



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS Y TECNOLOGÍA QUÍMICA

**DESARROLLO DE PRODUCTOS TRATADOS POR
PROCESOS TÉRMICOS Y NO TÉRMICOS A PARTIR
DEL FRUTO *Physalis Peruviana Linnaeus***

*Proyecto CORFO: Generación de valor agregado al fruto de Physalis Peruviana
mediante tecnológicas de procesamiento.*

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA EN ALIMENTOS
CLAUDIA CAMILA HERNÁNDEZ TOLEDO

Patrocinante y Director

EDUARDO CASTRO MONTERO

Ingeniero Civil Químico

Magíster en Ciencia de los Alimentos

Director

DR. LUIS PUENTE DIAZ

Ingeniero en Alimentos

Dr. en Tecnología de Alimentos

Santiago, Chile

2013

*Dedicado con amor
a mis padres, y a
mi hermano, Álvaro*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quisiera agradecer a Dios y a mi familia por ser el pilar fundamental en mi vida.

A mis padres y a mi hermano Álvaro, a quienes dedico este trabajo; por su incondicional e infinito amor, por entregarme día a día el apoyo y las herramientas necesarias para lograr con éxito esta etapa.

A mi padre, por tu apoyo, por disfrutar de cada uno de mis logros, por darme la vida que tengo y por entregarme la gran posibilidad de convertirme en lo que soy hoy. Este logro es nuestro, porque sé que lo disfrutas tanto como yo. Gracias!

A mi madre, por tu entrega total, por tu dedicación, tu paciencia y comprensión. Por acompañarme y guiarme en cada etapa de mi vida. Gracias por ser incondicional y por estar siempre para mí.

A mis amigos y a todas las personas que formaron parte de mi vida en este tiempo, gracias por los inolvidables momentos compartidos y por hacer de estos años una hermosa etapa. Espero que los lazos que hemos formado perduren en el tiempo, y que hoy solo sea el final de la etapa académica.

A mis directores de tesis, profesor Eduardo Castro, por apoyarme y guiarme en el desarrollo de este trabajo, y a lo largo de toda la carrera por su formación académica. Al profesor Luis Puente, por su incondicional apoyo tanto en la memoria, como en lo personal, infinitas gracias por ayudarme a conseguir uno de mis grandes sueños.

A Nubián, por compartir conmigo la última etapa de este ciclo. Gracias por tu apoyo, comprensión y el amor que me entregas.

Y finalmente quiero agradecer a todos quienes colaboraron de alguna forma en la realización de esta memoria, especialmente a Don Carlos y Don Manuel.

Muchísimas Gracias!

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	2
2.1. Materia prima (<i>Physalis Peruviana L.</i>)	2
2.1.1. Antecedentes generales	2
2.1.2. Taxonomía.....	3
2.1.3. Morfología.....	4
2.1.4. Condiciones de Cultivo	5
2.1.5. Caracterización físico-química	5
2.1.6. Información Nutricional	6
2.1.7. Beneficios y compuestos bioactivos.....	7
2.2. Estudio de Mercado	8
2.2.1. Situación en Colombia, principal productor.....	8
2.2.2. Situación en Chile.....	9
2.2.3. Productos procesados a partir de physalis	10
2.3. Generalidades de los jugos o zumos a base de fruta	11
2.3.1. Definición de jugo o zumo puro	11
2.4. Generalidades de las conservas	11
2.4.1. Definición de conserva	11
2.5. Tratamientos de conservación	11
2.5.1. Tratamientos térmicos	12
2.5.2. Tratamiento no térmico.....	15
III. HIPÓTESIS	18
IV. OBJETIVOS	18
4.1. Objetivos generales	18
4.2. Objetivos específicos	18
V. MATERIALES Y METODOLOGÍA	19
5.1. Lugar de ejecución	19
5.2. Materia prima	19
5.3. Materiales	19

5.4. Metodología de análisis	20
5.5. Zumo pasteurizado	22
5.5.1. Diseño experimental	22
5.5.2. Preparación de zumo pasteurizado	24
5.6. Zumo presurizado	25
5.6.1. Diseño experimental	25
5.6.2. Preparación de zumo.....	26
5.7. Conservas	27
5.7.1. Condiciones óptimas del tratamiento	27
5.7.2. Preparación de las conservas	29
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	30
6.1. Caracterización materia prima.....	30
6.1.1. Peso y Diámetro	30
6.1.2. Caracterización físico-química	31
6.1.3. Color.....	32
6.1.4. Textura	33
6.1.5. Contenido compuestos bioactivos	34
6.1.6. Capacidad antioxidante	34
6.1.7. Ensayos Microbiológicos	35
6.2. Zumo Pasteurizado.....	36
6.2.1. Respuestas del diseño experimental	36
6.2.2. Optimización.....	36
6.2.3. Caracterización del zumo optimizado	41
6.3. Zumo presurizado	48
6.3.1. Respuestas del diseño experimental	48
6.3.2. Optimización	49
6.3.3. Caracterización del zumo optimizado	52
6.4. Conservas	54
6.4.1. Caracterización físico-química	55
6.4.2. Color.....	56
6.4.3. Textura	57
6.4.4. Contenido compuestos bioactivos	57
6.4.5. Capacidad antioxidante	58
6.4.6. Evaluación sensorial.....	59
VII. CONCLUSIONES	60
VIII. BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	68

RESUMEN

“Desarrollo de productos tratados por procesos térmicos y no térmicos a partir del fruto *Physalis Peruviana Linnaeus*”

En los últimos años el incremento del consumo de productos no tradicionales con alto valor nutricional, exige a la industria alimentaria aplicar técnicas de preservación mínimas para obtener productos con alto valor agregado y con características similares a las de la materia prima fresca. El physalis, podría promover este desarrollo industrial, ya que es un fruto que contiene entre otros nutrientes, compuestos bioactivos como el ácido ascórbico, β -caroteno, compuestos fenólicos, entre otras vitaminas que podría proporcionar un efecto fisiológico beneficioso en la salud.

Sobre este marco, el objetivo de este trabajo fue desarrollar conservas y zumos a partir de physalis, aplicando tratamientos de pasteurización, esterilización y altas presiones hidrostáticas.

Se optimizaron los tratamientos para la obtención de zumos, obteniéndose que los procesos óptimos fueron 75°C por 4 min y 500 MPa por 1 min, para el proceso de pasteurización y presurización, respectivamente. A las conservas se les aplicó un tratamiento térmico de 93°C por 14 min, para obtener una mayor retención del contenido de ácido ascórbico.

Fue posible obtener los productos y realizar la caracterización físico-química de ellos, análisis de color, ensayos de textura y reología, cuantificación de compuestos bioactivos, capacidad antioxidante, ensayos microbiológicos y evaluaciones sensoriales. De los resultados obtenidos se concluyó que es factible desarrollar estos productos, sin embargo se sugiere realizar estudios de vida útil y evaluaciones sensoriales más extensas y específicas, para introducir estos productos al mercado y permanecer en él de forma exitosa.

ABSTRACT

“Development of products treated by thermal and non-thermal processes from the fruit of *Physalis Peruviana Linnaeus*”

In the last years the increase in the consumption of non-traditional products with high nutritional value, demands the food industry to apply minimum preservation techniques to obtain high value-added products with similar characteristics to those of fresh material. *Physalis* could promote this industrial development, since it is a fruit that contains among other nutrients, bioactive compounds such as ascorbic acid, β -carotene, phenolic compounds, among other vitamins which could provide a beneficial physiological effect on health.

On this framework, the aim of this work was to develop preserves and juices from *physalis*, applying pasteurization treatments, sterilization and high hydrostatic pressure.

Treatments were optimized on obtaining juices treated by thermal and non-thermal processes; as a result, optimal processes were 75 ° C for 4 minutes and 500MPa for 1 minute, for pasteurization and pressurization processes respectively. Preserves were applied with heat treatment of 93 °C for 14 minutes to obtain a greater retention of ascorbic acid.

It was able to obtain the products and then perform different analyzes of them such as physico-chemical characterization, color analysis, texture and rheology tests, quantification of bioactive compounds, antioxidant capacity and microbiological and sensory evaluation tests. From these analyzes it was concluded that it is feasible to develop these products, however it is suggested perform lifetime studies and more extensive and specific sensory evaluations in order to introduce these products to market and remain there successfully.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el incremento del consumo de productos no tradicionales con alto valor nutricional y los requerimientos mundiales de conservación de alimentos, exigen a la agroindustria aplicar técnicas de preservación mínimas para obtener productos con alto valor agregado y con características similares a las de la materia prima fresca.

Una de las especies frutales que permitiría promover el desarrollo agroindustrial en Chile es el physalis (*Physalis peruviana L.*), originario de los Andes sudamericanos, específicamente de Perú. Pertenece a la familia de las Solanáceas, al género *Physalis*, y posee distintas y varias denominaciones comunes, en Chile se conoce por “goldenberries” o “physalis” (Puente, 2012).

Desde el punto de vista nutricional posee propiedades importantes lo que constituye un eje esencial para direccionar su procesamiento industrial. Contiene entre otros nutrientes, compuestos bioactivos como el ácido ascórbico, β -caroteno (provitamina A) compuestos fenólicos, y otras vitaminas que podría proporcionar un efecto fisiológico beneficioso en la salud (Encina, 2006).

Dentro de las diferentes tecnologías en la industria alimentaria, tanto en lo referido a conservación como opciones de consumo, se encuentran las conservas y los zumos, entre otras. Las primeras consideran el tratamiento llamado esterilización comercial, mientras que los zumos pueden ser tratados tanto con tratamientos térmicos (pasteurización) como no térmicos (altas presiones hidrostáticas).

El objetivo de este trabajo fue desarrollar conservas y zumos a partir de physalis, aplicando los tratamientos de pasteurización, esterilización comercial y altas presiones hidrostáticas y estudiar el efecto en los productos obtenidos.

II. MARCO TEORICO

2.1. Materia prima (*Physalis Peruviana* L.)

2.1.1. Antecedentes generales

Physalis peruviana L., es una planta originaria de los Andes sudamericanos, específicamente de Perú. Posee distintas y varias denominaciones comunes, en Chile se conoce por “goldenberries” o “physalis”, en Colombia “uchuva”, en Ecuador “uvilla”, en Perú “aguaymanto”, en España “alquequenje” y en Sudáfrica “cape gooseberry”. (Cruzat y Honorato, 2010)

Pertenece a la familia de las Solanáceas y al género *Physalis*, cuenta con más de ochenta variedades que se encuentran en estado silvestre y que se caracterizan porque sus frutos están encerrados dentro de un cáliz o cápsula.



Figura 1. Fruto *Physalis peruviana* L.

Una planta de physalis puede producir cerca de 300 frutos, que son una baya jugosa en forma de globo u ovoide que se puede observar en la figura 1, tienen un diámetro variable entre 1,25 a 2,15 cm y un peso de 4 a 10 g, contiene unas 100 a 300 semillas, su piel es delgada y lustrosa y está recubierta con un cáliz de 5 sépalos que le otorga gran protección natural (Valencia, 1985).

El fruto está compuesto aproximadamente por un 70% de pulpa; 6,4% de cáliz y la semilla/cáscara, 23,6 % (Torres, 2011).

El color característico de la uchuva se encuentra en los cromoplastos los cuales contienen carotenoides que son los pigmentos amarillo-rojizos de las frutas. Durante la maduración varía de color amarillo al ocre o amarillo a naranja y su sabor va desde ácido hasta muy agrio. (Wills *et al.* 1984).

La fruta presenta un comportamiento climatérico, siendo el peak a los 64 días después de la floración, y su madurez fisiológica se da en el día 56. (Alvarado *et al.* 2004).

El tiempo de vida de la uchuva con cáliz es de un mes, mientras que sin cáliz es de 4 a 5 días aproximadamente. En estado de refrigeración el fruto sin cáliz puede llegar a durar hasta un mes y medio en condiciones óptimas. (Cedeño *et al.*, 2004)

2.1.2. Taxonomía

La clasificación botánica del fruto *Physalis* se encuentra bien definida, y se presenta a continuación en la tabla n° 1.

Tabla 1. Taxonomía del fruto *Physalis peruviana* L.

Reino	<i>Vegetal</i>
Tipo	<i>Fanerógamas</i>
Clase	<i>Dicotiledónea</i>
Subclase	<i>Metaclamidea</i>
Orden	<i>Tubiflora</i>
Familia	<i>Solanácea</i>
Género	<i>Physalis</i>
Especie	<i>Physalis Peruviana L.</i>

(Basoalto, 2004)

2.1.3. Morfología

La *Physalis peruviana* es una planta perenne, herbácea, semiarbusciva y fuertemente ramificada, en condiciones normales puede crecer entre 1,10 y 1,50 m pero bajo condiciones de invernadero, con podas y espaldera, puede llegar a pasar los 2 m (Almanza y Fischer, 2013).

Raíz

Fibrosa, pivotante y muy ramificada. Presenta una profundidad promedio entre 0,5 y 0,8 m.

Tallo

Tallo herbáceo y quebradizo, cubierto de vellosidades color verde. En sus nudos posee varias yemas de donde nace una hoja, otra rama y una flor. Su altura promedio es de 1,8 m.

Hojas

Presenta hojas simples, enteras y acorazonadas, pubescentes, distribuidas en forma alterna desde la base del tallo hasta el ápice.

Flores

Las flores son grandes, abiertas, en forma de campana, son amarillas con manchas purpúreas en el interior.

Fruto

Es una baya carnosa, envuelta en un cáliz globoso de 5 lóbulos, que van creciendo hasta envolver completamente al fruto.

Semillas

Su color es blanco crema y presentan forma elíptica.
(Basoalto, 2004).

2.1.4. Condiciones de Cultivo

Esta planta se adapta fácilmente a una amplia gama de condiciones agroecológicas, ya sea en campo abierto o bajo cubierta. Estas condiciones se presentan en la tabla n° 2.

Tabla 2. Condiciones de cultivo de *Physalis peruviana* L.

Clima	Templado
Temperaturas óptimas	22 a 29 °C
Humedad Relativa	70 a 80%
Pluviosidad	500 a 2000 mm
Altitud	1 a 3600 m.s.n.m.
Luminosidad	Alta
Suelos	Se adapta fácilmente a diversas condiciones

(Basoalto, 2004)

2.1.5. Caracterización físico-química

Estos frutos presentan niveles de humedad altos propios de los vegetales frescos, una alta actividad de agua y contenido medio en sólidos solubles como se observa en la tabla n° 3.

Tabla 3. Caracterización físico – química del fruto *Physalis peruviana* L.

Parámetro físico-químico	Duque (2011)	Restrepo (2008)	Botero (2008)
Humedad (%)	80,0 ± 1,00	-	-
Actividad de agua	0,987 ± 0,00	0,985 ± 0,00	0,989 ± 0,03
°Brix	13,8 ± 0,80	13,80 ± 0,32	13,73 ± ,49
pH	3,78 ± 0,10	3,39 ± 0,06	3,67 ± 0,12
Acidez (*)	1,58 ± 0,10	2,10 ± 0,26	1,90 ± 0,26
Densidad (g/ml)	0,96 ± 0,10	-	-

(*) Reportada como porcentaje de ácido cítrico

(-) Datos no reportados

2.1.6. Información Nutricional

Después del agua, los carbohidratos son los compuestos presentes en mayor proporción en la pulpa, vale destacar también los azúcares, las pectinas y almidones. También se encuentra varios ácidos que le dan el carácter ácido y contribuyen a sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales.

Tabla 4. Composición nutricional por cada 100 g de pulpa.

Componente	Contenido por 100 g
Calorías	54,0
Agua	79,6
Proteína	1,10 g
Grasa	0,40 g
Carbohidratos	13,1 g
Fibra	4,80 g
Cenizas	1,00 g
Calcio	7,00 mg
Fosforo	38,0 mg
Hierro	1,20 mg
Vitamina A	1,1 mg (648 UI)
Tiamina	0,18 mg
Riboflavina	0,03 mg
Niacina	1,30 mg
Ácido ascórbico	26,0 mg

(Torres, 2011)

2.1.7. Beneficios y compuestos bioactivos

La uchuva (*Physalis peruviana L.*) contiene entre otros nutrientes, compuestos bioactivos como el ácido ascórbico, β -caroteno (provitamina A) compuestos fenólicos, entre otras vitaminas que podría proporcionar un efecto fisiológico beneficioso en la salud, mayor que el proporcionado por los nutrientes sencillos que contiene.

El ácido ascórbico (presente en el fruto alrededor de 28,55 mg/100 g) se requiere para el crecimiento y reparación de tejidos en todas las partes del cuerpo. Es necesario para formar el colágeno, el tejido cicatricial, los tendones, los ligamentos y los vasos sanguíneos. El ácido ascórbico tiene actividad de vitamina C, además es un antioxidante y como tal es un nutriente que bloquea parte del daño causado por los radicales libres (Encina, 2006).

De todas las sustancias, el β -caroteno (presente en la uchuva hasta en 1,77 mg /100 g) ha sido uno de los más estudiados, numerosas investigaciones han mostrado que aquellas personas que siguen una dieta rica en β -caroteno, tiene menor predisposición frente a enfermedades cardiovasculares y cáncer. El β -caroteno es un importante agente anti-radicales libres siendo muy útil en el tratamiento de diferentes tipos de cáncer (Auroma, 1999).

Según Murillo (2005), los compuestos fenólicos presentan un número variable de grupos hidroxilo fenólicos y excelentes propiedades de quelación del hierro y otros metales de transición, lo que les confiere una gran capacidad antioxidante, por ello desempeñan un papel esencial en la protección frente a los fenómenos de daño oxidativo y tienen efectos terapéuticos en un elevado número de patologías, incluyendo la aterosclerosis o el cáncer.

Se le han atribuido muchas propiedades medicinales tales como antiasmático, diurético, antiséptico, sedante, analgésico, fortifica el nervio óptico, alivia problemas de garganta, elimina parásitos intestinales; además se reportan sus propiedades antidiabéticas, recomendando el consumo de 5 frutos diarios. (Rodríguez *et al.* 2007)

Todas las propiedades mencionadas anteriormente, se atribuyen al contenido de compuestos bioactivos, los cuales se presenta en la siguiente tabla n° 5.

Tabla 5. Contenido de compuestos bioactivos de *Physalis Peruviana L*

Componente	Contenido
Ácido ascórbico (mg / 100g)	28,55 ± 0,10
Carotenos totales (mg de β-caroteno/100g)	1,77 ± 0,02
Compuestos fenólicos (mg ácido clorogénico/100 g)	79,23 ± 0,41
Capacidad Antioxidante DPPH (μg eq trolox/g)	249,23 ± 8,01
Capacidad Antioxidante ABTS (μg eq trolox/g)	288,95 ± 3,62

(Encina, 2006)

2.2. Estudio de Mercado

2.2.1. Situación en Colombia, principal productor

Colombia es el principal productor, con cerca del 90% del total mundial. A menor escala están Sudáfrica, Ecuador, Perú, Zimbawe y México y hay experiencias menores en España, Francia, el sur de Italia, Australia, India, Reino Unido, Chile y Kenia.

Según datos del Ministerio de Agricultura de Colombia la producción de uchuva en el país ha crecido significativamente en la última década. Entre el año 2000 y el 2008, el área de cultivo aumentó en un 185%, de 316 a 900 ha. La producción, por su parte, durante ese mismo periodo, se incrementó desde 633 ton en el 2000 a 16.000 ton en el 2008 (Puente, 2012).

El promedio de los precios de exportación de este país están en torno a 3,8 USD/kg FOB, si se consideran los últimos 10 años.

El consumo *per cápita* en Colombia creció a una tasa anual promedio de 42,21% en el período 1998-2003, pasando de 0,01 kg en 1998 a 0,16 kg por persona al año en el 2003.

2.2.2. Situación en Chile

En un registro de “berries no tradicionales en Chile”, levantado por INDAP en el año 2004, se asigna a esta especie una superficie de 8 hectáreas. En el último Censo Agropecuario del 2007, la especie no figura, o es parte de un subgrupo amplio de “otros frutales”. Al año 2011, según información de Prochile, este cultivo, se cuenta con alrededor de 5,5 ha a nivel nacional (Puente, 2012).

Por otro lado, es importante señalar que la literatura y la información recogida de la industria permiten estimar que el rendimiento promedio nacional de *Physalis peruviana* es de 6.000 kg/ha, en las condiciones y conocimiento actuales del cultivo en Chile.

A partir de datos de exportación obtenidos de la Asociación de Exportadores - ASOEX, en el período 2004 al 2009, es posible advertir que entre la IV y X región, incluyendo la RM, hay experiencias de cultivo para esta especie. Sin embargo, el 90% de la producción se concentra en las regiones IV, V, VI, VII, en similares proporciones (Puente, 2012).

En Chile, las primeras exportaciones de *Physalis Peruviana L.* se registran en la temporada 2003 - 2004. En esa primera temporada se exportaron un poco más de 2.000 kg; en la temporada 2006/07 el volumen subió ligeramente a 2.500 kg; mientras que en la última temporada 2008-2009 los volúmenes no superaron los 500 kg. Japón ha sido el principal destino de las exportaciones de fruta fresca de uchuva chilena, donde Vital Berry M. y Hortifrut Chile son las principales empresas exportadoras y presentes en cada temporada desde el 2003 a 2004. El precio promedio hacia el

comercio exterior es de US\$FOB 5,66/kg., lo que diferencia a Chile de Colombia, en que este último ha orientado su producción especialmente al mercado europeo (Puente, 2012).

2.2.3. Productos procesados a partir de physalis

Con respecto a la industrialización del fruto, existen productos disponibles, dividiéndose de acuerdo a las tecnologías empleadas para su obtención. A continuación se detallan los diferentes tipos y niveles de procesamiento.

- **Frutos con bajo nivel de procesamiento (frescos)**

El nivel más simple de procesamiento corresponde a los frutos en estado fresco en dos tipos de presentaciones: fruto entero con y sin cáliz.

- **Frutos deshidratados**

Pueden ser obtenidos mediante secado por aire caliente, o también se encuentran los productos deshidratados por sublimación (liofilizados).

- **Frutos tratados térmicamente**

En el grupo de los frutos procesados mediante el empleo de altas temperaturas se encuentran los productos esterilizados comercialmente en envases de hojalata y vidrio. También se puede procesar empleando procesos térmicos menos agresivos como la pasteurización, para este caso, generalmente se realizan procesos previo de molienda/trituración y separación según sea el caso. Es posible encontrar productos adicionados de azúcar y concentrados bajo la forma de mermeladas.

- **Frutos tratados con bajas temperaturas**

Con respecto al procesamiento de frutos mediante bajas temperaturas se encuentran frutos procesados por congelamiento rápido individual y refrigeración.

Además existen productos elaborados a partir de Physalis que se encuentran en el contexto de confitería, repostería, entre otros.

2.3. Generalidades de los jugos o zumos a base de fruta

2.3.1. Definición de jugo o zumo puro

Según el artículo 482 del Reglamento Sanitario de los Alimentos “jugo o zumo puro de fruta u hortaliza es el producto sin fermentar, pero fermentable, pulposo, turbio o claro, destinado al consumo directo, obtenido por procedimientos mecánicos a partir de frutas u hortalizas maduras en buen estado o de sus carnes y conservados exclusivamente por medios físicos. El jugo podrá haber sido concentrado y luego reconstituido con agua para conservar la composición esencial y los factores de calidad del mismo”. (Ministerio de Salud, 2010)

2.4. Generalidades de las conservas

2.4.1. Definición de conserva

“Conserva es el producto alimenticio contenido en envase herméticamente sellado y que ha sido sometido posteriormente a un tratamiento térmico que garantice su esterilidad comercial” (Ministerio de Salud, 2010).

“Un envase herméticamente sellado es aquel que ha sido diseñado para impedir la entrada de microorganismos durante y después del tratamiento térmico, con el objeto de mantener la esterilidad comercial” (Ministerio de Salud, 2010).

2.5. Tratamientos de conservación

En general, los alimentos son perecederos sino se ha intervenido para que esto no ocurra, por lo que necesitan ciertas condiciones de tratamiento, conservación y manipulación. La principal causa de deterioro es el ataque por diferentes tipos de microorganismos, como las bacterias, hongos y levaduras.

Se debe tener en cuenta que los alimentos alterados por la acción de los microorganismos pueden resultar muy perjudiciales para la salud del consumidor. La toxina botulínica, producida por el *Clostridium botulinum*, en las conservas mal

esterilizadas, embutidos y en otros productos, es una de las sustancias más venenosas que se conocen. Otras sustancias producidas por el desarrollo de ciertos mohos son potentes agentes cancerígenos. Es por estas razones que se hace conveniente evitar la alteración de los alimentos (Simpson, 2008).

Existen diferentes métodos de conservación, entre ellos se encuentran los tratamientos térmicos y no térmicos, los cuales se detallan a continuación:

2.5.1. Tratamientos térmicos

El objetivo de los procesos térmicos en alimentos es obtener productos estables y seguros, en los cuales no se produzca deterioro y estén libres de organismos patógenos.

Un importante factor a la hora de decidir la severidad del tratamiento térmico es el pH del producto, el cual puede variar desde pH neutro (pH 7) a ácido (alrededor de pH 2,8). La intoxicación alimentaria producida por el *Clostridium botulinum* y otros tipos de bacterias esporuladas y no esporuladas, son inhibidas a pH inferiores a 4,5. En consecuencia esta es la línea divisoria para establecer la severidad del proceso térmico.

Es posible identificar al menos cuatro grupos de productos, clasificados de acuerdo a su pH:

- Productos de baja acidez: pH sobre 5,0
- Productos de acidez media: pH entre 4,5 y 5,0
- Productos ácidos: pH entre 3,7 y 4,5
- Productos de alta acidez: pH bajo 3,7

Otro factor que debe tenerse en cuenta, es la carga microbiana inicial del producto, la cual puede ser controlada de cierta forma tomando precauciones en la manipulación del alimento bajo condiciones higiénicas adecuadas.

Los alimentos ácidos y de alta acidez incluyen las mayorías de las frutas, que normalmente contienen altos niveles de ácidos orgánicos.

Debido al alto contenido de ácidos en estos alimentos (pH < 4,5) los microorganismos patógenos, incluyendo el *Clostridium botulinum*, no son capaces de crecer en estas condiciones. Se asume generalmente que cuanto mayor es la acidez en el alimento, menos probable es la germinación y crecimiento de las esporas.

Los microorganismos típicos asociados a los alimentos de alta acidez, son algunos hongos, levaduras y bacterias ácido lácticas, los cuales pueden ser eliminados con tratamientos térmicos suaves. También hay enzimas resistentes al calor que pueden afectar la calidad del alimento, tales como la pectinesterasa, polifenoloxidasa y peroxidasa, las que pueden ser controladas con un tratamiento térmico adecuado con temperaturas inferiores a 95°C como se observa en la tabla n°6.

Tabla 6. Temperatura mínima de pasteurización para obtener una reducción logarítmica (1D) en unos pocos minutos, en alimentos de alta acidez.

Valor D ≤ 3 minutos								
60°C	65°C	70°C	75°C	80°C	85°C	90°C	95°C	100°C
	<i>Saccharomyces Cerevisae</i>						<i>Alicyclobacillus acidoterrestris, Bacillus spp</i>	
Bacterias ácido lácticas	Hongos y levaduras					<i>Neosartorya fischeri</i>		
				<i>Clostridium pasteurianum</i>		<i>Talaromyces flavus, Eupenicillium javanicum, Clostridium butyricum</i>	<i>Byssoschlamys nivea</i>	
			Polifenoloxidasa Peroxidasa		Pectinesterasa			

Es necesario considerar también, el efecto que tiene el tratamiento térmico sobre el alimentos, tanto en la destrucción de nutrientes, pérdida de vitaminas y/o deterioro de la calidad global del producto (color, textura, etc). Es por esto que se hace necesario

determinar un proceso óptimo que incluya la destrucción de los microorganismos patógenos, prevenga el deterioro del alimento y además conserve su calidad global (Simpson, 2008).

2.5.1.1. Pasteurización

Las primeras investigaciones sobre la pasteurización se llevaron a cabo en el año 1765 por Spallanzani. Él utilizó un tratamiento térmico para retrasar el deterioro y preservar un extracto de carne. Entre 1862 a 1864, Pasteur demostró que con temperaturas aplicadas entre 50°C y 60°C durante un corto periodo de tiempo, efectivamente se eliminaban los microorganismos causantes de deterioro en el vino (Simpson, 2008).

La palabra "pasteurización" tiene su origen en la obra del científico francés Louis Pasteur, y se refiere a un tratamiento térmico suave (60°C - 95°C) que se utiliza para la conservación de alimentos, y que tiene por objetivo inactivar formas vegetativas de microorganismos patógenos y alteradores.

Las temperaturas utilizadas son menores a las del proceso de esterilización comercial, lo que permite una mayor retención de las propiedades originales del alimento, sin embargo, el tratamiento de pasteurización también podría afectar negativamente a la calidad global, por lo que la aplicación de calor debe ser mínima y equilibrada, siendo suficiente para la "descontaminación" del producto, y que al mismo tiempo permita la máxima retención de la calidad original del alimento. La pasteurización se puede combinar con otras tecnologías, tales como la distribución y almacenamiento refrigerado, almacenamiento al vacío o en atmósferas modificadas, conservantes, etc. Esto permitiría la producción de alimentos seguros y reducir al mínimo la degradación del "fresco" organoléptico y calidad nutritiva de los alimentos. (Simpson, 2008).

2.5.1.2. Esterilización comercial

"Esterilidad comercial es el estado que se consigue aplicando calor suficiente, sólo o en combinación con otros procesos de conservación de alimentos, que aseguren la destrucción de formas viables de microorganismos patógenos y de otros

microorganismos capaces de alterar el producto y que pudieran multiplicarse a temperatura ambiente, durante su almacenamiento y distribución”. (Ministerio de Salud, 2010).

Comparada con la pasteurización, la esterilización comercial produce alimentos con tiempos de vida útil muy superiores, que llegan a muchos meses e incluso años. Por otra parte, la calidad organoléptica de los productos esterilizados, no es la mejor, y existen grandes pérdidas de nutrientes si el tratamiento no es bien controlado (Fernández, 2005).

2.5.2. Tratamiento no térmico

2.5.2.1. Altas presiones hidrostáticas

Las presiones utilizadas en la industria alimentaria son del orden de los 300 a 700 MPa. Cabe aclarar que el valor de la presión atmosférica a nivel del mar es del orden de los 0,101325 MPa, de lo que se deduce el motivo de la denominación de “Altas Presiones” a esta tecnología. Cuando el medio transmisor de presión es el agua se denominan altas presiones hidrostáticas, las cuales son las más utilizadas en las industrias (Parzanese, [s.a.]). Esta tecnología es de gran interés en la industria de alimentos debido a que es efectiva en la conservación de estos y destaca sobre los procesos térmicos (Knorr, 1993), pues estos últimos causan inevitablemente una pérdida de nutrientes y sabores.

El tratamiento de los alimentos se puede llevar a cabo sobre los productos ya envasados, si se cumple que los materiales de dicho envase sean lo suficientemente flexibles, impermeables al agua y posean cierre hermético. Este tratamiento se caracteriza por actuar de forma instantánea y uniforme sobre cada uno de los puntos del producto, lo cual independiza la dimensión y características geométricas del alimento a la efectividad del proceso. De esta forma es posible reproducir en todos los lotes los mismos efectos y resultados favorables. (Parzanese, [s.a.]).

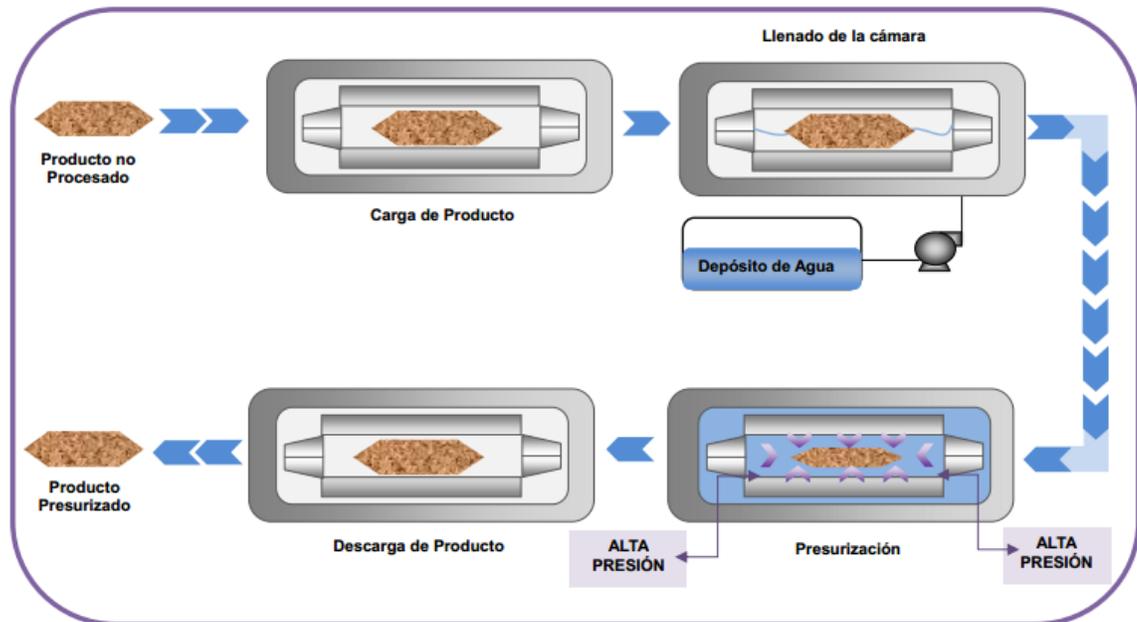


Figura 2. Diagrama de las etapas del proceso de presurización mediante Altas Presiones Hidrostáticas

Cuando un alimento es sometido a altas presiones se observan principalmente los efectos siguientes: modificación del volumen del sistema, modificación de la estructura del almidón y las proteínas, modificación de la actividad enzimática e inactivación de los microorganismos. La tabla nº 7 muestra las condiciones generales de presión en que se producen esos efectos, aunque, en la práctica, son muy variables según el alimento tratado y cada caso requiere un estudio completo (Pérez, 2012).

Tabla 7. Efectos principales del tratamiento de alta presión en los alimentos

Presión (MPa)	Efectos
> 200 MPa	Influencia sobre la cinética enzimática. Modificación de las propiedades físicas de las proteínas. Alteración de la membrana de los microorganismos.
> 300 MPa	Inactivación enzimática irreversible Muerte de los microorganismos
> 400 MPa	Gelificación de los almidones

	Desnaturalización de las proteínas
> 500 MPa	Muerte de las esporas bacterianas Inactivación de las enzimas

Los principios teóricos y científicos en los que se basa esta tecnología son:

Principio de Le Chatelier: Este principio establece que cuando un sistema químico se encuentra en condiciones de equilibrio y experimenta un cambio o variación en su concentración, temperatura, volumen o presión parcial; el sistema modificará sus condiciones para contrarrestar dicho cambio. Específicamente la aplicación de alta presión sobre un sistema provoca un desplazamiento del equilibrio hacia el estado en que ocupa menos volumen. (Parzanese, [s.a.]).

Proceso Isostático: Este principio se refiere a la transmisión uniforme e instantánea a través de todo el material tratado por alta presión, esto evita la generación de zonas que presenten mayores niveles de tratamiento, lo que ocasionaría una deformación y pérdida de integridad del producto. (Parzanese, [s.a.]).

III. HIPÓTESIS

Es posible desarrollar productos a partir del fruto *Physalis peruviana L.*, tales como conservas y zumos con tratamientos térmico de pasteurización y esterilización, y tratamiento no térmico de altas presiones hidrostáticas.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivos generales

- Desarrollar conservas y zumos a partir del fruto *Physalis Peruviana L* aplicando los tratamientos de pasteurización, esterilización y altas presiones hidrostáticas.

4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la materia prima fresca, *Physalis Peruviana L*, mediante análisis físicos, químicos y microbiológicos.
- Optimizar y desarrollar zumo de physalis pasteurizado y establecer los efectos del tratamiento térmico, mediante análisis físicos, químicos, sensoriales y microbiológicos.
- Optimizar y desarrollar zumo de physalis presurizado y establecer los efectos del tratamiento de altas presiones hidrostáticas, mediante análisis físico - químicos.
- Desarrollar conservas de physalis y establecer los efectos del tratamiento térmico, mediante análisis físicos, químicos y sensoriales.

V. MATERIALES Y METODOLOGÍA

5.1. Lugar de ejecución

- La elaboración de los productos, los análisis de las propiedades fisicoquímicas, evaluaciones sensoriales y ensayos microbiológicos, se realizaron en los laboratorios del Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile.
- La aplicación tecnológica de altas presiones hidrostáticas se llevó a cabo en la Universidad de La Serena.
- Los análisis químicos correspondientes a la determinación de compuestos bioactivos fueron desarrollados en el Laboratorio de Alimentos Funcionales de Instituto Universitario de Ingeniería en Alimentos para el Desarrollo (IIAD), de la Universidad Politécnica de Valencia, España.

5.2. Materia prima

Para la realización de este proyecto la industria local Andesberries Chile, ubicada en la ciudad de Talca, VII Región de Chile, facilitó la materia prima (*Physalis Peruviana L.*) necesaria para los ensayos. Para los análisis de compuestos bioactivos se utilizaron physalis adquiridos en una cadena de supermercados, exportados desde Colombia.

5.3. Materiales

- Material de laboratorio (vasos precipitado, bureta, matraz Erlenmeyer, placas de Petri, cajas para a_w Aqua Lab, picnómetro, tubos centrífuga, tubos ámbar, cubetas espectrofotómetro, filtros 0,45 μm , espátulas, jeringas, pipetas graduadas, termómetro, entre otros materiales de uso general).
- Material evaluación sensorial (bandejas, servilletas, fichas de evaluación, recipientes de vidrio, lápices, vasos)

5.4. Metodología de análisis

Los siguientes análisis se realizaron a la materia prima y a los productos elaborados.

- **Pesaje y Rendimiento:** Los frutos fueron pesados en una balanza granataria RADWAG Elektroniczne WTB 3000.
- **Diámetros:** Con un calibrador digital marca Litz, se midió el diámetro ecuatorial y polar de los frutos.
- **Humedad:** La humedad se determinó por el método AOAC 20.013 para frutas ricas en azúcar, en una estufa de vacío Select modelo Vaciotemm –T a temperatura de 60°C.
- **Actividad de Agua (a_w):** La actividad de agua se obtuvo a través de la lectura en el equipo AquaLab modelo 4Te a 25°C.
- **Sólidos solubles:** Los sólidos solubles fueron medidos con un refractómetro ATAGO Master - PM, siguiendo el método AOAC 932.12.
- **pH:** Se realizó a través del método potenciométrico (AOAC 981.12), utilizando el phmetro Mettler Toledo .
- **Acidez titulable:** Se determinó por medio de titulación conforme al método AOAC 942.15, y se expresó en g de ácido cítrico/100 ml.
- **Densidad:** Se determinó por el método de desplazamiento de volumen, utilizando agua destilada como líquido de referencia, para el fruto fresco.
- **Color:** El color de las muestras se obtuvo a través de la técnica de procesamiento y análisis de imágenes. (Anexo 1)

- **Textura:** Se realizaron pruebas de penetración al fruto fresco y a los frutos en conserva, con el equipo de ensayo de materiales Lloyd Instruments LR-5K, conectado a un computador con un software para el análisis de los datos (Dapmat 40- 0465, versión 3.05, Lloyd Instruments Limited, Hampshire, England). Se utilizó un émbolo metálico plano de 5 mm de diámetro, con una velocidad de penetración de 4 mm/s (Marín *et al.*, 2010).
- **Propiedades reológicas:** A los zumos, se le realizaron ensayos de viscosidad y consistencia con el uso de un consistómetro Bostwick (30 s) y viscosímetro Brookfield (aguja nº 63 y velocidad 12 rpm y 6 rpm).
- **Determinación ácido ascórbico:** Se realizó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC Alliance Water 2695). (Anexo 3)
- **Determinación compuestos fenólicos:** Determinado por el Método de Folin – Ciocalteu, por lectura de absorbancias en el espectrofotómetro Thermo Scientific Modelo Helios-Z. (Anexo 4)
- **Determinación capacidad antioxidante:** Se determinó mediante el método del Método del radical libre DPPH y ABTS. (Anexo 5 y 6)
- **Ensayos Microbiológicos:** Se realizaron ensayos microbiológicos de recuento en placa, de microorganismos aerobios mesófilos, hongos y levaduras, utilizando las Normas Chilenas NCh2734.Of2002 y la NCh2659.Of 2002 (INN, 2002).
- **Evaluación sensorial zumo pasteurizado:** Se realizó un test de diferencia contra control para determinar las posibles diferencias entre el zumo fresco y el pasteurizado. El control seleccionado es el zumo fresco. Se utilizó una escala de -5 a +5, con 0 = igual al control. La ficha de evaluación utilizada se presenta en el Anexo 7.

- **Evaluación sensorial conservas:** Se realizó un test de aceptabilidad, con el objetivo de conocer la posible reacción de los consumidores ante este nuevo producto. (Anexo 8)

5.5. Zumo pasteurizado

5.5.1. Diseño experimental

Los microorganismos asociados al deterioro de los alimentos de alta acidez son principalmente los hongos y levaduras, algunas bacterias ácido lácticas y esporas de la bacteria *Alicyclobacillus acidoterrestris*. También existen enzimas de deterioro, resistentes, tales como la pectinesterasa, polifenolxidasa y la peroxidasa (Simpson, 2008).

Los hongos, levaduras y bacterias ácido lácticas son inhibidas por un tratamiento térmico a 66°C por 1 min. En cuanto a las esporas de *A. acidoterrestris*, se requieren tratamientos de temperatura y tiempo más elevados, sin embargo, la especie *Alicyclobacillus* es transmitida por el suelo, y por lo tanto considerando que el fruto tiene un crecimiento en el que no está en contacto directo con este, y sumado a que el *physalis* tiene un cáliz protector, se puede considerar un factor de bajo riesgo.

La enzima pectinesterasa altera la textura durante el almacenamiento, la polifenolxidasa causa pardeamiento enzimático y altera el sabor, y la peroxidasa degrada nutrientes como la vitamina C, altera el color y el sabor. De estas tres enzimas de deterioro, la más termorresistente es la pectinesterasa, por lo que fue utilizada como indicadora para el tratamiento térmico de pasteurización. (Anexo 11)

Para realizar la optimización del tratamiento térmico del zumo de *physalis*, se construyó un modelo de superficie – respuesta, con el programa Statgraphics Centurion, con dos factores experimentales (tiempo y temperatura) y seis variables de respuesta (Color L*, a*, b*, recuento de aerobios mesófilos, recuento de hongos y levaduras, viscosidad y consistencia). Los límites de tiempo y temperatura se indican en la tabla nº 8.

Tabla 8. Límites utilizados para el modelo superficie – respuesta.

Factor	Mínimo	Máximo
Temperatura	75 °C	90 °C
Tiempo	4 min	35 min

El diseño experimental arrojado por el programa Statgraphics se presenta en la Tabla nº 9.

Tabla 9. Diseño experimental para la optimización del zumo de physalis.

Experimento	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
I	75	4
II	90	4
III	75	35
IV	90	35
V	82,5	19,5
VI	82,5	19,5

5.5.2. Preparación de zumo pasteurizado

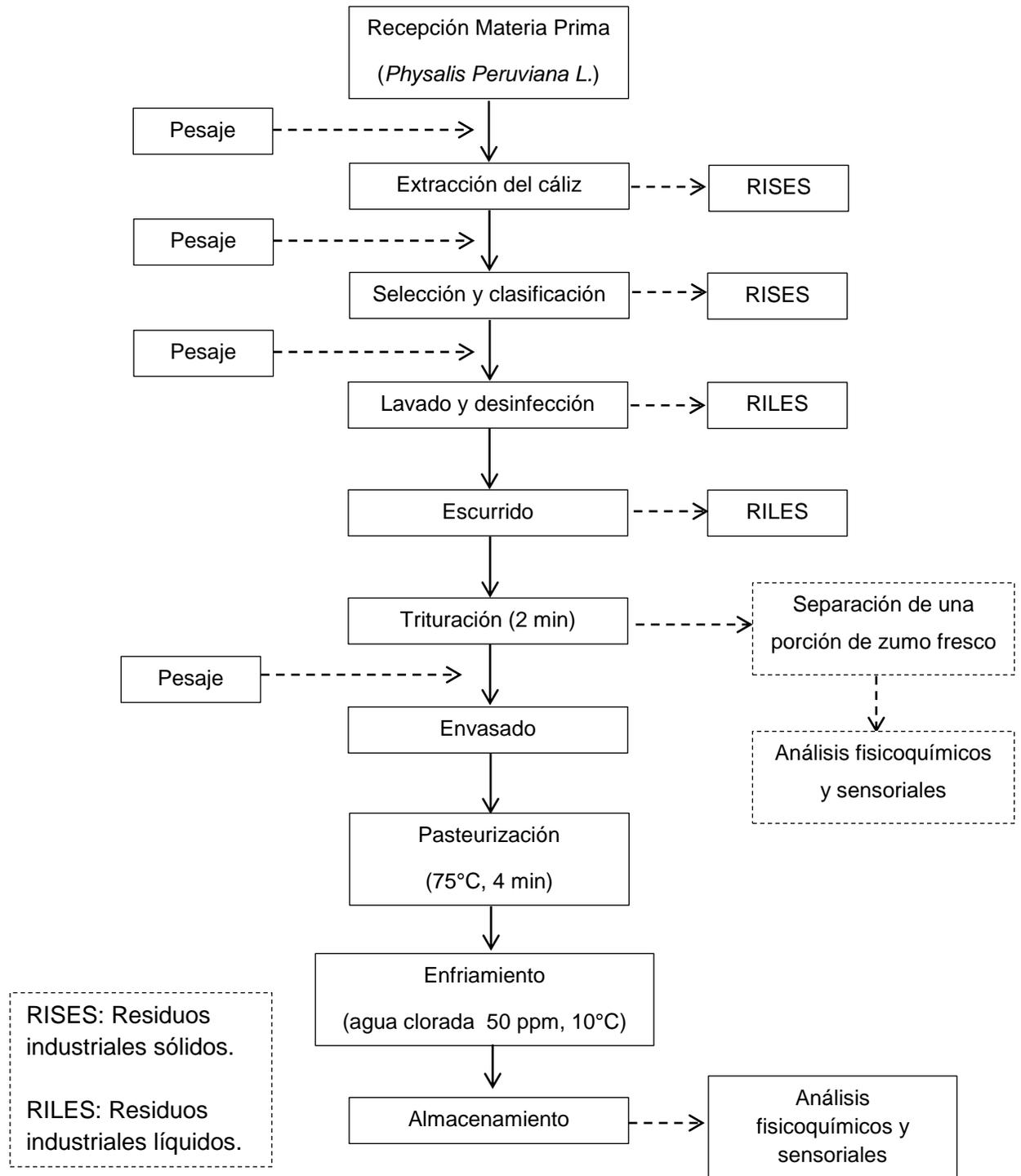


Figura 3. Diagrama de bloques para la preparación del zumo pasteurizado.

5.6. Zumo presurizado

5.6.1. Diseño experimental

Para realizar la optimización del tratamiento con altas presiones hidrostáticas del zumo de physalis, se construyó un modelo de superficie – respuesta, con el programa Statgraphics Centurion, con dos factores experimentales (tiempo y presión) y cuatro variables de respuesta. Los límites de tiempo y presión se indican en la tabla nº 10.

Tabla 10. Límites utilizados para el modelo superficie – respuesta.

Factor	Mínimo	Máximo
Presión	300 MPa	500 MPa
Tiempo	1 min	5 min

El diseño experimental se presenta en la Tabla nº 11.

Tabla 11. Diseño experimental para la optimización del zumo de physalis.

Experimento	Presión (MPa)	Tiempo (min)
I	500	1
II	500	5
III	300	5
IV	300	1
V	400	3
VI	400	3

Las variables respuestas evaluadas para la construcción del modelo superficie - respuesta fueron los tres planos de color y capacidad antioxidante.

5.6.2. Preparación de zumo

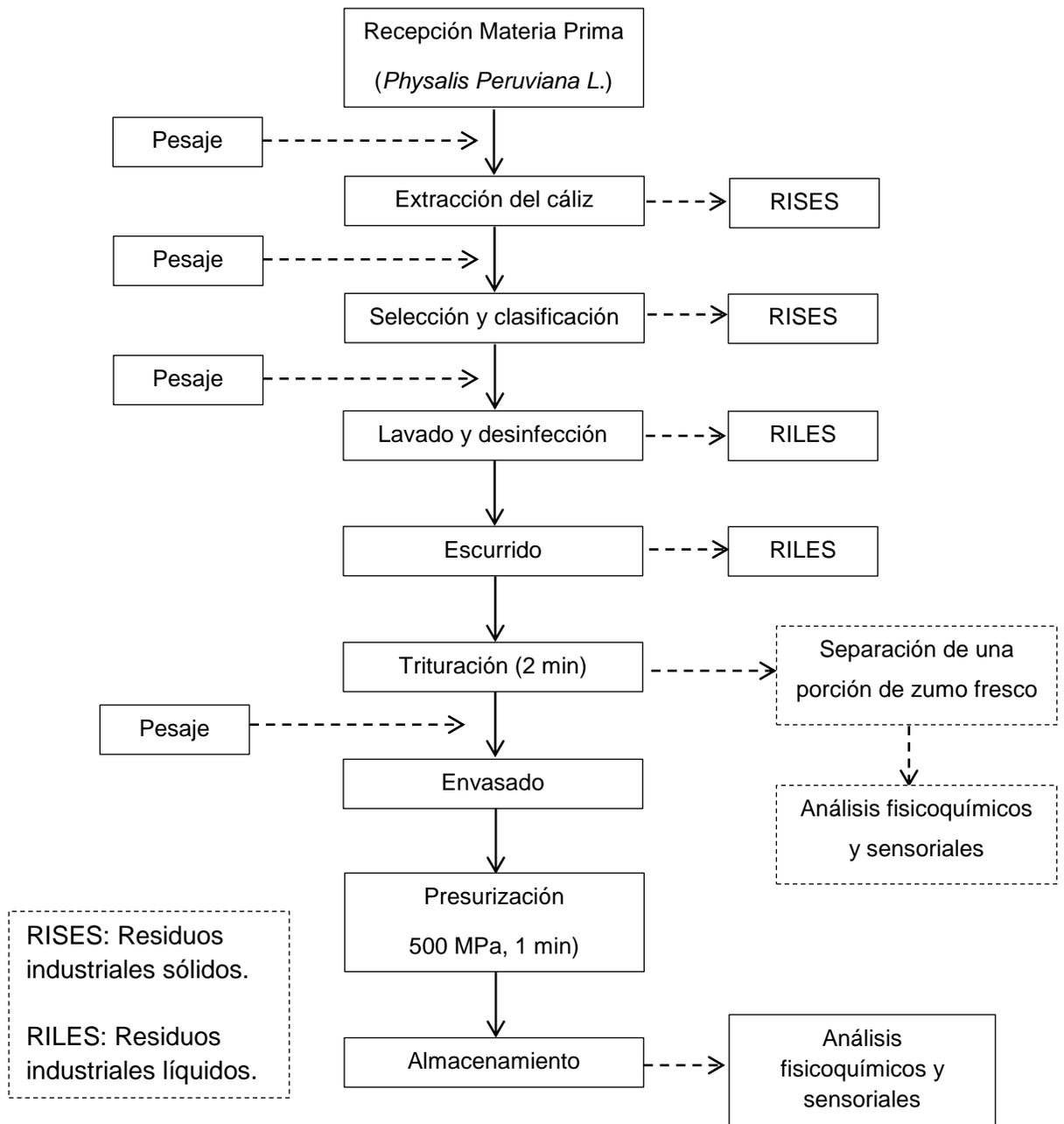


Figura 4. Diagrama de bloques para la preparación del zumo presurizado.

5.7. Conservas

5.7.1. Condiciones óptimas del tratamiento

Son muchos los investigadores que afirman que el ácido ascórbico es un compuesto muy inestable y rápidamente se oxida en presencia de aire y por efecto de la temperatura. Alarcón (2002) señala que la ruta de degradación del ácido ascórbico es muy variable y depende de cada sistema en particular y que son muchos los factores que pueden influir en la degradación de éste, como lo son el tiempo, la temperatura, concentración de sal y azúcar, pH, oxígeno, enzimas, metales catalíticos, aminoácidos y la concentración inicial de ácido ascórbico.

Al respecto, Badui (1984) menciona que de todas las vitaminas, la C es la más lábil e inestable y puede ser degradada a través de muchas vías; siendo las de oxidación y degradación térmica las más importantes. Debido a la alta sensibilidad del ácido ascórbico al calor, algunos investigadores propusieron usar el contenido residual de esta vitamina como índice de retención de nutrientes; se considera, que si el ácido ascórbico resiste los tratamientos térmicos durante el procesamiento de alimentos, todos los demás nutrientes serán poco afectados.

Por otra parte, Encina (2006), consideró al hongo *Byssochlamys fulva* como microorganismo indicador para el estudio del tratamiento térmico.

De esta forma, para optimizar el tratamiento térmico, se consideró según bibliografía, condiciones adecuadas para la inhibición del microorganismo *Byssochlamys fulva* y la mayor retención de ácido ascórbico.

Considerando una carga inicial de $5,9 \times 10^1$ UFC/g (hongos y levaduras) se propuso reducirlo a una probabilidad de 0,01 UFC/g. Este valor está de acuerdo con Ranganna (1977), citado por Encina, 2006, quien indica un nivel de reducción de 3 a 5 ciclos logarítmicos para conservas de pH menor a 4,5; según el nivel de contaminación con el que llegue la materia prima.

Según Encina (2006), las condiciones óptimas para la retención de ácido ascórbico en la elaboración de conservas de physalis son las que se presentan en la tabla nº 12.

Tabla 12. Condiciones óptimas para la elaboración de conservas de physalis con la mayor retención de ácido ascórbico.

Concentración NaOH descerado	0,05%
Temperatura descerado	80°C
Tiempo descerado	90 s
° Brix almíbar	30° Brix
pH almíbar	3,0
Temperatura tratamiento térmico	93°C
Tiempo tratamiento térmico	14 min

5.7.2. Preparación de las conservas

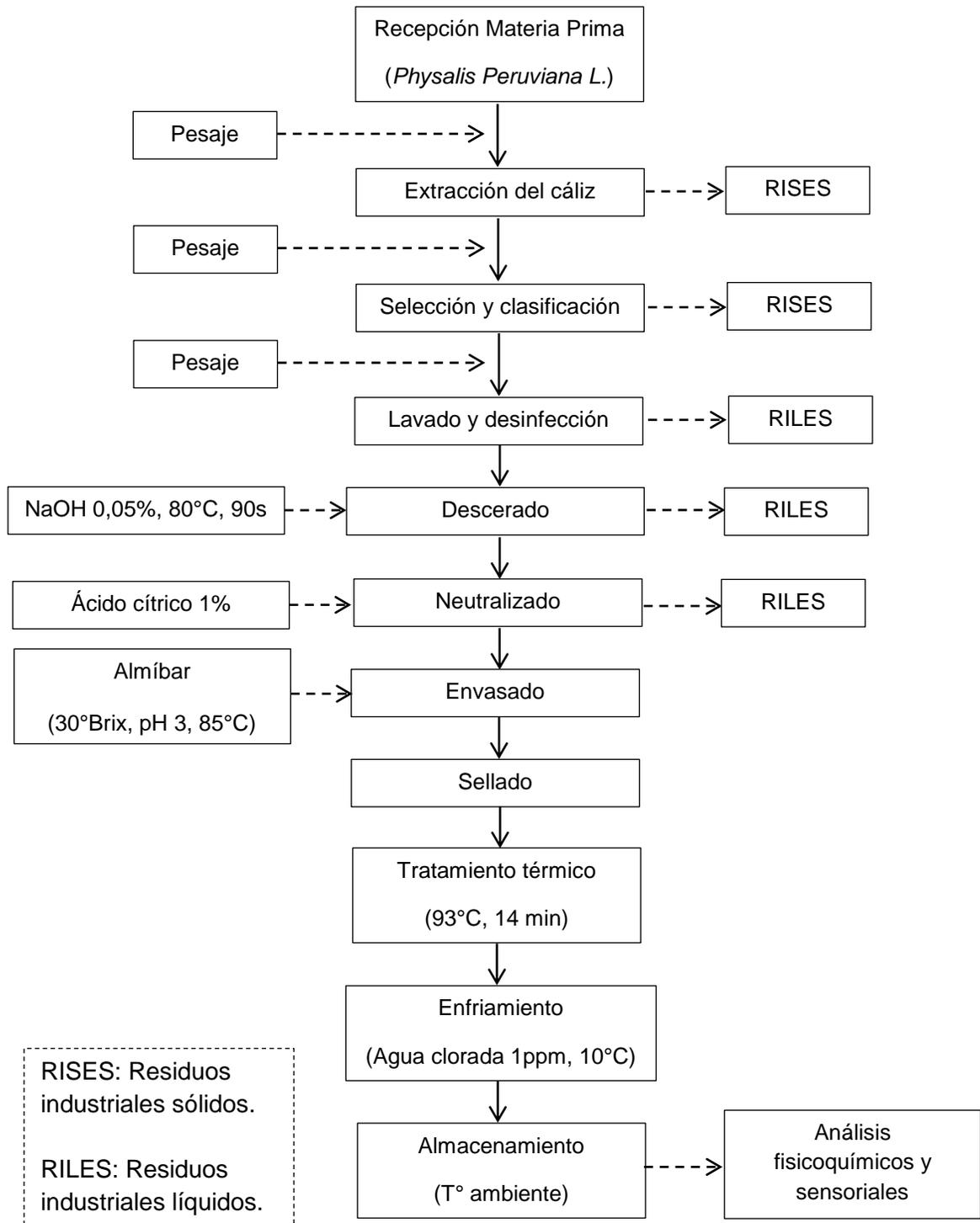


Figura 5. Diagrama de bloques para la preparación de conservas de physalis.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Caracterización materia prima

6.1.1. Peso y Diámetro

Los resultados de peso obtenidos en este estudio, son bastante menor a los reportados por Wills *et al.* (1984); 2,62 g frente a 4 - 10 g señalados por el autor. Esta diferencia se relaciona con el origen de la materia prima, pues el autor reporta datos de la variedad colombiana y la variedad analizada es chilena. Paralelamente se hicieron mediciones de peso de una variedad exportada desde Colombia y claramente el peso del fruto es mayor, estando en el rango de 6 g cada fruto.

Según los pesos con y sin cáliz expuestos en la tabla nº 13, del peso total el 4,2% corresponde al cáliz y el 95,8% al fruto propiamente tal, encontrándose en las mismas proporciones que las establecidas por Torres (2011).

Tabla 13. Mediciones de peso y diámetro del fruto *Physalis peruviana L.*

Parámetro	Resultado
Peso con cáliz (g)	2,62 ± 0,16
Peso sin cáliz (g)	2,51 ± 0,16
Diámetro ecuatorial De (mm)	15,74 ± 0,29
Diámetro polar Dp (mm)	15,34 ± 0,79

De: Diámetro ecuatorial; Dp: Diámetro polar

Según la norma técnica colombiana NTC 4580, este fruto puede clasificarse en distintos calibres según la extensión de su diámetro ecuatorial. La variedad analizada al presentar un diámetro comprendido entre 15,1 y 18 mm, se considera Calibre B. (ICONTEC, 1999)

La relación entre el diámetro ecuatorial y polar (De/Dp) es de 1,03, lo que indica que el fruto presenta una forma casi esférica, siendo un poco más achatado en los polos.

6.1.2. Caracterización físico-química

Tabla 14. Caracterización físico – química del fruto *Physalis peruviana L.*

Parámetro físico-químico	Resultado
Humedad (%)	81,4 ± 0,6
Actividad de agua (a_w)	0,986 ± 0,001
°Brix	13,79 ± 0,63
pH	3,33 ± 0,02
Acidez (*)	1,73 ± 0,03
Densidad (g/ml)	0,99 ± 0,14

(*) Reportada como porcentaje de ácido cítrico

Como se puede observar en la tabla nº 14, la fruta presentó un alto contenido de humedad (81,4%), propio de los vegetales frescos, encontrándose dentro del rango reportado por Duque *et al.* (2011).

La actividad de agua promedio del fruto medida a una temperatura promedio de 24,9°C fue de 0,986, siendo un valor elevado, típico de frutos en estado fresco. Este valor indica que el fruto es susceptible a sufrir deterioro por el ataque de microorganismos.

La a_w obtenida se encuentra dentro de los rangos señalados por Duque *et al.* (2011), Restrepo (2008) y Botero (2008).

La fruta analizada presentó 13,79° Brix, mostrando un contenido de sólidos solubles prácticamente igual al reportado por los autores Duque *et al.* (2011), Restrepo (2008) y Botero (2008). En general, los sólidos solubles que contiene el jugo de una fruta cítrica es también un índice del grado de madurez de la misma. Según la norma técnica de Colombia (ICONTEC, 1999) del physalis, la fruta analizada presenta un estado de madurez intermedia, ya que el porcentaje de sólidos solubles se encuentra entre 13,2 y 14,1.

El fruto presentó un pH de 3,33 y una acidez de 1,73 % reportada como porcentaje de ácido cítrico, ya que este es el más representativo de los ácidos presentes en el fruto. Los valores obtenidos de pH y acidez se encuentran dentro de los rangos mencionados por Duque *et al.* (2011), Restrepo (2008) y Botero (2008). Florez *et al.* (2000) reporta que las uchuvas de buena calidad tienen porcentajes de acidez total titulable entre 1,6% y 2,0%, por lo que la fruta utilizada para los análisis es considerada de buena calidad.

Duque *et al.* (2011) reportó una densidad de 0,96 g/ml, valor muy cercano al obtenido (0,99 g/ml).

6.1.3. Color

En la tabla nº 15 se muestran los resultados de L*, a* y b* obtenidos para el fruto fresco, con los cuales se calculó posteriormente el índice de color.

Tabla 15. Caracterización colorimétrica del fruto *Physalis peruviana* L.

	Parámetro	Valor	Índice de Color
Superficie 	L*	78,09 ± 1,12	3,25
	a*	18,34 ± 2,05	
	b*	72,27 ± 1,04	
Pulpa 	L*	82,00 ± 1,24	2,60
	a*	12,53 ± 1,29	
	b*	58,67 ± 1,54	

Los valores obtenidos para la superficie fueron $L^* 78,09 \pm 1,12$ (alta luminosidad); $a^* 18,34 \pm 2,05$ (tonalidades rojizas) y $b^* 72,27 \pm 1,04$ (tonalidades amarillas), valores similares a los encontrados en bibliografía: $71,37 \pm 1,10$; $15,20 \pm 0,48$ y $61,76 \pm 1,34$, para L^* , a^* y b^* , respectivamente, reportados por Restrepo (2008).

Paralelamente se realizó la caracterización óptica de la pulpa del fruto, indicando que posee una mayor luminosidad ($> L^*$) que la superficie del fruto, se aleja más de los tonos rojos ($< a^*$) y presenta tonos menos amarillos ($< b^*$).

Además, con los datos obtenidos de L^* , a^* y b^* , se calculó el índice de color (IC), donde el valor obtenido tanto para la superficie como para la pulpa del fruto, indican una coloración anaranjada. El IC de la superficie del fruto se encuentra en el rango de 3,0 – 3,5 publicado por Márquez *et al.* (2009).

6.1.4. Textura

Tabla 16. Caracterización de textura del fruto *Physalis peruviana* L.

Parámetro	Intensidad
Fuerza máxima (N)	$6,01 \pm 0,47$
Elasticidad (N/mm)	$3,65 \pm 0,14$

La Fuerza máxima se define como el valor de la fuerza medida en Newton (N) necesaria para producir la fractura de la superficie de la baya (Zapata *et al.*, 2010). Como se muestra en la tabla nº 16, el valor obtenido para esta variable es de 6,01 N, lo que indica que el fruto presenta una buena resistencia mecánica, según Ciro *et al.* (2007), quien señala valores de 1,7 N para frutos maduros (más susceptibles a daños mecánicos) y un rango de 2,71 N – 5,39 N para frutos “verdes y pintones”.

El valor obtenido es menor al señalado por Restrepo (2008) y Botero (2008), quienes reportaron valores de 9,75 N y 9,48 N respectivamente. Estas diferencias en los valores de fuerza máxima, se pueden atribuir a que los ensayos se realizaron en distintos estados de maduración de la fruta.

El módulo de extensibilidad o elasticidad corresponde a la pendiente de la curva de fuerza-deformación medida en N/mm (Zapata et al, 2010). El valor obtenido para el fruto fresco fue de 3,65 N/mm, valor similar a 3,16 N/mm reportado por Botero (2008) y mayor que 1,40 N/mm indicado por Restrepo (2008).

6.1.5. Contenido compuestos bioactivos

Tabla 17. Contenido compuestos bioactivos del fruto *Physalis peruviana* L.

Compuesto	Contenido
Ácido ascórbico (mg AA/100 g fruta)	34,15 ± 0,59
Fenoles (mg AG/100 g fruta)	45,40 ± 1,36

AA: ácido ascórbico; AG: ácido gálico

El contenido de ácido ascórbico del fruto analizado es algo menor al reportado por Ramadan y Moersel (2004), quienes publican un valor de 43 mg de AA/100 g de fruta, y algo mayor al publicado por Encina (2006); 28,55 mg de AA/100 g de fruta. La variación del contenido de este compuesto bioactivo puede deberse a las diferentes condiciones de cultivos (suelo y clima), al estado de madurez, etc.

El método espectrofotométrico indicó un contenido fenólico expresado en miligramos de ácido gálico por cada 100 g de fruta de 45,40; valor dentro del rango indicado por Botero (2008) de 39,15 ± 5,43 mg AG/ 100 g de fruta, y ligeramente mayor al reportado por Restrepo (2008) de 40,45 ± 0,93 mg de AG/ 100 g de fruta.

6.1.6. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante del fruto se evaluó de acuerdo al porcentaje de inhibición del radical DPPH y ABTS^{•+}, obteniéndose los resultados presentados en la tabla nº 18.

Según el método espectrofotométrico, para el ensayo con DPPH, hubo una reducción de absorbancia de 0,970 a 0,496 (Anexo 9); lo que indica una inhibición del 48,9% del radical DPPH, valor muy cercano al 52% de inhibición reportado por Repo et al (2008).

Tabla 18. Capacidad antioxidante del fruto *Physalis peruviana L.*

Ensayo	Inhibición
DPPH	48,9 %
ABTS	32 %

Según el método espectrofotométrico, para el ensayo con ABTS, hubo una reducción de absorbancia de 0,603 a 0,410 (Anexo 10); lo que indica una inhibición del 32%, valor menor al 38% de inhibición reportado por Repo y Encina (2008). Esta diferencia puede atribuirse a posibles errores en la etapa de extracción de los compuestos antioxidantes, ya que con el método de DPPH se obtuvieron capacidades antioxidantes muy similares.

La reducción en la absorbancia, indica que las muestras utilizadas para inhibir al radical DPPH y ABTS^{•+}, están cumpliendo con su función antioxidante, al estabilizar la reacción del radical libre, y atenuando el color de la solución (Figuroa *et al*, 2011).

6.1.7. Ensayos Microbiológicos

Tabla 19. Recuentos de RAM, hongos y levaduras del fruto *Physalis peruviana L.*

Ensayo	Contenido
RAM	$2,5 \times 10^1$ UFC/g
Hongos y Levaduras	Ne = $5,9 \times 10^1$ colonias /g

UFC: unidades formadoras de colonias; Ne : número estimado

El análisis microbiológico efectuado al fruto fresco tuvo como resultado para el recuento de bacterias aerobias mesófilas totales, un valor de $2,5 \times 10^1$ UFC/g y un número estimado de $5,9 \times 10^1$ colonias de hongos y levaduras/g (Tabla nº 19). Como se puede apreciar, los valores de carga microbiana total son relativamente bajo, lo que se debe probablemente a que el physalis posee un cáliz protector, el cual recubre en forma natural el fruto, protegiéndolo así contra daños físicos y microbiológicos.

Estos análisis se efectuaron con la finalidad de conocer el grado inicial de contaminación microbiana que posee la materia prima. El microorganismo de referencia para los posteriores tratamientos, es el hongo *Byssochlamys fulva*, por lo que a partir del recuento de hongos en el physalis fresco, se determinaron los tratamientos adecuados.

6.2. Zumo Pasteurizado

6.2.1. Respuestas del diseño experimental

En la tabla nº20, se presentan los resultados obtenidos de los experimentos realizados, excluyendo los análisis microbiológicos, ya que para todos los experimentos se obtuvo el mismo resultado, < 10 UFC /g para el recuento de aerobios mesófilos, y <10 colonias/g para hongos y levaduras, por lo que claramente los resultados no presentaban diferencias significativas para un nivel de confianza del 95%.

Tabla 20. Resultados del modelo superficie - respuesta

Experimento	Color L*	Color a*	Color b*	Consistencia (cm)	Viscosidad (cP)
I (75°C, 4 min)	61,61	9,85	62,28	10,8	2533
II (90°C, 4 min)	60,27	7,09	60,85	11,7	2600
III (75°C, 35 min)	68,04	8,55	66,60	12,7	2267
IV (90°C, 35min)	66,54	11,64	66,09	12,8	2233
V (82,5°C, 19,5 min)	65,93	9,62	65,22	11,3	2367
VI (82,5°C, 19,5 min)	65,88	9,09	66,00	11,2	2400

6.2.2. Optimización

Luego de obtener los resultados del diseño experimental, se realizó un análisis de varianza a cada respuesta, para conocer si los resultados obtenidos presentaban diferencias significativas entre los diferentes experimentos.

El diagrama de Pareto estandarizado, indica si existen diferencias significativas para cada respuesta, en relación a los dos factores experimentales, por separado, y la interacción cuadrática tiempo – temperatura.

- **Color L***

Se observa en el Diagrama de Pareto de la figura 6, que solo el factor tiempo tiene un efecto significativo ($p \leq 0,05$) en la Luminosidad (L^*) del zumo. La gráfica de superficie de respuesta estimada, muestra que a medida que aumenta el tiempo de pasteurización, mayor es el valor de L^* , mientras que los cambios de temperatura no tienen efecto significativo en esta respuesta.

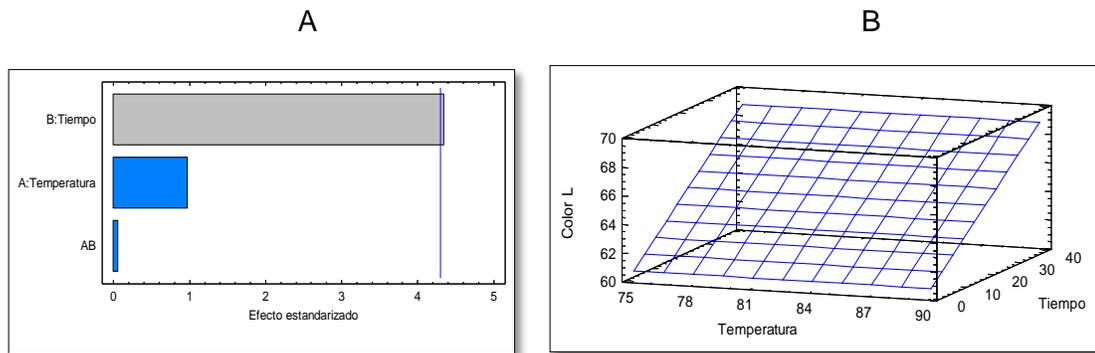


Fig.6. Respuesta Optimizada para color L^* . A: Diagrama de Pareto estandarizado; B: Superficie Respuesta Estimada.

- **Color a^***

Se observa en la figura 7, que tanto el factor tiempo como la interacción cuadrática tiempo - temperatura, tienen un efecto significativo ($p \leq 0,05$) en el color del plano rojo – verde (a^*) del zumo. La gráfica de superficie de respuesta estimada, muestra que a temperaturas elevadas y mayor tiempo de pasteurización, mayor es el valor de a^* , vale decir, más roja es la tonalidad del zumo. Y a menores temperaturas y mayor tiempo de tratamiento térmico, menor es el valor de a^* .

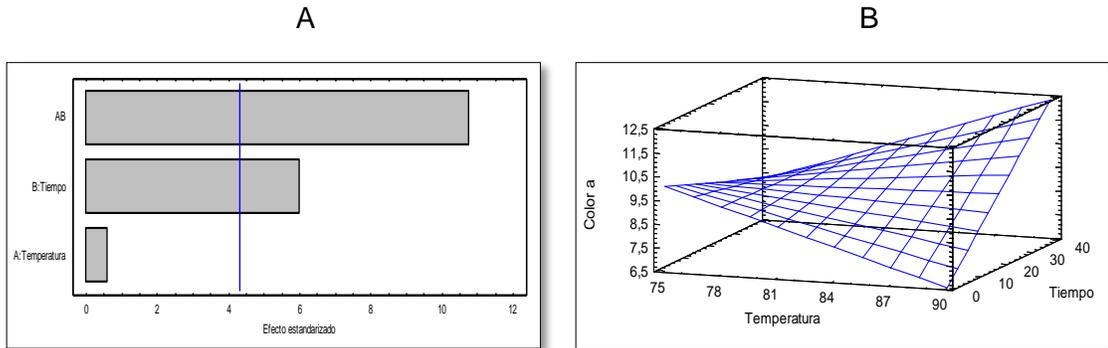


Fig.7. Respuesta Optimizada para color a*. A: Diagrama de Pareto estandarizado; B: Superficie Respuesta Estimada.

- **Color b***

De acuerdo a la figura 8, se observa que el tiempo es el único factor que afecta significativamente ($p \leq 0,05$) en el plano de color azul – amarillo (b*).

En la gráfica del modelamiento de superficie estimada, se infiere claramente que a medida que aumenta el tiempo del tratamiento térmico, aumenta el valor de b*, es decir, el zumo tiende a tonalidades más amarillas, mientras que la temperatura no influye en el valor de esta respuesta.

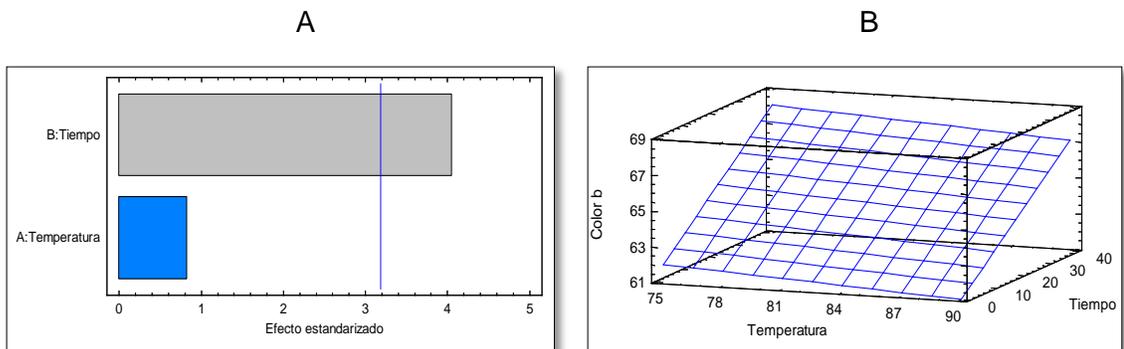


Fig.8. Respuesta Optimizada para color b*. A: Diagrama de Pareto estandarizado; B: Superficie Respuesta Estimada.

- **Viscosidad**

La figura 9 indica que solo el factor tiempo afecta significativamente a la viscosidad del zumo ($p \leq 0,05$). Por otra parte, la gráfica del modelamiento de superficie respuesta estimada, indica que a medida que aumenta el tiempo de procesamiento térmico, menor es la viscosidad del zumo.

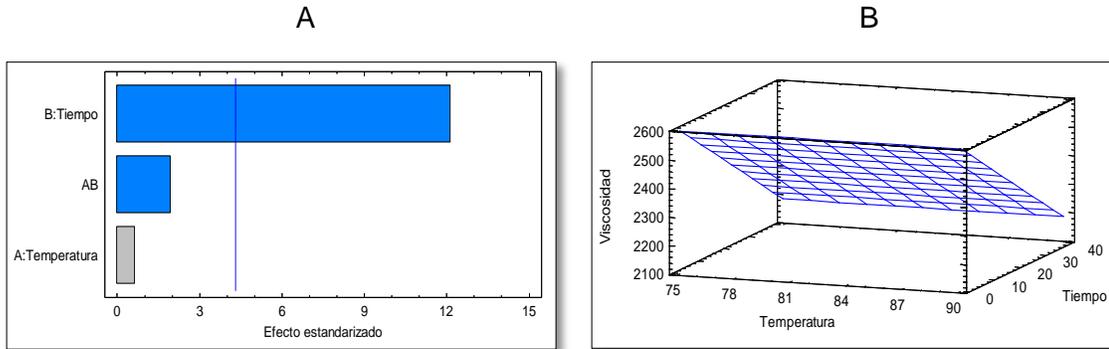


Fig.9. Respuesta Optimizada para viscosidad. A: Diagrama de Pareto estandarizado; B: Superficie Respuesta Estimada.

- **Consistencia**

En la figura 10, se observa en el diagrama de Pareto que solo el factor tiempo afecta significativamente ($p \leq 0,05$) a la consistencia del zumo. Según la gráfica de superficie respuesta estimada, al aumentar el tiempo de procesamiento térmico, menor es la consistencia del zumo, ya que recorre una mayor distancia en el consistómetro.

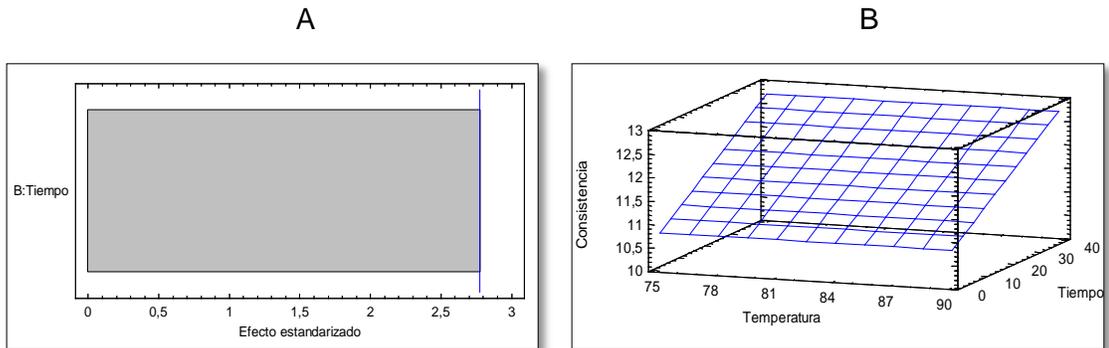


Fig.10. Respuesta Optimizada para consistencia. A: Diagrama de Pareto estandarizado; B: Superficie Respuesta Estimada.

- **Optimización conjunta**

A través de la optimización conjunta se determinó la combinación de los factores experimentales, tiempo y temperatura, los cuales simultáneamente optimizan las respuestas analizadas.

Para realizar la optimización considerando todas las respuestas, se estableció como objetivo los parámetros del zumo fresco sin pasteurizar:

- Color L*: mantener en 61,62
- Color a*: maximizar
- Color b*: mantener en 62,52
- Viscosidad: maximizar
- Consistencia: minimizar

La optimización entregada por el programa Statgraphics, indicó que el experimento I es la combinación óptima de pasteurización (75°C – 4 min), ya que esta presentó el mayor valor de “conveniencia” (0,79).

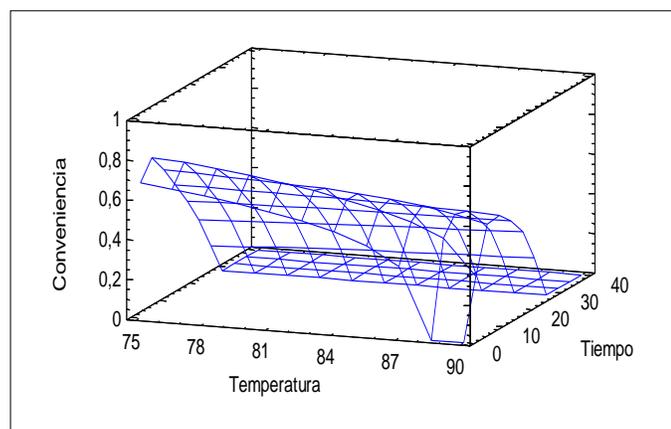


Fig.11. Superficie de Respuesta Estimada para la Optimización de Múltiples Respuestas.

6.2.3. Caracterización del zumo optimizado

6.2.3.1. Rendimiento

En la tabla nº 21 se muestra el rendimiento obtenido del procesamiento de 731,66 g de fruto fresco. Considerando que aproximadamente el 4% del peso del fruto corresponde al cáliz, se obtuvo un rendimiento bastante elevado. Este valor es alto, ya que durante el procesamiento del zumo no hay pérdida de producto, solo el que queda adherido al recipiente donde es triturado (aproximadamente el 2%).

Tabla 21. Rendimiento del zumo pasteurizado de *Physalis peruviana* L.

Pesos	Resultado
Peso frutos frescos con cáliz (g)	731,66
Peso zumo pasteurizado(g)	688,77
Rendimiento (%)	94,1

6.2.3.2. Caracterización físico-química

Tabla 22. Caracterización físico – química del zumo fresco y pasteurizado

Parámetro físico-químico	Zumo fresco	Zumo pasteurizado
Humedad (%)	81,3 ± 0,6 ^a	80,4 ± 0,4 ^a
Actividad de agua	0,986 ± 0,001 ^b	0,983 ± 0,001 ^b
°Brix	14,12 ± 0,08 ^c	14,58 ± 0,15 ^d
pH	3,32 ± 0,01 ^e	3,31 ± 0,01 ^e
Acidez (*)	1,73 ± 0,04 ^f	1,69 ± 0,01 ^f
Densidad (g/ml)	1,087 ± 0,003 ^g	1,115 ± 0,008 ^h

(*) Reportada como porcentaje de ácido cítrico.

Superíndices iguales en la misma fila, indica que no existen diferencias significativas entre el zumo fresco y el pasteurizado.

La humedad del zumo pasteurizado no presenta diferencias significativas ($p > 0,05$) con la del zumo fresco. Ambos resultados son muy similares a la humedad obtenida para el fruto fresco sin procesar (81,4%), y a los señalados por Duque *et al.* (2011), quien indicó una humedad de 80% para el fruto y de 86,1% para una pulpa de *physalis* sin semillas.

La actividad de agua tampoco presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el zumo fresco y pasteurizado. Los resultados obtenidos que se presentan en la tabla nº 22, se encuentran dentro del rango reportado por Duque *et al.* (2011), quien señala un a_w de 0,987 tanto para la fruta fresca como para la pulpa.

El contenido de sólidos solubles aumentó levemente de 14,12 a 14,58, incremento que se atribuye a una posible concentración de los azúcares durante el procesamiento térmico. Los °Brix si presentaron diferencias significativas entre el zumo fresco y el pasteurizado ($p < 0,05$).

El pH obtenido para el zumo fresco no presentó diferencias significativas con el pH del zumo pasteurizado. Los valores de pH obtenidos son algo menor a los reportados por Duque *et al.* (2011), quienes señalaron un pH de 3,78 para el fruto fresco y 3,80 para la pulpa.

La acidez presentó una pequeña disminución en el zumo pasteurizado, respecto al zumo fresco, sin embargo este cambio no es significativo ($p > 0,05$). Duque *et al.* (2011), señalaron valores inferiores de acidez tanto para el fruto fresco como para la pulpa, 1,58 y 1,59 % de ácido cítrico, respectivamente. La diferencia puede radicar en que son especies de distinto clima, suelo, analizados en diferentes grados de madurez, etc.

Luego de someter el zumo fresco al tratamiento térmico la densidad del zumo aumenta de 1,087 a 1,115 g/ml, valores muy cercanos a los reportados por Marin (2009), quien señaló valores promedio de 1,065 g/ml. Los valores obtenidos para la densidad del zumo fresco y pasteurizado presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$).

6.2.3.3. Color

Tabla 23. Caracterización colorimétrica del zumo fresco y pasteurizado

Parámetro	Zumo fresco	Zumo pasteurizado
L*	61,62 ± 0,47 ^a	61,61 ± 2,28 ^a
a*	13,70 ± 1,37 ^b	9,85 ± 1,15 ^c
b*	62,69 ± 0,62 ^d	62,28 ± 1,70 ^d

Superíndices iguales en la misma fila, indica que no existen diferencias significativas entre el zumo fresco y el pasteurizado.

El análisis estadísticos de los resultados de color, indicaron que solamente en el plano a (verde – rojo) hay diferencias significativas ($p < 0,05$), entre el zumo fresco y el pasteurizado.

La variación total de color (ΔE) del zumo fresco al pasteurizado fue de 3,87; valor muy pequeño en comparación al cambio de color obtenido por otro tipo de tratamientos, como el secado convencional, donde Pinto (2010) reportó valores de 18 a 45 para ΔE .

El índice de color para el zumo fresco y pasteurizado, son 3,6 y 2,6 respectivamente, ambos valores se encuentran en el rango de 0 a 7, lo que indica que presentan una coloración anaranjada. (Anexo 2)

6.2.3.4. Propiedades reológicas

Tabla 24. Caracterización reológicas del fruto *Physalis peruviana* L.

Parámetro	Zumo fresco	Zumo pasteurizado
Viscosidad a 12 rpm (cP)	3067 ± 0058 ^a	2533 ± 0000 ^b
Viscosidad a 6 rpm (cP)	4067 ± 0115 ^c	3600 ± 0200 ^d
Consistencia (cm/30 s)	9,3 ± 0,3 ^e	10,8 ± 0,3 ^f

Superíndices iguales en la misma fila, indica que no existen diferencias significativas entre el zumo fresco y el pasteurizado.

Los resultados de viscosidad fueron 3067 y 4067 cP a 12 y 6 rpm, respectivamente para el zumo fresco, y para el zumo pasteurizado fueron 2533 y 3600 cP a 12 y 6 rpm, respectivamente (Tabla nº 24). La viscosidad aparente del zumo de physalis, tanto fresco como pasteurizado, depende de la velocidad de corte, por lo tanto son un fluido no – Newtoniano; y disminuye con el aumento en la velocidad de rotación (Medina y Pagano, 2003). La viscosidad del zumo pasteurizado disminuye en relación a la del zumo fresco, presentando a ambas velocidades diferencias significativas ($p < 0,05$).

La consistencia de los zumos fue medida en términos de su resistencia al flujo, a través de un consistómetro Bostwick. Los datos obtenidos para el zumo fresco y pasteurizado presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$). Se produce un pequeño aumento, lo que indica que el zumo pasteurizado es algo más fluido.

Las pulpas de fruta en general, presentan valores de 4 a 5 cm/30 s (Joslyn, 1970), sin embargo pulpas de frutas como la maracuyá han mostrado valores cercanos a los 12 cm/30 s y la frutilla en el rango de 4 a 9 cm/30 s (Egaña, 2010), valores que se asemejan a la pulpa de physalis.

6.2.3.5. Contenido compuestos bioactivos

Como se observa en la tabla nº 25, luego del tratamiento térmico el ácido ascórbico disminuyó a un 56,3% del valor inicial. Los valores obtenidos para el zumo fresco y el pasteurizado presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$).

Tabla 25. Contenido compuestos bioactivos del fruto *Physalis peruviana* L.

Compuesto	Zumo fresco	Zumo pasteurizado
Ácido ascórbico (mg AA/100 g zumo)	34,18 ± 0,55 ^a	19,26 ± 0,26 ^b
Fenoles (mg AG/100 g zumo)	45,40 ± 1,36 ^c	47,84 ± 1,23 ^c

AA: ácido ascórbico; AG: ácido gálico

Superíndices iguales en la misma fila, indica que no existen diferencias significativas entre el zumo fresco y el pasteurizado.

Badui (1984) menciona que de todas las vitaminas, la C (ácido ascórbico) es la más lábil e inestable. Debido a la alta sensibilidad del ácido ascórbico al calor, algunos investigadores propusieron usar el contenido residual de esta vitamina como índice de retención de nutrientes; se considera, que si el ácido ascórbico resiste los tratamientos térmicos durante el procesamiento de alimentos, todos los demás nutrientes serán poco afectados (Encina, 2006). Por lo tanto, se puede establecer que el tratamiento térmico no afecta considerablemente el contenido nutricional del zumo de physalis.

El contenido de compuestos fenólicos aumentó de 45,40 mg AG/100 g de zumo fresco a 47,84 mg de AG/100 g de zumo pasteurizado, este incremento puede ser debido a alguna pequeña concentración del zumo durante el tratamiento térmico o a alguna extracción de los compuestos fenólicos con el tratamiento térmico, sin embargo estos resultados no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$).

6.2.3.6. Capacidad antioxidante

Tabla 26. Capacidad antioxidante de los zumos de Physalis peruviana L.
Representado como porcentaje de inhibición

Análisis	Zumo fresco	Zumo pasteurizado
DPPH	48,9 %	49,9 %
ABTS	32%	44,1%

En la tabla nº 26 se observa que en ambos métodos, luego de la pasteurización del zumo, la capacidad antioxidante es mayor. Esto puede atribuirse a que el tratamiento térmico haya extraído algunos compuestos que contribuyan a una mayor capacidad antioxidante, o a que haya ocurrido una pequeña concentración del zumo durante el tratamiento térmico.

En el método del radical libre DPPH el aumento es mínimo (de 48,9% a 49,9%), mientras que por el método de ABTS el aumento es algo más significativo (de 32% a 44,1%).

6.2.3.7. Ensayos Microbiológicos

En todos los ensayos microbiológicos realizados por triplicado para el zumo pasteurizado, las placas no presentaron crecimiento ni de bacterias, ni de hongos y levaduras, por lo que se considera que el tratamiento térmico es efectivo para reducir la carga microbiana del producto.

Tabla 27. Recuentos de RAM, hongos y levaduras del zumo de *Physalis peruviana* L.

Ensayo	Zumo fresco	Zumo pasteurizado
RAM	$2,5 \times 10^1$ UFC /g	$< 1 \times 10^1$ UFC /g
Hongos y Levaduras	Ne = $5,9 \times 10^1$ colonias/g	$< 1 \times 10^1$ colonias/g

UFC: unidades formadoras de colonias; Ne: número estimado

En todos los ensayos microbiológicos realizados por triplicado para el zumo pasteurizado, las placas no presentaron crecimiento ni de bacterias, ni de hongos y levaduras, por lo que se considera que el tratamiento térmico es efectivo para reducir la carga microbiana del producto.

El Reglamento Sanitario de los Alimentos, exige para los zumos pasteurizados, el recuento de aerobios mesófilos, considerando 1×10^3 UFC/ gramo (Anexo 18) como valor que por encima del cual, el alimento representa un riesgo para la salud, por lo tanto ambos zumos son considerados como alimentos que no presentan riesgo para la salud.

6.2.3.8. Evaluación sensorial

En la figura 12 se presentan los resultados obtenidos del test de diferencia contra control.

El color fue evaluado con un valor promedio de -1,3, lo que indica que los jueces apreciaron una coloración más clara en el zumo pasteurizado. El análisis estadístico de los datos recopilados, indicaron que existen diferencias significativas entre la muestra control y el zumo tratado térmicamente.

La consistencia y la homogeneidad presentaron diferencias significativas con el control, y las magnitudes de estas diferencias fueron evaluadas con un promedio de -1,1 y 0,8 para la consistencia y homogeneidad, respectivamente. Estos valores indican que el zumo pasteurizado es algo menos espeso y algo más homogéneo que el zumo fresco.

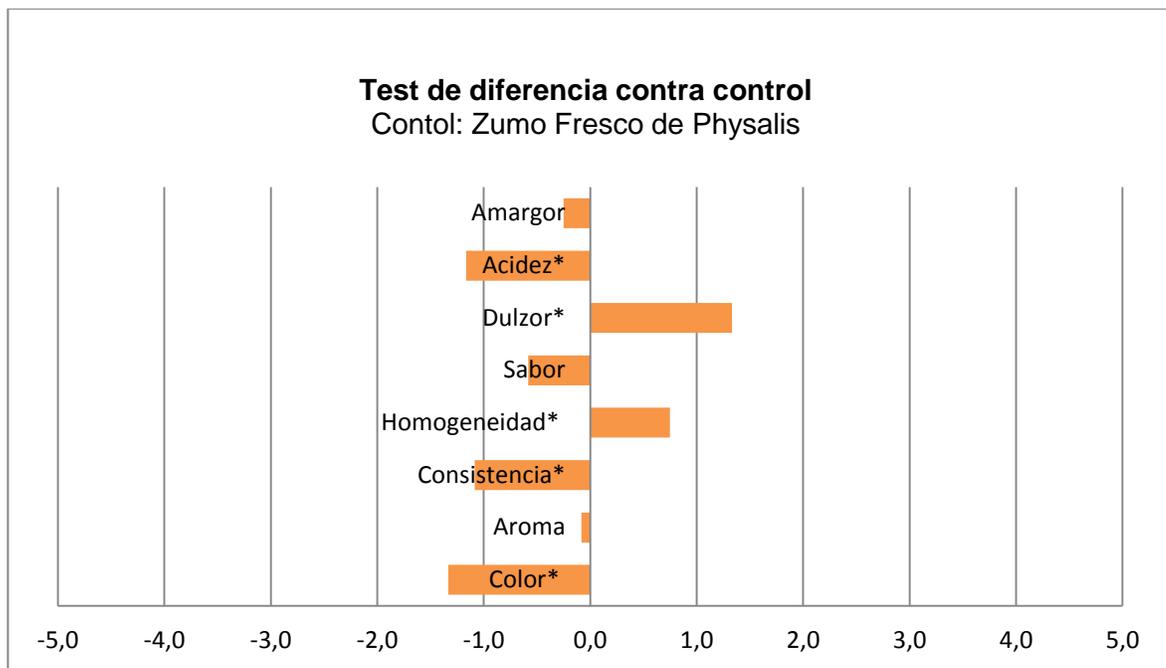


Fig.12. Resultados evaluación sensorial del test de diferencia contra control para el zumo pasteurizado (Muestra control: zumo fresco). Los (*) indican que el zumo pasteurizado presenta diferencias significativas en ese atributo, con respecto al zumo fresco.

La consistencia y la homogeneidad presentaron diferencias significativas con el control, y las magnitudes de estas diferencias fueron evaluadas con un promedio de -1,1 y 0,8 para la consistencia y homogeneidad, respectivamente. Estos valores indican que el zumo pasteurizado es algo menos espeso y algo más homogéneo que el zumo fresco.

La intensidad del dulzor y la acidez también presentaron diferencias significativas. La figura 12 indica que el zumo pasteurizado presentó un mayor dulzor que el control, lo

cual puede ser, debido a alguna concentración de los azúcares durante el procesamiento térmico. Por otra parte, la diferencia de la acidez fue evaluada con una magnitud promedio de -1,2; lo que indica que el zumo tratado térmicamente es considerado menos ácido, que puede deberse a que el mayor dulzor enmascare la acidez del zumo.

Finalmente, las magnitudes de las diferencias encontradas en la intensidad del aroma, el sabor y el amargor fueron muy pequeñas, como se observa en la figura 12, y su análisis estadístico indica que el zumo pasteurizado no presenta diferencias significativas con el control, en estos atributos.

6.3. Zumo presurizado

6.3.1. Respuestas del diseño experimental

En la tabla nº 28 se presentan los resultados promedios obtenidos por triplicado para color L*, a*, b* y capacidad antioxidante.

Tabla 28. Resultados del modelo superficie - respuesta

Experimento	Color L*	Color a*	Color b*	Capacidad antioxidante(*)
I (500 MPa, 1 min)	48,10	23,22	59,29	159,68
II (500 MPa, 5 min)	47,54	20,47	58,55	210,22
III (300 MPa, 5 min)	46,87	21,52	56,87	121,05
IV (300 MPa, 1 min)	46,23	18,33	54,40	116,67
V (400 MPa, 3 min)	45,97	18,77	56,34	172,39
VI (400 MPa, 3 min)	45,62	18,53	55,98	164,12

(*) Método DPPH (μg equivalente trolox/100g muestra)

6.3.2. Optimización

Luego de obtener los resultados del diseño experimental, se realizó un análisis de varianza para cada respuesta, para conocer si los resultados obtenidos presentaban diferencias significativas entre los diferentes experimentos.

El diagrama de Pareto estandarizado, indica si existen diferencias significativas para cada respuesta, en relación a los dos factores experimentales, por separado, y la interacción cuadrática presión - tiempo.

- **Color L***

Se observa en el Diagrama de Pareto de la figura 13, que ni el factor tiempo ni presión, ni la interacción cuadrática de ellos tiene un efecto significativo ($p \leq 0,05$) en la Luminosidad (L^*) del zumo presurizado. La gráfica de superficie de respuesta estimada, muestra que a medida que aumenta la presión, y a menores tiempo de procesamiento, mayor es el valor de L^* , sin embargo no es un efecto estadísticamente significativo.

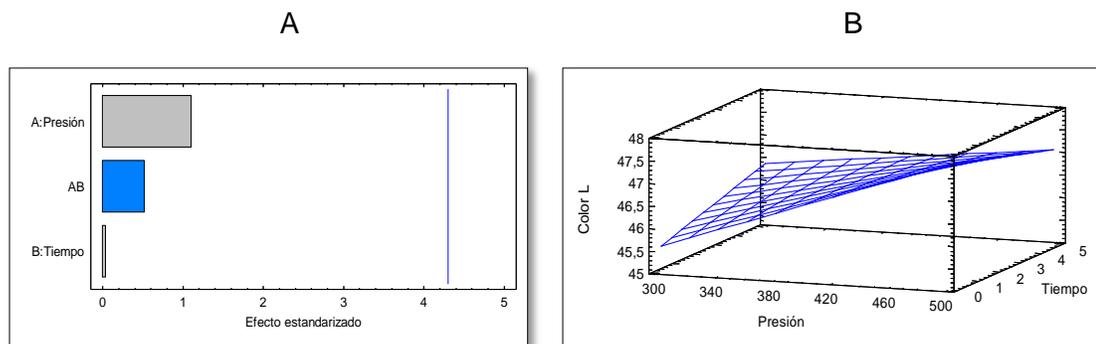


Fig.13. Respuesta Optimizada para color L*. A: Diagrama de Pareto estandarizado; B: Superficie Respuesta Estimada.

- **Color a***

Se observa en el Diagrama de Pareto de la figura 14, que el factor tiempo, la presión y la interacción cuadrática presión - tiempo, no tienen un efecto significativo ($p > 0,05$) en el color del plano rojo – verde (a^*) del zumo.

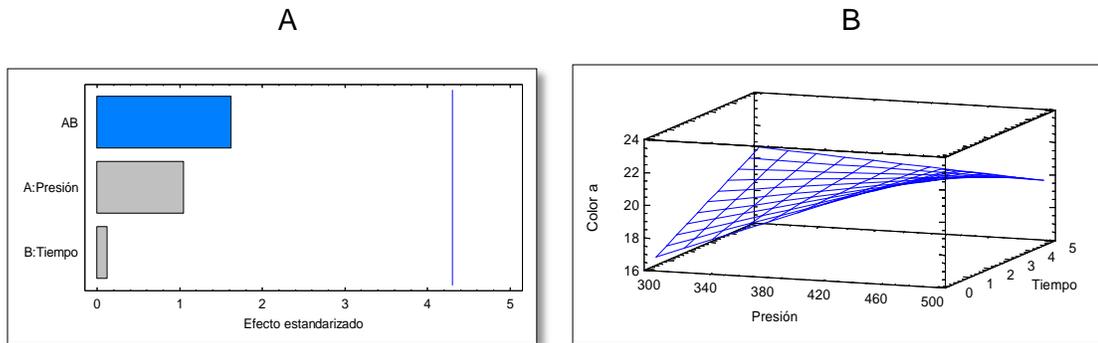


Fig.14. Respuesta Optimizada para color a^* . A: Diagrama de Pareto estandarizado; B: Superficie Respuesta Estimada.

- **Color b***

La presión es el único factor que afecta significativamente ($p \leq 0,05$) en el plano de color azul – amarillo (b^*). En la gráfica del modelamiento de superficie estimada, se infiere claramente que a medida que aumenta la presión, también aumenta el valor de b^* , es decir, el zumo presurizado tiende a tonalidades más amarillas.

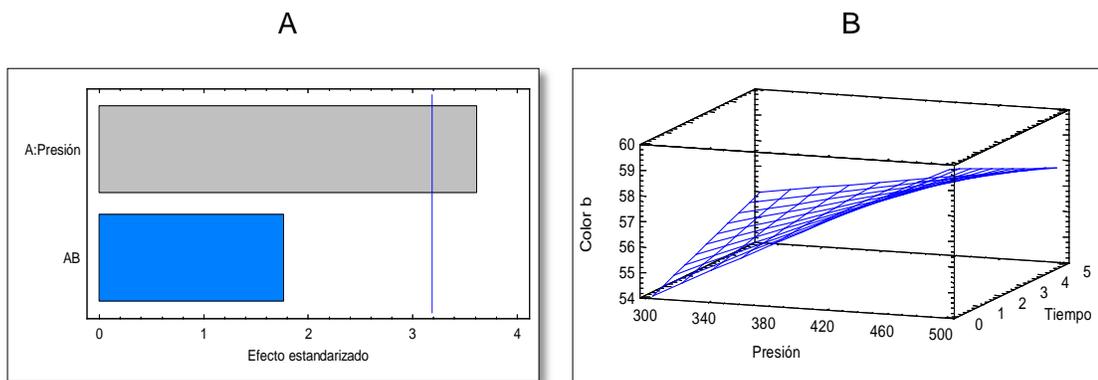


Fig.15. Respuesta Optimizada para color b^* . A: Diagrama de Pareto estandarizado; B: Superficie Respuesta Estimada.

- **Capacidad Antioxidante**

De acuerdo a la Figura 16, se observa que la presión es el único factor que afecta significativamente ($p \leq 0,05$) en la capacidad antioxidante del zumo.

En la gráfica del modelamiento de superficie estimada, se infiere claramente que a medida que aumenta la presión, también aumenta la capacidad antioxidante.

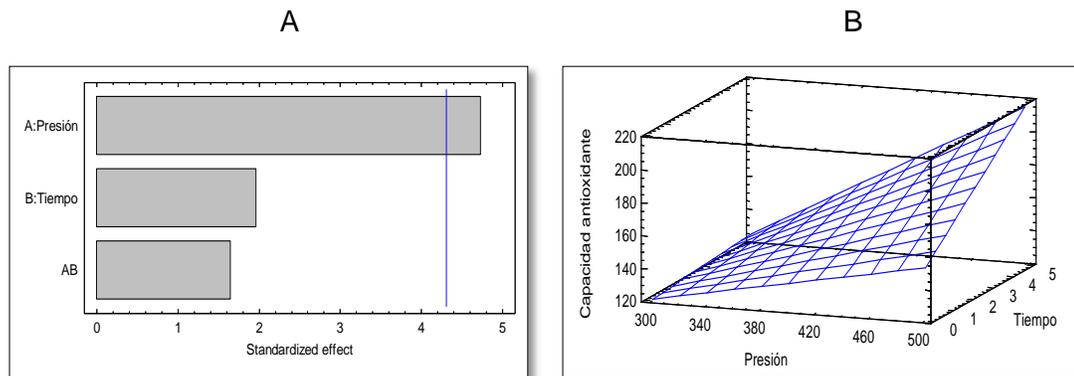


Fig.16. Respuesta Optimizada para capacidad antioxidante. A: Diagrama de Pareto estandarizado; B: Superficie Respuesta Estimada.

- **Optimización conjunta**

A través de la optimización conjunta se determinó la combinación de los factores experimentales, tiempo y presión, los cuales simultáneamente optimizan las respuestas analizadas.

Para realizar la optimización considerando las tres respuestas, se estableció como objetivo los parámetros del zumo fresco sin presurizar:

- Color L*: mantener en 54,44 (opción statgraphics: maximizar)
- Color a*: mantener en 23,67 (opción statgraphics: maximizar)
- Color b*: mantener en 59,85 (opción statgraphics: maximizar)
- Capacidad antioxidante: maximizar

La optimización entregada por el programa Statgraphics, indicó que el experimento I es la combinación óptima de tratamiento (500 MPa – 1 min), ya que esta presentó el mayor valor de “conveniencia” (0,80).

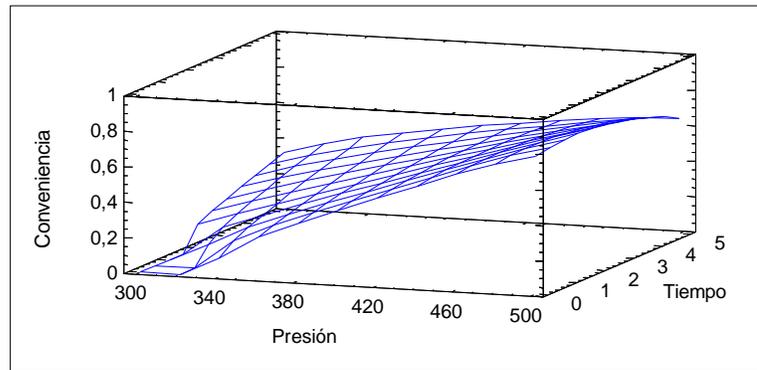


Fig.17. Superficie de Respuesta Estimada para la Optimización de Múltiples Respuestas.

6.3.3. Caracterización del zumo optimizado

6.3.3.1. Caracterización físico-química

Tabla 29. Caracterización físico – química del zumo fresco y presurizado

Parámetro físico-químico	Zumo fresco	Zumo presurizado
Humedad (%)	78,6 ± 0,2 ^a	83,6 ± 2,0 ^b
Actividad de agua	0,931 ± 0,002 ^c	0,935 ± 0,010 ^c
°Brix	14,9 ± 0,1 ^d	14,1 ± 0,1 ^e
pH	3,92 ± 0,08 ^f	3,57 ± 0,12 ^g
Acidez (*)	1,613 ± 0,561 ^h	1,596 ± 0,048 ^h

(*) Reportada como porcentaje de ácido cítrico

Superíndices iguales en la misma fila, indica que no existen diferencias significativas entre el zumo fresco y el presurizado.

Como se observa en la tabla nº 29, la humedad aumentó significativamente ($p < 0,05$), lo cual puede ser producto de la liberación de constituyentes intracelulares (entre ellos, agua) fuera de la célula (Celis, 2007), debido a la aplicación de altas presiones.

Tanto la actividad de agua como la acidez, no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el zumo fresco y el presurizado.

El contenido de sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambos zumos. La disminución de los sólidos solubles totales se atribuye al aumento del contenido de agua.

El pH presentó una disminución significativa ($p < 0,05$) de 3,92 a 3,57. Esto se debe posiblemente a que la presión aplicada favorece la ionización del medio, disminuyendo así el pH (Yaldagard *et al.*, 2008).

6.3.3.2. Color

Los resultados del análisis colorimétrico para el zumo fresco y presurizado se presentan en la tabla nº 30.

Tabla 30. Caracterización colorimétrica del zumo fresco y presurizado.

Parámetro	Zumo fresco	Zumo presurizado
L*	54,44 ± 0,29 ^a	48,10 ± 0,05 ^b
a*	23,67 ± 0,30 ^c	23,24 ± 0,31 ^c
b*	59,85 ± 0,34 ^d	59,29 ± 0,43 ^d

Superíndices iguales en la misma fila, indica que no existen diferencias significativas entre el zumo fresco y el presurizado.

El análisis colorimétrico, indicó que el valor de L* disminuyó, lo que apunta a que el zumo presurizado presenta una menor luminosidad que el zumo fresco. Esta disminución presentó diferencias significativas ($p < 0,05$), mientras que la cromaticidad (a* y b*) no presentaron diferencias significativas entre ambos zumos.

La variación total de color (ΔE) obtenida fue de 6,40; valor más elevado que al señalado en el zumo obtenido con tratamientos térmicos ($\Delta E = 3,87$). En la evaluación sensorial realizada al zumo pasteurizado, se encontró que los jueces si encontraron diferencias significativas en el color de ambos zumos, por lo que se deduce, que al ser mayor la variación total de color en el zumo presurizado, esta diferencia sería apreciada por el ojo humano.

El índice de color (IC) para el zumo presurizado es de 8,14; lo que indicaría una coloración anaranjada intensa, según Pinto (2010).

6.3.3.3. Capacidad antioxidante

En la tabla nº 31 se observa que luego de la presurización del zumo, la capacidad antioxidante es mayor. Lo mismo ocurrió con el zumo luego del tratamiento térmico.

Tabla 31. Capacidad antioxidante de los zumos de *Physalis peruviana L.*

Análisis	Zumo fresco	Zumo presurizado
DPPH ($\mu\text{mol TE}/100\text{g}$)	94,07 \pm 4,06 ^a	159,68 \pm 4,02 ^b

Superíndices iguales en la misma fila, indica que no existen diferencias significativas entre el zumo fresco y el presurizado.

6.4. Conservas

Los siguientes resultados fueron obtenidos en un tiempo promedio de 12 días posteriores a la elaboración de la conserva. Obregón (2001), establece que este periodo debe ser de 15 días, ya que es en este momento cuando la solución de cubierta y la fruta llegan a un equilibrio y no existirá variación alguna en el porcentaje de los sólidos solubles y pH.

6.4.1. Caracterización físico-química

Como se puede observar en la tabla nº 32 el contenido de humedad (83 %) aumentó respecto a la humedad inicial de la materia prima (81,4 %), esto debido a que el fruto se encuentra en un medio líquido, del cual puede captar agua y por tanto aumentar su contenido. Este aumento presentó diferencias significativas ($p < 0,05$).

Tanto la acidez como la actividad de agua de los frutos en conserva disminuyó, sin embargo estos cambios no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$).

Tabla 32. Caracterización físico – química de conserva de *Physalis peruviana L.*

Parámetro físico-químico	Fruto Fresco	Conserva
Humedad (%)	81,4 ± 0,6 ^a	83,0 ± 0,3 ^b
Actividad de agua (Aw)	0,986 ± 0,001 ^c	0,981 ± 0,004 ^c
°Brix almíbar	-	20,9 ± 0,1
°Brix fruta	13,8 ± 0,6 ^d	19,3 ± 0,2 ^e
pH almíbar	-	3,31 ± 0,02
pH fruta	3,33 ± 0,02 ^f	3,28 ± 0,02 ^f
Acidez (*)	1,73 ± 0,03 ^g	1,68 ± 0,03 ^g

(*) Reportada como porcentaje de ácido cítrico

Superíndices iguales en la misma fila, indica que no existen diferencias significativas entre el fruto fresco y la conserva.

El contenido de sólidos solubles del fruto aumentó (de 13,8 a 19,3° Brix), mientras que el del almíbar disminuyó (de 30 a 20,9° Brix). Estos cambios se explican debido a que existió una transferencia de masa de los sólidos solubles del almíbar hacia el fruto.

De acuerdo al balance de masa, en el equilibrio el contenido de sólidos solubles del almíbar debería ser el mismo que el del fruto (20° Brix), que en este caso no se alcanzó debido a que los análisis se realizaron el día 12 en lugar del día 15.

El pH de la conserva en general casi no presentó variaciones en relación al pH de la materia prima. Por otra parte el pH del fruto (3,28) alcanzó el equilibrio con el pH del medio (3,31), ya que no existen diferencias significativas entre ambos pH ($p > 0,05$).

6.4.2. Color

El análisis colorimétrico indica cómo el procesamiento que se aplicó a este fruto influye en el color del mismo. Se observa en la tabla nº 33 que el valor de L^* aumenta, lo que indica mayor luminosidad; a^* disminuye lo que señala una degradación del color rojo, y b^* casi no presenta cambios. Tanto L^* como a^* , presentaron diferencias significativas de color entre el fruto fresco y el fruto en conserva ($p < 0,05$), mientras que los valores de cromaticidad b^* fueron muy similares y no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$)

Tabla 33. Caracterización colorimétrica de conserva de *Physalis peruviana* L.

Parámetro	Fruto fresco	Conserva
L^*	$78,09 \pm 1,12^a$	$84,28 \pm 1,73^b$
a^*	$18,34 \pm 2,05^c$	$7,41 \pm 1,40^d$
b^*	$72,27 \pm 1,04^e$	$72,67 \pm 3,61^e$

Superíndices iguales en la misma fila, indica que no existen diferencias significativas entre el fruto fresco y la conserva.

La variación total de color (ΔE) obtenida fue de 12,6. Según la evaluación sensorial realizada al zumo pasteurizado, los jueces fueron capaz de encontrar diferencias significativas en estas tonalidades de color anaranjado cuando ΔE fue 3,87, por lo que se infiere que esta variación de color, que es mayor, sería percibida por los jueces.

El valor de IC para el fruto en conserva (1,2) es algo menor que el obtenido para el fruto fresco (3,2), lo que indica que la tonalidad anaranjada es menos intensa.

6.4.3. Textura

Tanto los valores de fuerza máxima como elasticidad, expuestos en la tabla nº 34, presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) con los valores obtenidos para el fruto sin procesar.

Tabla 34. Caracterización de textura de conserva de *Physalis peruviana* L.

Parámetro	Fruto fresco	Conserva
Fuerza máxima (N)	6,01 ± 0,47 ^a	3,29 ± 0,18 ^b
Elasticidad (N/mm)	3,65 ± 0,14 ^c	1,32 ± 0,09 ^d

Superíndices iguales en la misma fila, indica que no existen diferencias significativas entre el fruto fresco y la conserva.

La fuerza máxima disminuyó de 6,01 N a 3,29 N, lo que indica que el tratamiento térmico afectó significativamente a la textura del fruto. El fruto en conserva presenta una menor resistencia a la fuerza ejercida, y por lo tanto es más blando que el fruto fresco. De la misma forma, la elasticidad disminuye, por lo que se infiere que el fruto fresco es más rígido, dado que se precisa mayor cantidad de fuerza para provocar un determinado grado de deformación.

6.4.4. Contenido compuestos bioactivos

Tabla 35. Contenido compuestos bioactivos de conserva de *Physalis peruviana* L.

Compuesto	Fruto fresco	Conserva
Ácido ascórbico (mg AA/100 g fruta)	34,15 ± 0,59 ^a	13,80 ± 1,60 ^b
Fenoles (mg AG/100 g fruta)	45,40 ± 1,36 ^c	28,94 ± 0,56 ^d

AA: ácido ascórbico; AG: ácido gálico

Superíndices iguales en la misma fila, indica que no existen diferencias significativas entre el fruto fresco y la conserva.

En cuanto a la determinación del ácido ascórbico, ésta se realizó después del tratamiento térmico de la conserva y no después de los 15 días en los que si se realizaron los demás análisis, ya que se sabe que esta vitamina es lixiviada en la

solución de cubierta (Obregón, 2001). Se encontró una retención del 44,03% de ácido ascórbico en el fruto, después de realizado todo el proceso tecnológico para la obtención de la conserva.

Texeira, mencionado por Obregón (2001), encontró una reducción del 45,3% durante el almacenamiento de conservas de rodajas de naranja en almíbar, y Encina (2006) señaló un 50,54% de retención de ácido ascórbico en conserva de physalis, tratada bajo las mismas condiciones.

El contenido de compuestos fenólicos de la conserva de physalis fue de 28,94 mg ácido gálico/100 g, es decir, una retención del 63,7 % respecto a la materia prima inicial. El valor obtenido es considerado relativamente alto respecto al 49,88% de retención para la conserva de physalis obtenida en las mismas condiciones, señalado por Encina (2006).

La disminución del contenido fenólico, puede ocurrir debido a que al ser hidrófilos pudieron migrar hacia el almíbar, resultando por ende una disminución de estos compuestos en el fruto, así también pudieron existir reacciones de degradación durante la aplicación del tratamiento térmico al cual fue sometida la conserva.

6.4.5. Capacidad antioxidante

Tabla 36. Capacidad antioxidante del fruto y conserva de *Physalis peruviana* L.

Análisis	Fruto fresco	Conserva
DPPH	48,9 %	23 %
ABTS	32%	21,3%

Los análisis de capacidad antioxidante para la conserva de physalis, indicaron que por ambos métodos hay una disminución en la capacidad antioxidante. Esta disminución se puede deber al efecto que tuvo el tratamiento térmico sobre los compuestos hidrofílicos (ácido ascórbico y compuestos fenólicos), así como sobre los compuestos lipofílicos (carotenoides) presentes en el fruto, los cuales siguen actuando como

antioxidantes, pero con una disminución de su capacidad respecto a la materia prima sin procesar.

6.4.6. Evaluación sensorial

Se realizó un test de aceptabilidad, con 20 jueces, a la conserva de physalis, con el objetivo de conocer la posible reacción de los consumidores ante este nuevo producto.

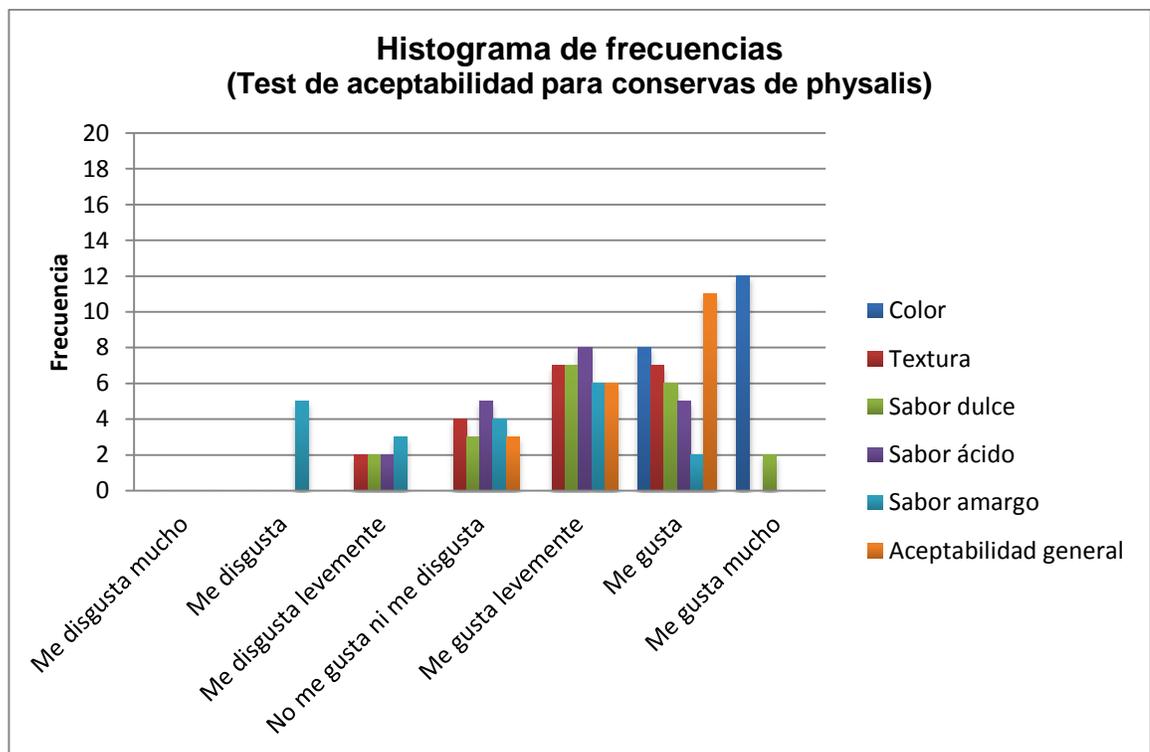


Fig 18. Resultados del test de aceptabilidad para conserva de physalis.

Como se observa en la figura 18, el 85% de los jueces indicó que “le gustaba” o “le gustaba levemente” el producto en general (aceptabilidad), mientras que el otro 15% indicó indiferencia hacia el producto presentado.

VII. CONCLUSIONES

- Es posible desarrollar conservas y zumos a partir del fruto *Physalis Peruviana Linnaeus* aplicando los tratamientos de pasteurización, esterilización y altas presiones hidrostáticas.
- Los tratamientos óptimos obtenidos fueron de 75°C por 4 min para la pasteurización, y de 500 MPa por 1 min para el tratamiento de altas presiones hidrostáticas.
- Con respecto al zumo fresco, el tratamiento térmico de pasteurización afectó significativamente el contenido de ácido ascórbico, la capacidad antioxidante (método ABTS), los parámetros reológicos de viscosidad y consistencia, el valor de cromaticidad a*, el contenido de sólidos solubles y la densidad del zumo.
- Los parámetros del zumo que resultaron afectados significativamente luego del tratamiento de altas presiones hidrostáticas fueron la humedad, el contenido de sólidos solubles, el pH, la luminosidad (L*) y la capacidad antioxidante.
- El tratamiento térmico de esterilización comercial, afectó significativamente algunos parámetros fisicoquímicos, como la humedad y el contenido de sólidos solubles, y la textura del fruto. El contenido de ácido ascórbico y compuestos fenólicos disminuyó, al igual que la capacidad antioxidante.
- Los resultados de este estudio indicaron que es posible desarrollar los productos mencionados a partir de *physalis*, para lo cual se sugiere realizar estudios de vida útil y nuevas evaluaciones sensoriales.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN, J. Caracterización citogenética y respuesta al cultivo *in vitro* de tres accesiones de *Physalis peruviana* L. Tesis. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, 2002.

ALMANZA, P., Fischer, G. Fisiología del cultivo de la uchuva (*physalis peruviana* l.). [en línea] Bogotá, Colombia. < http://fruticultura.cav.udesc.br/wp-content/uploads/2012/04/pedro_jose_almanza_merchan_y_gerhard_fischer2.pdf> [consulta: 20 enero 2013]

ALVARADO, P., Verdugo, C. y Fisher, G. Efecto de un tratamiento de frío (1.5°C) y la humedad relativa sobre las características físico-químicas de frutas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) durante el posterior transporte y almacenamiento. Agronomía Colombiana 22(2): 148, Diciembre 2004.

A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods 932.12 Solids (Soluble) in fruits and fruit products. Refractometer Method. Washinton D.C., Estados Unidos. 1980.

A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods 942.15 Acidity (Titratable) of fruit products.. Washinton D.C., Estados Unidos. 1965.

A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods 981.12 pH of Acidified Foods. Washinton D.C., Estados Unidos. 1982.

AUROMA, O. Conceptualization of the Prooxidant and Antioxidant Actions of Plant Food Chemicals. En *Phytochemicals and Phythopharmaceuticals*. AOCS, Press, Champaign, Illinois, 32-46. 1999

BADUI, D. Química de los Alimentos. Segunda edición, México. Editorial Alhambra Mexicana S.A. México, 1984

BASOALTO, H. Cultivo de *Physalis peruviana* Linnaeus, en comuna de Yervas Buenas, Región del Maule, Chile. 2004

BOTERO, A. Aplicación de la Ingeniería de Matrices en el desarrollo de la uchuva mínimamente procesada fortificada con calcio y vitamina C y E. Tesis (Magíster en Ciencias Farmacéuticas énfasis en Alimentos). Medellín, Colombia. Universidad de Antioquía. 2008.

CELIS, Tania. Efecto de altas presiones dinámicas sobre la actividad de la polifenoloxidasas en jugo de manzana. Tesis (Licenciatura en Ingeniería de Alimentos). Puebla, México. Escuela de Ingeniería y Ciencias, Universidad de las Américas Puebla. Enero 2007.

CEDEÑO, M., Montenegro, D. Plan exportador, logístico y de comercialización de uchuva al mercado de Estados Unidos para frutexpo s.c.i. Ltda. Tesis (Ingeniería Industrial). Bogotá, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería. 2004.

CIRO Velásquez, Héctor José; Buitrago Giraldo, Omar Hideki; Pérez Arango, Sebastián Adolfo. Estudio preliminar de la resistencia mecánica a la fractura y fuerza de firmeza para fruta de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Revista Facultad Nacional de Agronomía 60 (1): 3785 – 3796. 2007.

CRUZAT, R., Honorato, C. Resultados y lecciones en Cultivo de Goldenberry (*Physalis peruviana* L.) en la zona central de Chile. Santiago, Chile. 2010.

DUQUE, Alba L., Giraldo, Germán A., Quintero, Víctor D. Caracterización de la fruta, pulpa y concentrado de uchuva (*Physalis Peruviana* L.). Revista Temas Agrarios 16 (1): 75 – 83. Junio 2011.

EGAÑA, Claudia Pulpa de frutilla 16/18 ° Brix con semilla. [en línea]. Santiago, Chile.<<http://www.tmluc.com/tmla/manuales/Esp.TMLSTDP.Frutilla%2016consemillama1la1.pdf>> [consulta : 20 enero 2013].

ENCINA, Christian. Influencia del descerado y composición del almíbar en la optimización del tratamiento térmico de la conserva de aguaymanto (*physalis peruviana*, linnaeus, 1753) para la mayor retención de ácido ascórbico. Tesis (magister scientiae). Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, 2006.

FERNÁNDEZ, José M. Tecnología de los Alimentos. [en línea]. Almería, España.<<http://www.ual.es/~jfernand/TA/Tema8/Tema8-Esterilizacion>> [consulta: 02 Febrero 2013]. 2005.

FIGUEROA, Ricardo; Tamayo, Jorge; González, Sara; Moreno, Gabriela; Vargas, Lourdes. Actividad antioxidante de antocianinas presentes en cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 12 (1): 44 – 50. Junio 2011.

FLÓREZ R., Víctor J., Fischer, Gerhard, Sora R, Ángel D. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L). Bogotá, Colombia. 2000. 175p.

ICONTEC. Frutas frescas. Uchuva. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, Colombia. 1999.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 2659. Of 2002. Productos hidrobiológicos – Determinación microorganismos aerobios mesófilos – Técnica de recuento en placa a 35°C . Santiago, Chile, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 2734. Of2002. Productos hidrobiológicos – Determinación de hongos y levaduras – Técnica de recuento en placas. Santiago, Chile, 2002.

JOSLYN, M. Methods in Food Analysis. Physical, Chemical, and Instrumental Methods of Analysis. Second Edition. Academic Press. 1970. 446p.

KNORR, D. Effects og high-hydrostatic-pressure processes on food safety and quality. Food Technology 47(6): 156-161. Enero 1993.

MARÍN, Zaira. Viabilidad de desarrollo de uchuva (*Physalis peruviana* L.) mínimamente procesada enriquecida con microorganismos probióticos a partir de la Ingeniería de Matrices. Tesis (Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos). Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2009.

MARÍN, Zaira; Cortés, Misael; Montoya, Olga. Uchuva (*Physalis peruviana* L.) ecotipo Colombia, minimamente procesada inoculada con cepa *Lactobacillus plantarum* LPBM10 mediante la técnica de impregnación al vacío. Revista Chilena de Nutrición 37 (4): 461 – 472. Diciembre 2010.

MÁRQUEZ Carlos, Trillos Ofelia, Cartagena José, Cotes José. Evaluación físico-química y sensorial de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Revista de la facultad de química farmacéutica 16 (1): 42 -48. Febrero 2009.

MEDINA, M.L.,Pagano G. Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) tipo “Criolla Roja”. Revista Facultad Agronomía 20: 72 -86. 2003.

MINISTERIO DE SALUD. Reglamento Sanitario de los Alimentos Dto. N° 977/96 (D.OF. 13.05.97). Santiago, Chile, Agosto de 1996. 543 p.

MURILLO, E. Actividad antioxidante de bebidas de frutas y de té comercializadas en Costa Rica. Instituto de Alimentación y Nutrición Universidad de Panamá. 2005.

OBREGÓN, A. Efecto de la Temperatura sobre la Textura de Gajos de Mandarina Satsuma (*Citrus unshiu*) en Almíbar. Tesis (Magíster en Tecnología de Alimentos) Lima, Perú. Escuela de Post-Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2001

PARZANESE, Magali. Tecnologías de altas presiones hidrostáticas. [en línea]. Argentina.<http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_09_AltasPresiones.pdf > [consulta: 02 Febrero 2013]. [s.a.].

PEREZ, Borja. Efecto del tratamiento de altas presiones sobre la calidad de cocción del arroz (*Oryza Sativa L.*, cultivar *Maratelli*). Tesis (Ingeniero Agrónomo). Navarra, España. Universidad Pública de Navarra, 2012. 75 h.

PINTO, Claudia Alejandra. Caracterización física del fruto de *Physalis peruviana L.* durante secado convectivo. Tesis (Ingeniero en Industria Alimentaria). Santiago, Chile. Universidad Tecnológica Metropolitana, Facultad de Ciencias Naturales, Matemáticas y Medioambiente. 2010.

PUENTE, Luis. Generación de valor agregado al fruto de *Physalis peruviana L.* mediante tecnológicas de procesamiento: Estudio de mercado *Physalis Peruviana Linneaus*. Santiago, Chile. Innova Chile CORFO. 2012.

RAMADAN, Mohamed; Moersel, Joerg-Thomas. Goldenberry: a noval fruit source of fat soluble bioactives. Inform 15 (2): 130 – 131. 2004.

REPO, Ritva; Encina, Christian. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. Revista de la Sociedad Química del Perú 74 (2): 108 – 124. 2008

RESTREPO, A. Nuevas perspectivas de consumo de frutas: Uchuva (*Physalis peruviana L.*) y Fresa (*Fragaria vesca L.*) mínimamente procesadas fortificadas con vitamina E. Tesis (Magíster en Ciencia y Tecnología de los Alimentos). Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2008.

RODRÍGUEZ ULLOA, Sheila Lizett, RODRÍGUEZ ULLOA, Erika Mariela. Efecto de la ingesta de *Physalis peruviana* (aguaymanto) sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes. Revista Med. Vallejana 4 (1): 43 – 53. Abril 2007.

SILVA T, Luz A. Diagnóstico de la problemática actual de enfermedades en el cultivo de uchuva *physalis peruviana* L. en el departamento de Antioquia. Tesis (Microbiología Agrícola y Veterinaria). Bogotá, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería. 2006.

SIMPSON, Ricardo. Engineering aspects of thermal food processing. Dublín, Irlanda. Editorial Taylor & Francis Group, 2008. 512p.

TORRES, Jorge. Elaboración del néctar de uvilla *physalis peruviana* L, utilizando sacarina, dos concentraciones de estabilizante y dos tiempos de pasteurización. Tesis (Ingeniería Agroindustrial). Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, 2011.

VALENCIA, M. Anatomía del fruto de la uchuva, en Acta Biológica Colombiana 1(2), 1985. Pp. 63-69.

WILLS, R., Lee, T., Graham, D., McGlasson, W. y Hall, E.. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post recolección. Acribia, S. A. Zaragoza (España). 1994. 192p.

YALDAGARD, M.; Mortazavi, S.A.; Tabatabaie, F. The principles of ultra high pressure technology and its application in food processing/preservation: A review of microbiological and quality aspects. African Journal of Biotechnology 7 (16): 2739–2767. 2008

YAM Kit, Papadakis Spyridon. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering 61 (1): 137 – 42. Mayo 2003.

ZAPATA L.M., Malleret A.D., Quinteros C.F., Lesa C.E., Vuarant C.O., Rivadeneira M.F., Gerard J.A. Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración. Revista Ciencia, docencia y tecnología. Agosto, 2010.

ANEXOS

ANEXO 1

DETERMINACIÓN DE COLOR

Manual de Operaciones para el sistema de análisis de imagen computarizado

- Conectar el transformador de la cámara a la corriente.
- Conectar el interruptor de la luz de la cámara oscura a la corriente.
- Conectar el cable USB de la cámara al computador.
- Colocar el fruto en el soporte dispuesto para ello.
- Encender la cámara, Modo Auto, botón play.
- Abrir el programa “Zoom browser EX”
- Seleccionar la opción “Cámara y tarjeta de memoria”
- Configuración del disparo (Disparo Remoto):
 - ✓ Puerto de enfoque: selección automática
 - ✓ Macro: encender
 - ✓ Luz auxiliar AF: apagar
 - ✓ Operación AF: desbloqueo AF
 - ✓ Flash: apagar
- Transferir (Captura de imagen)
- Abrir programa Photoshop para el procesamiento de la imagen.
- Cambiar el modo de la imagen a “Modo Lab”.
- Seleccionar los puntos o el área de la imagen a analizar.
- Registrar los datos de L, a y b.
- Corregir los datos con las siguientes fórmulas:

$$L * = \frac{L}{225} \times 100 \quad ; \quad a * = \frac{240a}{255} - 120 \quad ; \quad b * = \frac{240b}{255} - 120$$

(Yam *et al.*, 2003)

ANEXO 2

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE COLOR PARA PHYSALIS

El índice de color (*IC*), adaptado para los frutos physalis en grado de madurez de cosecha se calculó a partir de la ecuación:

$$IC = 1000 \frac{a^*}{L^* b^*}$$

En función del índice de color los intervalos que caracterizan la coloración de los frutos son:

$IC \leq -7$ = Coloración verde

$-7 < IC < 0$ = Coloración verde amarillosa

$IC \approx 0$ = Coloración amarilla

$0 < IC < 7$ = Coloración anaranjada

$IC > 7$ = Coloración anaranjada intensa

(Pinto, 2010)

ANEXO 3

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO

(Método de Cromatografía Líquida de Alta Resolución HPLC)

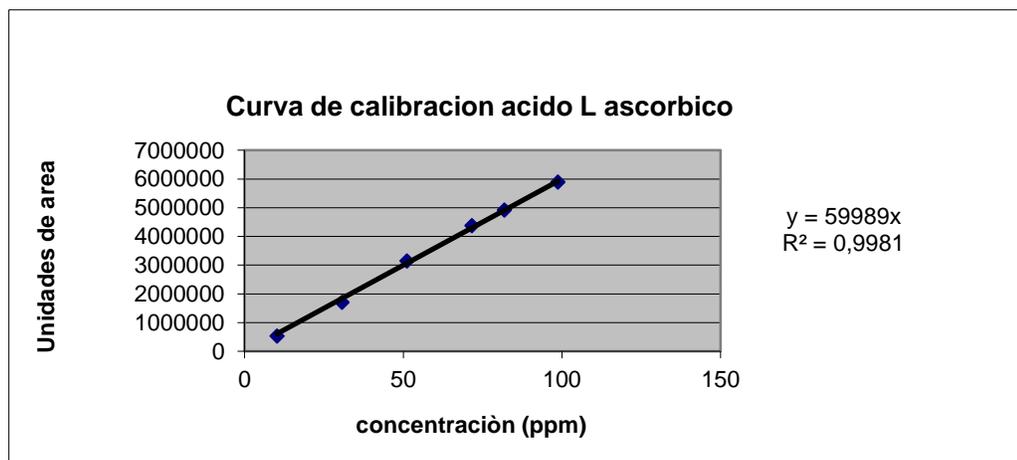
1. Extracción ácido ascórbico

- Pesar 25.5 g de muestra homogeneizada y mezclarla con 100 ml de H_3PO_4 0.05 N con agitación constante por 30 minutos.
- Posteriormente se transfiere la mezcla a tubos de centrifuga para someterla a 6000 rpm durante 20 min al término de los cuales se separa la fase acuosa.
- La solución obtenida anteriormente se filtra (0.45 μm) y de esta forma queda listo el extracto para inyectar al HPLC.

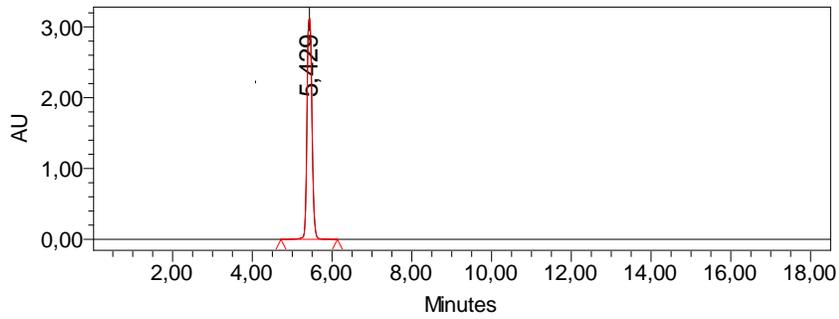
2. Condiciones HPLC

- Fase móvil: H_3PO_4 al 1 % pH = 2,7
- Fase estacionaria: Hypersil C18 ODS $\mu 5 m \times 4,0 mm \times 250 mm$
- Longitud de máxima absorción: 265 nm
- Flujo: 1 mL/min.

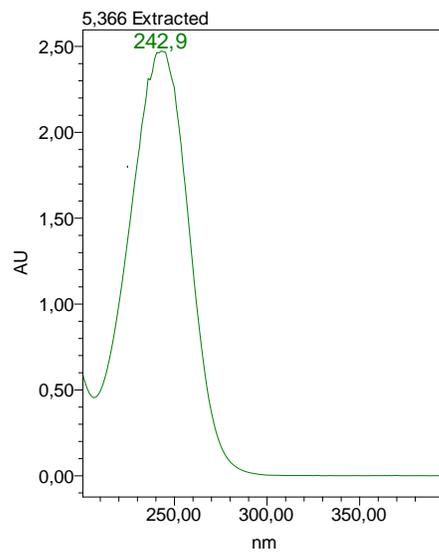
3. Curva de calibración



4. Cromatograma de estandar L-ascorbic 500 ppm



5. Espectro de absorción estándar



ANEXO 4
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE FENOLES
(Método de Folin – Ciocalteu)

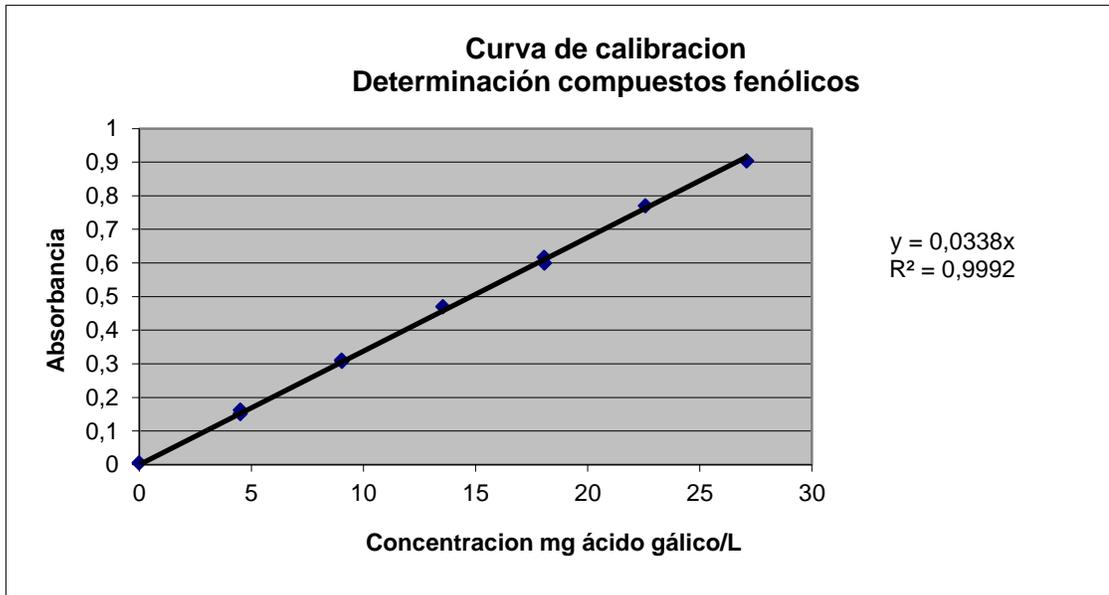
1. Reactivos

- Reactivo de Folin-Ciocalteu 1 N marca Scharlau
- Solución de carbonato de sodio CO_3Na_2 al 7,5%
- Metanol

2. Procedimiento

- Colocar 5 g de muestra y 25 ml de metanol dentro de un tubo Falcon.
- Se mezcla con Ultra – turrax hasta una consistencia uniforme (1 minuto).
- Se deja el homogenizado en reposo por 24 horas en refrigeración (4°C).
- Después del reposo, se centrifuga el homogenizado por 20 min a 14000 rpm.
- Diluir la muestra a determinar con un factor de dilución 5.
- Colocar en un tubo 1000 μl de la muestra y adicionar 500 μl de Reactivo de Folin 1N.
- Preparar el blanco, en un tubo colocar 1000 μl de agua destilada y adicionar 500 μl de reactivo Folin 1N.
- Agitar los tubos en vortex y dejar reposar 5 minutos.
- Adicionar 2500 μl de la solución de carbonato de sodio al 7,5%.
- Agitar con vortex y dejar reposar durante 35 minutos.
- Determinar la absorbancia en espectrofotómetro a 765 nm.

3. Curva de calibración



ANEXO 5

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

(Método del radical libre Brand – Williams DPPH)

1. Reactivos

- Solución de trabajo de DPPH. Tomar 1250 μ l de la solución madre de DPPH y llevar a 25 ml con metanol.

2. Procedimiento

- Colocar 5 g de muestra y 25 ml de metanol dentro de un tubo Falcon.
- Se mezcla con un homogenizador a alta velocidad hasta una consistencia uniforme (1 minuto).
- Se deja el homogenizado en reposo por 12-24 horas en refrigeración (4°C).
- Después del reposo, se centrifuga el homogenizado por 20 min a 14000 rpm.
- Preparar el blanco metanol:agua, 80:20. Colocar 2400 μ l de metanol + 600 μ l de agua destilada.
- Preparar el estándar. Colocar 100 μ l de metanol en una cubeta de espectrofotómetro.
- Preparar la muestra. Colocar 100 μ l de la muestra en una cubeta de espectrofotómetro. Trabajar por triplicado.
- Adicionar a la cubeta de MUESTRA y a la del ESTANDAR, 2900 μ l de la solución de trabajo de DPPH.
- Tapar las cubetas con parafilm y agitar.
- Determinar la absorbancia en espectrofotómetro a 517 nm, hasta que la absorbancia permanezca constante.
- Calcular el porcentaje de inhibición, respecto al estándar.

ANEXO 6

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

(Método del ABTS)

- Colocar 5 g de muestra y 25 ml de metanol dentro de un tubo Falcon.
- Se mezcla con un homogenizador a alta velocidad hasta una consistencia uniforme (1 minuto).
- Se deja el homogenizado en reposo por 12-24 horas en refrigeración (4°C).
- Después del reposo, se centrifuga el homogenizado por 20 min a 14000 rpm.
- Preparar el blanco con etanol.
- Preparar el blanco de reacción o estándar con 150 µl de agua en una cubeta.
- Preparar las muestras con 150 µl en una cubeta.
- Adicionar 2850 µl de reactivo ABTS.
(Reactivo ABTS: 28 µl ABTS + 3000 µl etanol)
- Tapar las cubetas con parafilm, agitar y cuidar de la luz.
- Medir luego de media hora y luego cada una hora en el espectrofotómetro a 734 nm.

ANEXO 7

FICHA EVALUACIÓN SENSORIAL ZUMO FRESCO Y PASTEURIZADO

(Test de diferencia contra control)

TEST DE DIFERENCIAS CONTRA CONTROL – PULPA PHYSALIS

- Evalúe el control primero y antes de cada muestra codificada.
- Evalúe las muestras de izquierda a derecha.
- Para cada muestra, califique GRADO Y DIRECCIÓN de diferencia con el control en cada atributo.
- alguna(s) de la(s) muestra(s) pueden ser similar(es) al control.

MUESTRA.....CON RESPECTO AL CONTROL (2 veces)

Primero mire la muestra, tome el aroma compárela con el control y evalúe lo siguiente:

Intensidad de COLOR:

-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Mucho más claro			Algo más claro		Igual al control		Algo más oscuro			Mucho más oscuro

Intensidad de AROMA:

-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Mucho menos intenso			Algo menos intenso		Igual al control		Algo más intenso			Mucho más intenso

CONSISTENCIA: (incline el vaso para observar la consistencia del producto)

-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Mucho menos espeso			Algo menos espeso		Igual al control		Algo más espeso			Mucho más espeso

HOMOGENEIDAD:

-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Mucho menos homog.			Algo menos homog.		Igual al control		Algo más homog.			Mucho más homog.

Ahora por favor pruebe primero la muestra y luego el control:

Intensidad de SABOR:

-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Mucho menos intenso			Algo menos intenso		Igual al control		Algo más intenso			Mucho más intenso

Intensidad de DULZOR:

-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Mucho menos dulce			Algo menos dulce		Igual al control		Algo más dulce			Mucho más dulce

ACIDEZ

-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Mucho menos ácida			Algo menos ácida		Igual al control		Algo más ácida			Mucho más ácida

AMARGOR

-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Mucho menos amarga			Algo menos amarga		Igual al control		Algo más amarga			Mucho más amargo

ANEXO 8
FICHA EVALUACIÓN SENSORIAL CONSERVA
(Evaluación de Aceptabilidad)

Nombre:.....

Fecha:.....

Por favor evalúe las muestras que se presentan y señale con una cruz su reacción frente al producto según la escala adjunta:

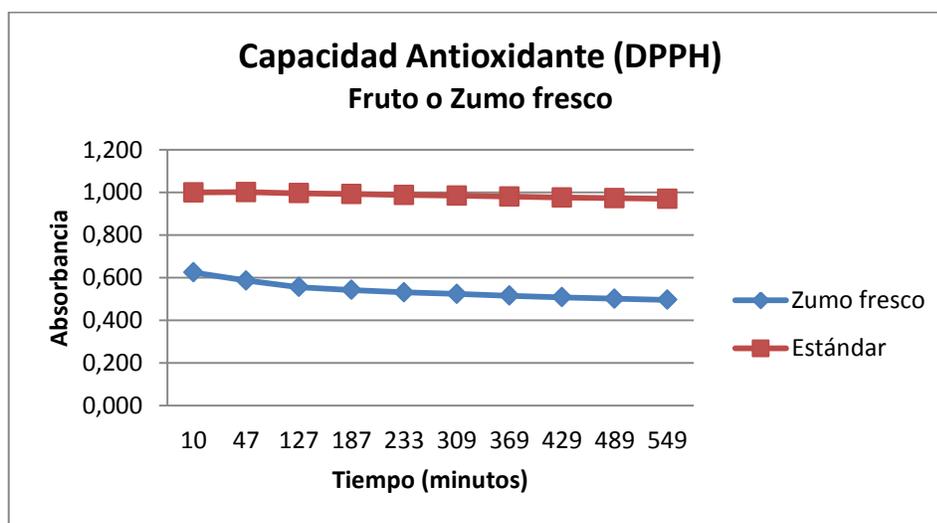
Muestra _____

	Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta levemente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta levemente	Me gusta	Me gusta mucho
Color	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Textura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Translucidez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sensación grasa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sabor dulce	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sabor ácido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sabor amargo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aceptabilidad gral	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ANEXO 9
RESULTADOS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (DPPH)
(Zumos fresco y pasteurizado)

Resultados análisis capacidad antioxidante zumo fresco:

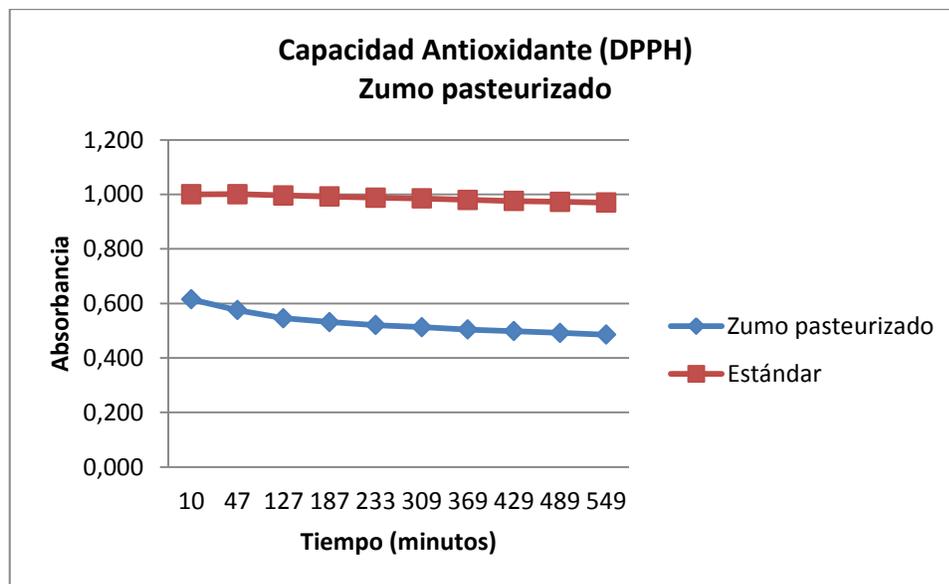
Tiempo	Z1	Z2	Z3	Estándar	Promedio
10	0,638	0,619	0,616	1,000	0,624
47	0,600	0,581	0,577	1,001	0,586
127	0,571	0,551	0,546	0,996	0,556
187	0,558	0,536	0,532	0,992	0,542
233	0,547	0,526	0,521	0,988	0,531
309	0,539	0,518	0,513	0,985	0,523
369	0,531	0,511	0,504	0,980	0,515
429	0,524	0,503	0,498	0,976	0,508
489	0,515	0,497	0,492	0,973	0,501
549	0,512	0,492	0,484	0,970	0,496



Promedio	Estándar	% Inhibición
0,496	0,970	48,9

Resultados análisis capacidad antioxidante zumo pasteurizado:

Tiempo	P1	P2	P3	Estándar	Promedio
10	0,627	0,609	0,609	1,000	0,615
47	0,586	0,571	0,569	1,001	0,575
127	0,553	0,542	0,541	0,996	0,545
187	0,538	0,529	0,527	0,992	0,531
233	0,526	0,519	0,517	0,988	0,521
309	0,517	0,512	0,509	0,985	0,513
369	0,508	0,504	0,501	0,980	0,504
429	0,501	0,498	0,495	0,976	0,498
489	0,494	0,492	0,489	0,973	0,492
549	0,488	0,487	0,482	0,970	0,486

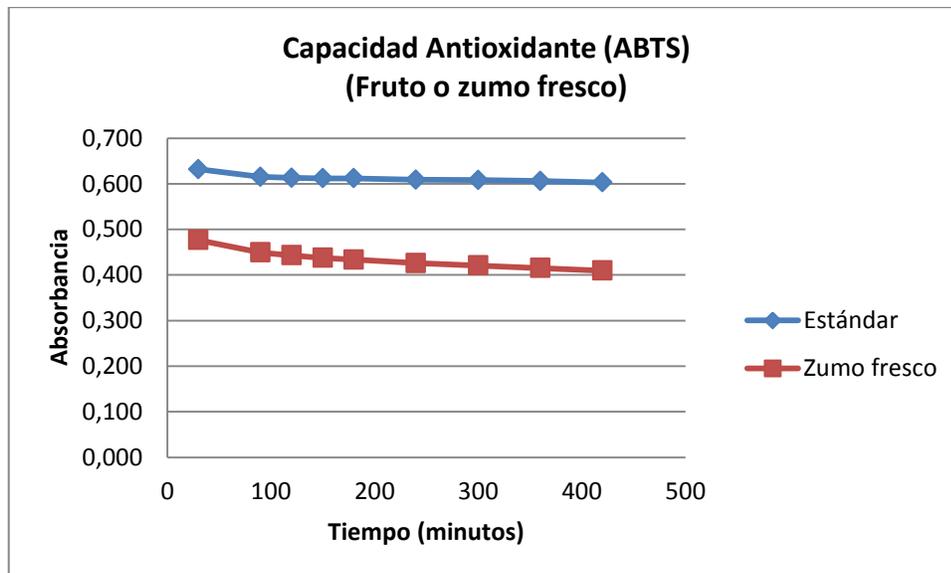


Promedio	Estándar	% Inhibición
0,486	0,970	49,9

ANEXO 10
RESULTADOS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (ABTS)
(Zumos fresco y pasteurizado)

Resultados análisis capacidad antioxidante zumo fresco:

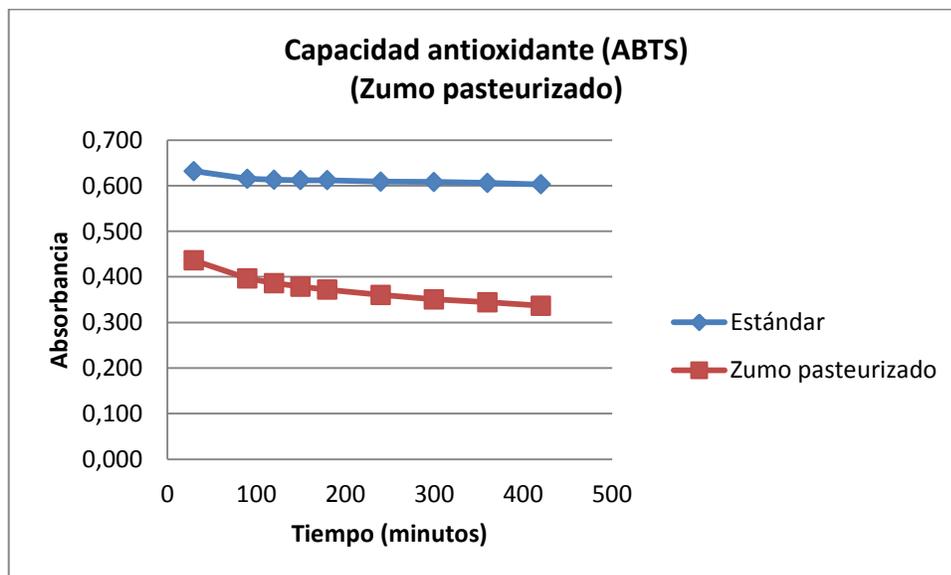
Tiempo	Z1	Z2	Z3	Estándar	Promedio
30	0,483	0,479	0,468	0,632	0,477
90	0,458	0,451	0,439	0,615	0,449
120	0,452	0,445	0,432	0,613	0,443
150	0,447	0,439	0,426	0,612	0,437
180	0,444	0,435	0,422	0,612	0,434
240	0,437	0,427	0,414	0,609	0,426
300	0,432	0,422	0,408	0,608	0,421
360	0,427	0,416	0,403	0,606	0,415
420	0,422	0,41	0,397	0,603	0,410



Promedio	Estándar	% Inhibición
0,410	0,603	32,0

Resultados análisis capacidad antioxidante zumo pasteurizado:

Tiempo	P1	P2	P3	Estándar	Promedio
30	0,444	0,432	0,432	0,632	0,436
90	0,402	0,398	0,39	0,615	0,397
120	0,392	0,387	0,38	0,613	0,386
150	0,384	0,379	0,373	0,612	0,379
180	0,377	0,373	0,366	0,612	0,372
240	0,365	0,361	0,355	0,609	0,360
300	0,357	0,353	0,342	0,608	0,351
360	0,349	0,345	0,339	0,606	0,344
420	0,341	0,337	0,332	0,603	0,337



Promedio	Estándar	% Inhibición
0,337	0,603	44,1

ANEXO 12

RESULTADOS ESTADÍSTICOS OPTIMIZACIÓN ZUMOS PASTEURIZADO

(Análisis de varianza de las respuestas analizadas)

Analysis of Variance for Color L

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
B:Tiempo	40,3225	1	40,3225	25,62	0,0072
Total error	6,29618	4	1,57405		
Total (corr.)	46,6187	5			

Analysis of Variance for Color a

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
B:Tiempo	2,64063	1	2,64063	45,35	0,0067
AB	8,55562	1	8,55562	146,93	0,0012
Total error	0,174683	3	0,0582278		
Total (corr.)	11,3709	5			

Analysis of Variance for Color b

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Temperatura	0,9409	1	0,9409	0,68	0,4709
B:Tiempo	22,8484	1	22,8484	16,45	0,0270
Total error	4,16783	3	1,38928		
Total (corr.)	27,9571	5			

Analysis of Variance for Consistencia

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
B:Tiempo	2,25	1	2,25	7,73	0,0498
Total error	1,165	4	0,29125		
Total (corr.)	3,415	5			

Analysis of Variance for Viscosidad

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Temperatura	272,25	1	272,25	0,40	0,5918
B:Tiempo	100172,	1	100172,	147,18	0,0067
AB	2550,25	1	2550,25	3,75	0,1925
Total error	1361,25	2	680,625		
Total (corr.)	104356,	5			

Optimización Conjunta

						<i>Predicted</i>	<i>Observed</i>
<i>Row</i>	<i>Color L</i>	<i>Color a</i>	<i>Color b</i>	<i>Consistencia</i>	<i>Viscosidad</i>	<i>Desirability</i>	<i>Desirability</i>
1	61,61	9,85	62,28	10,8	2533,0	0,770836	0,793318
2	60,27	7,09	60,85	11,7	2600,0	0,298667	0,180147
3	68,04	8,55	66,6	12,7	2267,0	0,0	0,0
4	66,54	11,64	66,09	12,8	2233,0	0,0	0,0
5	65,93	9,62	65,22	11,3	2367,0	0,373356	0,360481
6	65,88	9,09	66,0	11,2	2400,0	0,373356	0,0

ANEXO 13

RESULTADOS ESTADÍSTICOS ENSAYOS ZUMO FRESCO Y PASTEURIZADO

(Anova de una vía)

ANOVA Table for Humedad by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	0,481333	1	0,481333	1,04	0,3656
Within groups	1,852	4	0,463		
Total (Corr.)	2,33333	5			

ANOVA Table for Aw by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	0,00000681633	1	0,00000681633	2,12	0,2187
Within groups	0,000012832	4	0,000003208		
Total (Corr.)	0,0000196483	5			

ANOVA Table for Acidez by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	0,0011532	1	0,0011532	0,96	0,3836
Within groups	0,0048268	4	0,0012067		
Total (Corr.)	0,00598	5			

ANOVA Table for °Brix by Zumo

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,529	1	0,529	36,48	0,0003
Within groups	0,116	8	0,0145		
Total (Corr.)	0,645	9			

ANOVA Table for pH by Zumo

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,00064	1	0,00064	5,12	0,0535
Within groups	0,001	8	0,000125		
Total (Corr.)	0,00164	9			

ANOVA Table for Densidad by Zumo

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,0020736	1	0,0020736	60,45	0,0001
Within groups	0,0002744	8	0,0000343		
Total (Corr.)	0,002348	9			

ANOVA Table for Consistencia by Zumo

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	3,375	1	3,375	40,50	0,0031
Within groups	0,333333	4	0,0833333		
Total (Corr.)	3,70833	5			

ANOVA Table for Viscosidad a 12 rpm by Zumo

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	426667,	1	426667,	128,00	0,0003
Within groups	13333,3	4	3333,33		
Total (Corr.)	440000,	5			

ANOVA Table for Viscosidad a 6 rpm by Zumo

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	326667,	1	326667,	12,25	0,0249
Within groups	106667,	4	26666,7		
Total (Corr.)	433333,	5			

ANOVA Table for Contenido fenólico by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	8,90602	1	8,90602	5,31	0,0826
Within groups	6,71067	4	1,67767		
Total (Corr.)	15,6167	5			

ANOVA Table for Ácido Ascórbico by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	222,756	1	222,756	1195,52	0,0008
Within groups	0,37265	2	0,186325		
Total (Corr.)	223,128	3			

ANOVA Table for Color L by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
Within groups	10,7831	4	2,69578		
Total (Corr.)	10,7831	5			

ANOVA Table for Color a by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	24,04	1	24,04	15,01	0,0179
Within groups	6,40547	4	1,60137		
Total (Corr.)	30,4455	5			

ANOVA Table for Color b by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	0,0888167	1	0,0888167	0,05	0,8275
Within groups	6,56827	4	1,64207		
Total (Corr.)	6,65708	5			

ANEXO 14

RESULTADOS ESTADÍSTICOS OPTIMIZACIÓN ZUMOS PRESURIZADO

(Análisis de varianza de las respuestas analizadas)

Analysis of Variance for Color L

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Presión	1,6129	1	1,6129	1,22	0,3840
B:Tiempo	0,0016	1	0,0016	0,00	0,9754
AB	0,36	1	0,36	0,27	0,6534
Total error	2,63738	2	1,31869		
Total (corr.)	4,61188	5			

Analysis of Variance for Color a

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Presión	3,6864	1	3,6864	1,10	0,4039
B:Tiempo	0,0484	1	0,0484	0,01	0,9152
AB	8,8209	1	8,8209	2,64	0,2459
Total error	6,6891	2	3,34455		
Total (corr.)	19,2448	5			

Analysis of Variance for Color b

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Presión	10,7912	1	10,7912	13,06	0,0364
AB	2,57603	1	2,57603	3,12	0,1756
Total error	2,4781	3	0,826033		
Total (corr.)	15,8453	5			

Analysis of Variance for Capacidad antioxidante

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Presión	4367,89	1	4367,89	22,36	0,0419
B:Tiempo	754,052	1	754,052	3,86	0,1884
AB	532,686	1	532,686	2,73	0,2404
Total error	390,626	2	195,313		
Total (corr.)	6045,25	5			

Optimización conjunta

					<i>Predicted</i>	<i>Observed</i>
<i>Row</i>	<i>Capacidad antioxidante</i>	<i>Color a</i>	<i>Color b</i>	<i>Color L</i>	<i>Desirability</i>	<i>Desirability</i>
1	159,68	23,22	59,29	48,1	0,800745	0,825636
2	210,22	20,47	58,55	47,54	0,650334	0,785453
3	121,05	21,52	56,87	46,87	0,331012	0,341069
4	116,67	18,33	54,4	46,23	0,0	0,0626745
5	172,39	18,77	56,34	45,97	0,500567	0,343853
6	164,12	18,53	55,98	45,62	0,500567	0,258147

ANEXO 15

RESULTADOS ESTADÍSTICOS ENSAYOS ZUMO FRESCO Y PRESURIZADO

(Anova de una vía)

ANOVA Table for Humedad by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	38,0017	1	38,0017	18,34	0,0128
Within groups	8,28667	4	2,07167		
Total (Corr.)	46,2883	5			

ANOVA Table for Aw by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	0,0000281667	1	0,0000281667	0,59	0,4849
Within groups	0,000190667	4	0,0000476667		
Total (Corr.)	0,000218833	5			

ANOVA Table for Acidez by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	0,000400167	1	0,000400167	0,00	0,9623
Within groups	0,633611	4	0,158403		
Total (Corr.)	0,634011	5			

ANOVA Table for pH by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	0,166667	1	0,166667	14,29	0,0194
Within groups	0,0466667	4	0,0116667		
Total (Corr.)	0,213333	5			

ANOVA Table for °Brix by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	0,881667	1	0,881667	75,57	0,0010
Within groups	0,0466667	4	0,0116667		
Total (Corr.)	0,928333	5			

ANOVA Table for L by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	100,616	1	100,616	2285,68	0,0000
Within groups	0,35216	8	0,04402		
Total (Corr.)	100,968	9			

ANOVA Table for a by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	0,46656	1	0,46656	4,56	0,0653
Within groups	0,8188	8	0,10235		
Total (Corr.)	1,28536	9			

ANOVA Table for b by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	0,784	1	0,784	5,16	0,0527
Within groups	1,21484	8	0,151855		
Total (Corr.)	1,99884	9			

ANEXO 16
RESULTADOS ESTADÍSTICOS ENSAYOS CONSERVAS
(Anova de una vía)

ANOVA Table for Humedad by Fruto

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	4,00167	1	4,00167	20,35	0,0107
Within groups	0,786667	4	0,196667		
Total (Corr.)	4,78833	5			

ANOVA Table for Aw by Fruto

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,0000426667	1	0,0000426667	4,41	0,1035
Within groups	0,0000386667	4	0,00000966667		
Total (Corr.)	0,0000813333	5			

ANOVA Table for Aw by Fruto

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,0000426667	1	0,0000426667	4,41	0,1035
Within groups	0,0000386667	4	0,00000966667		
Total (Corr.)	0,0000813333	5			

ANOVA Table for Acidez by Fruto

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,00395267	1	0,00395267	3,93	0,1185
Within groups	0,00402267	4	0,00100567		
Total (Corr.)	0,00797533	5			

ANOVA Table for pH by Medio

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,000816667	1	0,000816667	2,45	0,1926
Within groups	0,00133333	4	0,000333333		
Total (Corr.)	0,00215	5			

ANOVA Table for L by Fruto

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	76,7561	1	76,7561	43,97	0,0003
Within groups	12,2194	7	1,74562		
Total (Corr.)	88,9754	8			

ANOVA Table for a by Fruto

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	238,056	1	238,056	67,10	0,0001
Within groups	24,8334	7	3,54763		
Total (Corr.)	262,89	8			

ANOVA Table for b by Fruto

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	0,31205	1	0,31205	0,07	0,7998
Within groups	31,4697	7	4,49568		
Total (Corr.)	31,7818	8			

ANOVA Table for F maxima by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	20,0987	1	20,0987	322,41	0,0000
Within groups	0,498711	8	0,0623389		
Total (Corr.)	20,5974	9			

ANOVA Table for Elasticidad by Zumo

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	13,5257	1	13,5257	923,89	0,0000
Within groups	0,11712	8	0,01464		
Total (Corr.)	13,6428	9			

ANEXO 17
RESULTADOS EVALUACIÓN SENSORIAL ZUMO PASTEURIZADO

Resultados test de diferencia contra control para el zumo pasteurizado.

Parámetro	Intervalo	Diferencias significativas
Color	[-1,64617; -1,0205]	Si
Aroma	[-1,62684; 1,46018]	No
Consistencia	[-1,77184; -0,394829]	Si
Homogeneidad	[0,271071; 1,22893]	Si
Sabor	[-1,21629; 0,0496265]	No
Dulzor	[0,919491; 1,74718]	Si
Acidez	[-1,6971; -0,636229]	Si
Amargor	[-0,537357; 0,0373574]	No

Nota: Si el número cero no está incluido en el intervalo, entonces hay diferencias significativas

ANEXO 18
REQUERIMIENTOS MICROBIOLÓGICOS PARA CONSERVAS Y ZUMOS

Requerimientos microbiológicos

Según el título V, párrafo III, artículo 173 del Reglamento Sanitario de los alimentos, se especifica que para bebidas analcohólicas no carbonatadas (Zumos y néctares pasteurizados y productos concentrados en su envase original), y para conservas se debe cumplir con:

Requerimientos microbiológicos para bebidas analcohólicas no carbonatadas

Parámetro	Plan de muestreo		Límite por ml			
	Categoría	Clases	n	c	m	M
Rcto. Aerobios Mesóf.	2	3	5	2	10 ²	10 ³

Requerimientos microbiológicos para conservas

Parámetro	Plan de muestreo		Límite por gr/ml			
	Categoría	Clases	n	c	m	M
Microorg Mesófilos Aerobios y Anaerobios (*)	10	2	5	0	0	---
Microorg. Termófilos Aerobios y Anaerobios (**)	10	2	5	0	0	---

(*) 5 Unidades se incuban a 35°C por 10 días.

(**) 5 Unidades se incuban a 55°C por 5 días.

Donde:

n = número de unidades de muestras a ser examinadas;

m = valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud;

c = número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendidos entre “m” y “M” para que el alimento sea aceptable;

M = valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud