

Uchuva (*Physalis peruviana* L): estudio de su potencial aplicación en el desarrollo de alimentos con características funcionales.

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Alimentación y Nutrición

Ana María Aristizábal Montoya

Ingeniera de Alimentos

Asesora

Ana María Restrepo Duque

MSc Ciencia y Tecnología de Alimentos

Corporación Universitaria Lasallista

Facultad de Ingenierías

Especialización en Alimentación y Nutrición

Caldas- Antioquia

2013

Tabla de contenido

	pág.
Generalidades del cultivo de uchuva	8
Origen.....	8
Taxonomía y botánica.....	9
Composición fisicoquímica y nutricional de la uchuva	12
Proteínas y carbohidratos	15
Lípidos.....	17
Minerales	18
Vitaminas.....	18
Fisalinas.....	19
Witanolidos.....	20
Carotenoides	22
Propiedades antioxidantes atribuidas al fruto de uchuva	24
Biodisponibilidad de nutrientes presentes en la uchuva: impacto sobre la salud.....	27
Antiinflamatorio.....	28
Antihepatotóxico.....	28
Antihepatoma.....	29
Tratamiento contra diabetes	29
Inmunosupresor	31
Aplicaciones de la uchuva (<i>physalis peruviana</i> L).....	33

Conclusiones	38
Agradecimientos.....	39
Referencias	40

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Physalis peruviana</i> L.....	9
Tabla 2. Algunas de las especies del género <i>Physalis</i>	11
Tabla 3. Reportes de la composición fisicoquímica de <i>Physalis peruviana</i> L.....	12
Tabla 4. Reportes de la composición nutricional de <i>Physalis peruviana</i> L.	13
Tabla 5. Publicaciones relacionadas con la composición nutricional de <i>Physalis peruviana</i> <i>L</i>	14
Tabla 6. Desarrollos con uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L).....	34

Lista de gráficas

Gráfico 1. Foto de la uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L).....	10
Gráfico 2. Estructura química de las fisalinas.....	20
Gráfico 3. Estructura de los witanólidos aislados de <i>Physalis peruviana</i> L.	21
Gráfico 4. Estructura química del β -caroteno	23
Gráfico 5. Estructura química del α -caroteno	23

Resumen

La Uchuva (*Physalis peruviana* L) es una fruta promisoría para el consumo interno y el mercado de exportación por sus características sensoriales, las diversas actividades biológicas que le son atribuidas, así como su valor nutricional. Algunos beneficios como la prevención de riesgo de cierto tipo de enfermedades están asociados a la presencia de fitoquímicos que promueven la salud, como es el caso de los antioxidantes. Para la fruta se reporta la presencia de diversos compuestos, destacándose el contenido de carotenoides. El presente trabajo está dirigido a hacer una revisión del contenido de nutrientes, las actividades benéficas reportadas sobre la salud y las aplicaciones que se le han dado al fruto fresco en la formulación de productos con valor agregado, con el fin de tener una perspectiva de nuevos desarrollos a partir de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) o de alguno de sus compuestos fisiológicamente activos, en la obtención de alimentos con características funcionales de acuerdo a las necesidades del consumidor y tendencias del mercado.

Palabras clave: Uchuva, *Physalis peruviana* L, compuestos bioactivos, aplicaciones.

Abstract

The capegooseberry (*Physalis peruviana* L) is a promising fruit for domestic consumption and the export market for their sensory characteristics, the diverse biological activities attributed to it and its nutritional value. Some benefits as the prevention of risk of certain diseases are associated with the presence of health promoting phytochemicals, such as antioxidants. Fruit to report the presence of various compounds, notably the carotenoid content. This work is directed to do a review of the nutrient content, charitable activities reported on health and the applications have given the fresh fruit in the development of value-added products, in order to have a new perspective developments from the cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) or one of its physiologically active compounds, in obtaining food with functional properties according to customer needs and market trends.

Keywords: Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L), fruit, composition, properties, applications.

Generalidades del cultivo de uchuva

Origen

La Uchuva (*Physalis peruviana* L) es considerada originaria del Perú, aunque algunas evidencias indican que proviene del Brasil y posteriormente se aclimato en los altiplanos de Chile y Perú (Agronet, 2003). En la época precolombina crecía de manera silvestre en la zona andina donde era un alimento tradicional. En Colombia en tiempos más recientes fue descrita en la zona de Tierradentro departamento del Cauca donde inició su cultivo a escala semicomercial, en la actualidad es cultivada en una extensa porción del país, que incluye los departamentos de Nariño, Cauca, Huila, Antioquia, Cundinamarca y Boyacá (Madríñan Palomino, 2010).

Los españoles la introdujeron hace más de 200 años en Sudáfrica, inicialmente en el Cabo de Buena Esperanza como fruto antiescorbuto. De allí el cultivo se extendió a Kenia, Australia, Gran Bretaña, Zimbabue, Nueva Zelanda, Hawai y la India (Madríñan Palomino, 2010). En la actualidad es cultivada en casi todos los altiplanos de los trópicos y en algunas de los subtrópicos entre los 1500 y 3000 msnm., aunque los mayores productores de Uchuva son Colombia y Sudáfrica (Agronet, 2003).

Taxonomía y botánica

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, con alto potencial de multiplicación, su clasificación taxonómica completa se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Physalis peruviana* L

Jerarquía	Descripción
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanale
Familia	Solanaceae
Género	<i>Physalis</i>
Especie	<i>Physalis peruviana</i> L
Nombres comunes	Uchuva, uvilla, tomatillo, aguaymanto, capulí.

Fuente: (USDA, 2013).

La uchuva (*Physalis peruviana* L) es una planta, que alcanzan una altura de 1 a 1,5 m., su crecimiento es indeterminado, es perenne y ramificada desde la base. Sus hojas se caracterizan porque son alternas, simples, pecioladas, acorazonadas y pubescentes con largos de 5 a 15 cm y anchos que pueden llegar a los 10 cm. Sus flores tienen forma de campana, crecen en las axilas de las hojas, son solitarias, pedunculadas y hermafroditas. Su propagación es por semilla aunque también se puede por esquejes e injertos (FAO, 2006).

La Uchuva crece en diversas condiciones medioambientales como suelos ligeramente ácidos y ricos en materia orgánica, precipitaciones entre 1000 y 2000 mm, con un amplio rango

de altura hasta los 3.000 msnm., y una óptima temperatura para la producción de 18 °C (Puente, Pinto-Muñoz, Castro, & Cortés, 2011).

Al género *Physalis* pertenecen más de ochenta variedades (ver Tabla 2), las cuales se encuentran en estado silvestre, su principal característica es que alberga el fruto dentro de un capacho también conocido como cáliz, que le permite una vida útil cercana a un mes, además de estar encargado de protegerlo de insectos, pájaros, patógenos y las condiciones climáticas externas. Sin este, el fruto duraría de 4 a 5 días al ambiente (Cedeño & Montenegro, 2004).

El fruto es una baya con un diámetro aproximado de 2 cm y un peso entre 4 y 5g, es de color naranja-amarillo (ver Foto 1), con una piel lisa y brillante, al interior se encuentra una pulpa jugosa que contiene gran cantidad de pequeñas semillas (Valdenegro, Fuentes, Herrera, & Moya-León, 2012).

Gráfico 1. Foto de la uchuva (*Physalis peruviana* L)



Fuente: (Alvarez, 2011)

Tabla 2. Algunas de las especies del género *Physalis*

Especies	Estado	Nombre común	Distribución	Usos
<i>P angulata</i>		Alquequenje, capulí, cimarrón, sacabuche, sapito, tomate, tomatillo, topotopo	Estados Unidos a través de México hasta Panamá.	Fruta comestible
<i>P peruviana L</i>	Cultivada	Capulí, cereza del Perú, cushuva, sacabuche, tomate silvestre, tomate verde, topotopo, yuyo y uchuva	Sudamérica y las Antillas, Brasil, Sureste de Asia, Andes de Venezuela a Chile.	Fruta comestible
<i>P pruinosa</i>	Cultivada	Husk tomato	Oriente Norte América	Fruta en conserva.
<i>P pubescens L</i>	Cultivada	Alquequenje, bolsa mullaca, farolito, huevo de sapo, muyaca, sacabuche peludo, saposarapo, topotopo, miltomate, tomate, tomatillo	Desde el este de los Estados Unidos a través de México hasta Panamá y Sudamérica: Antillas introducida en el viejo Mundo.	Comestible (Condimento)
<i>P viscosa</i> (Recurso genético)			América trópic y subtropical.	Fruta comestible

Fuente: (Madrñan Palomino, 2010)

Composición fisicoquímica y nutricional de la uchuva

Numerosas investigaciones reportan la caracterización fisicoquímica de la uchuva (*Physalis peruviana* L) (ver Tabla 3), las cuales coinciden en valores aproximados para parámetros como sólidos solubles expresados como °Brix con contenidos que van entre 12,5 y 14,3, el porcentaje de acidez expresado como % de ácido cítrico oscila entre 2 y 2,4. En los frutos maduros el pH y los °Brix decrecen lo que lleva a un aumento de la acidez de un 2,0 a 2,1% (Puente et al., 2011).

Tabla 3. Reportes de la composición fisicoquímica de *Physalis peruviana* L

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

*Valores del testigo comercial de uchuva procedente del mercado de Medellín.

La Uchuva es un fruto cuyo atributo peculiar es el sabor agridulce, contiene valores destacables de nutrientes como vitamina A, fibra, proteína, potasio, fósforo, hierro y zinc (Restrepo Duque, 2008). En la Tabla 5 se muestran detalladamente el contenido nutricional por 100 g de producto.

Tabla 4. Reportes de la composición nutricional de *Physalis peruviana* L.

Parámetro Nutricional	Rango
Humedad	79,8 – 85,5%
Proteína	0,3 – 1,5 g
Grasa	0,15 – 0,5 g
Carbohidratos	11,0 – 19,6 g
Fibra	0,4 – 4,9 g
Cenizas	0,7 – 1,0 g
Carotenos	16 mg
Tiamina	0,1 – 0,18 mg
Riboflavina	0,03 – 0,18 mg
Niacina	0,8 – 1,7 mg
Vitamina C	20 – 43 mg
Potasio	210 – 467 mg
Magnesio	7 – 19 mg
Calcio	2 – 28 mg
Fósforo	27 – 55,3 mg
Hierro	0,3 – 1,2 mg
Zinc	0,28 – 0,40 mg

Adaptado de (Erkaya, Dağdemir, & Şengül, 2012).

Sin duda la caracterización nutricional de la Uchuva ha llamado poderosamente la atención de investigadores en los últimos 25 años, en la Tabla 4 se listan los principales autores, el año en el cual publicaron sus trabajos y el factor nutricional sobre el cual se enfocó la investigación.

Tabla 5. Publicaciones relacionadas con la composición nutricional de *Pysalis peruviana* L

Autores	Año	Composición Nutricional
Fang et al.	2012	Perulactones E-H, 28 hidroxiwitanólido E, Witaperuvina I-K, Witaperuvina L-N Witanólido S, Witanólido C, Fiperunolido A, Fiperunolido B.
Calderón et al.	2011	4 β -hidroxiwitanólido E Witanólidos: Fiperunolido A, Fiperunolido B Fiperunólido C, Fiperunólido D, Peruvianoxido Fiperunólido E, Fiperunólido F, Witaperuvina
Lan et al.	2009	4 β -hidroxiwitanólido E, Visconolido, Witanólido E, Witanólido S, Witanólido C, Witafisanólido, Witaperuvina D
Repo de Carrasco & Zelada	2008	Calorías, Agua, Proteína, Grasa, Carbohidratos, Fibra, Cenizas. Hierro, Zinc, Fósforo, Calcio, Potasio.
Musinguzi, et al.	2007	Agua, Proteína, Grasa, Fibra, Hierro, Fósforo, Calcio, Potasio, Sodio, Magnesio, Betacaroteno (vit. A), Ácido Ascórbico (vit. C).
Wu et al.	2004	Fisalina A, Fisalina B, Fisalina D, Fisalina F
Ramadán et al.	2003	Fitoesteroles, Filoquinona (vit. K1), Vitamina E, α -tocoferol, β -tocoferol, γ -tocoferol, δ -tocoferol
Osorio & Roldán	2003	Betacaroteno (vit. A), Tiamina (vit. B1), Riboflavina (vit. B2), Niacina (vit B3), Ácido Ascórbico (vit. C).
Corporación Colombia Internacional (CCI)	2001	Calorías, Agua, Proteína, Grasa, Carbohidratos, Fibra, Cenizas
Fischer et al.	2000	Calorías, Agua, Proteína, Grasa, Carbohidratos, Fibra, Cenizas, Betacaroteno (vit. A), Tiamina (vit. B1), Riboflavina (vit. B2), Niacina (vit B3), Ácido Ascórbico (vit. C).
Corporación Colombia Internacional (CCI)	1994	Betacaroteno (vit. A), Tiamina (vit. B1), Riboflavina (vit. B2), Niacina (vit B3), Ácido Ascórbico (vit. C)
National Research Council (NRC)	1989	Calorías, Agua, Proteína, Grasa, Carbohidratos, Fibra, Cenizas, Hierro, Fósforo, Calcio, Potasio, Sodio, Betacaroteno (vit. A), Tiamina (vit. B1), Riboflavina (vit. B2), Niacina (vit B3), Ácido Ascórbico (vit. C).

Adaptado de (Puente et al., 2011).

Proteínas y carbohidratos

Las proteínas son moléculas formadas por aminoácidos, los cuales se unen entre si formando cadenas mediante enlaces peptídicos. Estas sustancias juegan un papel importante para el crecimiento y reparación de tejidos en el cuerpo. Las proteínas que se denominan de alto valor biológico son las que contienen todos los aminoácidos esenciales, por lo que se hace necesario no solo cuantificar el contenido de proteína en los alimentos, sino identificar el tipo de aminoácidos, si hay presencia de esenciales y en qué proporción (Latham, 2002).

En general las frutas contienen compuestos nitrogenados con valores que oscilan entre 0,1 y 1,5%, de los cuales las proteínas constituyen hasta un 75%, por lo que desde el punto de vista nutricional se considera que el aporte proteico de las frutas es muy bajo (Astiasaran A & Martinez, 2000).

Los reportes de proteína en *Physalis peruviana* L. muestran valores que van desde 1,1 g hasta 1,5 g, e incluso se tienen reportes de 1,9 g, considerado como un buen contenido de proteína, pero no se detalla el contenido de aminoácidos, de manera que no puede determinarse la calidad de la proteína (Puente et al., 2011). Para la especie *Physalis pubescens* L reportan contenidos de aminoácidos esenciales; isoleucina 42,97 mg, valina 39,92 mg y triptófano 39,83 mg en 100 ml de jugo de fruta (El Sheikha, Zaki, Bakr, El Habashy, & Montet, 2010)

Los Carbohidratos en general representan una alta proporción dentro de la dieta, principalmente con la ingesta de azúcares y almidones, los cuales en el metabolismo producen energía. Los carbohidratos esta divididos en tres grupos, el primero se denomina monosacáridos o azúcares simples, los cuales atraviesan la mucosa intestinal sin sufrir modificaciones por las enzimas digestivas, dentro de los que se destacan la glucosa, fructosa y galactosa. El segundo

grupo son los disacáridos, están conformados por azúcares simples, como la sacarosa, para ser absorbido se requiere la acción de las enzimas para que la desdoblen a su forma simple (monosacáridos). Finalmente el grupo de los polisacáridos que son moléculas de mayor complejidad como el almidón y la celulosa este último no aprovechable por el organismo (Latham, 2002).

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 & Martinez, 2000).

Comportamiento de los azúcares en frutos de uchuva, cosechados en dos grados de madurez (4 y 5), con dos temperaturas de secado del cáliz (18 y 24 °C) y almacenados a 12 °C., Permitió caracterizar los azúcares de la uchuva compuestos por sacarosa en mayor proporción después la glucosa y un bajo contenido de fructosa, con valores para el día cero en fruto con grado de madurez 4 y secado de cáliz a 18 °C de 743,48 mg, 500,65 mg y 393,12 mg respectivamente, e igual tendencia muestran los frutos con grado de madurez 5 y secado del cáliz a 18 °C, en el día cero de almacenamiento, con contenidos de sacarosa de 1.100,03 mg, glucosa 941,43 mg y fructosa 767,70 mg (Novoa, Bojacá, Galvis, & Fischer, 2006). El contenido cercano de 0,5% de glucosa en la *Physalis peruviana* L es similar al de otras frutas de la familia solanaceae (Puente et al., 2011).

Lípidos

Los lípidos se definen como pequeñas moléculas hidrofóbicas que se originan completamente o en parte por la condensación de tioésteres o unidades de isopreno. De acuerdo al enfoque biológico que estos presentan en los tejidos se clasifican en ocho categorías; ácidos grasos, glicerolípidos, glicerofosfolípidos, esfingolípidos, esteroides, isoprenoides, glucolípidos y policetido, los cuales a su vez presentan tipos y subtipos de moléculas (FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2012).

Fitoesteroides:

Los fitoesteroides son de origen vegetal y por consiguiente se encuentran en casi todas las especies conocidas en frutos, semillas, hojas y tallos, químicamente su estructura es muy similar a la del colesterol. A estos compuestos se le han atribuido varios efectos fisiológicos como propiedades antiinflamatorias, antitumorales, bactericida y fungicida. Pero sin duda alguna la propiedad que cuenta con mayor documentación es su efecto hipocolesterolémico, tanto en el nivel colesterol total como de colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad o LDL (del inglés Low density lipoproteins), conocido popularmente como “colesterol malo”. Principalmente explicado este efecto hipocolesterolémico debido a que inhibe la absorción intestinal del colesterol tanto de origen dietario como biliar (Valenzuela B & Ronco M, 2004).

El campesterol es el más abundante fitoesterol encontrado en *Physalis peruviana* L (ver Gráfico 1), en menor proporción son encontrados el β -sitosterol y el stigmasterol compuestos a

los que es atribuido la disminución de colesterol. En términos generales la Uchuva puede considerarse una fruta con altos niveles de esteroides (Puente et al., 2011).

Minerales

Los minerales desempeñan funciones muy importantes en nuestro organismo, aunque son necesarios en pequeñas cantidades su presencia son vitales en los procesos metabólicos, como el crecimiento, reproducción, formación de células, tejidos y órganos. Para los frutos de *Physalis peruviana* L se han reportado contenidos de fósforo, hierro, potasio y zinc, valores reportados en la tabla 4. El contenido de fósforo es considerado alto, mientras que los contenidos de calcio son muy bajos en la fruta (Puente et al., 2011), 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.

Vitaminas

Las vitaminas son sustancias orgánicas presentes en los alimentos en pequeñas cantidades y necesarias en funciones metabólicas. La uchuva es considerada nutritiva por el alto contenido de vitamina A, B y C. La vitamina A está asociada al crecimiento y desarrollo, juega un papel importante en la diferenciación celular y tiene efecto inmunoestimulante. Los carotenoides están asociados con la actividad antioxidante. La vitamina C es una vitamina hidrosoluble abundante en las frutas y verduras, cumple funciones que van desde el mantenimiento y crecimiento de

tejidos, hasta respuestas del sistema inmune y actividad antioxidante. En los aceites de la uchuva se han encontrado altos niveles de vitamina K, en pulpa y piel de 2,12 g por kg de lípidos totales y en las semillas 0,12 g por kg de lípidos totales. (Puente et al., 2011).

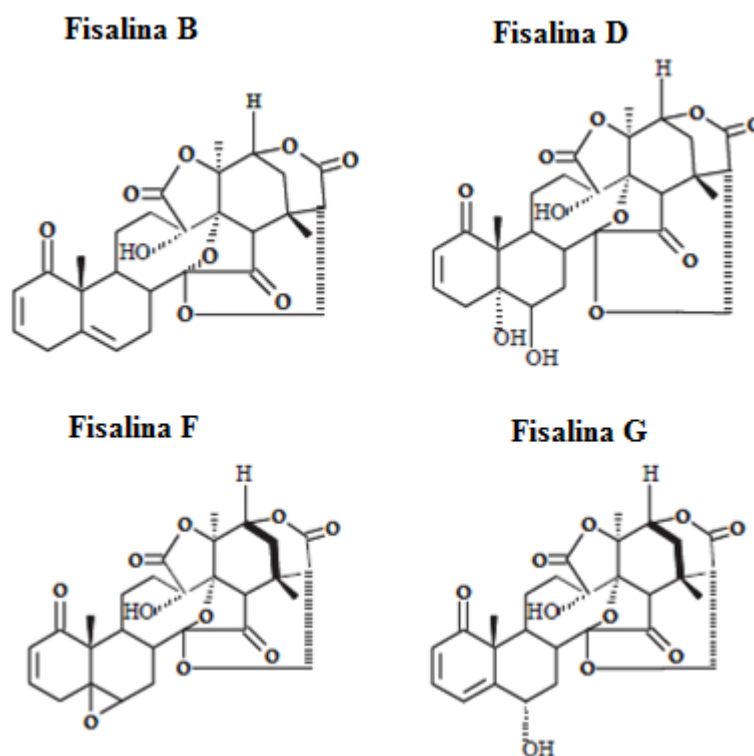
La cantidad de vitamina E presente en la fruta es 86,30 g por kg de lípidos totales, mayor contenido comparado con las semillas que alcanzan 29,70 g por kg de lípidos, la cual tiene funciones antioxidantes, como el α -tocoferol que elimina las especies reactivas de oxígeno (Puente et al., 2011). Así mismo se reporta la efectividad de la vitamina E en forma α -tocoferol acetato incorporada a la uchuva a través de la técnica de impregnación al vacío, en comparación con el fruto fresco cuando se evaluaron parámetros como color, textura y análisis sensorial (Restrepo Duque, Cortés R, & Suarez M, 2009). La misma técnica ha sido empleada para fortificar frutos de uchuva con vitamina C (Botero, 2009).

Fisalinas

Las fisalinas son witaesteroides, moléculas estructuralmente complejas porque además de presentar la lactona típica de witaesteroides, tienen una γ -lactona fusionada al anillo D. Son derivados esteroidales del tipo 13,14-seco-16,24 ciclo ergostano con, carbonilo en C-15, como se observa en la figura 2, (Medina, 2012).

Son sustancias inmunosupresoras utilizadas para evitar respuesta del sistema inmune por ejemplo cuando se hacen trasplantes de órganos, cuando se presentan alergias y enfermedades autoinmunes. Los principales compuestos activos en la Uchuva son las fisalinas A, B, D, F y glucósidos (Puente et al., 2011).

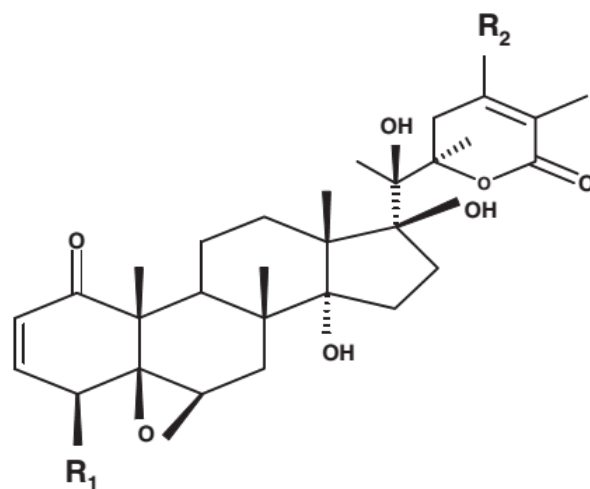
Gráfico 2. Estructura química de las fisalinas



Witanolidos

Los compuestos tipo witaesteroides más reportados han sido para la especie *Physalis peruviana* L, estos provienen de metabolitos secundarios específicos de algunos taxones de las solanáceas, pero son sin duda los más abundantes y más reconocidos en esta familia y el género *Physalis*, es el que contiene mayor cantidad de witanólidos. Se denominaron originalmente witanólidos a un conjunto de esteroides naturales de veintiocho átomos de carbono, los cuales contienen el esqueleto base del ergostano, y en el cual los carbonos 22 y 26 se encuentran oxidados formando una δ -lactona (Medina, 2012). El gráfico 4 muestra la estructura de los witanólidos aislados de *Physalis peruviana* L.

Gráfico 3. Estructura de los witanólidos aislados de *Physalis peruviana* L.



	R ₁	R ₂
1- 4β-hidroxiwitanólido E	-OH	Me
2- 28-hidroxiwitanólido E	-H	-CH ₂ OH
3- Witanólido E	-H	Me

A los witanólidos les han sido atribuido propiedades biológicas y farmacológicas, repelente de insectos, hepatoprotector, inmunomodulador, antiinflamatorio, antitumoral, actividad citotóxica, y la protección contra la hepatotoxicidad inducida por tetracloruro de carbono CCl₄ (Ramadan, 2011).

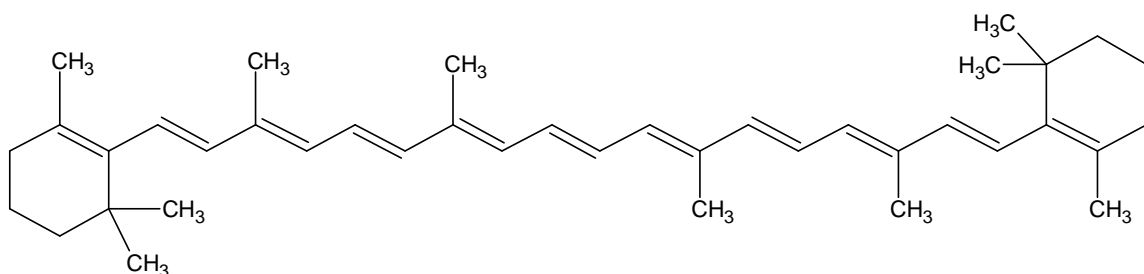
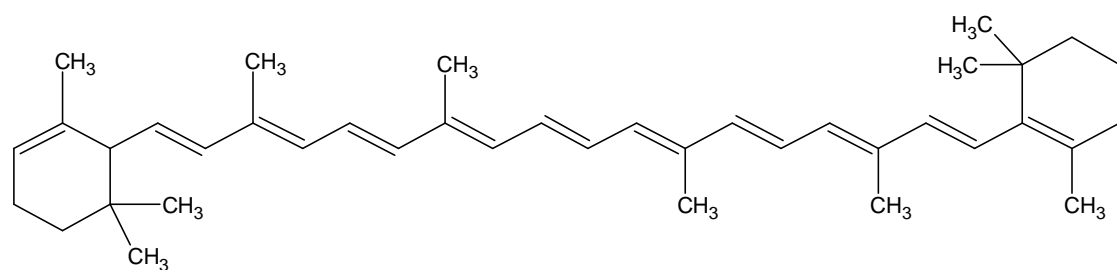
Varios estudios realizados recientemente, reportan que se han aislado y caracterizado diez nuevos witanólidos de la uchuva *Physalis peruviana* L, especialmente de la parte superficial (Fang, Liu, & Li, 2012). De esta gran variedad de compuestos, el Fiperunolido A, 4-β-hidroxiwitanólido E, Witanólido E y Witanólido C presentan citotoxicidad frente a diferentes tipos de cáncer como pulmón, mama e hígado (Lan et al., 2009).

El contenido de 4-β-hidroxiwitanólido E en las plantas de *Physalis peruviana* se ha encontrado en las raíces, hojas, cáliz y frutos y en diferentes etapas del desarrollo. Hallando una

concentración más alta en las hojas que en la raíz, siendo al contrario en las plantas maduras, en cambio el cáliz presentan una mayor concentración que los frutos (Fang et al., 2012).

Carotenoides

Los carotenoides son tetraterpenoides que se caracterizan por tener una cadena larga poliisoprenica. En esta familia de hidrocarburos están los carotenos cuya fórmula estructural es $C_{40}H_{56}$, con algunas modificaciones como enlaces dobles u oxigenados. (Vitale, Bernatene, & Pomilio, 2010). Son pigmentos liposolubles ampliamente dispersos en la naturaleza, con cerca de 700 especies diferentes identificadas hasta el momento (Goltz, Sapper, Failla, Campbell, & Ferruzzi, 2013). Aproximadamente unos 20 de ellos pueden ser determinados en sangre tras la ingesta de frutas y verduras (Blasa et al., 2010). En general en las frutas los principales componentes activos de la vitamina A son los carotenoides, específicamente los α -caroteno, β -caroteno y β -criptoxantina, siendo el más común es el β -caroteno (Puente et al., 2011). Para la Uchuva mediante el empleo de una técnica analítica de cromatografía líquida de alta resolución, con detector con arreglo de fotodiodos y espectrometría de masas para la determinación estructural de compuestos, al determinar la relación masa/carga de iones en fase gaseosa sometidos a un campo eléctrico y magnético (HPLC-PDA-MS/MS) se logró identificar 22 compuestos carotenoides y en la determinación el principal carotenoide encontrado es el all-trans- β -caroteno con un 76,8%, seguido del 9-cis- β -caroteno con un 3,6% y la all-trans- α -criptoxantina con un 3,4% (Ramadan, 2011).

Gráfico 4. Estructura química del β -caroteno**Gráfico 5. Estructura química del α -caroteno**

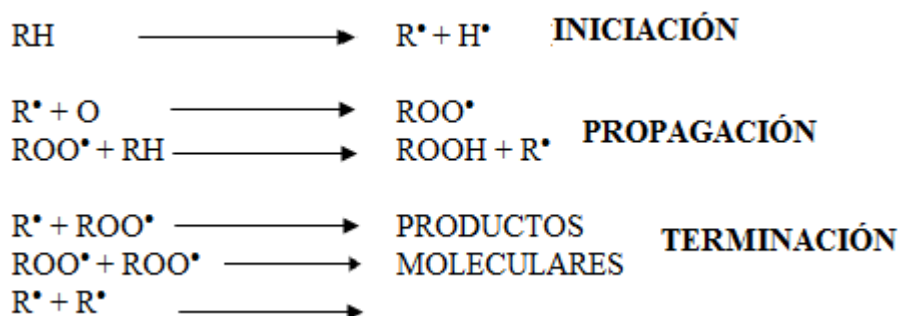
Estos compuestos en su estructura presentan enlaces dobles conjugados los cuales tienen un papel principal en la determinación de las propiedades antioxidantes (Vicente et al., 2009). Dichas propiedades están asociadas a la capacidad para depurar radicales y bloquear el oxígeno singlete (El-Agamey et al., 2004).

Propiedades antioxidantes atribuidas al fruto de uchuva

Se han catalogado como antioxidantes a las sustancias que se caracterizan por tener como función primordial impedir o retrasar la oxidación de diversas sustancias, principalmente los ácidos grasos. Estas reacciones ocurren tanto en los alimentos como en nuestro organismo, en este último generando alteraciones fisiológicamente relevantes que pueden ser desencadenantes de diversos tipos de enfermedades (Zamora S, 2007).

Existe una cooperación de las enzimas antioxidantes, con las distintas moléculas antioxidantes y los minerales, siendo determinantes en la supresión de reacciones de radicales libres tanto en los compartimentos celulares como extracelulares. La concentración de los fitoquímicos antioxidantes varía de una persona a otra ya que esto depende de los hábitos alimenticios de cada uno de ellos. En la actualidad se busca la biodisponibilidad de estos fitoquímicos con el fin de prevenir o retardar enfermedades crónicas (Blasa et al., 2010).

Los procesos oxidativos tanto biológicos como alimenticios constan de tres etapas llamadas iniciación, propagación y terminación.



Los antioxidantes se clasifican de acuerdo a su mecanismo de acción como primarios o secundarios. Los primarios son interruptores de cadena participando en la etapa de propagación,

reaccionan con los radicales peroxilos (**ROO•**) obteniendo productos más estables. Son antioxidantes primarios compuestos como los fenoles o cualquier sustancia que en su estructura contiene grupo hidroxilo, tiol o amino unido a un anillo bencénico. Los secundarios, reducen la velocidad de la reacción en cadena desde la etapa de iniciación (Restrepo Duque, 2008).

A La Uchuva se le ha atribuido propiedades medicinales asociada a su capacidad antioxidante, a continuación se mencionan algunos reportes recientes:

El interés en los antioxidantes se basa principalmente en las reacciones por las cuales se propicia una reducción del estrés oxidativo en las células, lo cual está asociado a la capacidad antioxidante y contenidos fenólicos de las frutas. S. J. Wu *et al.*, 2006 reportan el efecto de diferentes técnicas de extracción usando agua, etanol y CO₂ supercríticos sobre: el contenido de fenoles totales, flavonoides totales y la actividad antioxidante y antiinflamatoria sobre hojas de uchuva (*Physalis peruviana* L) tal como se muestra en la Tabla 6.

Del estudio se concluye que existe una mayor actividad antioxidante y antiinflamatoria, así como también un mayor contenido de compuestos fenólicos cuando se aplica la tecnología de extracción usando CO₂ supercrítico, principalmente al incrementar el porcentaje de co-solvente (etanol). Así mismo encontraron que el tiempo de extracción y los costos finales del proceso disminuyen con el uso de esta tecnología.

En estudios realizados en Perú se hallaron en la uchuva contenidos de ácido ascórbico de 43,3 mg/100 g, carotenoides de 2,64 mg/100 g y la evaluación de la capacidad antioxidante por el método ABTS de 1066 g equivalente trolox/g de fruto. 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 & Encina Zelada, 2008).

Evaluaciones de la capacidad antioxidante de la uchuva ecotipo Colombia realizados por Restrepo Duque, 2008 y Botero, 2009 son recopiladas por Puente *et al.*, 2011 mostrando resultados en cuanto al contenido de fenoles totales por Folin-Ciocalteu modificado (mg de ácido gálico/100 g de muestra) de $39,15 \pm 5,43$ y $40,45 \pm 0,93$. La actividad atrapadora del radical libre (DPPH) expresado como $\mu\text{trolox}/100$ g de muestra con valores $210,82 \pm 9,45$ y $192,51 \pm 30,13$ y FRAP (Ferric Reducing/Antioxidant Power) de $56,53 \pm 1,38$ y $54,98 \pm 7,14$ en mg de ácido ascórbico/ 100 g de muestra, respectivamente para cada estudio. Esta función antioxidante de la uchuva está asociada al contenido de polifenoles.

La capacidad antioxidante de la uchuva (*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 presentó 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, & Valsikova, 2012).

Biodisponibilidad de nutrientes presentes en la uchuva: impacto sobre la salud

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 & Williamson, 2008). Si bien muchos autores han empleado el término, como concepto, no está unificado; pero de cierto modo conducen a una misma explicación. Más ampliamente, la biodisponibilidad puede también definirse como la cantidad del nutriente que después de ingerido es absorbido y está disponible para cumplir funciones biológicas. Depende del proceso digestivo, de la liberación de la matriz alimentaria, la absorción intestinal y el transporte a las células del organismo. También es frecuente escuchar el término bioaccesibilidad y este no es más que la cantidad del nutriente ingerido que esta potencialmente disponible para ser absorbido (Etcheverry, Grusak, & Fleige, 2012).

El fruto de Uchuva (*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. Si bien en la medicina tradicional se ha usado como diurética, antipirética, 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, & Osorio D, 2011).

Antiinflamatorio

La actividad antiinflamatoria de la uchuva (*Physalis peruviana* L), fue evaluada mediante extracción de compuestos bioactivos con CO₂ supercrítico con el que se obtuvieron altos contenidos de flavonoides 234 mg/g y fenoles 90 mg/g. Los extractos en concentraciones de 0,1 – 30 µg/mL presentaron un potente efecto inhibitor de la xantina oxidasa, contribuyendo con la actividad antioxidante de los flavonoides. Concentración de 30 µg/mL previene significativamente la concentración de lipopolisácarido (LPS; 1 µg/mL), citotoxicidad celular inducida en las células de macrófagos murinos, también previene la formación de óxido nítrico (NO) y la liberación de prostaglandinas (PGE₂), importante mediador en el proceso inflamatorio que depende de la dosis (S. J. Wu et al., 2006).

Antihepatotóxico

Arun & Asha, 2007 evaluaron la actividad antihepatotóxica en ratas (inducida por tetracloruro de carbono CCl₄) cuando se usaron extractos de uchuva *Physalis peruviana* L obtenidos en agua, etanol y hexano en concentraciones de 500 mg / kg de peso corporal. Los extractos de etanol y hexano mostraron 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 Glutati6n Hepático Reducido (GHR) y una disminuci6n del Malondialdehído (MDA), lo que convierte a la uchuva en un alimento potencial para el tratamiento de enfermedades que afectan el hígado.

Antihepatoma

Se evaluó la actividad antihepatoma de *P. angulata* y *P. peruviana* mediante extractos en agua y etanol preparados con la planta entera 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. 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 ($\Delta\psi_m$) 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 fueron tratadas 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 actividad antihepatoma potente y su efecto sobre la apoptosis está asociada con la disfunción mitocondrial (S.-J. Wu et al., 2004).

Tratamiento contra diabetes

Un estudio realizado en 2007 en el laboratorio de Análisis Clínicos y Microbiológicos KRISMARC de tipo experimental prospectivo con diseño de prueba cruzada (2 x 2), mostró que la ingesta de *Physalis peruviana* L (aguaymanto) reduce en adultos jóvenes la glicemia postprandial, a los 90 y 120 minutos. El estudio se realizó con 26 personas voluntarias (edad promedio 25.03 ± 2.74 años, IMC promedio 22.76 ± 1.48 kg/m²), se dividieron aleatoriamente en dos grupos: el primero ingirió 25 g de la fruta y luego de 40 minutos se le administró una

sobrecarga de glucosa, para el segundo grupo solo se suministró fruta. A los 30, 60, 90 y 120 minutos fueron tomadas las muestras de sangre, a los 3 días se intercambiaron los tratamientos. Se encontró en el grupo control un promedio de glicemia basal de 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. En el grupo problema se obtuvieron 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 se obtuvo 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. Lo que sugiere que después de los 90 minutos la *Physalis peruviana* ejerce su mayor efecto hipoglicemiante (Rodríguez Ulloa & Rodríguez Ulloa, 2007).

Un trabajo de investigación adelantado en la Universidad Nacional de Colombia publicado en 2012, es el primero en buscar una propuesta metodológica para obtener metabolitos a partir de los frutos de *Physalis peruviana* L como marcadores en un extracto con actividad hipoglicemiante. La metodología fue basada en literatura con el fin principal de extraer compuestos witaesteroides y establecer la metodología para obtenerlos a nivel de laboratorio. Aislaron tres compuesto 5-hidroximetil-2-furancarboxaldehido (F2), 4 β -hidroxiwitanólido E (Fw) y 3-O-isobutiril- β -D-fructofuranosil-2-O-decanoil-3,4-di-O-isobutiril- α -D-glucopiranosido (4PREP), F2 y Fw se propusieron como marcadores terapéuticos y cuatro compuestos no activos, como marcadores analíticos de los frutos y los extractos. El F2 además fue propuesto como marcador de estabilidad térmica del extracto. También se detectaron fitoesteroles provenientes de una subfracción de una fracción diclorometánica. Los extractos y fracciones obtenidas fueron evaluados en ratas Wistar o ratones ICR, presentado diferencia estadísticamente significativa

frente al vehículo ($p < 0.05$), al disminuir los niveles de glucosa en sangre en el modelo de SOA (sobrecarga oral de almidón); a excepción de las fracciones primarias de aceite sobrenadante obtenidas del extracto etanólico y fase acuosa; la fracción purificada mayoritariamente en extracto diclorometánico obtenido directamente del material pulverizado (F4CM) y el compuesto denominado F4-PREP (Fracción purificada desde AE-FD, identificada como un éster de sacarosa) donde AE-FD significa fracción acetato de etilo lograda desde la fracción diclorometánica obtenida a partir de EE (extracto etanólico). De acuerdo con el estudio el F2 se propone como marcador correlativo y terapéutico, el Fw como marcador terapéutico. El 4PREP (un éster de sacarosa), se propone como marcador analítico, los fitoesteroides: beta-sitosterol, campesterol y estigmasterol, se proponen como marcadores sinérgicos. (Medina, 2012).

Inmunosupresor

Estudios realizados con Withangulatin A (WA) un Witanólido 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 lipopolisacáridos (LPS). Lo cual ayuda a reducir la inflamación y la fibrosis, además de

presentar gran utilidad en el tratamiento de patologías de inhibición del sistema inmune (Soares et al., 2006).

Aplicaciones de la uchuva (*physalis peruviana* L)

En los últimos 6 años se han desarrollado diversidad de alimentos a partir de uchuva, algunos por incorporación de compuestos bioactivos buscando una sinergia de los mismos con los nutrientes propios del fruto fresco, otros por aplicación de diferentes metodologías de deshidratación del fruto evaluando la respuesta de aplicación de procesos físicos y químicos sobre la capacidad antioxidante, así como también el uso potencial de otra fuente de compuestos fisiológicamente activos presentes en la planta (hojas) como materia prima para procesos posteriores.

En general, las aplicaciones que a continuación se describen se originan sobre la base de aquellos alimentos que proporcionan al organismo humano un beneficio adicional al que proporcionan los nutrientes tradicionales que contiene el alimento, estos son los alimentos funcionales (Bigliardi & Galati, 2013). En la Tabla 6 se hace una relación de procesos de transformación y evaluación realizados en la uchuva.

Tabla 6. Desarrollos con uchuva (*Physalis peruviana* L)

Producto	Objetivo del estudio	Resultados	Referencia
Uchuva deshidratada.	Aplicar pretratamiento químicos y físicos previos al secado convectivo para evaluar las pérdidas de humedad y nutrientes en la uchuva como la vitamina C y las variaciones de color.	<p>Las frutas que se secaron a 60 °C, con una velocidad del aire de 2 m/s durante 10 horas y tratadas previamente con aceite de oliva (9,48%) y K₂CO₃ (4,74%), obtuvieron el contenido de humedad más bajo (0,27 kg de agua/kg db), el más alto contenido de vitamina C (0,36 mg/g), y la mayor capacidad de rehidratación de las frutas (1,89). Sin embargo, los mayores cambios en el color ($\Delta E^* = 15,05$) y croma 23 $\Delta C^* = 9,03$) también se asociaron a las frutas tratadas previamente con aceite de oliva y K₂CO₃. La difusividad del agua durante el secado fue de $7,37 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ en muestras previamente tratadas mayor en comparación con las muestras no tratadas con valor de $6,37 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$.</p>	(Vásquez Parra, Ochoa Martínez, & Bustos Parra, 2013)
Caramelos blandos de uchuva adicionados de calcio y sin sacarosa.	Evaluar la cinética del desarrollo del color en caramelos de uchuva adicionados de calcio y sin sacarosa a diferentes temperaturas y tiempos de almacenamiento a partir de las coordenadas del color.	<p>De las coordenadas de color analizadas se concluye que L* y b* representan los parámetros de color más importantes en los caramelos, considerándose como variables adecuadas para la fijación del tiempo de vida útil del producto. A 30 °C el color no es un atributo de calidad crítico para los caramelos; mientras que a 40 y 50 °C L*, b*, C_{ab} y h_{ab} están muy afectados por las condiciones de almacenamiento, tendiendo las muestras a ser oscuras y a disminuir los tonos amarillos por el incremento del tiempo y la temperatura. Las cinéticas que mejor ajuste presentaron fueron de orden 0 y 1 a 40 y 50 °C, con coeficientes de regresión mayores a 0.9.</p>	(Valencia G, Cortés R, & Román M, 2012).

Pulpa funcional de uchuva adicionada de calcio, vitamina C y fibra dietaria.	Desarrollar un producto alternativo de uchuva para incrementar la competitividad de la cadena productiva y diversifique la oferta de productos, evaluando la estabilidad y propiedades durante el almacenamiento.	De las formulaciones evaluadas, la pulpa F2 con la mezcla de estabilizantes fue la más estable ($87,7 \pm 10,0\%$) y viscosa ($22,8 \pm 7,9$ mP.s), por la interacción sinérgica del CMC, pectina de bajo metoxilo y oligofruktosa. La humedad fue 86,10, pH 3,2, acidez 1,5, aw 0,986, °Brix 13,3, densidad 1,31 g/ML, contenido de vitamina C 0,52 mg/mL y calcio 144,48 mg/L.	(Duque C., Giraldo G., & Cortés R., 2012)
Helado con adición de trozos de uchuva.	Evaluar la influencia de las características físicoquímicas, sensoriales y contenido de minerales en el helado por la adición de diferentes concentraciones de uchuva.	Las concentraciones de 5, 10 y 15% fueron evaluadas en el helado. Los valores altos causaron la disminución en el contenido de grasa, proteína, esponjamiento del helado y el pH, por otra parte aumento el contenido de sólidos, la acidez y la viscosidad. El contenido de azufre aumento significativamente con la adición de uchuva, el sodio y el potasio aumentaron, mientras que disminuyeron los contenidos de calcio y fósforo. El helado con 15% de uchuva fue el mejor calificado por los panelistas.	(Erkaya et al., 2012)
Uchuva deshidratada.	Evaluar la eficiencia de la pérdida de agua entre los métodos de secado con aire caliente y secado caliente combinado con microondas, con el fin determinar los efectos sobre los atributos de color y textura.	Los resultados obtenidos muestra que el secado con SAC-MW (secado combinado con microondas) pulsos de 7 segundos, cada 45 segundos a 35 °C es más eficiente que el SAC (secado con aire caliente), porque las frutas requieren menor tiempo para alcanzar el equilibrio. La uchuva entera, secada por SAC-MW y por SAC, alcanzo el equilibrio a los 600 min y a los 7280 min, respectivamente. La uchuva en mitades alcanzo el equilibrio por SAC-MW a los 300 min y por SAC a los 2960 min. Lo que demuestra que el efecto de las MW es acelerar el proceso. El color y la textura no presentaron diferencia estadística entre los tratamientos.	(Duque C., Villamizar V., & A, 2011)

Uchuva deshidratada.	Determinación de los parámetros del proceso de deshidratación de la uchuva con aire caliente para dos pretratamientos: escaldado, osmodeshidratado y un testigo sin tratamiento, que permitan valores experimentales para modelación matemática del proceso de deshidratación de la uchuva.	De las evaluaciones realizadas se obtuvo que la temperatura de aire recomendada para la deshidratación con los pre-tratamientos estudiados es de 60°C con una velocidad de aire de 3 m*s-1. La carga de producto por unidad de área utilizada en este proyecto de investigación fue de 13,3 kg*m ² , con estos resultados se realizó la modelación matemática con las mejores condiciones de deshidratación en las frutas y que permitan procesos efectivos en la industria.	(Mahecha Godoy, 2011)
Uchuvas mínimamente procesadas con probióticos.	Obtener uchuvas mínimamente procesadas con <i>Lactobacillus</i> aplicación de la ingeniería de matrices como metodología de obtención de alimentos funcionales.	En el estudio piloto el líquido de impregnación fue una solución de glucosa al 14% p/p, con concentración inicial de inóculo 1,5 x 10 ⁹ UFC/mL. Las uchuvas recién impregnadas alcanzaron conteos de células viables de 1,95 ± 0,28 x 10 ⁹ UFC/100 g de uchuva fresca y a los 15 días de almacenamiento a 4 °C los conteos de células viables fueron de 2,20 ± 0,59 x 10 ⁹ UFC/100 g de uchuva fresca. Estos valores son muy similares a los reportados en los productos con probióticos existentes en el mercado.	(Marín A et al., 2010)
Uchuva mínimamente procesada e inoculada con una cepa nativa.	Desarrollar uchuva mínimamente procesada, inoculada con <i>Lactobacillus plantarum</i> en solución de glucosa, utilizando como mecanismo de incorporación la técnica de impregnación a vacío.	Las muestras impregnadas se almacenaron a 4 °C, para los tiempos de 0, 5, 10 y 15 días. Los niveles de impregnación alcanzados tuvieron valores aproximados de X (al final del proceso) entre 3,5 y 12% y ee (porosidad efectiva) entre 6 y 15%. Comprobando que el <i>Lactobacillus</i> puede crecer y desarrollarse bajo condiciones extremas de baja presión (20 Kpa), baja temperatura (4°C) y tiempos de almacenamiento correspondientes a 15 días. Por lo que puede catalogarse la uchuva impregnada con <i>Lactobacillus plantarum</i> como un alimento con probióticos (promedio global: 9,21±0,17 log Ciclos de UFC/100 g UF).	(Marín A, Cortés R, & Montoya C, 2010b)

	<p>Evaluar la viabilidad de dos cepas probióticas <i>Lactobacillus plantarum</i> y <i>Lactobacillus casei</i> en pulpa de uchuva.</p>	<p>La viabilidad de los cultivos probióticos <i>Lactobacillus plantarum</i> y <i>Lactobacillus casei</i> en pulpa de uchuva bajo las condiciones de almacenamiento de 4 °C y durante 15 días fueron favorables, obteniéndose conteos de $3,23 \pm 3,35 \times 10^9$ UFC/mL y de $5,40 \pm 2,36 \times 10^8$ UFC/mL respectivamente. Lo que permite considerarse una nueva alternativa para el desarrollo de productos, donde la relación simbiótica de la uchuva (prebiótico) y <i>lactobacillus</i> (probiótico) den características funcionales.</p>
Uchuva deshidratada	<p>Establecer las condiciones para la deshidratación de la fruta con y sin deshidratación osmótica como pretratamiento y determinar cuál permite una mayor conservación del contenido de β-caroteno.</p>	<p>De la evaluación de las condiciones de deshidratación las recomendables que permiten la menor degradación del β-caroteno en un 43%, son 60 °C y un tiempo de 7 horas, sin pretratamiento. La deshidratación osmótica favorece la pérdida por la deshidratación debido a la lixiviación que ocurre, llegando a un valor del 80%.</p> <p>(Castro, Rodríguez, & Vargas, 2008)</p>
Uchuva mínimamente procesada fortificada con vitamina E.	<p>Evaluar el tiempo de vida útil de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) fortificada con vitamina E utilizando la técnica de impregnación al vacío (IV), en función del color, textura y estabilidad de la vitamina E a diferentes condiciones de almacenamiento.</p>	<p>El producto presenta buena estabilidad durante el almacenamiento otorgándole un tiempo de vida útil de 15 días, con la técnica de IV las uchuvas presentaron una coloración más oscura y una textura más blanda, la impregnación y la fortificación se ven afectados por la porosidad y el pedúnculo de la fruta, requiriendo un mayor contenido de vitamina E en la emulsión de impregnación a fin de obtener niveles significativos en la fruta.</p> <p>(Restrepo Duque, Cortés R, & Márquez C, 2009).</p>
Extractos bioactivos de las hojas de uchuva	<p>Evaluar los flavonoides, contenido fenólico y rendimiento de los extractos bajo diferentes condiciones de extracción agua caliente, etanol, SCF-CO₂ y SCF-CO₂ y co-solventes etanol 4 y 5%.</p>	<p>La extracción de compuestos bioactivos de las hojas de uchuva por medio de CO₂ supercrítico con co-solvente (etanol 5%) a condiciones de presión de 600 atm., temperatura de 60°C y en tiempos de 5-30 minutos presento buenos rendimientos del 15,47%, así como mayor contenido de flavonoides de 234, 63 mg/g y fenoles de 90,80 mg/g.</p> <p>(S. J. Wu et al., 2006)</p>

Conclusiones

- La uchuva presenta mayor contenido de compuestos bioactivos tipo carotenoides y witaesteroides comparada con otras matrices vegetales de interés en la industria alimentaria para consumo en fresco o después de algún tipo de procesamiento.
- Se evidencia científicamente el uso de fitoquímicos presentes en la planta de uchuva (*Physalis peruviana* L) para el tratamiento y prevención de algunas enfermedades crónicas que aquejan a gran parte de la población mundial.
- Las aplicaciones reportadas para la uchuva están orientados al uso del fruto fresco, o procesado, así mismo existe un interés particular en los extractos provenientes de diferentes partes de la planta como materia prima potencial para el desarrollo de alimentos con características funcionales.
- En virtud de su composición nutricional y la denominación de un fruto autóctono promisorio, es indispensable explorar alternativas para diversificar la oferta de productos en el mercado nacional e internacional que generen un mayor valor agregado, que cumpla con los requerimientos técnicos y legales para llegar a nuevos consumidores.

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento por la colaboración, paciencia y apoyo durante la construcción de este documento:

A la MSc. Ana María Restrepo Duque, por compartir sus vastos conocimientos en el tema, sus aportes, darle luz a mis ideas y la adecuada orientación para la consecución de este objetivo.

A todos los profesores del programa de Especialización en Alimentación y Nutrición de la Corporación Universitaria Lasallista porque sus aportes en formación profesional me permitieron soñar y concebir este ambicioso proyecto.

A mis compañeros de clase por hacer de cada día un anhelo compartir y una experiencia de aprendizaje única. Especialmente a Nataly Saavedra Hortúa que además de apoyarme incondicionalmente, me brindó su cálida amistad y ánimo para seguir adelante a pesar de los momentos difíciles.

Referencias

- Agronet. (2003). Cultivo y comercialización de la Uchuva. from http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Cultivo%20de%20uchuva.pdf
- Alvarez, C. (2011). Perú: Muestras de uchuvas peruanas se enviarán a Rotterdam éste sábado. from www.freshplaza.es
- Arun, M., & Asha, V. V. (2007). Preliminary studies on antihepatotoxic effect of *Physalis peruviana* Linn. (Solanaceae) against carbon tetrachloride induced acute liver injury in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, *111*(1), 110-114.
- 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.
- Bigliardi, B., & Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*(0).
- Blasa, M., Gennari, L., Angelino, D., Ninfali, P., Ronald Ross, W., & Victor, R. P. (2010). Chapter 3 - Fruit and Vegetable Antioxidants in Health. In *Bioactive Foods in Promoting Health* (pp. 37-58). San Diego: Academic Press.
- 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.
- 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. M., & Montenegro, D. M. (2004). *Plan Exportador, Logístico y de Comercialización de Uchuva al Mercado de Estados Unidos Para Frutexpo S.C.I. Ltda.* Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá Colombia.
- Duque C., A. L., Giraldo G., G. A., & Cortés R., M. (2012). Desarrollo de una pulpa funcional adicionada de calcio, vitamina C y fibra dietaria. *Vitae*, *19*(1), S180 - S182.
- Duque C., A. L., Villamizar V., R. H., & A, G. P. G. (2011). Evaluación de las técnicas de secado de uchuva (*Physalis peruviana* L) y mora (*Rubus glaucus*) con aire caliente y aire caliente –microondas. *Revista Tumbaga*, *6*, 17 - 28.
- El-Agamey, A., Lowe, G. M., McGarvey, D. J., Mortensen, A., Phillip, D. M., Truscott, T. G., et al. (2004). Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *430*(1), 37-48.
- 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* L.) juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, *34*(3), 541-555.
- Erkaya, T., Dağdemir, E., & Şengül, M. (2012). Influence of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) addition on the chemical and sensory characteristics and mineral concentrations of ice cream. *Food Research International*, *45*(1), 331-335.

- Etcheverry, P., Grusak, M. A., & Fleige, L. E. (2012). Application of in vitro bioaccessibility and bioavailability methods for calcium, carotenoids, folate, iron, magnesium, polyphenols, zinc and vitamins B6, B12, D, and E. [Review]. *Frontiers in Physiology*, 3.
- Fang, S.-T., Liu, J.-K., & Li, B. (2012). Ten new withanolides from *Physalis peruviana*. *Steroids*, 77(1-2), 36-44.
- FAO. (2006). Ficha técnica: uchuva (*Physalis peruviana*). *INPHO, Red de información sobre operaciones de poscosecha*.
- 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.
- Goltz, S. R., Sapper, T. N., Failla, M. L., Campbell, W. W., & Ferruzzi, M. G. (2013). Carotenoid bioavailability from raw vegetables and a moderate amount of oil in human subjects is greatest when the majority of daily vegetables are consumed at one meal. *Nutrition Research*, 33(5), 358-366.
- Holst, B., & Williamson, G. (2008). Nutrients and phytochemicals: from bioavailability to bioefficacy beyond antioxidants. *Current Opinion in Biotechnology*, 19(2), 73-82.
1. Lan, Y.-H., Chang, F.-R., Pan, M.-J., Wu, C.-C., Wu, S.-J., Chen, S.-L., et al. (2009). New cytotoxic withanolides from *Physalis peruviana*. *Food Chemistry*, 116(2), 462-469.
- Latham, M. (2002). *Macronutrientes: Carbohidratos, proteínas y grasas. Nutrición humana en el mundo en desarrollo* (Vol. 29). Roma: FAO.
- Madriñan Palomino, C. E. (2010). *Caracterización morfológica de accesiones de Physalis peruviana L. del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Palmira.
- Mahecha Godoy, J. C. (2011). *Determinación de los parámetros para la simulación matemática del proceso de deshidratación de la Uchuva (Physalis Peruviana L.)*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- 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 físico-química y sensorial de frutos de uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Vitae*, 16(1), 42 - 48.
- Medina, D. P. (2012). *Implementación de una metodología para la obtención de marcadores de hipoglicemiantes*. Tesis Magíster en Ciencias Farmacéuticas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá Colombia.
- Mendoza Ch, J. H., Rodríguez de S, A., & Millán, P. (2012). Caracterización físico química de la uchuva (*Physalis peruviana*) en la región de Silvia Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2), 188 - 196.
- 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.
- Puente, L. A., Pinto-Muñoz, 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. (2011). Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. *Food Research International*, 44(7), 1830-1836.
- Repo de Carrasco, R., & Encina Zelada, C. R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Rev. Soc. Quím. Perú*, 74(2), 108-124.
- Restrepo Duque, A. M. (2008). *Nuevas perspectivas de consumo de frutas: Uchuva (Physalis peruviana L.) y fresa (Fragaria vesca L.) mínimamente procesadas fortificadas con vitamina E*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Restrepo Duque, 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.
- Restrepo Duque, A. M., Cortés R, M., & Suarez M, H. (2009). Evaluación sensorial de fresa (*Fragaria vesca* L.) y uchuva (*Physalis peruviana* L.) fortificada con vitamina E. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, pp. 2267 - 2275,
- Rodríguez Ulloa, S. L., & Rodríguez Ulloa, E. M. (2007). Efecto de la ingesta de *Physalis peruviana* (aguaymanto) sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes. *Rev. Med. Vallejana*, 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.
- Soares, M. B. P., Brustolim, D., Santos, L. A., Bellintani, M. C., Paiva, F. P., Ribeiro, Y. M., et al. (2006). Physalins B, F and G, seco-steroids purified from *Physalis angulata* L., inhibit lymphocyte function and allogeneic transplant rejection. *International Immunopharmacology*, 6(3), 408-414.
- 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.
- USDA, (2013). Natural Resources Conservation Service. Recuperado de <http://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=profile&symbol=PHPE4&display=31>
- Valdenegro, M., Fuentes, L., Herrera, R., & Moya-León, M. A. (2012). Changes in antioxidant capacity during development and ripening of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) fruit and in response to 1-methylcyclopropene treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 67(0), 110-117.
- Valencia G, F. E., Cortés R, M., & Román M, M. O. (2012). Cinética del color durante el almacenamiento de caramelos blandos de uchuva adicionados de calcio y sin sacarosa. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2).
- Valenzuela B, A., & Ronco M, A. M. (2004). Fitoesteroles y fitoestanoles: aliados naturales para la protección de la salud cardiovascular. *Revista chilena de nutrición*, 31, 161-169.
- Vásquez Parra, J. E., Ochoa Martínez, C. I., & Bustos Parra, M. (2013). Effect of chemical and physical pretreatments on the convective drying of cape gooseberry fruits (*Physalis peruviana*). *Journal of Food Engineering*(0).
- Vicente, A. R., Manganaris, G. A., Sozzi, G. O., Crisosto, C. H., Wojciech, J. F., Robert, L. S., et al. (2009). Chapter 5 - Nutritional Quality of Fruits and Vegetables. In *Postharvest Handling (Second Edition)* (pp. 57-106). San Diego: Academic Press.

- Vitale, A. A., Bernatene, E. A., & Pomilio, A. B. (2010). Carotenoides en quimiopreención: Licopeno. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 44, 195-238.
- Wu, S.-J., Ng, L.-T., Chen, C.-H., Lin, D.-L., Wang, S.-S., & Lin, C.-C. (2004). Antihepatoma activity of *Physalis angulata* and *P. peruviana* extracts and their effects on apoptosis in human Hep G2 cells. *Life Sciences*, 74(16), 2061-2073.
- Wu, S. J., Tsai, J. Y., Chang, S. P., Lin, D. L., Wang, S. S., Huang, S. N., et al. (2006). Supercritical carbon dioxide extract exhibits enhanced antioxidant and anti-inflammatory activities of *Physalis peruviana*. *Journal of Ethnopharmacology*, 108(3), 407-413.
- Zamora S, J. D. (2007). Antioxidantes: micronutrientes en lucha por la salud. *Revista chilena de nutrición*, 34, 17-26.