

# UCHUVA

*Physalis peruviana* L.:

FRUTA ANDINA PARA EL MUNDO

PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO – CYTED  
RED TEMÁTICA 112RT0460 “CORNUCOPIA”





# ***Physalis peruviana L.:*** **FRUTA ANDINA PARA EL MUNDO**



Julio de 2014

# **Physalis peruviana L.:**

## **FRUTA ANDINA PARA EL MUNDO**

231 pags./pages 1ª Edición/1st Ed. (Abril 2014), 20 books/ejemplares

ISBN (electrónico/electronic PDF): 84-15413-26-2 y 978-84-15413-26-4

ISBN (Impreso/Printed): 84-15413-27-0 y 978-84-15413-27-1

Derechos reservados conforme a la ley.

1. UCHUVA 2. RECURSO GENETICO 3. CULTIVO 4. CALIDAD 5. FUNCIONAL 6. LEGISLACIÓN/NORMATIVA

© Las opiniones, conceptos, tablas, gráficas, ilustraciones y fotografías, que hacen parte de cada uno de los capítulos, son responsabilidad exclusiva de los autores.

### **Editores/Editors**

Catarina Pedro Pássaro Carvalho, Ph.D. Corpoica, Colombia.

### **Editor Académico/Academic Editor**

Diego A. Moreno, Ph.D. CEBAS-CSIC, España

### **Comité Editorial / Editorial Board**

Alejandro Navas A., Ph.D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. Colombia.

Amílcar Manuel Marreiros Duarte, Ph.D. Universidade do Algarve. Portugal.

Ángel Gil Izquierdo, Ph.D. CEBAS-CSIC. España.

Catarina Pedro Pássaro C., Ph.D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. Colombia.

Cristina García Viguera, Ph.D. CEBAS-CSIC. España.

Diego A. Moreno, Ph.D. CEBAS-CSIC. España.

Federico Ferreres, Ph.D. CEBAS-CSIC. España.

Jaime Prohens, Ph.D. COMAV. Universidad Politécnica de Valencia. España.

Julián Alberto Londoño Londoño, Ph.D. Corporación Universitaria Lasallista. Colombia.

Katalina Muñoz, Ph.D. VIDARIUM. Colombia.

Ricardo Villalobos, Ph.D. Universidad del Bío-Bío. Chile.

Stella María Sepúlveda Ortega, Ing. Agrop. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. Colombia.

### **Preparación y Corrección de Textos/Drafting and Proofreading**

Catarina Pedro Pássaro Carvalho, Ph.D. Corpoica, Colombia.

Stella María Sepúlveda Ortega, Ing. Agropecuaria. Corpoica. Colombia.

Nilsen Anvary Sánchez G. Comunicador Social. Corpoica, Colombia.

### **Apoyo Editorial / Editorial assistance**

Nilsen Anvary Sánchez G., Nieves Baenas, Raúl Domínguez Perles.

### **Diseño e impresión / Layout and printing**

LIMENCOP S.L., Alicante, España

**Distribución/Distribution:** [www.redcornucopia.org](http://www.redcornucopia.org)

PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO – CYTED  
RED TEMÁTICA 112RT0460 “CORNUCOPIA”

IBEROAMERICAN PROGRAMME FOR SCIENCE, TECHNOLOGY AND DEVELOPMENT  
ACTION 112RT0460 THEMATIC NETWORK “CORNUCOPIA”

### **Contacto/Contact:**

Diego A. Moreno, Ph.D. CEBAS-CSIC, España. [dmoreno@cebas.csic.es](mailto:dmoreno@cebas.csic.es)

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. P.O. BOX 164, Campus de Espinardo - 25, 30100

Murcia, España. Tel.: 968 39 6369



## PRÓLOGO

**A**ctualmente la *Physalis peruviana* L. es una de las frutas exóticas más importantes en términos de exportaciones para varios países Andinos (Ecuador, Colombia y Chile). Esta fruta es muy apreciada por sus características organolépticas, nutricionales y potenciales para la salud, en las que destaca el alto contenido de vitaminas y antioxidantes naturales. *Physalis* es un fruto de especial interés para el desarrollo de nuevos productos seguros de valor añadido y formulaciones enriquecidas en bioactivos saludables con capacidad de ejercer un beneficio en la salud más allá de su papel nutritivo.

Los frutos son excelentes fuentes de bioactivos, que pueden impactar en la salud de nuestro organismo y su funcionamiento. En los años recientes, cientos de publicaciones sobre estudios preclínicos y clínicos han demostrado que el consumo de variedad de frutas y hortalizas ayuda a aumentar la capacidad antioxidante de nuestras células. El uso de los frutos como principales fuentes dietéticas de fitoquímicos y de los productos alimentarios derivados de los mismos, ricos en compuestos bioactivos, pueden ser parte de la solución a muchas enfermedades crónicas.

La importancia económica de la *Physalis* ha despertado el interés de investigadores en diversos campos científicos, que involucran estudios en genética y mejora vegetal, agronomía y producción de cultivos, manejo poscosecha, así como su aprovechamiento industrial para el sector agroalimentario.

La *caracterización y evaluación de la funcionalidad y seguridad de los compuestos bioactivos de frutos iberoamericanos para su uso en ingredientes alimentarios* acerca a un grupo de investigadores, profesores, técnicos, estudiantes, productores y asociaciones en una red de cooperación proactiva dentro del programa CYTED (Red Temática 112RT0460 “CORNUCOPIA”). Esta red incluye 24 grupos de 11 países de la región Iberoamericana ([www.cytmed.org](http://www.cytmed.org)).

El consorcio de la red temática CORNUCOPIA persigue potenciar la cooperación y la interacción entre investigación y desarrollo tecnológico acercando participantes de entidades públicas y privadas para generar conocimiento sobre las interrelaciones existentes entre alimentos, nutrición y salud en la Región Iberoamericana. Por medio de un trabajo colaborativo y multidisciplinar y de actividades de formación en las áreas de ciencias agroalimentarias, química, nutrición y salud, se busca desarrollar nuevos productos alimentarios con un alto valor nutritivo, seguros y ricos en bioactivos obtenidos de frutos de las regiones participantes ([www.redcornucopia.org](http://www.redcornucopia.org)). La interacción cooperativa en educación e investigación es una línea para el futuro conocimiento, desarrollo e innovación en ciencias agroalimentarias para una población más saludable, mediante la intervención en su nutrición y metabolismo, no sólo en el área Iberoamericana, sino también con perspectiva global.

En el presente libro, investigadores científicos y tecnológicos, personal técnico y profesores universitarios de Colombia, Ecuador, Brasil, Chile, Portugal y España participan como contribuyentes o autores unificando la información actual disponible sobre *Physalis* en las áreas de recurso genético, agronomía, poscosecha, agroindustria, nutrición, salud y normativa.

El libro “*Physalis peruviana L.:* fruta Andina para el mundo”, compila el conocimiento actual sobre esta fruta con el objeto de aportar al desarrollo e innovación del sector de alimentos de los países Iberoamericanos en un mercado global con una conexión entre el campo y la mesa.

Agradecemos a todas las personas que han contribuido a culminar este compendio y al programa CYTED por darnos la oportunidad de colaborar e interactuar entre los grupos, entidades y regiones implicadas. Gracias a la financiación de la acción CYTED 112RT0460 CORNUCOPIA, fue posible la cooperación, formación, intercambio de experiencias y conocimientos, que persigue un mejor futuro para Latinoamérica, la sostenibilidad de sus recursos, la competitividad de sus equipos e instituciones y el bienestar de sus ciudadanos.

**CATARINA PEDRO PÁSSARO CARVALHO**  
Investigadora Ph.D. Corpoica

# **Capítulo IV**

# **AGROINDUSTRIA**

# ALTERNATIVAS COMPETITIVAS DE TRANSFORMACIÓN PARA LA VALORIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE *Physalis peruviana* L. PARA LOS PAÍSES ANDINOS

Beatriz Brito<sup>1</sup>, Elena Villacrés<sup>2</sup>, Susana Espín<sup>3</sup>, Fabrice Vaillant<sup>4</sup>

## RESUMEN

En la actualidad la producción de las frutas constituye una de las alternativas para la inserción de las economías campesinas de los países andinos a los mercados nacionales e internacionales. La uvilla o uchuva proveniente de Ecuador y Colombia es reconocida por su calidad organoléptica y presenta un mercado importante, sin embargo el estancamiento tecnológico está ocasionando la pérdida de su posicionamiento en el mercado con los consecuentes problemas para los integrantes de la cadena agroalimentaria. Entre las causas identificadas son la estacionalidad de la oferta, la falta de alternativas de consumo y de nuevas formas de presentación que logren captar la atención de un mayor número de consumidores, la corta vida útil del fruto, la inexistencia de sistemas acondicionamiento y de almacenamiento apropiadas para los sistemas de producción en los que se desarrolla este cultivo.

En este capítulo se presenta una parte de los resultados del proyecto “Desarrollo tecnológico para el fortalecimiento del manejo de frutales exóticos exportables para los Países Andinos: uchuva, granadilla y tomate de árbol” financiado por el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria-FONTAGRO, los cuales están relacionados con ofrecer alternativas competitivas de transformación para la valorización de la producción de interés común para los países andinos, que permita disminuir las pérdidas, incrementar el valor agregado, ofrecer productos de primera calidad, asegurar los ingresos a sus integrantes y el posicionamiento de estos productos en el mercado.

**Palabras clave:** uvilla, caracterización, tecnologías, enzimática, membranas, snacks.

---

Investigadoras del Departamento de Nutrición y Calidad – INIAP, Ecuador.

<sup>1</sup> [beatriz.brito@iniap.gob.ec](mailto:beatriz.brito@iniap.gob.ec);

<sup>2</sup> [elena.villacres@iniap.gob.ec](mailto:elena.villacres@iniap.gob.ec)

<sup>3</sup> [susana.espin@iniap.gob.ec](mailto:susana.espin@iniap.gob.ec)

<sup>4</sup> Investigador del CIRAD, UMR QualiSud, Francia. [fabrice.vaillant@cirad.fr](mailto:fabrice.vaillant@cirad.fr)

## ABSTRACT

Currently the fruit production is one of the main alternatives to introduce the rural economy of the Andean countries to the national and international markets. The fruit known as “uvilla” or “uchuva” from Ecuador and Colombia is recognized because of the organoleptic properties and represent an important market segment. However, the technological stagnation is causing the loss of the market positioning, with the related problems for the agro alimentary chain. Between the found causes for this problem it is possible to mention some: the seasonality of the fruit offer, the lack of alternatives for the consume, the new forms of presentation of the product to reach the attention of a bigger number of consumers, the short shelf-life of the product, the lack of storage systems that are appropriate in the production systems where the crop grows.

In this chapter, it is presented a part of the results of the project “Technological development to strengthen management of exotic fruit exportables for Andean Countries: cape gooseberry, yellow passion fruit and tree tomato”. That has been funded by “The Regional Fund for Agricultural Technology - FONTAGRO”, which has been created to give competitive alternatives of transformation for the appreciation of products of interest for the Andean countries. This allows a decreasing in the crop losses, an increasing in the aggregated value, the possibility to offer a first class product, and ensure the income for this people and the positioning of the market segment.

**Keywords:** capegooseberry, characterization, technologies, enzymatic, membranes, snacks.



## INTRODUCCIÓN

Se presenta los resultados obtenidos por el INIAP de Ecuador (FONTAGRO, 2010), relacionados con la caracterización física, química y nutricional para el ecotipo ecuatoriano de exportación de uvilla o uchuva (*Physalis peruviana* L.), cosechada en las huertas de los productores de Ecuador y Colombia, también se contempla la caracterización química de la pared celular, habiendo extraído, purificado y analizado su contenido a nivel macro y micro molecular en la pulpa con cáscara. La caracterización de las principales actividades enzimáticas de once cócteles comerciales, sirvió para seleccionar los que tienen el mayor potencial de acuerdo al efecto tecnológico inherente para las actividades de procesamiento de la línea de pulpas y jugos.

Otras investigaciones se llevaron a cabo entre el INIAP y el CIRAD para la línea de procesamiento de pulpas y jugos. Con la utilización de preparaciones enzimáticas comerciales se aumentó el rendimiento de las pulpas y optimizó las condiciones de operación para la elaboración de jugos clarificados (permeado) utilizando tecnologías de membranas, como la microfiltración tangencial (MFT). Los jugos clarificados se utilizaron para trabajar en ultrafiltración tangencial (UFT), con el fin de obtener concentrados de algunas biomoléculas de interés comercial. El CIRAD analizó el perfil aromático de la pulpa de uvilla, así como del retenido y permeado obtenidos por MFT y UFT, identificando los compuestos de las sustancias volátiles y realizando un balance de materiales del proceso con base a estos componentes. Se aprovechó los residuos obtenidos en las etapas de procesamiento para la elaboración de un postre gelificado, salsa gourmet y aditivos para elaborar barras energéticas.

Se investigó, desarrolló y mejoró algunos productos de la línea de los snacks, utilizando métodos combinados de deshidratación osmótica, fritura convencional y secado, para la obtención de productos cristalizados, chips y deshidratados.

## CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y NUTRICIONAL

Los resultados que se presentan de la caracterización físico-química en el estado de madurez comestible, divulgados en parte por Medina (2006), incluye el contenido de pulpa o jugo, la pared celular y las preparaciones enzimáticas comerciales que se seleccionaron para ser utilizadas en el procesamiento de las pulpas. En la Tabla 1 se presentan los datos promedios de las determinaciones físicas de la fruta cosechada en Ecuador y Colombia.

**Tabla 1.** Caracterización física de uvilla (*Physalis peruviana* L.) ecotipo de exportación cosechada en Ecuador y Colombia.

Análisis	Fruta	Uvilla	
		Ecuador	Colombia
Capuchón (g/100 g)		4,32 ± 0,62	5,34 ± 1,02
Fruta (g/100 g)		95,68 ± 0,62	94,66 ± 1,02
Pulpa (g/100 g)		78,86 ± 2,04	74,76 ± 1,04
Semillas + piel (g/100 g)		16,82 ± 1,61	19,90 ± 0,62
Peso de la fruta sin capuchón (g)		5,32 ± 0,86	5,41 ± 1,19
Largo (cm)		1,99 ± 0,09	1,98 ± 0,13
Diámetro (cm)		2,11 ± 0,14	2,11 ± 0,18
Relación (L/D)		0,95 ± 0,05	0,94 ± 0,04
Firmeza pulpa (Kg-f)		0,27 ± 0,03	0,29 ± 0,04
Color Externo (H)		78 ± 0,00	76 ± 0,10
Color Externo (C)		44,40 ± 0,80	41,47 ± 7,13
Color Interno (H)		79 ± 0,01	79 ± 0,003
Color Interno (C)		26,37 ± 0,42	28,54 ± 2,17

Las determinaciones químicas en la pulpa de la fruta, incluyen el contenido de los principales ácidos orgánicos y azúcares, los azúcares totales y reductores, vitamina C, minerales, polifenoles y carotenoides totales, así como la actividad antioxidante total. Los resultados se presentan en base fresca en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Caracterización química de uvilla (*Physalis peruviana* L.) ecotipo de exportación cosechada en Ecuador y Colombia.

Análisis		Fruta	Uvilla*	
			Ecuador	Colombia
Humedad (g/100 g)			81,26 ± 0,19	81,27 ± 1,45
Cenizas (g/100 g)			1,00 ± 0,01	0,87 ± 0,01
pH			3,74 ± 0,003	3,66 ± 0,02
Acidez Titulable (g ác.cítrico/100 g)			1,26 ± 0,01	1,45 ± 0,01
Vitamina C (mg/100 g)			18,44 ± 0,51	28,77 ± 0,38
Sólidos Solubles (°Brix)			13,80 ± 1,03	13,80 ± 1,21
Azúcares Totales (g/100 g)			12,26 ± 0,05	9,23 ± 0,09
Azúcares Reductores (g/100 g)			4,67 ± 0,19	6,48 ± 0,00
Polifenoles total (mg/g)			0,56 ± 0,00	0,61 ± 0,01
Carotenoides total (µg/g)			478,95 ± 0,19	478,83 ± 1,71
Capacidad Antioxidante ORAC (µmol trolox/g)			6,73 ± 0,04	6,73 ± 0,04
Azúcares	Fructosa (g/100 g)		2,57 ± 0,00	2,55 ± 0,03
	Glucosa (g/100 g)		2,63 ± 0,01	2,57 ± 0,01
	Sacarosa (g/100 g)		3,44 ± 0,01	3,43 ± 0,01
Ácidos Orgánicos	Ac. cítrico(mg/g)		8,96 ± 0,04	7,83 ± 0,44
	Ac. málico(mg/g)		1,39 ± 0,05	1,44 ± 0,05
Minerales	Macro Elemento	Ca (µg/g)	56 ± 0,00	75 ± 0,00
		Mg (µg/g)	2.005 ± 93,70	1.818 ± 74,96
		Na (µg/g)	21 ± 0,93	32 ± 1,59
		K (µg/g)	4.366 ± 74,96	3.710 ± 56,22
		P (µg/g)	581 ± 0,00	450 ± 0,00
	Micro Elemento	Cu (µg/g)	2 ± 0,00	2 ± 0,00
		Fe (µg/g)	8 ± 0,13	8 ± 0,40
		Mn (µg/g)	7 ± 0,00	3 ± 0,00
		Zn (µg/g)	2 ± 0,53	4 ± 0,13

\*Datos en base fresca ± DS 3 repeticiones.

La caracterización de la pared celular de las frutas y el efecto de las enzimas sobre las mismas, proporciona mucha información sobre los problemas tecnológicos que se tiene que resolver durante el procesamiento. Los rendimientos obtenidos en la extracción de la pared celular bruta (Materia Insoluble en Alcohol, MIA), pared celular purificada (Materia Insoluble en Alcohol y Agua, MIAA) y la pectina soluble en agua (PSA), a partir de la pulpa de cada una de las frutas en estudio, se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Rendimiento en porcentaje de las diferentes fracciones de la fruta y pared celular de la uvilla (*Physalis peruviana* L.).

Uvilla Ecotipo	Pulpa* en Fruta*	MIA** en Pulpa*	MIAA** en MIA**	PSA** en MIA**
Ecuatoriano de exportación	96,44 ± 1,68	1,45 ± 0,08	76,56 ± 0,54	6,53 ± 0,12

\*En muestra fresca (óptimo).

\*\*En muestra seca.

La fruta está compuesta de pared celular y solutos en solución. Los fragmentos de la pared celular son los responsables de las propiedades reológicas de las pulpas o purés y ahí radica la importancia de su caracterización, ya que al conocer su estructura, permite establecer a los polisacáridos presentes que ocasionan los problemas tecnológicos relacionados principalmente con la viscosidad, la consistencia y los sólidos en suspensión, y además describe la relación que existe entre ellos. Generalmente la composición polimérica de la pared celular no es estándar para todas las frutas y entre variedades. Casi todos los modelos sugieren micro fibrillas celulósicas incrustadas en una matriz de polisacáridos no celulíticos y con proteína. Esto conlleva a establecer una estrategia de ataque enzimático sobre los enlaces de los diferentes polisacáridos presentes (Millán, 2003).

En la pared celular purificada la caracterización incluyó el contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina, almidón, proteína y los monosacáridos por cromatografía de gases (Jaramillo, 2004), cuyos resultados se presentan en la Tabla 4. Este es un parámetro que ayuda en la selección de la preparación enzimática comercial que se utilizó como auxiliar tecnológico en el procesamiento agroindustrial.

**Tabla 4.** Caracterización química de la pared celular purificada (MIAA) en la uvilla (*Physalis peruviana* L.), resultados en base seca.

Análisis	Fruta	Uvilla Ecotipo ecuatoriano de exportación
Hemicelulosa (g/100 g)		19,76 ± 0,05
Celulosa (g/100 g)		24,42 ± 0,08
Lignina (g/100 g)		21,20 ± 0,07
Almidón (g/100 g)		0,38 ± 0,02
Proteína (g/100 g)		5,10 ± 0,01
Cenizas (g/100 g)		4,29 ± 0,04
Ácido galacturónico (g/100 g)		22,12 ± 0,89
Azúcares totales (g/100 g)		24,55 ± 0,05
Azúcares reductores (g/100 g)		19,69 ± 0,16
Monosacáridos		
Ramnosa (g/100 g)		1,16 ± 0,02
Fucosa (g/100 g)		0,13 ± 0,00
Arabinosa (g/100 g)		1,90 ± 0,03
Xilosa (g/100 g)		2,10 ± 0,01
Manosa (g/100 g)		2,20 ± 0,04
Galactosa (g/100 g)		1,60 ± 0,02
Glucosa total (g/100 g)		10,67 ± 0,21
Glucosa celulósica (g/100 g)		9,49
Glucosa no celulósica (g/100 g)		1,18 ± 0,01



Se completó ésta caracterización con el estudio del grado de esterificación de la Pectina Soluble en Agua (PSA) y la composición de los monosacáridos presentes en esta fracción de la pared celular. La uvilla presentó en la PSA un contenido de ácido galacturónico de 2,08  $\mu\text{mol/mg}$  pectina y de metanol de 0,71  $\mu\text{mol/mg}$  pectina, obteniéndose un grado de esterificación de 34,13 %. Según lo descrito por Arthey y Ashurst (1997), cuando los resultados son superiores al 50 % se clasifican como pectinas altamente metoxiladas y cuando es inferior al 50 % son pectinas de grado de metoxilación bajo.

El conocimiento del grado de esterificación de las pectinas y la composición en monosacáridos permite ser más selectivos en los diferentes procesos dentro de la industria agro-alimentaria. La composición de los monosacáridos presentes en la PSA se presenta en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Composición de los monosacáridos de la pectina soluble en agua (PSA) en la uvilla (*Physalis peruviana* L), resultados en base seca.

Análisis	Fruta	Uvilla Ecotipo ecuatoriano de exportación
Ramnosa (g/100 g)		1,28 $\pm$ 0,01
Fucosa (g/100 g)		0,13 $\pm$ 0,00
Arabinosa (g/100 g)		3,50 $\pm$ 0,02
Xilosa (g/100 g)		2,52 $\pm$ 0,01
Manosa (g/100 g)		0,53 $\pm$ 0,02
Galactosa (g/100 g)		5,47 $\pm$ 0,05
Glucosa total (g/100 g)		5,53 $\pm$ 0,07
Glucosa no celulósica (g/100 g)		2,36 $\pm$ 0,06
Glucosa celulósica (g/100 g)		3,17

En once cócteles o preparaciones enzimáticas comerciales se realizó la caracterización de las principales actividades enzimáticas, información que al relacionar con la obtenida en la caracterización de la pared celular, sirvió para seleccionar el cóctel enzimático con el que obtendría la mayor solubilidad de la pulpa. Estos resultados pueden cambiar en los diferentes lotes de fabricación, pero es una referencia de cómo se presenta esta composición (Tabla 6), siendo la P<sub>L</sub> (Pectin-liasa), C<sub>X</sub> (1-4  $\beta$  Endogluconasa), C<sub>1</sub> (Celulítica), P<sub>G</sub> (Poligalacturonasa), P<sub>E</sub> (Pectin-esterasa), Exo-Ara (Exo-Arabinosidasa).

**Tabla 6.** Caracterización de las principales actividades enzimáticas en once preparaciones comerciales.

Muestras	Proteína (mg/ml)	Actividad enzimática					
		PL	C <sub>X</sub>	C <sub>I</sub>	P <sub>G</sub>	P <sub>E</sub>	Exo-Ara
Rapid. Pineapple UI/mg proteína UI/ml proteína	56,75	0,713 40	4,889 277	0,218 12	7,58 430	3,580 203	0,026 2
Rapidase UF UI/mg proteína UI/ml proteína	66,18	0,712 47	1,794 119	0,06 4	3,94 261	2,620 173	0,72 48
Klerzyme 150 UI/mg proteína UI/ml proteína	98,75	3,484 344	1,973 195	0,078 8	15,26 1507	7,214 712	0,143 14
Clarex Citrus 12XL UI/mg proteína UI/ml proteína	89,32	3,550 317	1,966 176	0,063 6	9,67 864	6,159 550	0,174 16
Rapidase VegeJuice UI/mg proteína UI/ml proteína	77,75	2,422 188	2,180 169	0,169 13	6,51 506	7,636 594	0,535 42
Rapidase TF UI/mg proteína UI/ml proteína	116,10	2,32 269	3,243 377	0,309 36	3,67 426	3,629 421	0,161 19
Rapidase Citrus UF UI/mg proteína UI/ml proteína	7,60	1,334 77	4,690 270	0,221 13	6,35 366	2,620 151	0,029 2
Rapidase Pomaliq UI/mg proteína UI/ml proteína	89,45	0,498 45	3,470 310	0,294 26	5,520 494	3,850 344	0,061 5
Rapidase Carrot Cloud UI/mg proteína UI/ml proteína	87,96	0,535 47	2,990 263	0,177 16	10,200 897	4,410 388	0,140 12
Citolasa PCL 5 UI/mg proteína UI/ml proteína	64,77	1,098 71	2,080 135	0,064 4	5,860 380	0,960 62	0,410 27
Tropical Cloud UI/mg proteína UI/ml proteína	72,034	0,029 2	0,650 47	0,038 3	3,720 268	No detectable	0,002 0,14

Las preparaciones enzimáticas comerciales han sido desarrolladas para realizar modificaciones a nivel molecular, especialmente para frutas de clima templado; pero el efecto que se requiere depende principalmente de la composición de la pared celular, que es propia de cada fruta y de cada variedad. Estas preparaciones están constituidas por una mezcla de enzimas, compuestas principalmente de hemicelulasas, celulasas y pectinasas, muy utilizadas en la industria de los alimentos para el procesado de las frutas y vegetales. Producen liquefacción y sacarificación de las paredes celulares de los tejidos en las pulpas de las frutas, degradando la lámina media y la pared celular, liberando las vacuolas y el citoplasma, e hidrolizando los polisacáridos insolubles mediante la acción sinérgica de las enzimas celulolíticas y pectinolíticas.

Las enzimas son proteínas de cadena larga, que presentan actividad catalítica. La actividad enzimática está influenciada por factores experimentales como la concentración de la enzima, el pH de la solución de reacción y la temperatura. La velocidad inicial de reacción deberá ser mayor cuanto mayor sea la concentración de enzima, siempre y cuando haya suficiente sustrato (Fellows, 2000).

### Estudio de las condiciones óptimas de operación para la obtención de pulpas, jugos clarificados, concentrados y otros productos de uvilla

Los procesos membranarios son una serie de técnicas de separación, que consisten en emplear un gradiente, ya sea de presión o electrostático, para forzar el paso de componentes de una disolución a través de una membrana porosa semipermeable, para que se obtenga una separación sobre la base del tamaño e incluso de la carga molecular. Las operaciones de membranas pueden utilizarse para concentrar o purificar una solución o una suspensión y para fraccionar una mezcla. Estos procesos son empleados en la preparación de los jugos de frutas y muchos de ellos intervienen de manera combinada, como las filtraciones sucesivas sobre membranas de diferente umbral de corte o como los procesos de separación que conllevan pre-tratamientos por hidrólisis enzimática, despectinización, floculación, entre otros (Huisman, 1998).

Los componentes que traspasan la membrana bajo la acción de la presión y debido a que poseen un tamaño molecular menor al de las porosidades de la misma, reciben el nombre de “*permeado*”, mientras que aquellos no permeables a la misma, se denomina “*retenido*”. La microfiltración tangencial (MFT) usa membranas más permeables y por consiguiente menos selectivas (diámetro de poro que va de 0,1 a 5,0  $\mu\text{m}$ ) que las membranas de ultra filtración tangencial. Este tamaño de poro permite usualmente retener la mayoría de las esporas, bacterias, hongos y levaduras, por lo cual la MFT puede ser considerada como una técnica de pasteurización, que no requiere de tratamientos térmicos. La ultrafiltración tangencial (UFT) es un proceso de separación a través de membranas porosas que permiten el paso del agua y moléculas de bajo peso molecular (azúcares y sales) y retienen moléculas de alto peso molecular (proteínas) e impurezas, bacterias, levaduras, coloides, entre otros (Zeman y Zydney, 1996).

Para optimizar la obtención de jugos clarificados de uvilla, primero se obtuvo el tratamiento para la pulpa con enzimas y en combinación con la centrifugación, se establecieron las mejores condiciones de trabajo en el equipo MFT para la pulpa con tratamiento enzimático y centrifugación. Una vez conocida la presión transmembranaria y las condiciones óptimas de la UFT se realizaron algunos procesos a distintas presiones en modo filtración, hasta alcanzar el factor de reducción volumétrico óptimo, efectuándose muestreos en el permeado y retenido para analizar posteriormente la concentración de polifenoles, vitamina C, carotenoides y minerales en el retenido de UFT (Badillo, 2008).



## TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CENTRIFUGACIÓN

La pulpa se obtuvo en un despulpador horizontal de acero inoxidable, con un diámetro de tamiz de 0,5 mm y el espacio entre orificios de 1,0 mm. La pulpa fue almacenada a -15 °C en tanques de 20 kg de capacidad. A 35 °C la pulpa de uvilla es susceptible a cambios organolépticos cuando es sometida a procesos térmicos. Se utilizó el cóctel enzimático Klerzyme 150, en un rango de concentración de 50 a 300 ppm hasta los 90 min. Sobre la disminución del porcentaje de sólidos insolubles en suspensión (SIS), a partir de los 40 min de tratamiento enzimático en la pulpa de uvilla a 35 °C, la reducción del porcentaje de SIS disminuyó para los diferentes valores de concentración de cóctel enzimático, por lo que no se justifica la prolongación del tiempo.

El tratamiento óptimo para la pulpa de uvilla con el cóctel enzimático Klerzyme 150 fue de 50 ppm a 35 °C durante 40 min, con el cual se redujo los SIS de 10,83 a 9,78 %. Mediante una regresión, se logró obtener una ecuación cuadrática con un R<sup>2</sup> de 0,90, que relaciona la concentración del cóctel enzimático (c) y el porcentaje de sólidos insolubles en suspensión (% SIS) de la pulpa de uvilla solamente con el tratamiento enzimático.

$$\%SIS = 9,79 - 0,013c - 0,00000648c^2$$

Se requiere las mismas condiciones del tratamiento enzimático y una velocidad de centrifugación de 530g, cuando se aplica un tratamiento combinado y se obtiene una pulpa con 0,43 % SIS, puesto que tiene mayor influencia que la hidrólisis enzimática, sobre la reducción del % SIS en la pulpa de uvilla, cuando se combina el tratamiento enzimático con la centrifugación. La ecuación que relaciona la concentración del cóctel enzimático (c), la velocidad de centrifugación (v) y el porcentaje de sólidos insolubles en suspensión (% SIS) del sobrenadante de la pulpa con tratamiento enzimático y centrifugación, con un R<sup>2</sup> de 0,96 se presenta a continuación:

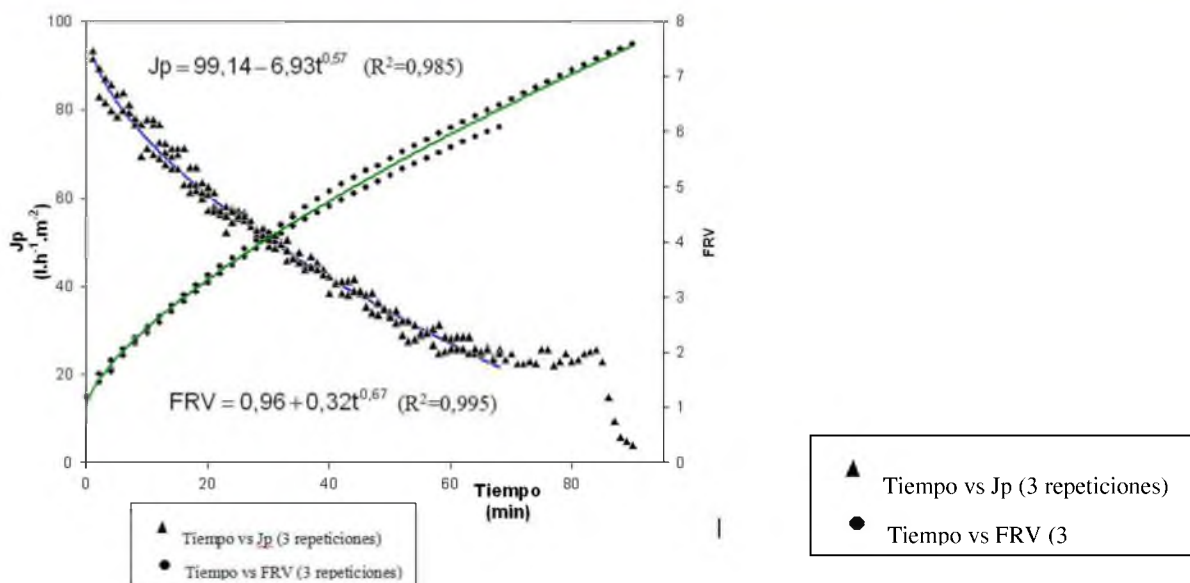
$$\%SIS = 7,68 - 0,00622c - 0,0295v + 0,0000064c^2 + 0,000034v^2 + 0,0000016cv$$

## OBTENCIÓN DEL JUGO CLARIFICADO DE UVILLA

Se utilizó un piloto de MFT/UFT de 0,24 m<sup>2</sup> de superficie de filtración instalada con un módulo de 102 mm para colocar la membrana. La membrana tubular usada fue la Membralox® P19-40 (19 canales de 4 mm de diámetro), en alfa-alumina con tamaño de poros de 0,5 µm para MFT y de cerámica de 5 kDa para UFT.

Se determinó que la presión transmembranaria (PTM) óptima fue de 2 bar. La alimentación de la pulpa de uvilla con tratamiento enzimático permitió alcanzar un factor de reducción volumétrico (FRV) óptimo de 4,6 a los 36,8 min del proceso; sin embargo, al utilizar pulpa con tratamiento enzimático y centrifugación se alcanzó un FRV óptimo de 12,4 y con un mayor tiempo de operación (89,4 min). Los resultados se presentan en la Figura 1, con las ecuaciones para el flujo del permeado (J<sub>p</sub>) y el factor de reducción volumétrico (FRV).





**Figura 1.** Relación entre Jp, FRV y el tiempo de MFT en la pulpa con tratamiento enzimático.

Al inicio del proceso de MFT, la PTM tiene una influencia directamente proporcional sobre el Jp, pero a medida que la membrana se colmata, ésta pierde su influencia y se independiza el Jp de la PTM a un FRV de 6,3 desde 1,5 bar. Los rendimientos de jugo clarificado a pulpa, al utilizar el tratamiento enzimático y en combinación con la centrifugación fueron cercanos a 77,59 y 78,17 %. La obtención de jugo clarificado de uvilla con el tratamiento enzimático representa la mejor opción de producción ya que este proporciona un rendimiento cercano al del tratamiento enzimático y centrifugación, pero el costo de producción es aproximadamente 14 % menor (Badillo, 2008).

## OBTENCIÓN DE CONCENTRADOS DE BIOMOLÉCULAS DE UVILLA

El proceso de UFT de los jugos clarificados se debe llevar a cabo a presiones máximas de operación, debido a que se trabaja con mayores flujos de permeado, no altera la retención de biomoléculas de interés, reduce los tiempos de operación e, incluso, existe mayor retención en ciertos componentes, como los polifenoles (Barragán, 2008; Cheryan, 1998).

Para cualquier FRV, la presión transmembranaria óptima en el proceso de UFT fue de 5,2 bar cuando se trabajó con jugo clarificado de uvilla, la más alta experimentada. A esta presión y a un factor de reducción volumétrico de 2, el flujo del permeado fue de 30,36 l.h<sup>-1</sup>.m<sup>2</sup>. Los sólidos solubles se concentraron en el transcurso del proceso y el coeficiente de retención de la membrana fue de 7,38 % para el jugo clarificado de uvilla. Al alimentar 20 litros de jugo clarificado de uvilla se alcanzó un FRV de 8 con PTM de 5,3 bar a las 2,97 horas del proceso y se obtuvo un rendimiento del 12,50 % de retenido a nivel planta piloto.

El retenido o concentrado de biomoléculas, obtenido en el proceso no presentó una alta retención de polifenoles y vitamina C a FRV de 8. Sin embargo, los valores absolutos de estos componentes fueron altos (310 mg/l de vitamina C y 795 mg/l de polifenoles para el concentrado de uvilla) comparables con el vino blanco, 800 mg/l de polifenoles, té negro, 690 mg/l de polifenoles y jugo de naranja, 440 mg/l de vitamina C. La ingesta diaria recomendada para adultos es de 90 mg de vitamina C, según la FDA.

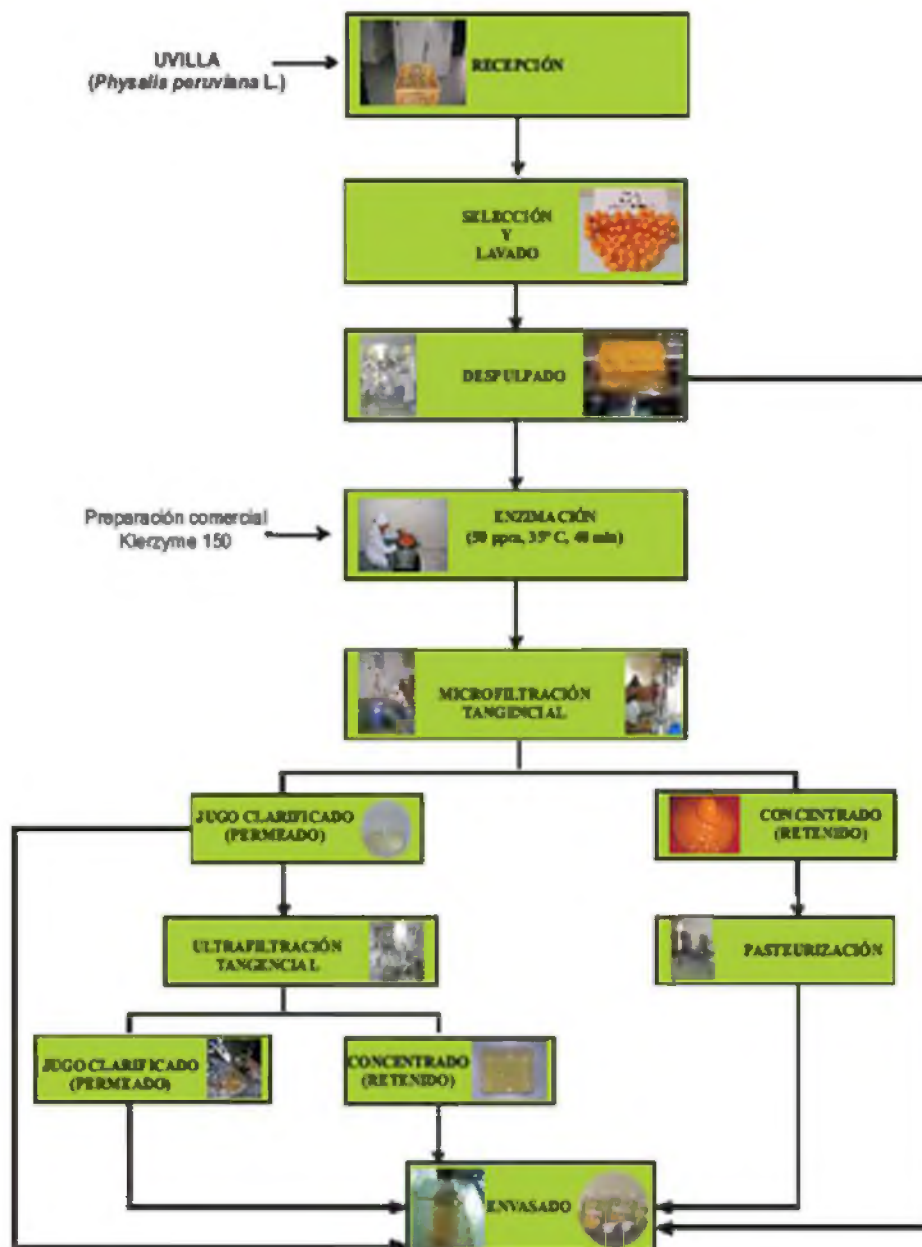
Los resultados no mostraron una retención importante del poder antioxidante, lo que se confirma ya que los compuestos fenólicos no son normalmente retenidos por la membrana de MFT y UFT, razón por la cual no afectan el poder antioxidante hidrofílico H-ORAC.

La producción de jugo clarificado de uvilla con las condiciones optimizadas para el proceso de microfiltración tangencial, representa una alternativa interesante en el desarrollo de nuevos productos a escala industrial.

En la Figura 2 se presenta el diagrama de flujo para la obtención del jugo clarificado y concentrado, obtenido por micro y ultrafiltración tangencial.

La elaboración de las pulpas con diferente grado de consistencia, jugos clarificados y concentrados de biomoléculas, aparece como una importante opción tanto para su comercialización directa y para la elaboración de nuevos productos en crecimiento, ya sea como materia prima de primera transformación o elaborados finales, además que se puede reconstruir los jugos clarificados aromáticos y comercialmente estériles con la adición de jugos pulposos previamente pasteurizados, obteniendo así productos de alta calidad.

También se puede utilizar para la elaboración de bebidas refrescantes e hidratantes, como líquido de cobertura en las conservas de frutas, entre otros. Además la clarificación se puede considerar como un pre-tratamiento para facilitar la acidificación, recuperación de aromas, de ácidos orgánicos, vitaminas y la obtención de extractos de moléculas bioactivas, entre otros.



**Figura 2.** Diagrama de flujo para la obtención de jugo clarificado y concentrado de uvilla.

## OTROS PRODUCTOS DE UVILLA

El diseño de mezclas para la elaboración de postres gelificados, salsa gourmet y barra energética, es un área que ha venido ganando interés entre los fabricantes de alimentos, dado que se puede realizar combinaciones buscando nuevas características y optimizando el uso de materias primas. En los procesos agroalimentarios, es frecuente acudir a herramientas como el balance de masa y ensayos de prueba y error para la valorización y optimización de las mezclas de los ingredientes, en la elaboración de jugos, néctares, conservas, postres, compotas barras energéticas, entre otros. Es decir, se requiere encontrar la mezcla óptima de ingredientes que permita generar las mejores características organolépticas, físicas, químicas o reológicas, aún más económicas, cuando alguno de los ingredientes es muy costoso.

La materia prima utilizada en el desarrollo de estos productos fueron los retenidos obtenidos del proceso de MFT. Adicionalmente los ingredientes que se utilizaron fueron: lecitina de soya (emulsificante), gelatina sin sabor (estabilizante), azúcar comercial, crema de leche, almidón de maíz (espesante), uvilla deshidratada, quinua expandida o insuflada, glucosa y pectina.

El retenido presentó un pH de 3,51, 16 °Brix de sólidos solubles, y 1,3 % de acidez titulable. La formulación de los diferentes productos se planteó mediante un balance de masa basado en valores conocidos establecidos por las normas. Dado que para los productos propuestos no existe legislación vigente en Ecuador, se procedió a establecer los estándares que se debe cumplir, a través de la consulta bibliográfica.

### **Postre gelificado y salsa gourmet**

En los postres gelificados, se recomienda llegar máximo a un porcentaje de sólidos solubles de 36 °Brix, en tanto que para la salsa gourmet la recomendación es de 30 °Brix. Además, se estableció en los ensayos experimentales que el porcentaje de retenido añadido no sobrepase el 60 %.

Para la elaboración del postre, se calculó los sólidos solubles aportados por la pulpa con el fin de establecer la cantidad de azúcar que se debe añadir a las diferentes formulaciones. Es importante destacar, que el resto de componentes, como el estabilizante, el emulsificante, el espesante y la crema de leche, los porcentajes que intervienen en la formulación se obtuvieron mediante ensayos de prueba y error, y basándose en la cantidad de sólidos solubles aportados dentro de la formulación.

De acuerdo a los diferentes ensayos realizados con uvilla, se estableció que los porcentajes óptimos deben ser los siguientes: lecitina de soya 2 %, gelatina 3,2 %, crema de leche 21,5 %. La cantidad de azúcar representa aproximadamente el 30 % para el retenido de uvilla.

#### **Formulación del postre gelificado.**

<b>Ingredientes</b>	<b>Con base a 100 gramos</b>
Retenido de uvilla %	43
Azúcar	30
Emulsificante	2
Estabilizante	3,2
Crema de leche	21,5

Para la elaboración se dosifica los diferentes ingredientes de acuerdo a la formulación planteada, para luego proceder a mezclar el retenido con el emulsificante durante 5 minutos, hasta obtener una mezcla homogénea, en ese momento se añade el azúcar y se mezcla para evitar la formación de grumos. Luego se añade el estabilizante previamente diluido, para finalmente agregar la crema de leche en la cantidad especificada en la formulación. Se obtiene una mezcla uniforme, de un color atractivo, la que se coloca en moldes y son llevados a refrigeración por 8 horas a 4 °C. Luego de este tiempo el postre gelificado está listo para su consumo.



### Formulación de la salsa gourmet

Ingredientes	Con base a 100 gramos
Retenido de uvilla %	45
Espesante	0,68
Azúcar	32
Crema	23

Se dosifican los ingredientes detallados en la fórmula y se procede a homogenizar el retenido con el espesante por un período de 10 minutos, luego se añade el azúcar para alcanzar los sólidos solubles optimizados para la formulación y se procede a cocinar la mezcla a 90 °C durante 15 min. En esta parte del proceso se añade la crema de leche, una vez cocida la salsa se enfría para ser consumida con carnes o como aderezo.

### Barra energética

Para el desarrollo de la barra energética se probaron varias formulaciones, las cuales fueron consultadas bibliográficamente, habiéndose elegido la descrita por Villacrés *et al.* (2011).

### Formulación de la barra energética

Concentrado de uvilla (miel)	10 %
Jarabe	10 %
Reventado	60 %
Uvilla deshidratada	10 %
Coco rallado	10 %

En la elaboración de la barra energética se consideran dos etapas:

**Elaboración del concentrado a partir del retenido de la fruta:** se parte del retenido de uvilla, el que se utiliza en una proporción de 60:40 (60 % de retenido y 40 % de azúcar), se añade 1 g de pectina por 1 kg de producto, concentrándose hasta alcanzar 81 °Brix. Este concentrado sirve de cobertura para preparar la barra energética.

**Elaboración de la Barra Energética:** Se elabora un jarabe de azúcar invertido, que contiene azúcar 68,7 %, agua 31,0 %, ácido cítrico 0,2 % y bicarbonato de sodio 0,1 %. El jarabe de azúcar invertido se puede mezclar, por ejemplo, con la miel obtenida de la deshidratación osmótica durante el proceso de elaboración de la uvilla osmodeshidratada y/o cristalizada, en una proporción de 1:9 (una parte de azúcar invertido y 9 partes de jarabe de la deshidratación osmótica), con el fin de reutilizar los subproductos de las diferentes etapas de los procesos que se han llevado a cabo con el proyecto (que se describen posteriormente). Luego se añade 1,5 % de almidón de acuerdo al volumen de la solución obtenida. Este jarabe no debe sobrepasar los 60 °Brix y con el mismo se procede con la dosificación de la fórmula general para la barra energética.

Se toma el 60 % del insuflado (quinua reventada) que ha sido previamente mezclado con la uvilla deshidratada, en una proporción del 10 %. Para la elaboración de la barra se mezcla rápidamente mientras el jarabe se encuentra caliente en una proporción al 10 %. El resultado de esta mezcla se coloca en moldes, para luego ser horneados por 5 min a 180 °C,

luego se procede a colocar la capa del concentrado de uvilla, se seca en estufa, de preferencia con circulación de aire durante 20 min a 30 °C (Villacrés *et al.*, 2011).

### **ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN AROMÁTICA EN EL JUGO DE UVILLA: Enzimado, centrifugado, micro y ultra filtrado**

Se obtuvo un perfil de aromas utilizando el cromatografo de gases Hewlett-Packard 6890 acoplado a un espectro de masa cuadrupolo HP 5973, con el modo de ionización por electrones (EI) a 70 eV, usando una columna DB-Wax (J&W Scientific, Folsom, Ca, USA) de 0,25 µm de tamaño de partícula, 30 mm de largo y 0,32 mm diámetro interior. El volumen de inyección fue de 1 µL y las condiciones cromatograficas fueron: temperatura de la fuente y del cuadrupolo de 230°C y 150°C, respectivamente. El gradiente de temperatura en el horno fue 3 min a 40°C, y aumentando hasta 185 °C a una velocidad de 3 °C por min para luego mantenerse a 185 °C por 30 min. La temperatura de inyección fue de 250°C en modo sin fraccionamiento (splitless). El gas helio fue usado como transportador a un flujo de 1,1 ml.min<sup>-1</sup>. Los compuestos fueron identificados en base al índice de retención lineal en la columna DB-Wax y su espectro de masa EI (Wiley 275. Library).

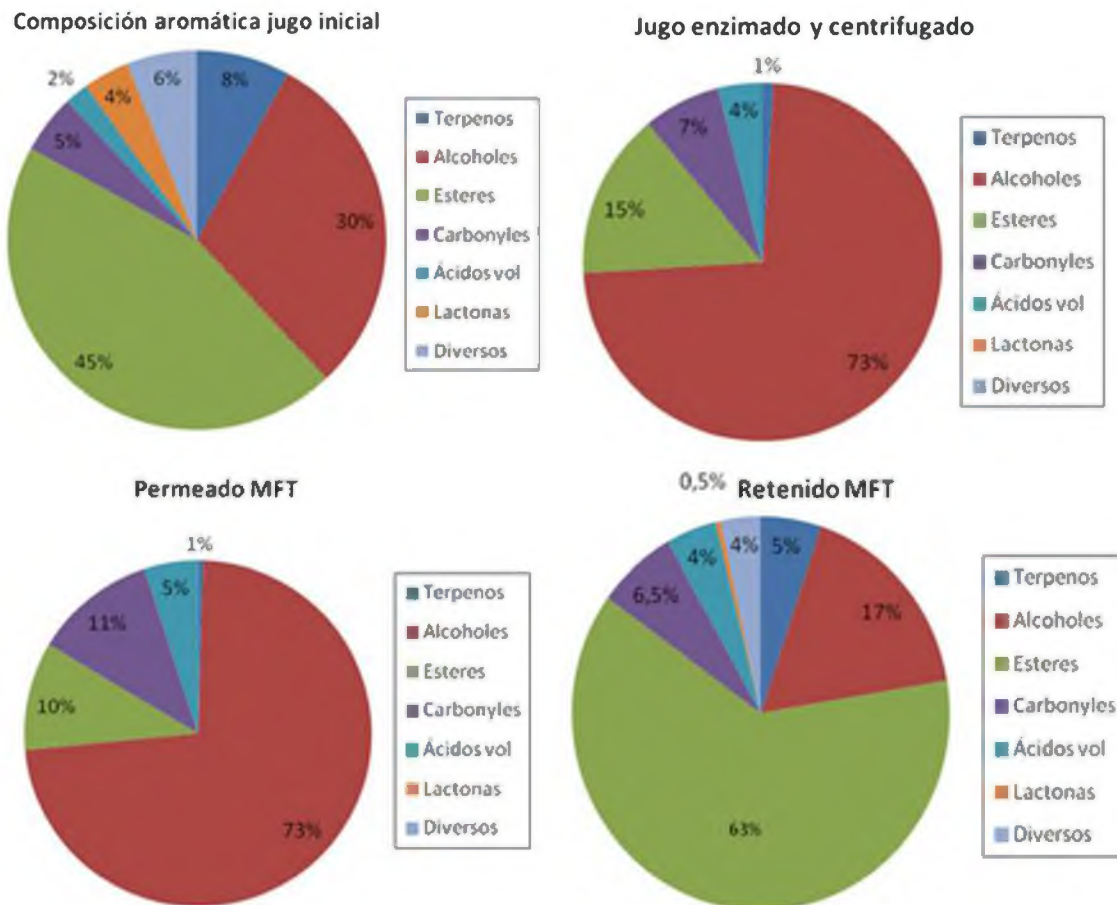
En el aromatograma 67 compuestos fueron identificados y 9 no identificados. La clase de compuestos aromáticos más abundantes es la de los esterés seguido por los alcoholes presentados en la Figura 3. Esta observación está en concordancia con la percepción sensorial del aroma de esta fruta, que es muy suave y delicado. Los aromas muy volátiles no permiten realizar tratamientos térmicos sin alterar profundamente el equilibrio aromático.



**Figura 3.** Composición aromática del jugo de uvilla (*Physalis peruviana* L.).

En la Figura 4 se puede observar un cambio importante en la composición del jugo de uvilla centrifugado, es decir con un menor contenido de sólidos en suspensión. Los terpenos asociados a los fragmentos de pared celular disminuyeron bajo el umbral de sensibilidad del equipo utilizado en el análisis. Sin embargo, es extraño observar una pérdida de los esterés y ácidos volátiles que difícilmente se pueden atribuir al proceso de centrifugación.

Al analizar la calidad del jugo de uvilla microfiltrado, se puede observar en la Figura 4 que el perfil aromático es muy similar al jugo de alimentación, mientras el retenido es muy similar al jugo inicial antes de la centrifugación. Este hecho comprueba que los esteres son en alguna forma ligados a los sólidos en suspensión y retenidos por la membrana. Este es un hecho insólito en las frutas ya que los esteres se encuentra normalmente libre en los jugos de fruta y no ligados a la pulpa.

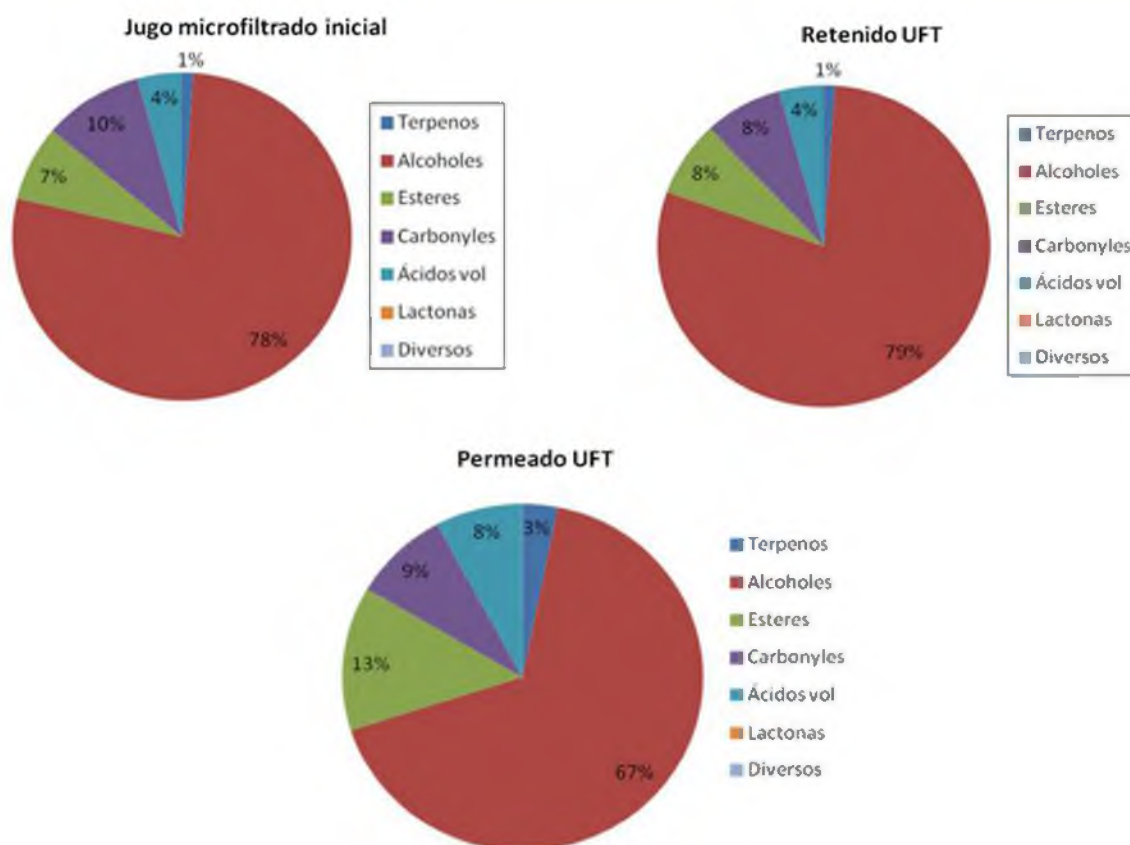


**Figura 4.** Efecto de la centrifugación sobre el perfil aromático del jugo de uvilla (*Physalis peruviana* L.).

Se comprueba una vez más, que la microfiltración tangencial no afecta el perfil aromático cuando este se caracteriza por una presencia mayoritaria de compuestos aromáticos livianos, tales como los esteres y alcoholes.

Con relación al proceso de ultrafiltración tangencial con una membrana de 5 kDa, se puede ver en la Figura 5, que esta filtración no parece afectar de manera sensible el perfil aromático de los jugos. Se puede concluir que el proceso de ultrafiltración no retiene ningún compuesto aromático que haya podido pasar la membrana de microfiltración de 0,5 µm.





**Figura 5.** Composición aromática durante el proceso de ultra filtración tangencial.

### Obtención de snacks: cristalizados, chips y deshidratados de uvilla

La palabra *snack* quiere decir bocado o aperitivo y las definiciones de este término comprenden “una comida rápida, ligera y ocasional, o pequeñas porciones de alimento”. Hasta los años setenta los productos que se comercializaban como tipo *snacks* eran las clásicas papas *chips*, nueces, galletas y confituras. Hoy en día, este tipo de procesados incluyen un amplio rango de productos. Se tienen las confituras obtenidas mediante deshidratación osmótica, frutas deshidratadas obtenidas a través de un proceso de secado, las mismas que son consumidas directamente o se usan en la elaboración barras energéticas con una extensa variedad de sabores y texturas.

Para la obtención de los chips de frutas se utiliza la tecnología de métodos combinados, consiste principalmente en unir la deshidratación osmótica y la fritura convencional, con el fin de mejorar las propiedades sensoriales y la textura de los productos. Es importante reducir la actividad de agua para lo cual se utilizan ciertos agentes osmóticos, se pueden añadir pequeñas cantidades de agentes antimicrobianos o se cambia el pH del medio, pudiendo combinarse diferentes técnicas. La fritura de frutas tiene gran potencial para los países en vías de desarrollo, principalmente por la estacionalidad de los cultivos, ya que permite estabilizar el excedente de producción y valorizar la oferta (Casp y Abril, 2003).



## CRISTALIZADOS

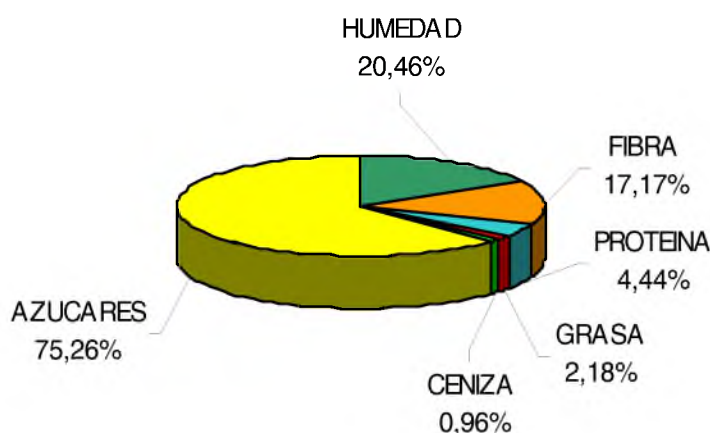
La técnica de cristalización se basa en extraer el agua de un producto mediante una presión osmótica. La solución de azúcares permite bajo ciertas condiciones ésta deshidratación y ofrece la posibilidad de obtener frutas confitadas retexturizadas. La calidad de la materia prima (madurez, textura), los tratamientos preliminares, las condiciones de cristalización (presión, temperatura, calidad de los azúcares, tiempo de contacto) permiten adaptar la tecnología empleada en los productos deseados.

Una fruta cristalizada es la fruta confitada o escurrida obtenida por la impregnación de azúcar, hasta niveles de 70-75 % de sólidos solubles, con cocciones repetidas o sin ellas. Estos productos se caracterizan por su consistencia sólida, transparencia y brillo. Los parámetros con los que se controla el proceso son: concentración de sólidos solubles, pérdida de peso, actividad de agua y el nivel de aceptabilidad.

Las condiciones del proceso seleccionadas para la elaboración de uvilla cristalizada son: temperatura de la solución osmótica, 85 °C en cada reconstitución, y un tiempo de inmersión en la solución de 14 días, con las que se consigue un buen nivel de aceptabilidad por parte de los consumidores, especialmente en cuanto a color y sabor se refiere. Con las que se consigue una concentración de sólidos solubles de 65 °Brix, pérdida de peso del 50 %, pérdida de agua del 77 % y una actividad de agua igual a 0,75. El tiempo de vida útil de la uvilla cristalizada se estimó en 9 meses, periodo en el cual sus características microbiológicas y organolépticas permanecen estables. A este hecho contribuyen las condiciones del proceso, empaque utilizado (Poliéster Metalizado 12 µ; PEBD Natural 35 µ) y la atmósfera modificada utilizando una mezcla gaseosa comercial de CO<sub>2</sub> (39,5 %) y N<sub>2</sub> (balance) (Arias, 2008).

Durante el proceso de confitura, el control de la temperatura de la solución osmótica es determinante en la apariencia de este producto, debido a la fragilidad de la fruta, cuya piel tiende a romperse con facilidad, debiendo utilizarse para este proceso materia prima de buena calidad. La composición nutricional de la uvilla cristalizada, muestra un producto alimenticio que conserva su color original, de sabor agradable y nutritivo para los consumidores, lo que demuestra que el proceso de confitura no afecta adversamente la calidad nutritiva y mejora las propiedades sensoriales de los productos, lo cual favorece su aceptación.

En el Figura 6 se muestra los componentes mayoritarios de la uvilla sometida al proceso de confitura.



**Figura 6.** Composición nutricional de uvilla cristalizada.

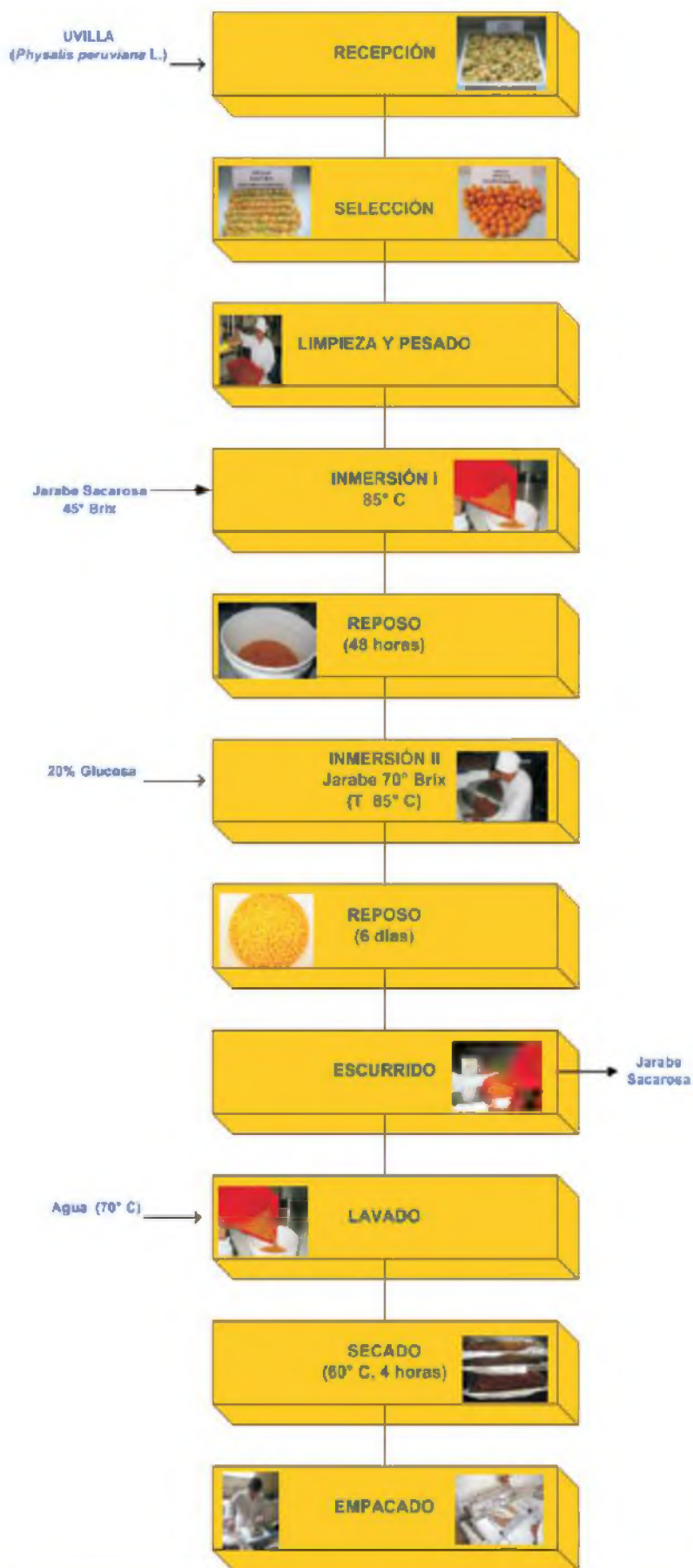
El contenido de agua es del 20,46 %, habiéndose detectado una pérdida del 70 % de agua durante el proceso, considerando un valor inicial de humedad del 81 % en la fruta fresca. Esta reducción en el producto final ayuda a prolongar la vida útil del producto. El 79,54 % de la materia seca se encuentra repartida en 75,26 % de azúcares, la fibra bruta con un valor de 17,17 %, la proteína con 4,44 % mientras, la grasa registró un valor de 0,02 %, lo que podría ser beneficioso para la salud de los consumidores, con restricción en el consumo de este nutriente.

El contenido de cenizas de 0,96 %, valor inferior a la fruta fresca (5,34 %), evidenciando una transferencia de los minerales a la solución osmótica, efecto coadyuvado por la temperatura utilizada en el proceso. El contenido de vitamina C en la uvilla cristalizada disminuyó de 0,96 mg/g fruta seca a 0,53 mg/g de producto seco, determinándose una pérdida del 40 % lo que demuestra la bondad de los factores aplicados en el proceso. En la Figura 7 se presenta el diagrama de flujo para la obtención del cristalizado de uvilla.

## **CHIPS**

Como condiciones para la elaboración de los chips de uvilla, previamente se debe cortar la fruta en finas rodajas ( $3 \pm 0,1$  mm), las mismas que se sumergieron en una solución osmótica de sacarosa de 70 °Brix durante 30 min. y 90 seg. de fritura a 180 °C, con las que se consigue un buen nivel de aceptación en cuanto a color, sabor y apariencia, por parte de los consumidores.

El tiempo de inmersión en la solución incide directamente en la concentración de sólidos solubles, las pérdidas de peso y agua, y la actividad de agua durante la deshidratación osmótica, mientras que el efecto combinado del tiempo de inmersión en la solución y el tiempo de fritura influyen en el contenido de grasa, humedad y actividad de agua, permitiendo alcanzar las características deseadas en el producto final.

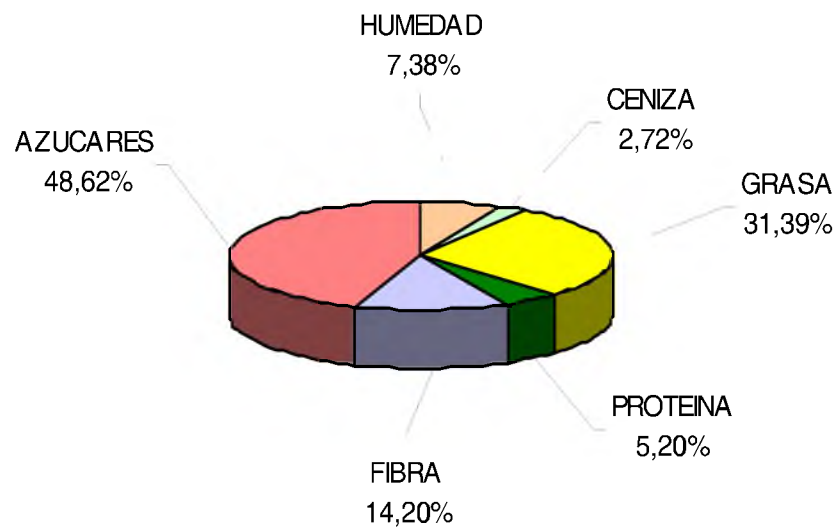


**Figura 7.** Diagrama de flujo para la obtención del cristalizado de uvilla.

Para la determinación del tratamiento óptimo en la elaboración de los chips de uvilla, se tomó como factor ponderante los resultados del nivel de aceptabilidad y con una importancia relativa la actividad de agua del producto, debido a que todos los tratamientos presentaron un nivel de  $a_w$  cercano a 0,5 que hace más improbable un daño por microorganismos en un largo periodo de tiempo.

El fin de la vida útil en los *snacks* fritos está determinado por la rancidez de la grasa, acelerada por exposición al oxígeno, luz y humedad. El tiempo de vida útil del chip de uvilla se estimó en 7 meses, tiempo durante el cual no se alteran sustancialmente sus características microbiológicas y químicas, que permiten obtener un producto seguro para el consumo. A la durabilidad del producto contribuyen las condiciones del proceso, el empaque utilizado (BOPP Metalizado 20  $\mu$ ; PEBD Natural 35  $\mu$ ) y la atmósfera modificada utilizando una mezcla gaseosa comercial de CO<sub>2</sub> (39,5 %) y N<sub>2</sub> (balance) (Arias, 2008).

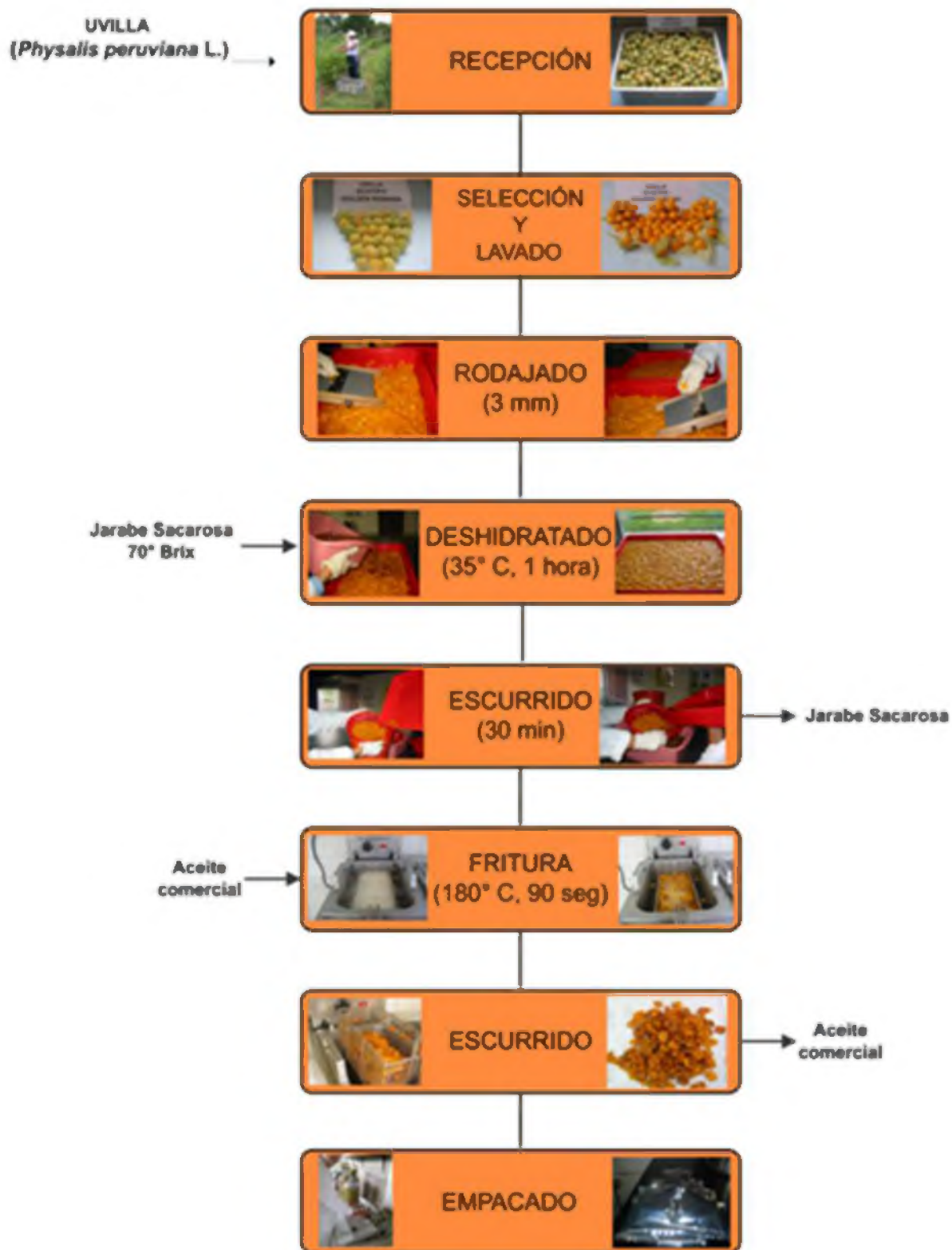
La Figura 8 muestra la composición nutricional del chip, observándose un contenido de azúcares totales de 48,62 %, el mismo que se alcanzó durante la deshidratación osmótica de las rodajas en una solución concentrada de sacarosa. El contenido de humedad final es de 7,38 %, evidenciando una pérdida del 90 % de agua en las rodajas de uvilla, con respecto a la humedad inicial del fruto fresco, ésta reducción del contenido de agua ayuda a alargar la vida útil del producto.



**Figura 8.** Composición nutricional del chip de uvilla.

Al aplicar diferentes tecnologías de procesamiento a la uvilla se puede obtener productos agradables listos para el consumo, que preservan en buena parte el contenido nutricional de la fruta fresca y proporcionan una nueva opción de comercialización a esta fruta. En la Figura 9 se presenta el diagrama de flujo para la obtención de los chips de uvilla.





**Figura 9.** Diagrama de flujo para la obtención de los chips de uvilla.

## PRODUCTOS DESHIDRATADOS

Las formas de conservación son simplemente adecuaciones a las cuales se someten estas con el fin de ampliar su vida útil o de consumo, es decir, transformar dichos alimentos, mediante la utilización de diferentes procesos tecnológicos en productos de buena aceptabilidad por parte de los consumidores. Además de garantizar de que son sanos e inocuos y que aportan diferentes compuestos nutritivos que deben ser consumidos por el hombre para mantener una buena salud y nutrición.

La osmodeshidratación en frutas es una técnica de conservación que implica la concentración de sólidos es decir, la cantidad de azúcar contenida en el fruto, tanto por el agua que se extrae del alimento, como por los sólidos que le ingresa. Este es un proceso espontáneo que ocurre al sumergir un alimento (entero o en trozos) en una solución hipertónica (de elevada concentración) que puede estar compuesta por azúcares, sales o alcoholes compatibles con los alimentos (Barat *et al.*, 1998).

Los factores óptimos para la elaboración de uvilla deshidratada son el pre tratamiento en una solución de ácido cítrico y sulfito de sodio, la temperatura de inmersión es de 50 °C y el tiempo de inmersión de 4 min., con las que se consigue un producto de buena calidad organoléptica y nutricional al decir del panel sensorial, con una concentración de sólidos solubles de 35 – 38 °Brix, una pérdida de peso del 30 % y una pérdida de agua del 53 %.

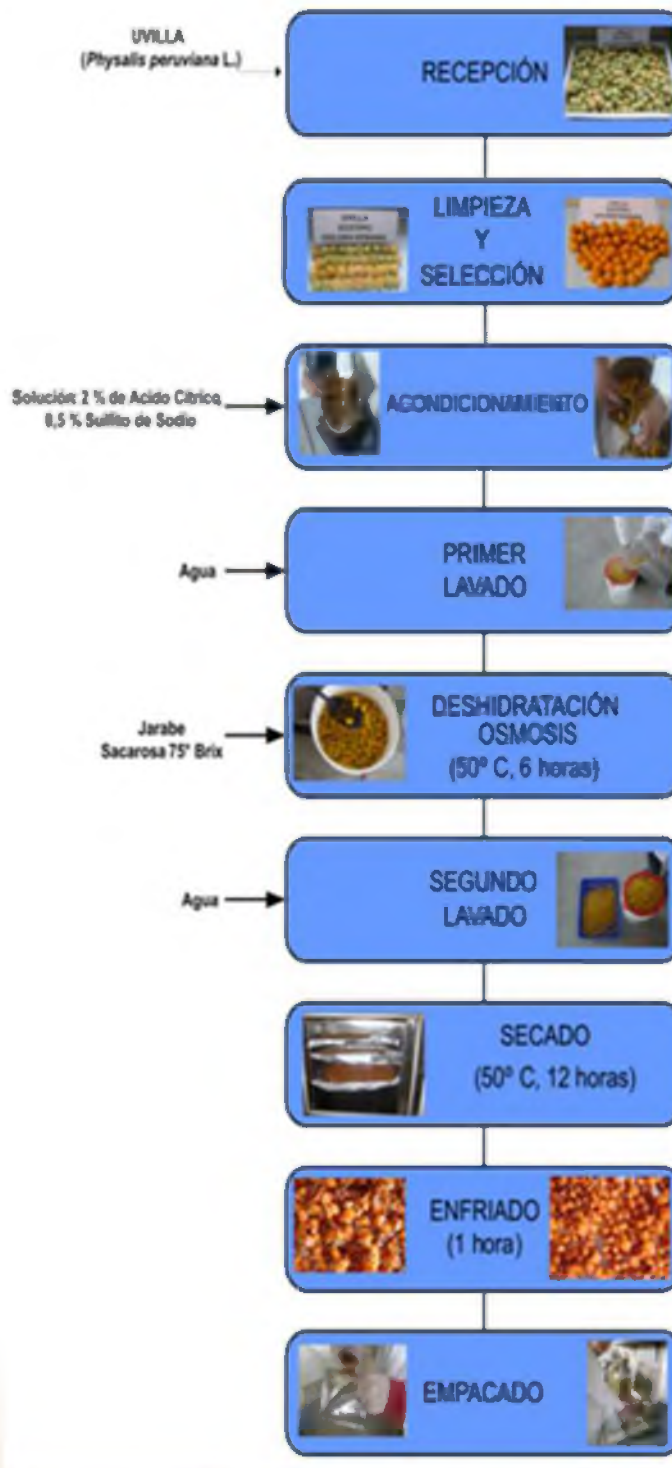
En el proceso es importante el acondicionamiento que sirve para potenciar y mantener el color de la fruta. El grado de aceptación mostró que las dos presentaciones, con y sin pedúnculo, resultaron agradables al consumidor. El tiempo de vida útil de la uvilla deshidratada fue 9 meses, tiempo en el cual el producto mantiene sus características propias sin sufrir alteración en envases de polietileno de alta densidad (PEHD) con una mezcla gaseosa comercial de CO<sub>2</sub> (39,5 %) y N<sub>2</sub> (balance), se puede utilizar N<sub>2</sub> calidad alimenticia pero se tendría que probar si la vida útil es igual.

En la Tabla 7 se presenta la caracterización química de la uvilla osmodeshidratada. La pérdida de agua se traduce a una pérdida de peso por efecto del proceso.

**Tabla 7.** Caracterización química de la uvilla osmodeshidratada.

Parámetros químicos	
Humedad (g/100 g)	16,22
Ceniza (g/100 g)	0,80
Extracto Etéreo (g/100 g)	0,24
Proteína (g/100 g)	0,20
Fibra (g/100 g)	3,44
Carbohidratos Totales (g/100 g)	79,00
Acidez titulable (g ác.cítrico/100 g)	1,20
pH	4,00
Vitamina C (mg/100 g)	83,68
Sólidos solubles (°Brix)	38,00

Existe una concentración de algunos componentes nutricionales como la grasa y colorantes, la proteína y los azúcares, sin embargo, el contenido de cenizas, fibra y vitamina C se ven disminuidos. No existe una marcada variación en la acidez con relación a la fruta fresca, 38 °Brix de sólidos solubles es adecuado para estos productos, además que se asegura la conservación a través de la disminución del agua y la concentración del sólidos dentro de la fruta. En la Figura 10 se presenta el diagrama de flujo para la obtención de los deshidratados de uvilla.



**Figura 10.** Diagrama de flujo para la obtención de los deshidratados uvilla.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados y productos entregados aportan la experiencia en el área por parte de los autores. Los temas se han desarrollado en cuatro secciones, que corresponde a la caracterización física, química y nutricional; estudio de las condiciones óptimas de operación para la obtención de pulpas, jugos clarificados, concentrados y otros productos de uvilla; estudio de la composición aromática en el jugo de uvilla: enzimado, centrifugado, micro y ultra filtrado; y la obtención de snacks (cristalizados, chips y deshidratados).

## AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, proyecto FTG 14-03, convenio RF-0306-R, por el financiamiento otorgado el mismo que permitió la obtención de los resultados presentados en esta publicación. Los autores agradecen al equipo técnico del proyecto en Ecuador por su excelente asistencia técnica y compromiso establecido durante la ejecución del proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arias J. 2008. Aprovechamiento agroindustrial de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) para la obtención de productos cristalizados y chips. Tesis de Ingeniera Agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional. Quito, EC.
- Arthey D., Ashurst PR. 1997. Procesado de Frutas. Zaragoza, ES, Acribia. pp. 230-232.
- Badillo M. 2008. Optimización de los parámetros de operación para la obtención de jugo clarificado de uvilla (*Physalis peruviana* L.) utilizando la microfiltración tangencial. Tesis de Ingeniera Agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional. Quito, EC.
- Barat J., Maupoey P., Graw A. 1998. Deshidratación osmótica de alimentos. Valencia, ES. Universidad Politécnica de Valencia, Dpto. de Tecnología de Alimentos. p. 1-18, 53-70.
- Barragán J. 2008. Caracterización del uso de la ultrafiltración tangencial para la concentración de biomoléculas de uvilla (*Physalis peruviana* L.) y granadilla (*Passiflora ligularis* L.). Tesis de Ingeniero Agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional. Quito, EC.
- Casp A., Abril J. 2003. Procesos de conservación de alimentos. 2ed. Madrid, ES, Mundi-Prensa. pp. 34-40; 69-71; 384; 385.
- Cheryan M. 1998. Ultrafiltration and Microfiltration. Handbook. Technomic publication. Lancaster, Pennsylvania, USA.



- Fellows P. 2000. Food Processing Technology. Principles and practice. 2ed. Washington DC, CRC Press LLC.
- Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria [FONTAGRO]. 2010. Proyecto 14: Desarrollo tecnológico para el fortalecimiento del manejo de poscosecha de frutales exóticos exportables de interés para los países andinos: uchuva (*Physalis peruviana* L.), granadilla (*Passiflora ligularis* L.) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Cav). En: <http://www.fontagro.org/proyectos/desarrollo-tecnol%C3%B3gico-para-el-fortalecimiento-del-manejo-de-poscosecha-de-frutales-ex%C3%B3tic> (12/05/2013).
- Huisman I. 1998. Crossflow Microfiltration of particule suspensions. The Influence of Hydrodynamics and Physico-Chemical Interactions. Department of Food Engineering. Lund University. pp. 15-21.
- Jaramillo MI. 2004. Determinación de Monosacáridos por Cromatografía en fase Gaseosa para caracterizar la pared celular de las frutas. Tesis Licenciada en Química. Pontificia Universidad Católica. Quito, EC.
- Medina G. 2006. Determinación del potencial nutritivo y nutraceútico de dos ecotipos de uvilla (*Physalis peruviana* L.) y granadilla (*Passiflora ligularis* L.). Tesis de Doctora en Bioquímica y Farmacia. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba, EC.
- Millán P. 2003. Desarrollo de una preparación enzimática para la licuefacción de los polisacáridos purificados de la pared celular de la mora (*Rubus glaucus* Benth). Tesis en Maestría en Ciencia de Alimentos. Escuela Politécnica Nacional. Quito, EC.
- Villacrés E., Peralta E., Egas L., Mazón N. 2011. Potencial agroindustrial de la quinua. Boletín técnico N° 146. Departamento de Nutrición y Calidad. E. E. S. C. INIAP. Quito, EC. pp. 17-18.
- Zeman L., Zydney A. 1996. Microfiltration and Ultrafiltration principles and applications. Marcel Dekker Inc. New York, USA.