la liberación de prostaglandinas (PGE₂) (Wu *et al.*, 2006).

4.4.2 Actividad anti-hepatotóxica

Arun y Asha, 2007 evaluaron la actividad antihepatotóxica en ratas (inducidas por tetracloruro de carbono, CCl₄) cuando se usaron extractos de aguaymanto *Physalis peruviana* L. obtenidos en agua y etanol en concentraciones de 250 mg / kg de peso corporal.

El extracto de etanol (a una dosis de 500 mg / kg) mostro una actividad moderada en comparación con el extracto de agua, donde se evidenció actividad a dosis baja (125 mg / kg). El extracto además redujo significativamente los cambios histopatológicos inducidos por CCl₄. Adicionalmente la administración del extracto en ratas mostró un aumento del Glutathión Hepático Reducido (GHR) y una disminución del Malondialdehído (MDA), lo que convierte a la uchuva en un alimento potencial para el tratamiento de enfermedades que afectan el hígado.

4.4.3 Actividad anti-hepatoma

La apoptosis es un proceso altamente organizado, definido por un número de cambios morfológicos y bioquímicos, incluyendo el burbujeo de la membrana, el encogimiento celular, la condensación de la cromatina, fragmentación del ADN y la aparición de fosfatidilserina en la parte externa de la membrana plasmática (Park *et al.*, 2002). Especies reactivas de oxígeno (ROS) se generan durante la respiración mitocondrial y reconocidos como mediadores de la vía de señalización apoptótica (Li *et al.*, 2003). Las mitocondrias son conocidos por ser una fuente importante fisiológica de ROS, que se generan durante la respiración mitocondrial y han sido

implicados como mediadores de la vía de señalización de apoptosis. Generación celular de ROS se ha asociado con estados de enfermedad humanos tales como enfermedades inflamatorias, enfermedades neurodegenerativas, cáncer y envejecimiento (Yang, Addona, Nair, Qi, y Ravikumar, 2003).

La disfunción mitocondrial causa un deterioro de energía y / o el estrés oxidativo, y también contribuye al proceso de muerte celular apoptótica. Los diversos estímulos pro-apoptosis que convergen en mitocondrias causan transición de permeabilidad mitocondrial, la despolarización mitocondrial, intracelular el agotamiento de glutatión y la liberación del citocromo c, estos eventos críticos provocan una cascada de caspasas (grupo de proteasas) y eventualmente conducen a la muerte celular (Wu *et al.*, 2002; Yang *et al.*, 2003). Además, el colapso del potencial de membrana mitocondrial y la alteración de estado de oxidación-reducción también se han observado en una amplia variedad de tipos de células (Nakamura *et al.*, 2002)

Se evaluó la actividad antihepatoma de *P. angulata* y *P. peruviana* mediante extractos en agua y etanol preparados a partir de la planta entera; usando un ensayo XTT (capacidad de reducción de un número de células de sal de tetrasol a un producto coloreado y soluble) se probaron sobre tres células de hepatoma humano Hep G2, Hep 3B y PLC/PRF/5. Los resultados mostraron que el extracto de etanol de *P. peruviana* (EEPP) poseía el valor más bajo de IC50 contra las células Hep G2. Curiosamente ninguno de los extractos mostro algún efecto citotóxico sobre las células normales de hígado de ratón. El tratamiento con carbonil cianuro m-clorofenil hidrazona, un protonóforo, causó una reducción del potencial de membrana (DCM) por despolarización de la membrana mitocondrial. A altas concentraciones, EEPP

logró inducir la detención del ciclo celular y la apoptosis a través de la disfunción mitocondrial.

La apoptosis se obtuvo cuando las células se trataron con 50 mg / ml EEPP que se caracteriza por la aparición de fosfatidilserina en la superficie externa de la membrana plasmática. Los resultados concluyen que EEPP posee una actividad antihepatoma potente y su efecto sobre la apoptosis se asocia a la disfunción mitocondrial (Wu *et al.*, 2004).

4.4.4. Actividad inmunosupresora

Estudios realizados con Withangulatin A (WA) un Withanolído aislado de la *Physalis angulata* mostró una baja toxicidad en ratones y una interesante actividad inmunosupresora al inducir directamente HO-1 (isoenzima, que hace parte de las hemo-oxigenasas) y restringió los linfocitos T, logrando un equilibrio en la modulación del sistema inmunitario en Th1 / Th2 (Sun *et al.*, 2011).

Otros compuestos estudiados que presentan una potente actividad inmunosupresora son las fisalinas B y F de la especie *Physalis angulata*, que inhiben la proliferación de linfocitos T y la producción de IL-2. Estudios previos muestran que estos esteroides inhiben la producción de citoquinas proinflamatorias, la activación de macrófagos y bloquean la letalidad producida por los lipopolisacaridos (LPS). Lo cual ayuda a reducir la inflamación y la fibrosis, además de 32 presentar gran utilidad en el tratamiento de patologías de inhibición del sistema inmune (Soares *et al.*, 2006).

4.4.5. Actividad anti-proliferativa en la línea celular H661 del cáncer de pulmón

Recientemente, ha habido un creciente interés en las propiedades anticancerígenas de medicamentos a base de plantas y estudios intensivos han llevado a cabo para examinar sus efectos apoptóticos. Ahora se sabe que la apoptosis o muerte celular programada es la central para el proceso de desarrollo de los animales y la homeostasis del tejido (Meier *et al.*, 2000). La falta de regulación de la apoptosis está vinculada a una serie de patologías humanas tales como el cáncer, enfermedades autoinmunes y trastornos neurodegenerativos (Thompson, 2000).

La *Physalis peruviana* L. es una medicina popular que se usa para tratar el cáncer, leucemia, hepatitis, reumatismo y otras enfermedades; para lo cual se tuvo que examinar el contenido total de flavonoides y fenol de diferentes extractos acuosos (PP: HWEPP; etanólico: EEPP; dióxido de carbono supercrítico: SCEPP-0, SCEPP-4 y SCEPP-5) y sus efectos antiproliferativos en humanos H661 células del cáncer de pulmón. Entre todos los extractos probados, los resultados mostraron que SCEPP-5 poseía el contenido total más alto de flavonoides ($226,19 \pm 4,15$ mg / g) y fenol ($100,82 \pm 6,25$ mg / g). SCEPP-5 también demostró el efecto inhibidor más potente sobre la proliferación celular H661.

Además, la inducción de apoptosis en células H661 se encontró al asociar con una elevada cantidad de la proteína p53, el citocromo C de liberación, caspasa-3 de activación y escisión de PARP. Tomados en conjunto, estos resultados concluyen que SCEPP-5 induce la detención del ciclo celular en la fase S, y su inducción de apoptosis podría estar mediado a través de la vía dependiente de p53 y la modificación de las proteínas Bax y XIAP expresión. Los resultados también han

proporcionado importantes fondos farmacológicos para el uso potencial de extracto fluido supercrítico PP como productos para la prevención del cáncer.

4.4.6. Actividad hipoglucemiante

Un trabajo de investigación adelantado en la Universidad Nacional de Colombia publicado en 2012, estuvo dirigido a la generación de una propuesta metodológica para la obtención de metabolitos a partir de frutos de *P. peruviana* L., útiles como marcadores de un extracto con actividad hipoglucemiante. Para ello se ensayaron y adaptaron metodologías propuestas en la literatura, dirigidas principalmente hacia la obtención de whitanolidos, guiados además por resultados de actividad de los extractos y fracciones, evaluados por el modelo de sobrecarga oral de almidón (SOA) en ratas Wistar o ratones ICR. Se aislaron tres compuestos, identificados como 5-hidroximetil-2-furancarboxaldehido, 4 β -hidroxiwithanólido E y 3-O-isobutiril- β -D-fructofuranosil-2-O-decanoil-3,4-di-O-isobutiril- α -Dglucopiranosido.

Adicionalmente se detectó por GC-MS la presencia de tres fitoesteroles (β -sitosterol, campesterol y estigmasterol), en una subfracción proveniente de la fracción diclorometánica. Dos de los compuestos puros (5-hidroximetil-2-furancarboxaldehido y 4 β -hidroxiwitanólido E) se proponen como marcadores terapéuticos y cuatro compuestos no activos, como marcadores analíticos de los frutos de *P. peruviana* y sus extractos. El compuesto 5-hidroximetil-2-furancarboxaldehido se propone adicionalmente como un marcador de la estabilidad térmica del extracto. Además de proponer los marcadores, se establecieron las metodologías para obtenerlos a escala laboratorio (Medina, 2012).

Según estudios realizados en el año 2007, se determinó el efecto de la ingesta de *P. peruviana* L., Aguaymanto, sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes. Participaron 26 sujetos voluntarios (edad promedio 25.03 ± 2.74 años, IMC promedio 22.76 ± 1.48 kg/m), quienes fueron divididos aleatoriamente en dos grupos: el grupo I ingirió 25 g de frutos de *P. peruviana* y luego de 40 minutos se le administró una sobrecarga de glucosa, mientras que al grupo II sólo se le administró esta última; recolectándose muestras de sangre a los 30, 60, 90 y 120 minutos después a ambos grupos. Luego de 3 días se intercambiaron los tratamientos. Se encontró que en el grupo control el promedio de glicemia basal fue 89.2 ± 7.75 mg/dl, a los 30 minutos postprandial 130.6 ± 14.92 mg/dl, a los 60 minutos 116.2 ± 16.57 mg/dl, a los 90 minutos 106.3 ± 13.65 mg/dl y a los 120 minutos 93.1 ± 10.55 mg/dl. Mientras en el grupo problema se obtuvo glicemias de 85.9 ± 10.99 mg/dl, 123.6 ± 13.65 mg/dl, 109.1 ± 13.69 mg/dl, 96.8 ± 12.12 mg/dl y 86.3 ± 13.22 mg/dl respectivamente. A los 90 minutos postprandial hubo una diferencia muy significativa ($p < 0.01$) y a los 120 minutos, una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores de glicemia de ambos grupos. Por lo que se concluye que la ingesta de *Physalis peruviana* L. reduce la glicemia a los 90 y 120 minutos postprandial en adultos jóvenes (Rodríguez Ulloa y Rodríguez Ulloa, 2007).

5. CONCLUSIONES

La *Physalis peruviana* L., Aguaymanto, tiene gran importancia gracias a su elevado valor nutricional que se basa en sus componentes bioactivos, razón por la cual es considerado como alimento funcional natural y motiva a la realización de diversos estudios en cuanto a su composición bioquímica y fisiológica; además de su efecto en la salud humana.

Para obtener mejores resultados en cuanto al buen contenido de compuestos bioactivos, el fruto de *Physalis peruviana* L. se debe recolectar a los 70 días después de su siembra, cuando este tenga una tonalidad de color amarillo intenso. Aunque se sacrificaría una menuda cantidad de whitanolidos en los cálices y el 15 % de su peso final.

El color naranja del aguaymanto está determinado por el contenido de β -caroteno y la degradación de clorofilas, la alta concentración de este carotenoide junto con los altos contenidos de ácido ascórbico hacen del aguaymanto una especie nutricionalmente muy apetecida; y junto con el balance entre azúcares / ácidos determinan el sabor característico del fruto durante la madurez de consumo.

Los fitoesteroles se encuentran en niveles elevados en los aceites extraídos del fruto de *Physalis peruviana* L. que les daría propiedades tales como efectos antioxidantes y hipocolesterolémicos, la presencia de tres fitosteroles específicos: campesterol, β -sitosterol y estigmasterol sería responsable de los niveles más bajos de colesterol en la sangre.

Los altos niveles de polifenoles y alto contenido de vitaminas A y C, otorgan al fruto de *Physalis peruviana* L. su extraordinaria actividad antioxidante.

La exclusividad de las fisalinas y withanolidos en la familia de las solanáceas, son responsables de atribuirle al fruto de *Physalis peruviana* L. su actividad anti-inflamatoria, anti-microbiana y propiedades contra el cáncer y la diabetes, por los que sus estudios futuros son de gran interés.

6. BIBLIOGRAFIA

- Arun, M.; Asha, V. V. 2007. Preliminary studies on antihepatotoxic effect of *Physalis peruviana* L. (Solanaceae) against carbon tetrachloride induced acute liver injury in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 111: 110-114.
- Ascher, K. R. S.; Nemny, N. E.; Eliyahu, M.; Kirson, I.; Abraham, A.; Glotter, E. 1987. Insect antifeedant properties of withanolides and related steroids from Solanaceae. *Experientia*, 36, 998-999.
- Astiasaran, A. I.; Martinez, J. A. 2000. Frutas y frutos secos. In *Alimentos: composición y propiedades* (Vol. 2, pp. 193 - 195). Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- Baumann, T.W.; Meier, C. M. 1993. Chemical defence by withanolides during fruit development in *Physalis peruviana*. *Phytochem.* 33 (2): 317-321
- Belitz, H. D.; Grosch, W. 1999. *Food chemistry*. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Botanica Online. (22 de 06 de 2015). Obtenido de Botanica Online Council: <http://www.botanical-online.com/fructosapropiedades.htm>
- Botero, A. 2009. Aplicación de la ingeniería de matrices en el desarrollo de uchuva mínimamente procesada fortificada con calcio, vitamina C y E., Universidad de Antioquia, Medellín.
- Bravo, M. K. E.; Muñoz, D. K.; Calderón, G. J.; Osorio, D. E. J. 2011. Desarrollo de un método para la extracción de polifenol oxidasa de uchuva (*Physalis peruviana* L.) y aislamiento por sistemas bifásicos acuosos. *Vitae*, 18, 124-132.

- Breithaupt, D. E.; Bamedi, A. 2001. Carotenoid esters in vegetables and fruits: A screening with emphasis on β -cryptoxanthin esters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 2064–2070.
- Brito, D. 2002. Producción de uvilla para exportación. Agroexportación de productos no tradicionales (p.10). Quito, Ecuador: Fundación Aliñambi.
- Cámara, M.; Sánchez, C.; Torija, E. 2003. Frutas y verduras fuente de salud. Departamento de nutrición y bromatología. Facultad de farmacia. Universidad Complutense de Madrid – España. Recuperado el 23 de Abril de 2015 http://www.senba.es/recursos/pdf/frutas_y_verduras.pdf
- Castro, A. M.; Rodríguez, L.; Vargas, E. M. 2008. Secado de uchuva (*Physalis peruviana* L.) por aire caliente con pretratamiento de osmodeshidratación. *Vitae*, 15(2), 226 - 231.
- Cedeño, M.; Montenegro, D. 2004. Plan exportador, logístico y comercialización de uchuva al mercado de Estados Unidos para FRUTEXPO SCI Ltda. Facultad de Ingeniería, vol. Ingeniero Industrial. : Bogotá Pontificia Universidad Javeriana.
- Corporación Colombia Internacional (CCI). 2001. Uchuva. Perfil de producto (pp. 1–12). Bogotá: Sistema de Inteligencia de Mercados.
- Coyne, T.; Ibiebele, T. I.; Baadr, P. D.; Dobson, A.; McClintock, C.; Dunn, S. 2005. Diabetes mellitus and serum carotenoids: Findings of a population-based study in Queensland. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82, 685–693.
- Damon, M.; Zhang, N. Z.; Haytowitz, D. B.; & Booth, S. L. 2005. Phylloquinone (vitamin K1) content of vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18: 751–758.
- De Rosso, V. V.; Mercadante, A. Z. 2007. Identification and quantification of carotenoids, by HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 5062–5072.
- Dinan, L.; Sarker, S.; Sik, V. 1997. 28-Hydroxywithanolide E from *Physalis Peruviana*. *Photochemistry*, 44, 509–512.
- El Sheikha, A. F.; Zaki, M. S.; Bakr, A. A.; El Habashy, M. M.; Montet, D. 2010. Biochemical and sensory quality of *Physalis* (*Physalis pubescens*) juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34(3): 541–555.
- Erkkilä, A. T.; Booth, S. L.; Hu, F. B.; Jacques, P. F.; Lichtenstein, A. H. 2007. Phylloquinone intake and risk of cardiovascular diseases in men. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases*, 17: 58–62.

- Fang, S.T.; Liu, J.K.; Li, B. 2012. Ten new withanolides from *Physalis peruviana*. *Steroids*, 77(12): 36-44.
- FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, F.; Fundación Iberoamericana de Nutrición. 2012. Grasas y ácidos grasos en nutrición humana: consulta de expertos (Vol. 91). Granada, España.
- Fischer, G.; Ebert, G.; Lüdders, P. 2000. Provitamin A carotenoids, organic acids and ascorbic acid content of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) ecotypes grown at two tropical altitudes. *Acta Horticulturae*, 531: 263-268.
- Gurrieri, S.; Miceli, L.; Lanza, M.; Tomaselli, F.; Bonomo, R. P.; Rizzarelli, E. 2000. Chemical characterization of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) and perspective for the storage of its juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 5424-5431.
- Gutiérrez, T.; Hoyos, O.; Páez, M. 2007. Determinación del contenido de ácido ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana* L.), por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 5(1): 70-79.
- Häkkinen, S. H.; Kärenlampi, S. O.; Heinonen, I. M.; Mykkänen, H. M.; Riitta, A. T. 1999. Content of the flavonols quercetin, myricetin, and kaempferol in 25 edible berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 2274-2279.
- Holst, B.; Williamson, G. 2008. Nutrients and phytochemicals: from bioavailability to bioefficacy beyond antioxidants. *Current Opinion in Biotechnology*, 19(2): 73-82.
- Jakob, E.; Elmadfa, I. 2000. Rapid and simple HPLC analysis of vitamin K in food, tissue and blood. *Food Chemistry*, 68: 219-221.
- Latham, M. 2002. Minerales. *Nutrición humana en el mundo en desarrollo*, vol. 29. (pp. 109-118) Roma:FAO.
- Lan, Y. H.; Chang, F. R.; Pan, M. J.; Wu, C. C.; Wu, S. J.; Chen, S. L.; Wang, S. S.; Wu, M. J.; Wu, Y. C. 2009. New cytotoxic withanolides from *Physalis peruviana*. *Food Chemistry*, 116(2): 462-469.
- Legge, A. 1974. Notes on the history, cultivation and uses of *Physalis peruviana* L. *Journal of the Royal Horticultural Society*, 99(7): 310-314.

- Leterme, P.; Buldgen, A.; Estrada, F.; Londoño, A. M. 2006. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chemistry*, 95(4): 644–652.
- Li, N.; Ragheb, K.; Lawler, G.; Sturgis, J.; Rajwa, B.; Melendez, J. A., et al. 2003. DPI induces mitochondrial superoxide-mediated apoptosis. *Free Radical Biology & Medicine*, 34: 465–477.
- Liu, H.; Qiu, N.; Ding, H.; Yao, R. 2008. Polyphenols contents and antioxidant capacity of 68 Chinese herbals suitable for medical or food uses. *Food Research International*, 41(4): 363–370.
- Marín A, Z. T.; Cortés R, M.; Montoya C, O. I. 2010. Frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) ecotipo 'Colombia' mínimamente procesados, adicionados con microorganismos probióticos utilizando la Ingeniería de Matrices. *Rev.Fac.Nal.Agr.*, 63(1): 5395-5407.
- Márquez C, C. J.; Trillos G, O.; Cartagena V, J. R.; Cotes T, J. M. 2009. Evaluación fisicoquímica y sensorial de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Vitae*, 16(1): 42 - 48.
- Mayorga, H.; Knapp, H.; Winterhalter, P.; Duque, C. 2001. Glycosidically bound flavor compounds of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 1904–1908.
- Medina, D. P. 2012. Implementación de una metodología para la obtención de marcadores de frutos de *Physalis peruviana* L., y evaluación de actividad hipoglicemiante. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias, Colombia 2012.
- Meier, A.; Finch, G. 2000. Evan La apoptosis en el desarrollo Naturaleza, 407 (2000):796-801.
- Mendoza, C. J. H.; Rodríguez, S. A.; Millán, P. 2012. Caracterización físico química de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la región de Silvia Cauca. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2): 188 - 196.
- Meyer, A. S.; Yi, O. S.; Pearson, D. A.; Waterhouse, A. L.; Frankel, E. N. 1995. Inhibition of human low-density lipoprotein oxidation in relation to composition of phenolic antioxidants in grapes (*Vitis vinifera*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 1638–1643.
- Miller, N. J.; Evans, C. A. 1997. The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink. *Food Chemistry*, 60: 331–337.

- Musinguzi, E.; Kikafunda, J.; Kiremire, B. 2007. Promoting indigenous wild edible fruits to complement roots and tuber crops in alleviating vitamin A deficiencies in Uganda. (pp. 763–769). Arusha, Tanzania: Proceedings of the 13th ISTRC Symposium.
- Naidu, K. 2003. Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutrition Journal*, 2(1): 1–10
- Nakamura, Y.; Kawakami, M.; Yoshihiro, M.A.; Miyoshi, N.; Ohigashi, H.; Kawai, K.; Osawa, T.; Uchida, K. 2002. Involvement of the mitochondrial death pathway in chemopreventive benzyl isothiocyanate-induced apoptosis. *Journal of Biological Chemistry* 277: 8492–8499.
- National Research Council (NRC). 1989. Goldenberry (Cape Gooseberry). Lost crops of the incas: Little-known plants of the andes with promise for worldwide cultivation (pp. 240–251). Washington D.C.: National Academy Press.
- Naturasan. (22 de 06 de 2015). Obtenido de Naturasan: <http://www.naturasan.net/flavonoides-beneficios-y-propiedades/>
- Novoa, R. H.; Bojacá, M.; Galvis, J. A.; Fischer, G. 2006. La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana*, 24: 77-86.
- Osorio, D.; Roldan, J. 2003. Volvamos al campo: manual de la uchuva. Bogotá: Grupo Latino LTDA.
- Ombwara, F.; Wamosho, L.; Mugai, E. 2005. The effect of nutrient solution strength and mycorrhizal inoculation on anthesis in *Physalis peruviana*. Proceedings of the fourth workshop on sustainable horticultural production in the tropics (pp. 117–123). Kenya: Department of Horticulture. Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology.
- Otles, S.; Cagindi, O. 2007. Determination of vitamin K1 content in olive oil, chard and human plasma by RP-HPLC method with UV–Vis detection. *Food Chemistry*, 100: 1220–1222.
- Park, W.H.; Lee, M.S.; Park, K.; Kim, E.S.; Kim, B.K.; Lee, Y.Y. 2002. Monensin-mediated growth inhibition in acute myelogenous leukemia cells via cell cycle arrest and apoptosis. *International Journal of Cancer* 101: 235–242.
- Peyrat-Maillard, M.; Bonnely, S.; Rondini, L.; Berset, C. 2001. Effect of vitamin E and vitamin C on the antioxidant activity of malt rootlets extracts. *Lebensmittel- Wissenschaft und Technologie*, 34(3): 176–182.

- Piironen, V.; Koivu, T.; Tammisalo, O.; Mattila, P. 1997. Determination of phyloquinone in oils, margarines and butter by high-performance liquid chromatography with electrochemical detection. *Food Chemistry*, 59, 473-480.
- Pinazo, M.; Zanón, V.; Vinuesa, I. 2008. Implicaciones de los ácidos grasos en la salud ocular. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*, 83(7): 401-404.
- Puente, L. A.; Pinto, C. A.; Castro, E. S.; Cortés, M. 2011. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International*, 44(7), 1733-1740.
- Ramadan, M. F.; Moersel, J. T. 2003. Oil goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 969-974.
- Ramadan, M. F.; Moersel, J. T. 2007. Impact of enzymatic treatment on chemical composition, physicochemical properties and radical scavenging activity of golden berry (*Physalis peruviana* L.) juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 452-460.
- Ramadan, M.; Moersel, J. 2009. Oil extractability from enzymatically treated goldenberry (*Physalis peruviana* L.) pomace: Range of operational variables. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(3): 435-444.
- Ray, A. B.; Gupta, M. 1994. Withasteroids, a growing group of naturally occurring steroidal lactones. In W. Herz, G. W. Kirby, R. E. Moore, W. Steglich, & Ch. Tam (Eds.), *Progress in the chemistry of organic natural products*, Vol. 63. (pp. 1-106) New York: Springer Verlag.
- Reddy, C. V. K.; Sreeramulu, D.; Raghunath, M. 2010. Antioxidant activity of fresh and dry fruits commonly consumed in India. *Food Research International*, 43: 285-288.
- Repo de Carrasco, R.; Zelada, C. 2008. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química Perú*, 74(2): 108-124.
- Restrepo, A. M.; Cortés R, M.; Márquez C, C. J. 2009. Uchuvas (*Physalis peruviana* L.) mínimamente procesadas fortificadas con vitamina E. *Vitae*, 16(1): 19 - 30.
- Riemersma, R. A. 2001. The demise of the n-6 to n-3 fatty acid ratio? A dossier. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103: 372-373.
- Rodríguez, S. L.; Rodríguez Ulloa, E. M. 2007. Efecto de la ingesta de *Physalis peruviana* (aguaymanto) sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes. *Rev. Med. Vallejiana*, 4(1): 43 - 53.

- Rop, O.; Mlcek, J.; Jurikova, T.; Valsikova, M. 2012. Bioactive content and antioxidant capacity of Cape gooseberry fruit. *Central European Journal of Biology*, 7(4): 672-679.
- Schreiber, F. (10 de 05 de 2015). Sierra exportadora. Recuperado el 2 de Junio de 2015, de <http://www.sierraexportadora.gob.pe/berries/factibilidad/aguayamanto.pdf>.
- Silva, N. C. (2010). "Aguaymanto para la cosmética". Lima: Expoalimentaria Perú 2010.
- Soares, M. B. P.; Brustolim, D.; Santos, L. A.; Bellintani, M. C.; Paiva, F. P.; Ribeiro, Y. M. 2006. Fisolins B, F and G, seco-steroids purified from *Physalis angulata* L., inhibit lymphocyte function and allogeneic transplant rejection. *International Immunopharmacology*, 6(3): 408-414.
- Strik, B. C. 2007. Berry crops: Worldwide area and production systems. In Y. Zhao (Ed.), *Berry fruit, value-added products for health promotion*. NW (USA): CRC Press 0-8493-5802-7.
- Sun, L.; Liu, J.; Liu, P.; Yu, Y.; Ma, L.; Hu, L. 2011. Immunosuppression effect of Withangulatin A from *Physalis angulata* via heme oxygenase 1-dependent pathways. *Process Biochemistry*, 46(2): 482-488.
- Szefer, P.; Nriagu, J. 2007. *Mineral components in foods*. New York: CRC Press.
- Tapia, M.; Fries, A. 2007. *Guía de campo de los cultivos andinos*. Lima: FAO y ANPE.
- The European Food Information Council. (06 de 05 de 2015). Obtenido de The European Food Information Council: <http://www.eufic.org/article/es/artid/biodisponibilidad-nutrientes-como-sacar-maximo-partido-alimentos/>.
- Thompson. 2000. La apoptosis en la patogénesis y tratamiento de la enfermedad Science, 267 1995, pp. 1456-1462.
- Valenzuela, A.; Ronco, A. 2004. Fitoesteroides y fitoestanoles: aliados naturales para la protección de la salud cardiovascular. *Revista Chilena de Nutrición*, 21(1): 161-169.
- Vijaya, C.; Sreeramulu, D.; Raghunath, M. 2010. Antioxidant activity of fresh and dry fruits commonly consumed in India. *Food Research International*, 43(1): 285-288.
- Vitaminas Básicas. (22 de 06 de 2015). Obtenido de Vitaminas básicas Council: <http://www.vitaminasbasicas.com/vitaminas/hidrosolubles/vitaminac/propiedades.asp>.

- Wang, I. K.; Lin, S. Y.; Lin, J. K. 1999. Induction of apoptosis by apigenin and related flavonoids through cytochrome c release and activation of caspase-9 and caspase-3 in leukemia HL-60 cells. *European Journal of Cancer*, 35: 1517–1525.
- Wu, S. J.; Nag, L. T.; Lin, D. L.; Huang, S. N.; Wang, S. S.; Lin, C. C. 2004. *Physalis peruviana* extract induces apoptosis in human Hep G2 cells through CD95/CD95L system and the mitochondrial signaling transduction pathway. *Cancer Letters*, 215(2): 199–208.
- Wu, S. J.; Tsai, J. Y.; Chang, S. P.; Lin, D. L.; Wang, S. S.; Huang, S. N. 2006. Supercritical carbon dioxide extract exhibits enhanced antioxidant and anti-inflammatory activities of *Physalis peruviana*. *Journal of Ethnopharmacology*, 108(3): 407–413.
- Wu, X.; Cao, S.; Goh, S.; Hsu, A.; Tan, B.K.H. 2002. Mitochondrial destabilisation and caspase-3 activation are involved in the apoptosis of Jurkat cells induced by Gaudichaudione A, a cytotoxic xanthone. *Planta Médica* 68, 198–203.
- Yang, W.L.; Addona, T.; Nair, D.G.; Qi, L.; Ravikumar, T.S. 2003. Apoptosis induced by cryo-injury in human colorectal cancer cells is associated with mitochondrial dysfunction. *International Journal of Cancer* 103, 360–369.