

**ELABORACIÓN DE NÉCTARES DE GULUPA (*Passiflora edulis f. edulis*) Y CURUBA
(*Passiflora mollissima*)**

EILEEN LORENA OJASILD RAMÍREZ

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS

BOGOTÁ D.C

2009

**ELABORACIÓN DE NÉCTARES DE GULUPA (*Passiflora edulis f. edulis*) Y CURUBA
(*Passiflora mollissima*)**

EILEEN LORENA OJASILD RAMÍREZ

Trabajo final para optar al título de Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Director

MARÍA LUISA RODRÍGUEZ QUIJANO

NUTRICIONISTA

Asesora

BELLANID HUERTAS CARRANZA

ADMINISTRADORA AMBIENTAL

Co Director

NÉSTOR ALGECIRA

INGENIERO QUÍMICO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS

BOGOTÁ D.C.

2009

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis agradecimientos a:

María Luisa Rodríguez Quijano y Bellanid Huertas, quienes mantuvieron un seguimiento permanente en el desarrollo del proyecto, demostrando colaboración y compromiso.

Pablo Morales, encargado del Laboratorio de Procesos Agroindustriales de CORPOICA, quien siempre demostró disponibilidad y apoyo.

Néstor Algecira, ingeniero químico de la Universidad Nacional de Colombia, quien siempre me prestó su asesoría, apoyo y atención.

Todas las personas e instituciones que contribuyeron con el desarrollo de este trabajo.

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	6
LISTA DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	7
OBJETIVOS	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
INTRODUCCIÓN	10
1. GENERALIDADES	11
1.1. GULUPA	11
1.1.1. Descripción de la fruta	11
1.1.2. Origen	11
1.1.3. Taxonomía	11
1.1.4. Composición química	12
1.2. CURUBA	12
1.2.1. Descripción de la fruta	12
1.2.2. Origen	12
1.2.3. Taxonomía	13
1.2.4. Composición química	13
2. MARCO TEÓRICO	14
2.1. Néctar de fruta	14
2.1.1. Características Exigidas	14
2.1.1.1. Físicas y Químicas	14
2.1.1.2. Organolépticas	14
2.1.1.3. Microbiológicas	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA	18
3.1.1. Fruta	18
3.1.2. Agua	18
3.1.3. Edulcorante	18
3.1.4. Aditivos	18
3.2. PESAJE DE LA FRUTA	19
3.3. DESCASCARADO	19

3.4. DESINFECCIÓN DE FRUTA, EQUIPOS Y UTENSILIOS	19
3.5. ESCALDADO	20
3.6. DESPULPADO	20
3.7. CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LA PULPA FRESCA	20
3.7.1. pH	20
3.7.2. Acidez Titulable	21
3.7.3. Contenido de Sólidos Solubles Totales (SST)	21
3.8. FORMULACIÓN DEL NÉCTAR	22
3.9. PESAJE DE ADITIVOS	23
3.10. PASTEURIZACIÓN	23
3.11. ENVASADO Y ROTULADO	23
3.12. CARACTERIZACIÓN DEL NÉCTAR	23
3.12.1. Viscosidad	
3.13. DISEÑO DE EXPERIMENTOS	24
4. DESARROLLO EXPERIMENTAL	24
4.1. PRUEBAS PRELIMINARES	24
4.2. ARREGLO EXPERIMENTAL	26
4.2.1. Resultados experimentales	28
4.2.1.1. Caracterización de la pulpa fresca	28
4.2.1.2. Caracterización del néctar	29
4.2.1.3. Método Taguchi “mayor es mejor”	30
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	30
5.1. Análisis de la caracterización de la pulpa	30
5.2. Análisis de caracterizaciones y formulación del néctar	31
6. CONCLUSIONES	32
7. RECOMENDACIONES	32
8. BIBLIOGRAFÍA	33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la gulupa

Tabla 2. Composición química de la curuba

Tabla 3. Características microbiológicas de los néctares de frutas higienizados con duración máxima de 30 días.

Tabla 4. Matriz ortogonal L_{18} para la obtención de néctares de gulupa y curuba

Tabla 5. Factores controlables gulupa

Tabla 6. Factores controlables curuba

Tabla 7. Factores de ruido.

Tabla 8. Caracterización gulupa

Tabla 9. Caracterización curuba

Tabla 10. Caracterización néctar de gulupa

Tabla 11. Caracterización néctar de curuba

Tabla 12. Formulación “mayor es mejor” para néctar de gulupa

Tabla 13. Formulación “mayor es mejor” para néctar de curuba

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloques para el proceso de elaboración de néctares

Figura 2. Diagrama de flujo para el proceso de obtención de néctares.

RESUMEN

El auge en el consumo de frutas como las pasifloras resulta de gran interés, debido a que son alimentos con un gran contenido de agentes nutraceuticos naturales como las vitaminas, minerales, sales y ácidos orgánicos, enzimas, aminoácidos, pigmentos, pocas grasas, agua y agentes antioxidantes; por esta razón, en este trabajo, se aprovecharán la gulupa y la curuba para la elaboración de néctares.

Para evaluar el potencial benéfico de las bebidas elaboradas a partir de frutas con actividad nutraceutica elevada, se desarrollaron néctares de gulupa y de curuba, que cumplieran con la normatividad y tuvieran un alto grado de aceptación en el análisis sensorial. Para elegir la formulación adecuada para los néctares, se desarrollaron 18 diferentes corridas que seguían el diseño de experimentos basado en el método estadístico del D.R Genechi Taguchi. Las variables de control fueron: presencia o no de mesocarpio, porcentaje (%) de pulpa, °Brix, Temperatura de pasteurización, edulcorante y estabilizante. Como característica de calidad "mayor es mejor" se evaluó la viscosidad.

Palabras clave: Néctar, pasifloras, curuba, gulupa.

ABSTRACT

The rise in consumption of fruits like passifloras is of great interest, because they have a high content of natural nutraceutical agents such as vitamins, minerals, salts and organic acids, enzymes, amino acids, pigments, low fat, water and antioxidants; for this reason, in this work, we will use banana passion fruit and purple passion fruit and for the preparation of nectars.

To evaluate the potential benefit of drinks made from fruits with high nutraceutical activity there were developed nectars of banana passion fruit and purple passion fruit, which met the regulations and had a high degree of acceptance in the sensory analysis. To choose the appropriate formulation for nectar, there were developed 18 different runs that followed the design of experiments of the statistical method based on DR Genechi Taguchi. The control variables were: presence or absence of mesocarp, percentage (%) of pulp, ° Brix, pasteurization temperature, sweetener and stabilizer. As a quality characteristic "bigger is better" viscosity is estimated.

Key words: Nectar, pasiflora, banana passion fruit, purple passion fruit.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar néctares de gulupa y de curuba, con características fisicoquímicas, que cumplan con los requisitos de calidad para el mercado nacional e internacional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una caracterización fisicoquímica, de las frutas gulupa y curuba.
- Elaborar una formulación para los néctares de gulupa y curuba, que sea adecuada para realizar el escalamiento a nivel industrial.
- Realizar la caracterización fisicoquímica de los néctares elaborados para corroborar que el producto obtenido cumple con las características de calidad requeridas por los mercados nacionales e internacionales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Pérdida de fruta

Se ha demostrado que alrededor de un 30% de las frutas frescas se pierden debido a deterioros microbiológicos, fisiológicos, pérdida de agua, daños mecánicos durante la cosecha, envasado y transporte o por inadecuadas condiciones de transporte. Estas pérdidas pueden ascender a más del 40 -50% en las regiones tropicales y subtropicales¹. Las pérdidas también ocurren por la corta vida útil o la falta de utilización de la fruta de primera y segunda calidad. Es por esta razón que la obtención de productos procesados frutícolas es una buena alternativa para disminuir las pérdidas postcosecha y aumentar el uso de las frutas de primera y segunda calidad.

Estancamiento Tecnológico

El aumento de la población, el cambio en los hábitos alimenticios y la creciente demanda por productos de calidad, han conllevado a los consumidores a una tendencia por la búsqueda de alimentos inocuos, naturales, nutritivos, que cuiden la salud y sean de fácil preparación. El estancamiento tecnológico ocasiona pérdidas importantes en los mercados, pues en nuestro país hay pocas empresas transformadoras, mínima oferta de productos procesados, producción artesanal y en pequeña escala, y no se cuenta con suficientes equipos tanto de profesionales como de infraestructuras.

Caracterización y procesamiento de la fruta

Son pocos los estudios que identifican las características de la materia prima y de los productos procesados, pero especialmente de la gulupa, en este caso, fruta que se considera innovadora pues son pocos los reportes bibliográficos que se encuentran acerca de ella. Estos estudios presentan el inconveniente de la carencia de personal capacitado en las técnicas de procesamiento por lo tanto el desarrollo y estandarización de un producto a base de estas frutas representa un valor importante para la sociedad consumidora de bebidas naturales.

¹ FAO, 2005.

INTRODUCCIÓN

La gulupa (*Passiflora edulis Sims*) y la curuba (*Passiflora mollissima*), son frutos que pertenecen a la familia de las pasifloras. Esta familia posee un gran valor nutricional ya que tienen un alto contenido de provitamina A, niacina, rivo flavina, ácido ascórbico, fibra dietaria y demás compuestos que las clasifican como nutracéuticos.

La importancia en la elaboración de bebidas a base de futas, en esta caso néctares, radica en ayudar a solucionar el problema de desnutrición en niños, ya que los néctares se convierten en una buena alternativa para consumir los nutrientes que aportan las frutas. Además, son una buena alternativa para evitar las pérdidas de fruta que se generan cuando existe sobreproducción y no se encuentran alternativas de producción.

El cultivo de las pasifloras en Colombia es de gran importancia pues representa un importante renglón en el sector frutícola, existiendo una gran diversidad lo que permite brindar una amplia gama para el mercado nacional e internacional. Dentro de este grupo se encuentran la gulupa (*Passiflora edulis Sims*), que ha tenido un auge en los últimos años aumentando significativamente el área cultivada, y la curuba (*Passiflora mollissima*), la cual se ha consumido como jugo a lo largo de los años.

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar néctares de gulupa y de curuba, con características fisicoquímicas, que cumplan con los requisitos de calidad para el mercado nacional e internacional.

1. GENERALIDADES

1.1. GULUPA

1.1.1. Descripción de la fruta

El fruto es púrpura, redondo u ovalado con el pericarpio poco grueso, con 4 a 8 cm de diámetro, con arilo pulposo de color naranja, de sabor ligeramente ácido y con buenas cualidades organolépticas de sabor y aroma. Al finalizar la maduración, el pericarpio cambia su color verde a púrpura, y la corteza se vuelve más resistente a la presión².

1.1.2. Origen

Esta fruta (como la mayoría de las pasifloras) es originaria del sur de Brasil y fue ampliamente distribuida durante el siglo 19 a otros países de América del Sur, el Caribe, Asia, África, India y Australia³.

1.1.3. Taxonomía

REINO: Vegetal

DIVISION: Angiosperma

CLASE: Dicotiledoneas

SUBCLASE: Archiclamydae

ORDEN: *Parietales*

SUBORDEN: Flacourtiineas

FAMILIA: *Passifloraceae*

GENERO: *Passiflora*

ESPECIE: *edulis* Sims⁴.

² Yaneth Jiménez Neira. El Cultivo de la gulupa. Universidad Nacional de Colombia. Diciembre de 2006.

³ Ingrid Mónica del Pilar Pinzón. Determinación de los estados de madurez de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims). Universidad Nacional de Colombia. Junio de 2007.

⁴ Instituto de Ciencias Naturales, Herbario Nacional Colombiano, 2006

1.1.4. Composición química⁵

2. Tabla 1. Composición química de la gulupa

Componente	En 100 g de pulpa
Agua	88,9 g
Proteínas	1,5 g
Grasas	0,5 g
Carbohidratos	11,0 g
Fibra	0,4 g
Cenizas	0,7 g
Calcio	9,0 mg
Fósforo	21,0 mg
Hierro	1,7 mg
Riboflavina	0,17 mg
Tiamina	0,1 mg
Niacina	0,8 mg
Acido ascórbico	20,0 mg
Vitamina A	1.730 U.I.
Calorías	49 cal.

2.1. CURUBA

2.1.1. Descripción de la fruta

El fruto es una baya de color crema o amarillento en la madurez, suave al tacto, oblongo y la pulpa que rodea la semilla es un tanto acidula y de color salmón⁶.

2.1.2. Origen

La curuba, como las demás pasifloras, es nativa de los Andes y se encuentra principalmente en países como Venezuela, Colombia, Perú y Bolivia. Se encuentra en las grandes alturas (5400 a 10500 ft) en esos países. La curuba prefiere ambientes fríos y menos húmedos que las demás pasifloras.

⁵ Andesexport 2006

⁶ Carlos Emilio Reina. Manejo poscosecha y evaluación de la calidad en Curuba. Universidad Surcolombiana. Neiva. 1995.

2.1.3. Taxonomía

TIPO: Fanerógama

SUBTIPO: Angiosperma

CLASE: Dicotiledónea

SUBCLASE: Archiclamydea

ORDEN: Parietales

SUBORDEN: Flacourtinea

FAMILIA: Passiflorácea

GENERO: Passiflora

SUBGÉNERO: Tacsonia

ESPECIES⁷: Passiflora mollissima, Passiflora cumbalensis, Passiflora mixta o india, Passiflora antioguensis.

2.1.4. Composición química⁸

Tabla 2. Composición química de la curuba

Componente	Contenido
	(en 100 g)
Agua	92g
Proteínas	0,6g
Grasa	0,1g
Carbohidratos	6,3g
Fibra	0,3g
Cenizas	0,7g
Calcio	4,0mg
Fósforo	2,0mg
Hierro	0,4mg
Vitamina A	1700 U.I
Riboflavina	0,03mg
Niacina	2,5mg
Ácido Ascórbico	70 VH.C mg

⁷ BENJUMEA DAZA, Diana M. y PINZÓN RODRÍGUEZ, Julio C. Diagnóstico sobre sistema de producción manejo postcosecha y almacenamiento de la curuba de castilla. Bogotá: 1990, p. 7. il: Tesis (Ingeniero-de Alimentos). Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ingeniería de alimentos.

⁸ Carlos Emilio Reina. Manejo poscosecha y evaluación de la calidad en Curuba. Universidad Surcolombiana. Neiva. 1995.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Néctar de fruta

Néctar de frutas es el producto elaborado con jugo, pulpa o concentrado de frutas, adicionado de agua, aditivos e ingredientes permitidos en la resolución del Ministerio de Salud N° 7992 del 21 de junio de 1991, por la cual se reglamenta parcialmente el título V de la Ley 09 de 1979 en lo relacionado con la elaboración, conservación y comercialización de jugos, concentrados, néctares, pulpas, pulpas azucaradas y refrescos de frutas⁹.

Según la norma general del Codex para zumos (jugos) y néctares de frutas¹⁰, se entiende por néctar de fruta el producto sin fermentar, pero fermentable, se obtiene de la parte comestible de frutas en buen estado, añadiendo agua con o sin la adición de azúcares, de miel y/o jarabes según y/o edulcorantes. Podrán añadirse sustancias aromáticas, componentes aromatizantes volátiles, pulpa y células, todos los cuales deberán proceder del mismo tipo de fruta y obtenerse por procedimientos físicos. Dicho producto deberá satisfacer además los requisitos para los néctares de fruta, en relación al nivel de grados brix para zumos de fruta reconstituidos.

3.1.1. Características Exigidas

3.1.1.1. Físicas y Químicas

Los sólidos solubles o grados Brix, medidos mediante lectura refractométrica a 20°C en porcentaje m/m no debe ser inferior a 10%; su pH leído también a 20°C no debe ser inferior a 2,5 y la acidez titulable expresada como porcentaje de ácido cítrico anhidro no debe ser inferior a 0,2%.

3.1.1.2. Organolépticas

Deben estar libres de materias y sabores extraños, que los desvíen de los propios de las frutas de las cuales fueron preparados. Deben poseer color uniforme y olor semejante al de la respectiva fruta.

⁹ MINISTERIO DE SALUD. Ley 09 de 1.979 Resolución 7992 del 21 junio de 1.991. "Elaboración, conservación y comercialización de jugos, concentrados, néctares, pulpas, pulpas edulcoradas y refrescos de frutas"

¹⁰ Codex stan 247-2005

3.1.1.3. Microbiológicas

Las características microbiológicas de los néctares de frutas higienizados con duración máxima de 30 días, son las siguientes:

Tabla 3. Características microbiológicas de los néctares de frutas higienizados con duración máxima de 30 días.

	m	M	c
Recuento de microorganismos mesofílicos	1000	3000	1
NMP coliformes totales /cc	9	29	1
NMP coliformes fecales /cc	3	~	0
Recuento de esporas clostridium sulfito reductor /cc	<10	~	0
Recuento de Hongos y Levaduras /cc	100	200	1

con:

m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = Índice máximo permisible para identificar nivel de aceptable calidad.

c = Número máximo de muestras permisibles con resultado entre m y M.

NMP = Número más probable.

En todos los casos se tomarán tres muestras a examinar.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

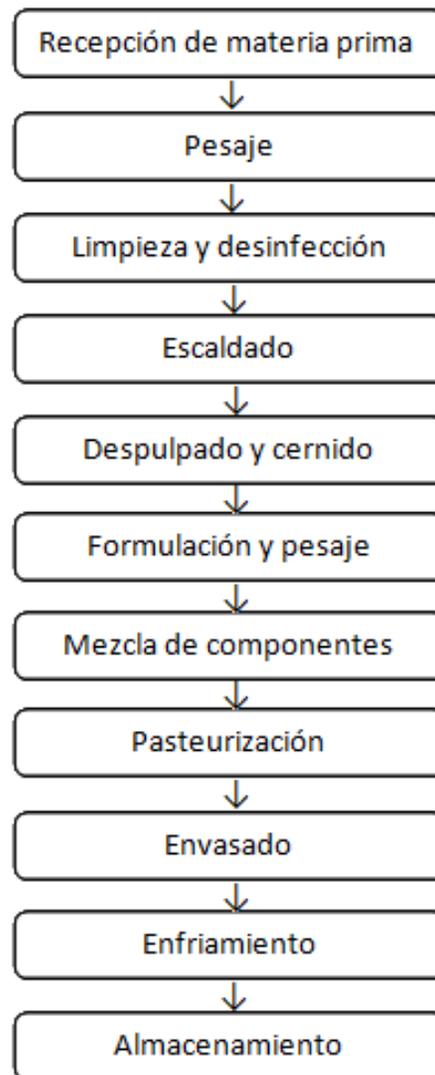


Figura 1. Diagrama de bloques para el proceso de elaboración de néctares

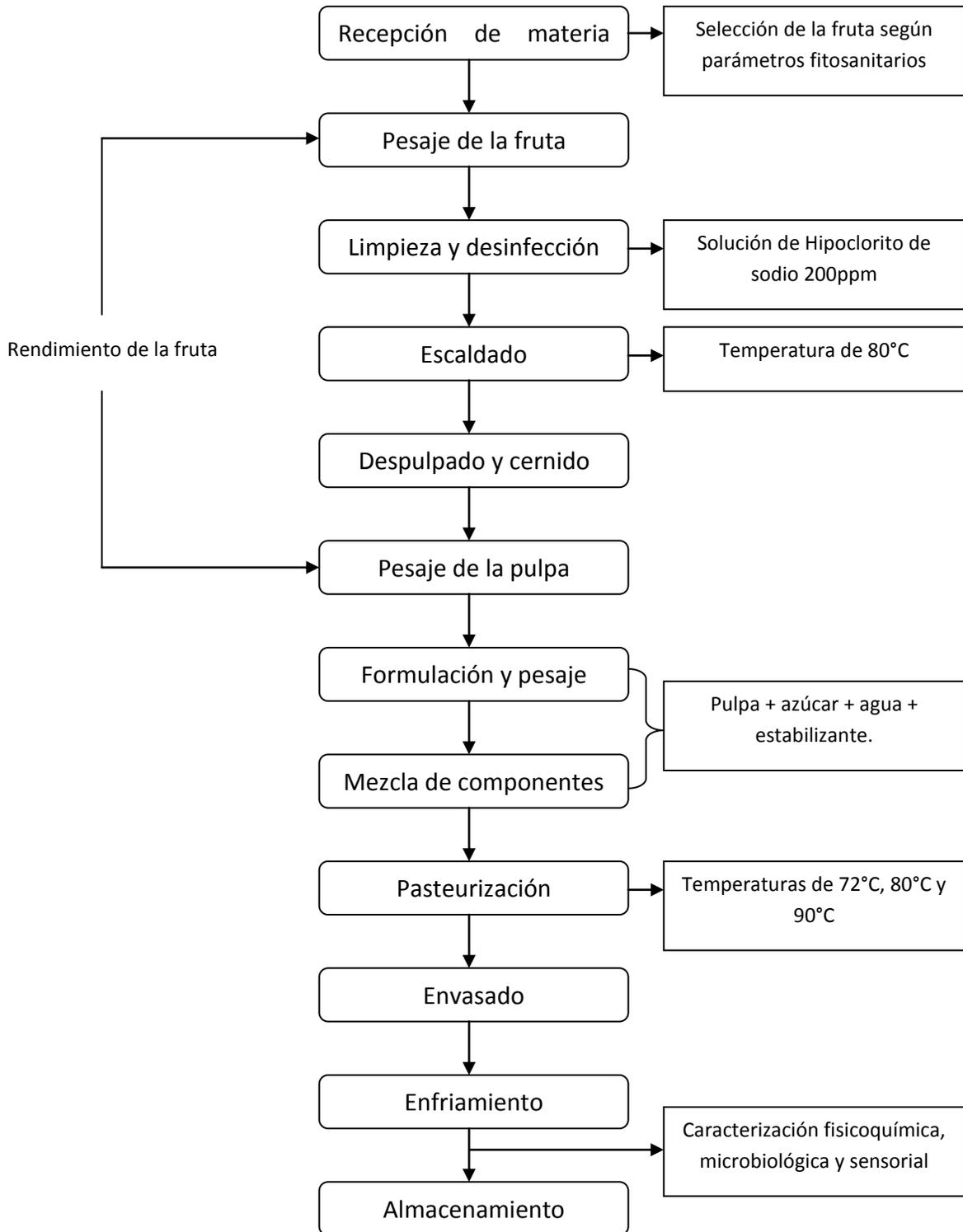


Figura 2. Diagrama de flujo para el proceso de obtención de néctares.

4.1. SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA

4.1.1. Fruta

Las formulaciones de estos néctares se iban a realizar principalmente con fruta traída de campo, pero finalmente se utilizó fruta de la comercializadora NOVACAMPO S.A. que se encuentra localizada en el km 1 vía a Mosquera. Los frutos pertenecen a zonas de Silvana y San Bernardo (Colombia). NOVACAMPO S.A. como comercializadora de frutas para exportación caracteriza su producto siguiendo parámetros de selección, limpieza y clasificación.

En los procesos de selección y clasificación, se busca que la fruta no presente daños tanto mecánicos como fitosanitarios, y se categoriza dependiendo de su color, su tamaño y su forma. En el proceso de limpieza se busca retirar las impurezas iniciales de la fruta traída de campo.

4.1.2. Agua

El agua utilizada para la elaboración de néctares de fruta debe ser potable, libre de sustancias extrañas e impurezas y debe contener un bajo contenido de sales. La distribución está a cargo de la Empresa de Acueducto de Mosquera, Cundinamarca.

4.1.3. Edulcorante

Para realizar las formulaciones de estos néctares se probó el edulcorante como una de las variables, pues se buscaba obtener una alternativa con menor aporte calórico y con mejores características sensoriales. Los edulcorantes utilizados fueron azúcar blanca, fructosa y stevia.

4.1.4. Aditivos

Se utilizaron como estabilizantes la pectina, CMC y Goma Guar, para evitar la sedimentación en el néctar de las partículas que constituyen la pulpa de la fruta y para conferirle mayor consistencia. Para el proyecto se ensayo con los tres tipos de estabilizantes mencionados puros o en mezcla, en una cantidad máxima de 1,5 g/kg, como lo sugiere la normatividad¹¹. Los estabilizantes fueron abastecidos por CIMPA.

¹¹ Norma Técnica Colombiana. NTC 5468.

4.2. PESAJE DE LA FRUTA

El pesaje permite establecer la cantidad de fruta disponible a procesar. Para este proceso, se debe pesar inicialmente el recipiente que va a contener los frutos, luego tarar, colocar los frutos en el recipiente, que se encuentra sobre la balanza y tomar el dato arrojado en la pantalla. Este procedimiento de pesaje es realizado en una balanza OHAUS, Modelo CD11. A partir de pruebas preliminares se determinó que el rendimiento de la curuba y de la gulupa se encuentra alrededor del 50% y 35% respectivamente; basándose en estos cálculos se pesó la fruta necesaria (aproximadamente 3 kg), para realizar las corridas.

4.3. DESCASCARADO

Con el objeto de adecuar la fruta para su procesamiento se realiza la separación manual de la cáscara de la fruta, la cual se debe pesar para establecer los rendimientos.

4.4. DESINFECCIÓN DE FRUTA, EQUIPOS Y UTENSILIOS

Al realizar buenas prácticas de manufactura y buenas prácticas agrícolas, se permitirá asegurar la calidad e inocuidad del producto. Para esto se hace necesario implementar el proceso de desinfección, que consiste en tratar los productos con sustancias químicas para reducir significativamente la carga microbiana que contiene la fruta inicialmente, y que puede ser nociva para los consumidores, sin que se afecte la calidad del producto o la seguridad del consumidor.

Para efectuar una desinfección adecuada se debe realizar un lavado previo de la fruta, tal que permita reducir la suciedad, bajando la carga de materia orgánica. Luego, la fruta se sumerge en una solución de 200ppm de hipoclorito de sodio al 5% v/v durante un tiempo de 10 minutos, y se enjuaga con abundante agua (potable), asegurando que no queden restos de la solución, ni materiales extraños.

En cuanto a los equipos y utensilios, se sumergen también en una solución de 200 ppm hipoclorito de sodio al 5% v/v, y se enjuagan con abundante agua.

4.5. ESCALDADO

Para realizar el escaldado, se realizó previamente una operación de descascarado, con el fin de trabajar con la pulpa y las semillas.

El tratamiento de escaldado, se hace con el fin de inactivar enzimas que participan en el proceso de degradación, para fijar el color y disminuir la separación de fases; además, como las frutas son sometidas a temperaturas inferiores a los 100°C, existe también la reducción de microorganismos como hongos y levaduras, lo que aumenta la efectividad de un posterior tratamiento térmico.

4.6. DESPULPADO

El despulpado es la operación en la cual se separa la pulpa de la fruta de los demás componentes como cáscaras y semillas. Para el caso de la curuba y de la gulupa, la pulpa se debe separar de las semillas pues la cáscara fue retirada previamente para el proceso de escaldado.

El despulpado se realiza inicialmente en una licuadora teniendo precaución de no romper las semillas, para esto, se coloca la fruta en cantidades pequeñas (aproximadamente 200g) y se pone a licuar durante 3 segundos; esto ayuda a facilitar el desprendimiento de la pulpa de las semillas.

Cuando la pulpa y las semillas están licuadas se pasan por un colador para retirar las semillas por completo de la pulpa.

La pulpa entonces es almacenada en refrigeración, mientras se le realiza el análisis fisicoquímico para determinar la cantidad de los componentes que se adicionarán para los néctares.

4.7. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA PULPA FRESCA

4.7.1. pH

La medida de pH hace referencia a la medida de la concentración de iones hidrógeno en disolución. La lectura de pH se realiza por inmersión del electrodo en la pulpa a través de un potenciómetro digital marca WTW, modelo 315/SET el cual indica el valor del pH de forma directa.

4.7.2. Acidez Total Titulable

La Acidez Total Titulable es una medida del contenido de ácidos orgánicos presentes en los alimentos. Se determina por medio de una titulación ácido base en la cual se requiere una cierta cantidad de una base para neutralizar el ácido contenido en la pulpa.

Para esta determinación, se pesan 5g de muestra se adicionan 20ml de agua destilada y 4 gotas de fenolftaleína como indicador (cambia de incoloro a rosa fuerte a un pH aproximado de 8,2). La mezcla se homogeniza con un agitador magnético marca MLW, modelo RH3 y se realiza la titulación con NaOH al 0,1N hasta obtener un cambio de coloración de la fenolftaleína a rosa tenue.

La acidez titulable se expresa en este caso como el porcentaje de ácido cítrico contenido en la fruta y se calcula así:

$$\%Acido\ Cítrico = \frac{V_1 * N_1 * Peq}{Peso} * 100\%$$

V₁= Volumen de NaOH gastado (ml)

N₁= Normalidad de NaOH (0,1N)

Peso = Peso de la muestra

Peq = 0,06404 g de ácido cítrico anhidro. Peso equivalente del ácido en términos del cual se expresa la acidez.

4.7.3. Contenido de Sólidos Solubles (°Brix)

La materia seca que permanece en el alimento posterior a la remoción del agua se conoce como sólidos solubles totales. Los principales azúcares, en los zumos de frutas son: sacarosa, glucosa y fructosa, que suman alrededor del 75% de los sólidos solubles totales, estando frecuentemente equilibrados los reductores y la sacarosa. También existen pequeñas cantidades de galactosa. La concentración en sólidos solubles de los zumos de frutas se expresa en grados Brix. Originariamente, los grados Brix son

una medida de densidad. Un grado Brix es la densidad que tiene, a 20°C, una solución de sacarosa al 1%, y a esta concentración corresponde también un determinado índice de refracción. Así pues, se dice que un zumo tiene una concentración de sólidos solubles disueltos de un grado Brix, cuando su índice de refracción es igual al de una solución de sacarosa al 1%.

El °Brix de la pulpa se determinó por triplicado siguiendo el método 932.12 (AOAC) con un refractómetro marca Milton Roy, modelo 33.46.10 a temperatura ambiente¹².

4.8. FORMULACIÓN DEL NÉCTAR

La proporción y cantidad de los ingredientes a utilizar se determina dependiendo de las variables escogidas para el arreglo ortogonal y a sus respectivos niveles.

Para realizarlo, se requiere el uso de balances de masa globales y por componente, que en este caso será la concentración de sólidos, medida como grados Brix.

De antemano conocemos que la concentración de sólidos en el agua es cero y que la del azúcar es 100%. La medida leída en el refractómetro nos brindará la concentración de sólidos en la pulpa en el momento de elaborar el néctar.

Procedemos entonces a plantear los balances de masa:

Balance de masa global

$$\begin{aligned} \textit{Entra} &= \textit{Sale} \\ \textit{Agua} + \textit{Azúcar} + \textit{Pulpa} &= \textit{Néctar} \end{aligned}$$

Balance de masa por componente

$$\begin{aligned} \textit{Agua}(x_{\textit{Agua}}) + \textit{Azúcar}(x_{\textit{Azúcar}}) + \textit{Pulpa}(x_{\textit{Pulpa}}) &= \textit{Néctar}(x_{\textit{Néctar}}) \\ \textit{Azúcar}(1) + \textit{Pulpa}(x_{\textit{Pulpa}}) &= \textit{Néctar}(x_{\textit{Néctar}}) \end{aligned}$$

¹² AOAC. Official Methods of Analysis. Ass. Agric. Chem. 15 th. Washington, D.C. 1990. 1298 p.

4.9. PESAJE DE ADITIVOS

El pesaje de los aditivos, en este caso los estabilizantes (Pectina, CMC y Goma Guar), se realiza de acuerdo a la normatividad, y dependiendo del arreglo ortogonal, se utilizarán para cada corrida.

4.10. PASTEURIZACIÓN

Para la elaboración de estos néctares, la temperatura de pasteurización se tomó como variable para el arreglo ortogonal, y sus tres niveles fueron 72°C por 15 segundos, 80°C por 5 segundos y 90°C por 1 segundo.

Los ingredientes de los néctares son mezclados en una olla y puestos a calentar con agitación constante hasta que alcancen la temperatura designada con su respectivo tiempo. Al finalizar este proceso, cada néctar es envasado, sellado y colocado en un recipiente con agua a una temperatura aproximada de 5°C para realizar un choque térmico y finalizar la cocción.

4.11. ENVASADO Y ROTULADO

El proceso de envasado es importante, pues dependiendo de la calidad del empaque, pueden ser mejor preservadas las características y la calidad del néctar. Además de esto, se debe tener en cuenta el material en el que se vaya a realizar este proceso, pues puede ser o no resistente a los daños que se pueden producir durante el almacenamiento y la distribución.

En cuanto al proyecto, el proceso de selección de un empaque adecuado y del diseño del rótulo, serán elaborados en un proyecto posterior a este.

4.12. CARACTERIZACIÓN DEL NÉCTAR

Para caracterizar el néctar se realizaron principalmente las pruebas fisicoquímicas de Acidez Titulable, pH y °Brix; además se le midió la viscosidad como característica de calidad para el diseño experimental.

4.12.1. Viscosidad

Se determinó la viscosidad aparente de los néctares utilizando un viscosímetro marca Brookfield, modelo DV-I +, a temperatura ambiente. Las

lecturas se realizaron con aguja N° 2 y los resultados se expresaron en centipoise (cp).

4.13. DISEÑO DE EXPERIMENTOS

El diseño de experimentos¹³ utilizado obedece al modelo del DR. Genichi Taguchi que combina la ingeniería y los métodos estadísticos con el propósito de lograr una forma de examinar simultáneamente muchos factores disminuyendo tiempo y costos.

Las fortalezas de la metodología de Taguchi son las siguientes:

- Enfatiza en la calidad durante la etapa del diseño del proceso.
- Reconoce la importancia relativa de los factores que influyen en el desempeño de los productos o procesos.
- Enfatiza en la reducción de la variabilidad, por medio del uso de la función de pérdida y de la razón señal-ruido (existiendo una para cada objetivo que se quiera lograr con el experimento).
- Se concentra en el concepto de diseño de parámetros que sirvan para disminuir la variabilidad en el desempeño de los productos.
- También puede ser utilizada para el mejoramiento de procesos y productos ya existentes.

Al diseñar se tienen en cuenta múltiples variables que se conocen como Factores, y cada uno de estos puede tomar distintos valores o Niveles. Sin embargo cuando el número de factores y de niveles es elevado, las combinaciones posibles son muchas y el número de experimentos a realizar sería muy grande.

El método que propone Taguchi se basa en la utilización de ‘matrices ortogonales’. Estas matrices indican cuántos experimentos deben realizarse para un número determinado de factores y de niveles.

La serie ortogonal especifica el número de experimentos que se requieren para llegar a una solución óptima. Esto se resume en tomar todas las combinaciones posibles de variables y reducirlas a una docena de experimentos que pueden determinar la vía más económica para alcanzar una meta. No sólo muestra cuál es el mejor camino sino que también dice cuál será el costo si se toma el incorrecto.

¹³ American Supplier Institute, Diseño de Parámetros, Cap.5, Matrices Ortogonales para análisis de datos.

No obstante hay muchas matrices que se utilizan con distinto número de factores y niveles. En general éstas se denotan como:

$$L_{\hat{a}}^{\hat{b}}$$

Siendo \hat{a} el número de experimentos que se requieren, \hat{b} el número de niveles de cada factor, y \hat{c} el número de factores.

En una matriz ortogonal cada columna corresponde a un factor (variable) y cada fila corresponde a uno de los experimentos que se proponen. De esta forma la matriz puede estar llena de "1", "2" o "3" representando respectivamente los posibles niveles posibles para cada factor.

5. DESARROLLO EXPERIMENTAL

5.1. PRUEBAS PRELIMINARES

Se realizaron pruebas preliminares con el fin de corroborar las variables a utilizar para la matriz ortogonal y además para determinar los niveles de cada una de las mismas.

Se realizaron también pruebas preliminares para determinar el rendimiento de las frutas, el cual estaba aproximadamente en 35% para la gulupa y 50% para la curuba.

Las pruebas preliminares fueron de gran importancia en el momento de determinar si la presencia o no de mesocarpio influía en las características reológicas finales de los néctares, pues el mesocarpio de estas frutas contiene cierta cantidad de pectina, la cual se utilizará como uno de los estabilizantes. Se determinó entonces por medio de una medición de viscosidad, que los que poseían mesocarpio tenían un valor de viscosidad ligeramente mayor que los que no tenían mesocarpio.

Con las pruebas preliminares se determinaron los porcentajes de pulpa en 26%, 28% y 30%, y el contenido de sólidos solubles en 15, 16 y 17°Brix para la gulupa y 14, 15 y 16°Brix para la curuba, los cuales están dentro de la Normatividad¹⁴.

De antemano y con ayuda de las pruebas preliminares se pudieron determinar también las variables críticas del proceso como el porcentaje de pulpa en la

¹⁴ Norma Técnica Colombiana. NTC 5468.

formulación de los néctares, las temperaturas de escaldado y pasteurización y el contenido de sólidos solubles.

Para la formulación se realizaron además pruebas preliminares para hallar la cantidad de estabilizante que diera mejores características reológicas y sensoriales a los néctares, además de ser cantidades permitidas por la normatividad colombiana. Se eligió utilizar 1,5 g/kg de néctar para cada uno de los estabilizantes seleccionados (Pectina, CMC y Goma Guar); para la mezcla de CMC y Goma Guar, se utilizó una proporción del 60% de CMC y el 40% de Goma Guar.

5.2. ARREGLO EXPERIMENTAL

Para el arreglo experimental se tuvieron en cuenta variables como la presencia o no de mesocarpio (A), el cual influye en la viscosidad final de los néctares; el porcentaje de pulpa (B), el °Brix (C) y los estabilizantes (F), que son parámetros importantes dentro de la normatividad; la temperatura de pasteurización (D), que influye directamente en el alimento, pues puede sufrir alteraciones como la desnaturalización de las proteínas, inactivación de enzimas¹⁵ y el deterioro de las vitaminas; y por último el edulcorante utilizado (E), el cual, aparte de cumplir con la normatividad, confiere un sabor agradable a los néctares.

A continuación se muestran los arreglos ortogonales¹⁶ para cada uno de los néctares cuyas variables cumplen con los requisitos de la normatividad y del proyecto:

¹⁵ LARRAÑAGAL Idelfonso J, CARBALLO Julio M., RODRÍGUEZ Ma. Del Mar A. Fernández José, Control higiene de los alimentos, Ed. Mc Graw Hill, Impreso en España, 1999.

¹⁶ American Supplier Institute, Diseño de Parámetros, Cap.5, Matrices Ortogonales para análisis de datos.

Tabla 4. Matriz ortogonal L₁₈ para la obtención de néctares de gulupa y curuba

Niveles	Variables Gulupa							
	A	B	C	D	E	F	G	H
	Mesocarpio	% Pulpa	°Brix	T Pasteuriz	Edulcorante	Estabilizante	N/A	N/A
1	Con	26	15	72°C	Azúcar	CMC		
2	Sin	28	16	80°C	Fructosa	Pectina		
3		30	17	90°C	Stevia	CMC + Goma		

Niveles	Variables Curuba							
	A	B	C	D	E	F	G	H
	Mesocarpio	% Pulpa	°Brix	T Pasteuriz	Edulcorante	Estabilizante	N/A	N/A
1	Con	26	14	72°C	Azúcar	CMC		
2	Sin	28	15	80°C	Fructosa	Pectina		
3		30	16	90°C	Stevia	CMC + Goma		

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2	3	3
5	1	2	2	2	3	3	1	1
6	1	2	3	3	1	1	2	2
7	1	3	1	2	1	3	2	3
8	1	3	2	3	2	1	3	1
9	1	3	3	1	3	2	1	2
10	2	1	1	3	3	2	2	1
11	2	1	2	1	1	3	3	2
12	2	1	3	2	2	1	1	3
13	2	2	1	2	3	1	3	2
14	2	2	2	3	1	2	1	3
15	2	2	3	1	2	3	2	1
16	2	3	1	3	2	3	1	2
17	2	3	2	1	3	1	2	3
18	2	3	3	2	1	2	3	1

La matriz ortogonal representada, es una matriz con un diseño especial, presentando una columna con dos niveles y siete columnas a tres niveles, L₁₈ (2¹ X 3⁷)¹⁷.

La matriz obedece a 15 grados de libertad (1+2+2+2+2+2+2), al existir una interacción construida entre las columnas 1 y 2, y a 2 grados de libertad debidos a la interacción (gl= 2 X 1), para un total de 17 gl.

¹⁷ American Supplier Institute, Diseño de Parámetros, Cap.5, Matrices Ortogonales para análisis de datos.

Tabla 5. Factores controlables gulupa

Factores Controlables Gulupa	Niveles		
	1	2	3
Mesocarpio	Con	Sin	
% Pulpa	26	28	30
°Brix	15	16	17
Edulcorante	Azúcar	Fructosa	Stevia
Estabilizante	CMC	Pectina	CMC + Goma

Tabla 6. Factores controlables curuba

Factores Controlables Curuba	Niveles		
	1	2	3
Mesocarpio	Con	Sin	
% Pulpa	26	28	30
°Brix	14	15	16
Edulcorante	Azúcar	Fructosa	Stevia
Estabilizante	CMC	Pectina	CMC + Goma

Tabla 7. Factores de ruido.

Factores de Ruido	Niveles		
	1	2	3
T Pasteurización	72°C	80°C	90°C

5.2.1. Resultados experimentales

5.2.1.1. Caracterización de la pulpa fresca

Tabla 8. Caracterización gulupa

Pulpa Gulupa	
pH	2,8
Acidez	3,3297
°Brix	12,6

Tabla 9. Caracterización curuba

Pulpa Curuba	
pH	3,16
Acidez	2,7438
°Brix	7

5.2.1.2. Caracterización del néctar

Tabla 10. Caracterización néctar de gulupa

Néctar Gulupa	Viscosidad cp	pH	°Brix	Acidez % (ac Citrico)
1	51,8	2,88	15	1,2141
2	26,6	2,81	15	1,2357
3	68,0	2,96	6	1,3648
4	24,0	2,80	15	1,3166
5	82,8	2,95	6	1,4297
6	70,8	2,85	17	1,3650
7	87,4	2,83	15	1,4488
8	107,2	2,85	15	1,4664
9	28,4	2,88	7	1,5998
10	30,7	2,92	6	1,3765
11	42,0	2,83	16	1,2219
12	54,4	2,84	15	1,2526
13	65,2	2,95	7	1,4621
14	36,8	2,80	16	1,3305
15	57,2	2,84	15	1,3519
16	72,8	2,82	14	1,3626
17	51,4	2,94	7	1,6124
18	44,4	2,79	17	1,4391

Tabla 11. Caracterización néctar de curuba

Néctar Curuba	Viscosidad cp	pH	°Brix	Acidez % (ac Citrico)
1	42,0	3,31	14,5	0,6529
2	22,0	3,22	14,0	0,6868
3	68,0	3,47	6,9	0,5328
4	25,2	3,25	13,0	0,7179
5	45,6	3,41	6,9	0,6032
6	40,8	3,32	16,4	0,7223
7	41,0	3,28	14,4	0,7409
8	39,2	3,31	14,0	0,7605
9	82,4	3,40	6,9	0,6080
10	24,8	3,30	6,5	0,6240
11	32,2	3,27	15,4	0,6897
12	33,6	3,24	15,0	0,6856
13	60,8	3,42	7,0	0,6048
14	21,2	3,19	15,4	0,7772
15	39,6	3,21	14,6	0,7440
16	53,2	3,24	13,0	0,7080
17	65,6	3,41	7,0	0,5552
18	21,2	3,18	16,4	0,7874

5.2.1.3. Método Taguchi “mayor es mejor”

Tabla 12. Formulación “mayor es mejor” para néctar de gulupa

Gulupa						
Niveles	A	B	C	D	E	F
1	30,4	22,8	27,7	21,2	27,8	33,4
2	25,3	28,1	28,9	30,1	28,5	15,9
3		32,6	26,9	32,2	27,2	34,2
A1 B3 C2 D3 E2 F3						

Tabla 13. Formulación “mayor es mejor” para néctar de curuba

Curuba						
Niveles	A	B	C	D	E	F
1	22,6	18,6	20,6	23,9	16,5	23,5
2	19,6	19,4	18,8	18,7	17,7	16,4
3		25,2	23,8	20,6	28,9	23,3
A1 B3 C3 D1 E3 F1						

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Análisis de la caracterización de la pulpa

La gulupa y la curuba son frutas que tienen un rendimiento bajo, 35% y 50% respectivamente, lo cual hace que no sean muy rentables al momento de elaborar néctares con ellas. Sin embargo, en la cáscara, que es en donde se presentan las mayores pérdidas, se encuentra una gran cantidad de pectina, la cual puede ser aprovechada en procesos posteriores.

En cuanto a la caracterización, el valor tanto de pH como de porcentaje de acidez, para los dos casos, indica que las frutas son lo suficientemente ácidas para no hacer necesario el uso de un acidulante como el ácido cítrico para la preparación de los néctares. En cuanto al contenido de los sólidos solubles, la gulupa presenta un valor de 12,6, con lo cual se reduce la cantidad de edulcorante adicionado en la formulación, por el contrario, el contenido de sólidos solubles de la curuba es de 7, razón por la cual se debe adicionar una cantidad mayor de edulcorante en la formulación.

Se debe tener en cuenta el poder edulcorante de los diferentes edulcorantes utilizados, ya que la fructosa endulza más que la sacarosa y la stevia posee un poder edulcorante 300 veces mayor que el de la sacarosa.

Se puede observar que el índice de madurez (relación entre °Brix y Acidez) para las dos frutas es de 2,55 para la curuba y de 3,78 para la gulupa, lo cual nos indica que estas frutas se encuentran maduras y listas para ser consumidas o utilizadas en la elaboración de néctares u otros productos.

6.2. Análisis de caracterizaciones y formulación del néctar

En cuanto a la caracterización fisicoquímica de los néctares, todos cumplen los requisitos de la norma en cuanto al pH y el porcentaje de acidez, que según la norma, el pH no se debe encontrar por debajo de 2,5 y la acidez no debe ser inferior al 0,2%, ambas tomadas a temperatura ambiente. Para la gulupa, el pH se encuentra en un rango de 2,79 y 2,96; y el porcentaje de acidez se encuentra en un rango entre 1,21% y 1,61%. Para la curuba, el pH se encuentra en un rango de 3,18 y 3,47; y el porcentaje de acidez se encuentra en un rango entre 0,53% y 0,78%.

En cuanto a los °Brix, para los néctares que tenían azúcar como edulcorante el resultado correspondía al planteado para la formulación, comprobando que los balances de masa se realizaron correctamente; sin embargo, para el caso de la fructosa, el resultado obtenido fue de 1°Brix por debajo del establecido en la formulación, debido a que el balance de masa se realizó teniendo en cuenta el poder endulzante, que es diferente a los sólidos aportados. Con respecto a la stevia, este valor registró resultados completamente diferentes a los que se habían planteado para la formulación, y que además se encuentran por debajo de lo establecido para la norma, que es el 10% como mínimo. Esto se debe a que la stevia es un endulzante catalogado como “light”, debido a su bajo aporte tanto de sólidos como de calorías, además de no ser un azúcar o carbohidrato, sino un estevióside, que posee un poder edulcorante mucho mayor que los azúcares que conocemos.

Con respecto a la caracterización reológica o medida de viscosidad, podemos observar como esta característica confiere una mejor estabilidad y uniformidad al producto final, y contribuye además a mejorar las propiedades sensoriales de los néctares. Esta es la razón por la cual se decidió utilizarla como característica de calidad “mayor es mejor” para el método estadístico Taguchi.

De acuerdo a los resultados obtenidos luego de la utilización del método estadístico, tomando como característica de calidad “mayor es mejor” a la viscosidad, se realizó un promedio de los valores obtenidos y este promedio se divide por cada variable y su respectivo nivel para obtener la mejor formulación

del néctar. Se seleccionaron entonces las corridas que se ajustaban a los resultados obtenidos, es decir, se seleccionó la corrida 9 para la curuba y la corrida 8 para la gulupa. Estas corridas tienen la siguiente formulación: para la gulupa, la formulación deberá ser con mesocarpio, 30% de pulpa, 16 °Brix, pasteurizada a 90°C, endulzada con fructosa y estabilizada con una mezcla de CMC y Goma Guar; para la curuba, la formulación deberá ser con mesocarpio, 30% de pulpa, 16 °Brix, pasteurizada a 72°C, endulzada con stevia y estabilizada con CMC.

7. CONCLUSIONES

- Las pasifloras son frutas que tienen rendimientos bajos, pero son ampliamente comercializadas por sus características fisicoquímicas que ofrecen al consumidor agradables y refrescantes sabores.
- El método Taguchi nos ofrece una herramienta muy útil para determinar la formulación de un néctar, al reducir el número de factores y variables a utilizar, disminuyendo tiempo y dinero en la obtención de resultados en la investigación.
- La elaboración de productos como los néctares no requiere de equipos ni tecnología sofisticada para su producción, haciendo que se disminuyan los costos de procesamiento.
- De acuerdo al método, se determinó que la formulación para el néctar de gulupa es pulpa con mesocarpio, 30% de pulpa, 16 °Brix, pasteurizada a 90°C, endulzada con fructosa y estabilizada con una mezcla de CMC y Goma Guar.
- De acuerdo al método, se determinó que la formulación para el néctar de curuba es pulpa con mesocarpio, 30% de pulpa, 16 °Brix, pasteurizada a 72°C, endulzada con stevia y estabilizada con CMC.

8. RECOMENDACIONES

- El análisis organoléptico de los néctares, que será realizado en un trabajo posterior, se hará realizando un panel de degustación para medir y evaluar determinadas propiedades del néctar como el color, el aroma y el sabor.

Para tener cierto grado de confiabilidad en las determinaciones, se deben tener en cuenta parámetros y condiciones que puedan influir en los resultados obtenidos, los cuales deben ser normalizados para que los resultados sean cuantificables y reproducibles con la mayor precisión posible.

- El contenido de antioxidantes en una fruta, que será llevado a cabo en trabajos posteriores, en especial la vitamina A, es de especial cuidado al elaborar productos que llevan dentro de su proceso tratamientos térmicos como el escaldado y la pasteurización, ya que ellos contribuyen a la degradación y desaparición de estos compuestos.
- Para obtener un excelente producto se debe contar con buenas instalaciones y buenos equipos para la elaboración de un néctar que cumpla con todas las características requeridas tanto por los consumidores como por la normatividad.
- Para alargar la vida útil del producto, se deben llevar a cabo estudios de empaques que conserven sus características, además de tener en cuenta que los néctares se deben mantener refrigerados, sellados herméticamente y preferiblemente que contengan una etiqueta que los proteja de la luz.

9. BIBLIOGRAFÍA

- American Supplier Institute, Diseño de Parámetros, Cap.5, Matrices Ortogonales para análisis de datos. Madrid. 2002.
- AOAC. Official Methods of Analysis. Ass. Agric. Chem. 15 th. Washington, D.C. 1990. 1298 p.
- BENJUMEA DAZA, Diana M. y PINZÓN RODRÍGUEZ, Julio C. Diagnóstico sobre sistema de producción manejo postcosecha y almacenamiento de la curuba de castilla. Bogotá: 1990, p. 7. il: Tesis (Ingeniero-de Alimentos). Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ingeniería de alimentos.
- CHUAQUI S, Paula; WITTIG DE PENNA, Emma y VILLARROEL T., Mario. Método de Taguchi para optimizar calidad de postres funcionales destinados al adulto mayor y estudio de prefactibilidad técnico - económica. *Rev. chil. nutr.* [online]. 2004, vol. 31, no. 2, pp. 118-127. ISSN 0717-7518.

- Codex STAN 247.2005 Norma general del Codex para zumos (jugos) y néctares de frutas.
- Instituto de Ciencias Naturales, Herbario Nacional Colombiano, 2006
- JIMÉNEZ NEIRA, Yaneth. El Cultivo de la Gulupa. Universidad Nacional de Colombia. Diciembre de 2006.
- LACERA ACOSTA, R. El cultivo de la curuba en Colombia. Universidad Jorge Tadeo Lozano. 1970.
- LARRAÑAGAL Idelfonso J, CARBALLO Julio M., RODRÍGUEZ Ma. Del Mar A. Fernández José, Control higiene de los alimentos, Ed. Mc Graw Hill, Impreso en España, 1999.
- MINISTERIO DE SALUD. Ley 09 de 1.979 Resolución 7992 del 21 junio de 1.991. "Elaboración, conservación y comercialización de jugos, concentrados, néctares, pulpas, pulpas edulcoradas y refrescos de frutas"
- Norma Técnica Colombiana. NTC 1262. Curuba
- Norma Técnica Colombiana. NTC 5468. Zumos (jugos), néctares, purés (pulpas) y concentrados de frutas.
- PINZÓN, Ingrid Mónica del Pilar. Determinación de los estados de madurez de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims). Universidad Nacional de Colombia. Junio de 2007.
- REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO ALIMENTOS Y BEBIDAS PROCESADOS, NÉCTARES DE FRUTAS, Especificaciones. RTCA 67.04.48:07
- REINA, Carlos Emilio. Manejo poscosecha y evaluación de la calidad en Curuba. Universidad Surcolombiana. Neiva. 1995.
- WU Alan, WU Yuin Diseño robusto utilizando los métodos Taguchi. Vol. 1, Díaz de Santos Páginas : 293, 1997 ISBN: 978-84-7978-305-1