



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

“ESTUDIO DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PULSOS ELÉCTRICOS DE ALTA INTENSIDAD DE CAMPO SOBRE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL NÉCTAR DE NARANJILLA (*Solanum quitoense Lam*)”

Trabajo de Graduación. Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI). Presentado como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Autora: Sirley Italia Vilcaguano Changoluisa

Tutora: Ing. M.Sc. Cecilia Carpio

Ambato - Ecuador

2013

APROBACIÓN DEL TUTOR DE TESIS

Ing. M.Sc. Cecilia Carpio

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación realizado bajo el tema: **“ESTUDIO DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PULSOS ELÉCTRICOS DE ALTA INTENSIDAD DE CAMPO SOBRE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL NÉCTAR DE NARANJILLA (*Solanum quitoense Lam*)”**, desarrollado por la egresada Sirley Italia Vilcaguano Changoluisa; tengo a bien afirmar que el estudio es idóneo y reúne los requisitos de una tesis de grado de Ingeniería en Alimentos; y el graduando posee los méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Jurado Examinador que sea designado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Ambato, Septiembre del 2013

Ing. M.Sc. Cecilia Carpio

TUTORA

AUTORÍA DE TESIS

Los criterios emitidos en el siguiente trabajo de investigación: “**ESTUDIO DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PULSOS ELÉCTRICOS DE ALTA INTENSIDAD DE CAMPO SOBRE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL NÉCTAR DE NARANJILLA (*Solanum quitoense Lam*)**”, así también como los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones, son de responsabilidad de Sirley Italia Vilcaguano Changoluisa, e, Ing. M.Sc. Cecilia Carpio, tutora del proyecto de investigación.

Ambato, Septiembre del 2013

Sirley Vilcaguano

AUTORA

Ing. M.Sc. Cecilia Carpio

TUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Trabajo de Graduación de acuerdo a las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Septiembre del 2013

Para constancia, firman:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dedicatoria

La presente investigación dedico principalmente a Dios por otorgarme lo más bello y sublime, su amor y compañía; por colmarme de bendiciones y llenar mi vida de paciencia, fortaleza y constancia, permitiéndome llegar a este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, Manuel y Luz que son mi ejemplo de vida, mi mayor inspiración, por brindarme todo su amor y apoyo incondicional, siendo mis ángeles terrenales en cada etapa de mi vida; enseñándome a caminar por los senderos que llevan al éxito, sin dejar de lado el seguir creciendo como persona.

A mi hermana Fátima. Por ser tan especial y estar conmigo siempre, muchas veces poniéndose en el papel de madre, eres de las personas más importantes para mí y un modelo de hermana a seguir. Te adoro un mundo.

A mi hermano Nixon. Por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesto a escucharme y ayudarme en cualquier momento, convirtiéndose en un colaborador irremplazable que hizo posible este sueño realidad. Eres el mejor gran hermano. Mi amor infinito hacia ti.

A mis sobrinos, Santiago y Wilson. Que, con su inocencia y ternura, fueron fuente de inspiración, dándole un toque de magia y alegría a este sueño.

A mi Ángel celestial. Por ser mi alma misionera, que de donde te encuentras tu amor y amparo me acompañará siempre, mostrándome el camino correcto a seguir y no dejarme vencer ante las adversidades.

Agradecimiento

A mi Sagrado Corazón de Jesús por haberme dado la sabiduría, el entendimiento, la fortaleza y no haber dejado que me rindiera en ningún momento, a lo largo de mi carrera.

A la Universidad Técnica de Ambato, por haberme dado la oportunidad de escalar un peldaño más en el campo del conocimiento.

A la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos por haberme provisto de excelentes maestros quienes me brindaron su conocimiento y confianza en el transcurso de mi vida estudiantil para poder culminar mis estudios profesionales.

A mi directora de tesis, Ing. Cecilia Carpio por su esfuerzo y dedicación, siendo un apoyo en los momentos difíciles del proyecto, porque nunca escatimó esfuerzo y tiempo para corregir y mejorar este trabajo.

Un reconocimiento especial merece la Ing. Mayra Paredes, asesora de esta tesis, por estar pendiente de mi trabajo, por las sugerencias recibidas, el seguimiento y la supervisión continua de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido. Mis infinitas gracias.

De igual manera, mi agradecimiento sincero a la Ing. Dolores Robalino, por su paciencia, amistad y valiosos consejos que me permitieron alcanzar los objetivos de esta tesis.

A mis padres, por su confianza y apoyo incondicional, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, hoy puedo ver alcanzada mi meta junto a ustedes, sin duda, son la mayor bendición en mi vida.

A mis hermanos, cuñado, tíos, primos y sobrinos por su apoyo incondicional en el trayecto de mi carrera y por cada día preguntar cómo iba mi tesis. Dios los bendiga siempre.

A mis amigos y compañeros, por compartir aquellos buenos y malos momentos en nuestra vida estudiantil y personal, por confiar en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidare, a todos ustedes mil y un gracias.

Gracias a todos los que me brindaron su ayuda en este proyecto de vida.

Espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINAS PRELIMINARES

Página de Título	I
Aprobación del Tutor de Tesis	II
Autoría de Tesis	III
Aprobación del Tribunal de Grado	IV
Dedictoria.....	V
Agradecimiento	VI
Índice General.....	VII
Índice de Tablas.....	XI
Índice de Figuras.....	XII
Índice de Anexos.....	XII
Resumen Ejecutivo	XVIII
Executive Summary	XIX
Introducción	XX

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Tema de Investigación	1
1.2	Planteamiento del Problema	1
1.2.1	Contextualización	1
1.2.2	Análisis crítico	5
1.2.3	Prognosis	6
1.2.4	Formulación del problema.....	6
1.2.5	Preguntas directrices.....	6
1.2.6	Delimitación del objeto de investigación	6
1.3	Justificación	7

1.4	Objetivos.....	8
1.4.1	General.....	8
1.4.2	Específicos	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	9
2.1.1	Naranja (<i>Solanum quitoense Lam</i>).....	11
2.1.2	Taxonomía y Morfología	11
2.1.3	Cultivo de Naranja	12
2.1.4	Néctar de Frutas	17
2.1.4.1	Diagrama de flujo	18
2.1.4.2	Proceso de elaboración del néctar de naranja	19
2.1.4.3	Técnicas de conservación tradicional de los néctares de frutas	20
2.2	FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	25
2.3	FUNDAMENTACIÓN LEGAL	25
2.4	CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	27
2.4.1	Variable Independiente	28
2.4.1.1	Limitado conocimiento de tecnologías emergentes aplicados en néctares	28
2.4.1.2	Uso del Equipo PEAC.....	31
2.4.1.3	Pasteurización en frío	43
2.4.1.4	Néctar no oxidado sin aditivos.....	44
2.4.2	Variable Dependiente	46
2.4.2.1	Inexperiencia en la inactivación enzimática del néctar de naranja	46
	• Pardeamiento enzimático	47
	• Polifenol Oxidasa (PPO)	47
2.4.2.2	Mejorar las características sensoriales del néctar de naranja	49
	• Análisis Sensorial	49
2.4.2.3	Vida Útil del Producto	50

	•	Diseño de ensayos de vida útil de alimentos	51
2.5		HIPOTÉISIS	52
2.6		SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES.....	52

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1		ENFOQUE	53
3.2		MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	53
3.3		NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	54
3.3.1		MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	54
	•	Método empleado para la determinación de sólidos solubles	54
	•	Método empleado para la determinación de pH	54
	•	Método empleado para la determinación de acidez titulable	54
	•	Método empleado para la determinación de conductividad eléctrica.	55
	•	Método empleado para la determinación de viscosidad dinámica	55
	•	Método empleado para la determinación del caudal	55
	•	Método empleado para la Inoculación en placas Petrifilm.....	55
	•	Método empleado para el estudio enzimático.....	56
3.4		POBLACIÓN Y MUESTRA.....	57
	•	Población	57
	•	Muestra	57
	•	Diseño Experimental.....	57
3.5		OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	60
3.6		PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	62
3.7		PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	62

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Análisis de Resultados.....	63
4.2	Interpretación de Resultados.....	63
4.2.1	PROPIEDAD DEL EQUIPO PEAIC.....	63
4.2.1.1	Intensidad de Campo.....	63
4.2.2	PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS	64
4.2.2.1	pH.....	64
4.2.2.2	Acidez Titulable y Sólidos Solubles (°B)	64
4.2.2.3	Conductividad Eléctrica y Viscosidad Dinámica	65
4.2.3	ACTIVIDAD ENZIMÁTICA	65
4.2.4	ANÁLISIS SENSORIAL.....	67
4.2.4.1	Característica Sensorial Aroma	67
4.2.4.2	Característica Sensorial Color	68
4.2.4.3	Característica Sensorial Dulzor.....	68
4.2.4.4	Característica Sensorial Acidez	69
4.2.4.5	Característica Sensorial Sabor	69
4.2.4.6	Característica Sensorial Persistencia del Sabor	69
4.2.4.7	Característica Sensorial Aceptabilidad	70
4.2.4.8	Elección del Mejor Tratamiento.....	70
4.2.4.9	Análisis Microbiológico y Vida Útil.....	70
4.2.4.10	Análisis de Costos.....	73
4.3	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	73

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	74
5.2	Recomendaciones.....	75

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1	DATOS INFORMATIVOS.....	77
6.2	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	77
6.3	JUSTIFICACIÓN	79
6.4	OBJETIVOS	80
6.5	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	81
6.6	FUNDAMENTACIÓN	82
6.7	METODOLOGÍA.....	85
6.8	ADMISNISTRACIÓN.....	87
6.9	PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	88

CAPÍTULO VII

MATERIALES DE REFERENCIA

7.1	BIBLIOGRAFÍA	89
7.2	LINKGRAFÍA.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Superficie Cosechada y Producción de Naranja	3
Tabla 2.	Principales Exportadores de Naranja	3
Tabla 3.	Resultados de zumo de sandía mediante PEIAC.....	10
Tabla 4.	Composición química de la naranja (<i>Solanum quitoense Lam</i>).....	17
Tabla 5.	Requisitos físico-químicos para los néctares de fruta	45
Tabla 6.	Características microbiológicas de los néctares de frutas	46
Tabla 7.	Factores y niveles del diseño experimental	58
Tabla 8.	Combinaciones experimentales para el néctar de naranja	58
Tabla 9.	Variable Independiente: Aplicación de tecnología PEIAC en néctar	60
Tabla 10.	Variable Dependiente: Inactivación enzimática	61
Tabla 11.	Modelo Operativo	86

Tabla 12. Administración de la Propuesta	87
Tabla 13. Previsión de la Evaluación	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas	5
Figura 2. Naranjilla (<i>Solanum quitoense Lam</i>)	11
Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del néctar de naranjilla	18
Figura 4. Red de Inclusiones	27
Figura 5. Equipo de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo	32
Figura 6. Formas de Pulso más habituales	35
Figura 7. Reacción generalizada de la PPO en plantas	48
Figura 8. Geometría de los centros activos de la PPO.....	48
Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del néctar de naranjilla.....	83

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A

RESPUESTAS EXPERIMENTALES

Tabla A.1.1. Valores registrados del néctar de naranjilla en el transcurso de 14 días de pH.

Tabla A.1.2. Valores registrados del néctar de naranjilla en el transcurso de 14 días de acidez titulable.

Tabla A.1.3. Valores registrados del néctar de naranjilla en el transcurso de 14 días de sólidos solubles.

Tabla A.1.4. Valores registrados del néctar de naranjilla en el transcurso de 14 días de conductividad eléctrica.

Tabla A.1.5. Valores registrados del néctar de naranjilla en el transcurso de 14 días de viscosidad dinámica.

Tabla A.1.6. Valores registrados del néctar de naranjilla en el transcurso de 14 días de actividad enzimática.

Tabla A.2.1. Resultados del análisis sensorial del néctar de naranjilla, para COLOR

Tabla A.2.2. Resultados del análisis sensorial del néctar de naranjilla, para AROMA

Tabla A.2.3. Resultados del análisis sensorial del néctar de naranjilla, para DULZOR

Tabla A.2.4. Resultados del análisis sensorial del néctar de naranjilla, para ACIDEZ

Tabla A.2.5. Resultados del análisis sensorial del néctar de naranjilla, para SABOR

Tabla A.2.6. Resultados del análisis sensorial del néctar de naranjilla, para PERSISTENCIA DEL SABOR

Tabla A.2.7. Resultados del análisis sensorial del néctar de naranjilla, para ACEPTABILIDAD

ANEXO B

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tablas

Tabla B.1.1. Análisis de varianza para pH en néctar de naranjilla.

Tabla B.1.2. Prueba de Tukey para pH

Tabla B.1.3. Análisis de varianza para conductividad eléctrica en néctar de naranjilla.

Tabla B.1.4. Prueba de Tukey para conductividad eléctrica.

Tabla B.1.5. Análisis de viscosidad del néctar de naranjilla.

Tabla B.2.1. Análisis de varianza para actividad enzimática en néctar de naranjilla.

Tabla B.2.2. Prueba de Tukey para actividad enzimática

Tabla B.2.3. Relación de actividades en el primer día de elaboración de los tratamientos con respecto al control en el néctar de naranjilla

Tabla B.2.4. Relación de actividades del día catorce de almacenamiento en los tratamientos del néctar de naranjilla

Tabla B.3.1. Análisis de varianza para el atributo aroma en néctar de naranjilla.

Tabla B.3.2. Prueba de Tukey para la variable aroma

Tabla B.3.3. Análisis de varianza para el atributo color en néctar de naranjilla.

Tabla B.3.4. Prueba de Tukey para la variable color

Tabla B.3.5. Análisis de varianza para el atributo dulzor en néctar de naranjilla.

Tabla B.3.6. Prueba de Tukey para la variable dulzor

Tabla B.3.7. Análisis de varianza para el atributo acidez en néctar de naranjilla.

Tabla B.3.8. Prueba de Tukey para la variable acidez

Tabla B.3.9. Análisis de varianza para el atributo sabor en néctar de naranjilla.

Tabla B.3.10. Prueba de Tukey para la variable sabor

Tabla B.3.11. Análisis de varianza para el atributo persistencia del sabor en néctar de naranjilla.

Tabla B.3.12. Prueba de Tukey para la variable persistencia del sabor

Tabla B.3.13. Análisis de varianza para el atributo aceptabilidad en néctar de naranjilla.

Tabla B.3.14. Prueba de Tukey para la variable aceptabilidad

Tabla B.4.1. Recuento de microorganismos en néctar de naranjilla, mejor tratamiento A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) de acuerdo a resultados sensoriales.

Tabla B.4.2. Recuento de microorganismos en néctar de naranjilla, mejor tratamiento A3B3 (frecuencia 250 Hz, tiempo 45 min) de acuerdo a resultados de actividad enzimática.

Tabla B.4.3. Valores en función logarítmica de UFC/g para calcular la vida útil del néctar de naranjilla, en el mejor tratamiento A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) de acuerdo a resultados sensoriales.

Tabla B.4.4. Valores en función logarítmica de UFC/g para calcular la vida útil del néctar de naranjilla, en el mejor tratamiento A3B3 (frecuencia 250 Hz, tiempo 45 min) de acuerdo a resultados de actividad enzimática.

Gráficos

Gráfico B.1.1. Parámetro físico-químico pH

Gráfico B.1.2. Parámetro físico-químico conductividad eléctrica

Gráfico B.2.1. Actividad enzimática de PPO en néctar de naranjilla

Gráfico B.2.2. Actividad Enzimática del Tratamiento A3B1 Durante el Primer Día de Elaboración

Gráfico B.2.3. Actividad Enzimática del Tratamiento A3B3 Durante el Primer Día de Elaboración

Gráfico B.2.4. Actividad Enzimática del Tratamiento A3B1 Durante los 14 Días de Almacenamiento

Gráfico B.2.5. Actividad Enzimática del Tratamiento A3B3 Durante los 14 Días de Almacenamiento

Gráfico B.2.6. Variación de la actividad enzimática de la PPO en el néctar de naranjilla en el transcurso de catorce días

Gráfico B.3.1. Característica organoléptica Aroma.

Gráfico B.3.2. Característica organoléptica Color.

Gráfico B.3.3. Característica organoléptica Dulzor.

Gráfico B.3.4. Característica organoléptica de Acidez.

Gráfico B.3.5. Característica organoléptica Sabor.

Gráfico B.3.6. Característica organoléptica de Persistencia del Sabor.

Gráfico B.3.7. Característica organoléptica Aceptabilidad.

Gráfico B.4.1. Ln de la concentración de microorganismos vs. Tiempo, del néctar de naranjilla, en el mejor tratamiento A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) definido de acuerdo a resultados sensoriales.

Gráfico B.4.2. Ln de la concentración de microorganismos vs. Tiempo, del néctar de naranjilla, en el mejor tratamiento A3B3 (frecuencia 250 Hz, tiempo 45 min) establecido de acuerdo a resultados de actividad enzimática.

ANEXO C

ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de Acidez

Ecuación 2. Determinación del Caudal

Ecuación 3. Determinación de la actividad de la polifenol oxidasa (PPO)

Ecuación 4. Determinación de Viscosidad Dinámica

Ecuación 5. Determinación de Intensidad de Campo

Ecuación 6. Número promedio de ufc/ml de la muestra, guía de interpretación de placas petrifil 3M

Ecuación 7. Actividad Residual Relativa

ANEXO D

CARACTERIZACIÓN DE LA NARANJILLA Y FORMULACION DEL NECTAR DE NARANJILLA

Tabla 1. Características físico-químicas de la Naranjilla.

Tabla 2. Formulación del néctar de Naranjilla.

ANEXO E

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL NÉCTAR DE NARANJILLA

Tabla 1. Costos de materia prima

Tabla 2. Insumo

Tabla 3. Equipo empleado

Tabla 4. Servicios

Tabla 5. Síntesis del estudio

ANEXO F

HOJA DE CATACIÓN

ANEXO G

DIAGRAMA DE FLUJO DEL NÉCTAR DE NARANJILLA

ANEXO H

FOTOGRAFÍAS

ANEXO I

FICHAS TÉCNICAS

Resumen Ejecutivo

Los néctares de frutas, han mantenido su aceptación en el mercado a través del tiempo, es por eso que la innovación en su pasteurización representa un cambio favorable para su consumo.

La aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo (PEAIC) hoy en día se está convirtiendo en una técnica ampliamente usada como método de conservación de los alimentos; partiendo del hecho de que es una tecnología que no aplica un proceso térmico, esto hace que no se vean afectadas las características organolépticas y nutricionales del alimento.

El equipo utilizado genera una intensidad de campo desde 1kV a 20kV/cm en cámara vacía y neta con producto de 440V/cm a 2kV/cm. Los parámetros que maneja este equipo son: operación continua con un caudal regulable mediante discos restrictores, pulso de modo bipolar, onda cuadrada y electrodos coaxiales.

En el estudio se empleó un diseño experimental 3^n con un total de nueve tratamientos, resultantes de combinar las variables Tiempo (15, 30 y 45 min) y Frecuencia (50, 150 y 250 Hz). Se utilizó una técnica adecuada para la elaboración del néctar de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*), manteniendo la temperatura en 7°C desde el proceso de elaboración hasta el final del almacenamiento. Durante el proceso de elaboración y almacenamiento se realizaron mediciones de pH, acidez, conductividad eléctrica, sólidos solubles, crecimiento bacteriano y actividad enzimática.

Mediante pruebas de análisis sensorial y de actividad enzimática se determinó el mejor tratamiento. En el primer caso fue el tratamiento A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) que tuvo mayor aceptación por parte de los catadores semi-entrenados debido a que conservó mejor sus características aromáticas. De igual manera se identificó mediante análisis enzimático al mejor tratamiento el cual fue A3B3 (frecuencia 250 Hz, tiempo 45 min), porque con él se obtiene más inactivación de la actividad de la enzima PPO, desde la elaboración del néctar hasta el día catorce de almacenamiento. Con este tratamiento (A3B3) el porcentaje de inactivación inicial de la PPO fue de 10,02% el día de elaboración del néctar presentando un leve incremento de 9,98% al final del almacenamiento (catorce días), mientras que el control (tratamiento sin tratar con PEAIC) se evidenció un incremento del 94,80% en su actividad enzimática.

El análisis económico, se realizó en base al mejor tratamiento, A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min), definido mediante análisis sensorial (debido a que es el de mayor aceptación por parte de los jueces). El costo por parada de producto (4 kg) fue de \$25,49 y si se comercializa en una presentación de 250 ml, su precio de venta es de \$0,65, precio que puede establecerse en el mercado en comparación con productos similares existentes.

Executive Summary

Fruit nectars have maintained their market acceptance over time, that's why the innovation in the pasteurization process represents a positive change for consumption.

The application of high intensity pulse electric field (HIPEF) today is becoming a widely used technique as a method of food preservation, based on the fact that it is a technology that doesn't apply a thermal process, this makes the organoleptic and nutritional characteristics of the food to be unaffected in any way.

The equipment used generates a field strength from 1kV to 20kV/cm in net empty chamber with a 2kV/cm 440V/cm product. The parameters that operate this equipment are: continuous operation with adjustable flow restrictors on disks, bipolar pulse mode, square wave and coaxial electrodes.

The study employed an experimental 3ⁿ with a total of nine treatments resulting from combining the Time variables (15, 30 and 45 min) and Frequency (50, 150 and 250 Hz). A proper technique was used for the preparation of the naranjilla (*Solanum quitoense Lam*) nectar, maintaining the temperature at 7 ° C from the preparation to the end of storage. During the preparation and storage processes, measures for pH, acidity, electrical conductivity, soluble solids, bacterial growth and enzyme activity were conducted.

By tests of sensory analysis and enzyme activity, the best treatment was determined. The first case was the treatment A3B1 (frequency 250 Hz, time 15 min) that had greater acceptance by the 14 semi-trained assessors since the aromatic characteristics were preserved better. In a similar way was identified by enzyme analysis, the best treatment that was A3B3 (frequency 250 Hz, time 45 min), because with it you get more inhibition of the activity of the PPO enzyme, since the preparation of nectar until the fourteenth day of storage. With this treatment (A3B3) the percentage of initial inactivation was 10.02% PPO day nectar preparation presenting a slight increase of 9.98% at the end of storage (fourteen days), whereas the control (untreated treatment with HIPEF) was an increase of 94.80% in its enzymatic activity.

The economical analysis was performed based on the best treatment, A3B1 (frequency 250 Hz, time 15 min), defined by sensory analysis (because it was the most accepted by the judges). The product cost per stop (4kg) was \$ 25.49 and if marketed in a presentation of 250 ml, its selling price is \$ 0.65, a price that could be set in the market compared to similar existing products.

INTRODUCCIÓN

La importancia de esta investigación radica en generar nuevos conocimientos acerca del empleo de tecnologías emergentes para el procesamiento de frutas, por el hecho de emplear una pasteurización no térmica en la elaboración de un néctar de un fruto andino y exótico como la naranjilla, eligiendo este fruto debido a su poder altamente oxidativo lo que hace que su procesamiento, conservación de nutrientes y comercialización sea difícil, siendo el primer índice de deterioro su pardeamiento enzimático (color amarronado). Ante esta incidencia en la industria alimenticia, se propone una pasteurización a través de los pulsos eléctricos de alta intensidad de campo (PEAIC), la misma que conserva una alta calidad y excelentes características gustativas del producto final.

Ésta investigación, se deriva del cambio en los hábitos de consumo por parte de la población, que actualmente demanda alimentos naturales, de apariencia y valor nutricional semejantes a los productos frescos, sin aditivos sintéticos, microbiológicamente seguros y que, además, sean fáciles de preparar y de consumir. Por tanto, la industria, consciente de la importancia que tiene el hecho de satisfacer estas exigencias de los consumidores, para mantener y aumentar el número de clientes, intenta mejorar de forma continua sus procesos productivos y busca alternativas tecnológicas a los tratamientos tradicionales.

Una respuesta a la demanda de este tipo de productos son las frutas mínimamente procesadas, que además de abrir un nuevo mercado como producto preparado y listo para su consumo, dan la oportunidad de beneficiarse de las propiedades nutricionales de las frutas frescas a aquellas personas que, por falta de tiempo no tienden a consumir frutas.

El procesado mínimo consiste en la aplicación de una tecnología que mantenga las características del alimento lo más parecidas a las del producto fresco y que aumenten su vida útil, en términos microbiológicos, sensoriales y nutricionales. Dentro de este contexto surge el empleo de las nuevas tecnologías de procesado no térmico de alimentos como los pulsos eléctricos de alta intensidad de campo (PEAIC) que permiten eliminar los efectos negativos producidos por el procesado térmico.

Para este estudio se ha trabajado con alimentos líquidos, los cuales presentaron una característica homogénea, con una conductividad eléctrica media y un tamaño de partícula pequeño para no obstruir las conducciones, ni la cámara de tratamiento. Cabe indicar que es importante evitar que el alimento contenga burbujas de aire ya que puede causar arcos eléctricos en el equipo.

La aplicación de esta tecnología emergente resulta una buena alternativa para conservar los néctares de frutas ya que permite reducir o eliminar la carga microbiológica y el pardeamiento enzimático responsable del deterioro del alimento y por lo tanto de su calidad.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema de Investigación

“ESTUDIO DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PULSOS ELÉCTRICOS DE ALTA INTENSIDAD DE CAMPO SOBRE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL NÉCTAR DE NARANJILLA (*Solanum quitoense Lam*)”

1.2 Planteamiento del Problema

1.2.1 Contextualización

Contexto Macro

La naranjilla es un producto considerado exótico cuyo comercio es muy bajo, y los precios son muy variables. La naranjilla congelada se cotizó en promedio durante del 2008, en 2,70 dólares por kilogramo, el jugo simple se cotizó alrededor de 1,31 dólares por kilogramo y el jugo concentrado en 0,90 dólares por kilogramo.

Tailandia es el principal productor con una producción de 2,353 miles TM en 2008, que representa el 17,58% del total mundial, el segundo mayor productor es Brasil con un 12,83%. Otro grupo importante de países productores son Filipinas 11,17%, India 8,22%, China 6,58% y Nigeria con 6,58% del total mundial.

La producción en el Ecuador es de 79,947 TM para 2008, teniendo una participación de apenas el 0,60% del total mundial, otros países en Latinoamérica y El Caribe con una participación no menos importante están Colombia 3,05%, Costa Rica 2,90% y México con 2,61% del total mundial.

Los principales países importadores de naranjilla en fresco son: Los Estados Unidos como principal importador con una captación del 29,33% del

comercio mundial, seguido de importancia Francia con el 15,31%, Japón 9,83%, Bélgica 8,43%. Es importante mencionar que tanto Francia como Bélgica son países que re-exportan el 57,27% y 62,50% respectivamente del volumen total importado.

Otros países de importancia relativa en el consumo mundial están Italia 5,51% y Alemania con 4,47%, ambos países destinan algo de su volumen importado a la re-exportación siendo el 12,40% y 10,20% respectivamente. (BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, 2010)

En Estados Unidos, las importaciones de naranjilla se incluyen dentro de la partida arancelaria correspondiente a otros frutos cítricos frescos sin especificar, pero por los requisitos de sanidad vegetal se estima que su aporte es significativo. En el año 2010 Estados Unidos importó US\$ 1.278.000 correspondiendo a 855 toneladas.

Las importaciones de frutas, hortalizas, tubérculos y sus procesados que llegaron a la Unión Europea en el año 2007 se distribuyeron así: 58% frutas (dentro de este porcentaje se incluye la naranjilla); 23% hortalizas y tubérculos y 19% procesados. Las importaciones de frutas de Europa en el año 2007 correspondieron: el 86% a frescas; el 7% a congeladas y el 6% a secas. (Gutiérrez, 2004 y FAO, 2011)

Contexto Meso

En América Latina, países andinos como Colombia y Ecuador principalmente, lideran la oferta de naranjilla, (Gutiérrez, 2004 y FAO, 2011)

En Ecuador, la agroindustria ha cobrado gran importancia en los últimos años, pues integra a varios sectores de la economía; desde las comunidades rurales de las diferentes provincias que proporcionan la materia prima de sus cultivos hasta los empresarios e inversionistas que participan en la industrialización de estos productos.

La agroindustria, además de apoyar al sector rural proporcionándole empleo y desarrollo económico; se ha convertido en un motor de la economía por la

diversificación de la industria a través de frutas exóticas como la naranjilla que permite ofrecer productos con valor agregado de calidad en el país, lo cual contribuye a sustituir las importaciones e incrementar las exportaciones. En el Tabla 1 se muestran los datos existentes sobre la superficie de cosecha y producción de Naranjilla según el Ministerio de Agricultura y Ganadería y en la Tabla 2 los principales exportadores de naranjilla y sus elaborados en el Ecuador según la CORPEI, 2007.

Tabla 1. Superficie Cosechada y Producción de Naranjilla

SUPERFICIE COSECHADA Y PRODUCCIÓN DE NARANJILLA						
AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005
ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE COSECHADA EN HECTÁREAS DE FRUTALES						
NARANJILLA	5,38	5,39	4,20	4,23	5,39	5,10
PRODUCCIÓN DE FRUTAS DEL ECUADOR EN TONELADAS MÉTRICAS						
NARANJILLA	14,30	17,94	17,02	18,63	17,21	16,36

Fuente: SUBPROCESO DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA SIGAGRO-MAG, 2006.

Tabla 2. Principales Exportadores de Naranjilla

Empresa	Marca	Provincia	Producto	Volumen Ton/mes
Leenrike Frozen Foods	Jugo Fácil	Pichincha	Pulpas de Naranjilla y arazá	15,0
Frelan	Frutos del sol	Pichincha	Pulpas de Naranjilla	10,0
Agroindustria del Colegio Gamboa	Gamboína	Orellana	Pulpas	0,6
Exoctic Blends	Samai	Pichincha	Pulpas Naranjilla	5,0
Romero Kotre	Por definir	Pichincha	Pulpas Naranjilla y arazá	8,0
Power card S.A.	Por definir	Guayas	Concentrados y pulpa de naranjilla	0,3
Helado mi lindo Salcedo	Mi lindo Salcedo	Cotopaxi	Helados de naranjilla y varios sabores	0,2

Fuente: CORPEI, 2007

Contexto Micro

Las principales provincias de la región Andina donde se cultiva la naranjilla son: Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo con una producción total promedio de 507 toneladas (**Proyecto SICA-BIRF/MAG-Ecuador, 2001**).

La superficie total sembrada es de 7983 ha, adicionalmente existen 1476 ha sembradas en asociación con otros productos (**INIAP, III Censo Nacional Agropecuario, 2000**)

Las variedades tradicionales son las de pulpa verde de jugo que son altamente perecibles. El híbrido de mayor comercialización actualmente es el Palora L.

Últimamente la demanda de naranjilla como fruta fresca se ha incrementado mucho desde Colombia. No hay preferencia específica para las variedades Puyo o el híbrido Palora, aunque este último obtiene un precio ligeramente menor, lo que abarata el costo de producción de procesado. El híbrido Palora es preferido para consumo en fresco y el híbrido Puyo para la industria. (**Mahecha, 2005**)

Aproximadamente el 60% de la producción nacional de naranjilla, corresponde a la variedad conocida como híbrido Puyo. Un 35% corresponde al híbrido Palora, que va en aumento por sus buenas características agronómicas y organolépticas. El 5% restante corresponde a variedades de naranjilla, conocidas como común. (Según la Gerencia Administrativa del Mercado Mayorista de Ambato, 2012)

1.2.2 Análisis crítico

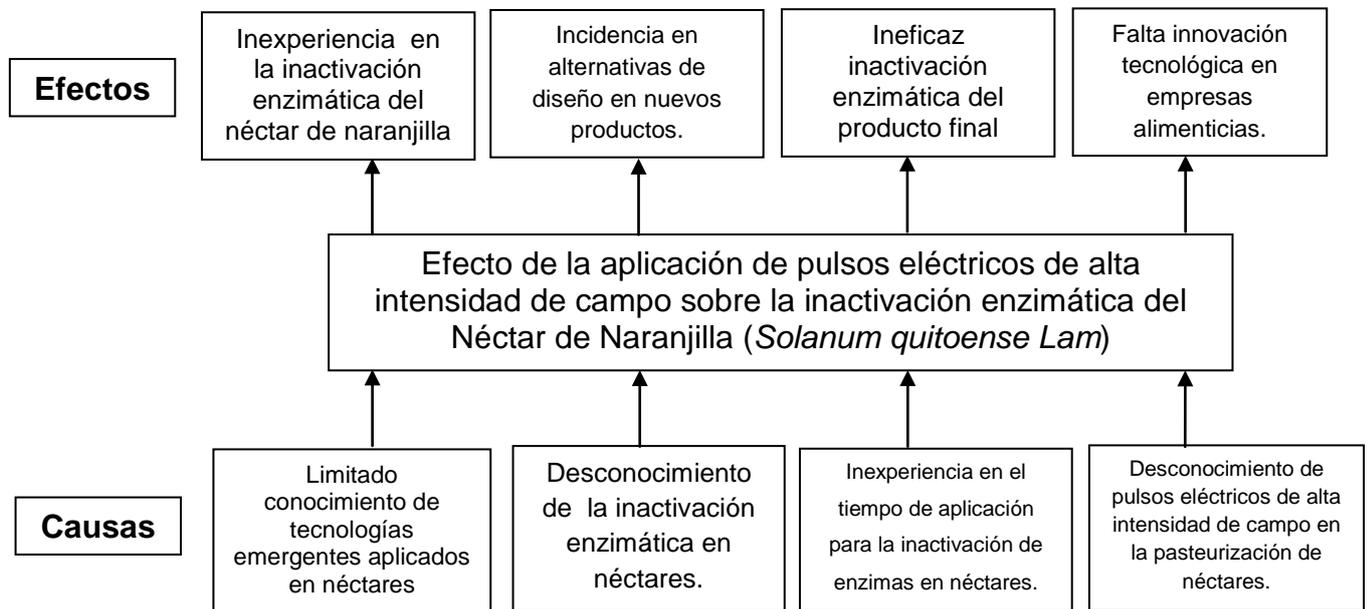


Figura 1. Árbol de problemas

Elaborado por: Sirley Italia Vilcaguano Changoluiza, 2013

Relación Causa Efecto

La aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad sobre el néctar de naranjilla para la inactivación de la Polifenol Oxidasa es una técnica desarrollada para la conservación de alimentos líquidos mediante un proceso no térmico, con la cual se obtiene un producto de gran calidad parecido al producto fresco.

Estos procesos no térmicos se llevan a cabo a temperaturas bajas o ambiente, y ayudan a la inactivación de microorganismos patógenos y deteriorativos así como a la inactivación de enzimas, como es nuestro caso, conservando el color, sabor, textura y propiedades nutritivas del néctar. La posibilidad de generar alimentos que retengan sus cualidades nutritivas y a su vez sean seguros para el consumidor hace que esta nueva tecnología de procesamiento de alimentos líquidos tenga un futuro prometedor en la industria por lo tanto su estudio es de gran importancia en el área alimenticia.

1.2.3 Prognosis

De no llevarse a cabo el estudio se seguirá subvalorando las frutas pues, no se añade valor agregado además se continuará consumiendo néctares sin contenido nutricional y con una carga elevada de saborizantes y colorantes. Por ende al desaprovechar la aplicación de una nueva tecnología de tratamiento seguiríamos sujetos a procesamientos térmicos tradicionales de alimentos en dónde hay pérdida de nutrientes, vitaminas y valiosos atributos sensoriales.

1.2.4 Formulación del problema

La presente investigación se basa en ¿Cómo afecta la aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo sobre la inactivación enzimática del Néctar de Naranjilla (*Solanum quitoense Lam*)”?

1.2.5 Preguntas directrices

¿Cómo evaluar el efecto de las variables tiempo de tratamiento y frecuencia de la aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad en la inactivación enzimática?

¿Cuál es el mejor tratamiento de aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo para alcanzar la inactivación de la Polifenol Oxidasa del néctar de naranjilla?

¿Cómo realizar el estudio de tiempo de vida útil del néctar de naranjilla mediante análisis: físico-químico, sensorial y microbiológico?

1.2.6 Delimitación del objeto de investigación

Campo: Alimentos.

Área: Tecnologías Emergentes de Alimentos.

Aspecto: Aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad en néctar de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*) para la inactivación de la Polifenol Oxidasa.

Delimitación espacial: Universidad Técnica de Ambato, Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Delimitación temporal: Tiempo de investigación, Mayo 2012 a Diciembre 2012.

1.3 Justificación

Las actuales tecnologías de conservación de alimentos, presentan desventajas como son la disminución de propiedades nutricionales y sensoriales de los alimentos, consecuentemente no satisfacen las expectativas de los consumidores.

Esto hace necesario el estudio de nuevas tecnologías que no presenten estos inconvenientes.

Actualmente han surgido tecnologías que representan una solución a este problema una de ellas es la conservación de alimentos utilizando pulsos eléctricos de alta intensidad de campo.

Por ello nuestro enfoque es, la elaboración de néctar de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*) mínimamente procesado, seguro microbiológicamente, nutritivo y con una apariencia fresca; llegando a nuestro objetivo, el inactivar la enzima Polifenol Oxidasa presente en la naranjilla (*Solanum quitoense Lam*), para obtener un producto de alta calidad.

El presente estudio es un aporte importante a nivel nutricional, investigativo, y económico, ya que contribuye a la optimización de energía, tiempo y recurso humano, y representa menos inversión en la empresa, generando una mejor capacidad de producción y satisfacción al consumidor.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Estudiar la viabilidad técnica de la inactivación enzimática de la Polifenol Oxidasa del néctar de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*) mediante la aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo manteniendo las características del producto fresco.

1.4.2 Específicos

- Evaluar el efecto de las variables tiempo de tratamiento y frecuencia de la aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad en la inactivación enzimática.
- Determinar el mejor tratamiento de aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo para alcanzar la inactivación de la Polifenol Oxidasa del néctar de naranjilla.
- Realizar el estudio de tiempo de vida útil del néctar de naranjilla mediante análisis: físico-químico, sensorial y microbiológico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Se han realizado estudios de inactivación enzimática en mosto, jugos y zumos de fruta por PEAIC:

- **Conservación de mosto de uva con pulsos eléctricos de alta intensidad de campo.** (Marsellés, 2011)

Se ha observado que los PEAIC reducen la actividad de enzimas oxidantes del zumo de uva independientemente de la variedad, concretamente la actividad de la polifenoloxidasas y la peroxidasa de 97% y 89 % de actividad residual respectivamente.

Se ha comparado la reducción de actividad enzimática con la conseguida mediante el tratamiento térmico tradicional y se ha observado que el grado de reducción de la actividad de la polifenoloxidasas fue similar.

- **Procesado de zumo de sandía mediante pulsos eléctricos de alta intensidad de campo para una mejor conservación de su calidad y propiedades beneficiosas para la salud** (Aguiló-Aguayo, 2010)

Tras la aplicación de PEAIC en zumo de sandía se han constatado niveles altos de inactivación de enzimas tales como peroxidasa (POD), que tiene relación directa con la aparición de coloraciones oscuras en estos productos, así como pectin metilesterasa (PME), que es una de las principales causantes de cambios en la viscosidad de los zumos. Reportando los siguientes resultados en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de zumo de sandía mediante PEIAC

Actividad Enzimática	Zumo fresco sin tratamiento a los 15 días	Zumo procesado mediante PEIAC a los 15 días	Zumo procesado mediante TT a los 15 días
Actividad peroxidásica residual (%)	90%	<20%	<20%
Actividad pectin metilesterásica residual (%)	90%	<15%	<10%

Fuente: Aguiló-Aguayo, 2010

- **Inactivación de enzimas oxidativas mediante pulsos de alta intensidad de campo eléctrico para la retención del color en jugo de zanahoria.** (Quitão-Teixeira, Aguiló-Aguayo, Ramos y Martín-Belloso, 2007)

El efecto de los pulsos eléctricos de alta intensidad de campo (PEIAC) sobre las enzimas oxidativas y el color del jugo de zanahoria fresca fueron estudiados.

El POD (peroxidasa) se usa comúnmente como un indicador para la inactivación de enzimas endógenas y microorganismos durante el calentamiento (Soysal y Soylemez 2005; Morales- Blancas et al. 2002; Ling y Lund 1978). De hecho, la inactivación de POD también se ha utilizado como índice de calidad de productos vegetales cuando se somete a una conservación no térmica procesos como alta presión hidrostática o PEIAC (Soysal et al 2004;.. Zhong et al 2005a; Elez-Martínez et al. 2006).

Los efectos de la alta intensidad de campos eléctricos pulsados (PEIAC) sobre las enzimas oxidativas y el color del jugo de la zanahoria fresca fueron estudiados. Una metodología de superficie de respuesta (RSM) se utilizó para evaluar el efecto de la polaridad del pulso (mono y modo bipolar), ancho de pulso (1 a 7 μ s), y el pulso frecuencia (50 a 250 Hz) en el color y la inactivación de peroxidasa (POD) del jugo de zanahoria tratado por PEIAC.

El tiempo total de tratamiento y la intensidad de campo eléctrico se establecieron a 1.000 μ s y 35 kv/cm, respectivamente, a una temperatura por debajo de 35°C. Hubo una relación lineal entre la conductividad eléctrica y la temperatura del jugo de zanahoria.

Los resultados mostraron que el jugo de zanahoria tratado con PEAIC a 35 kv/cm durante 1.000 μ s aplicando 6 μ s de ancho de pulso 200 Hz en modo bipolar se obtuvo el 73,0% de la inactivación de POD. Las coordenadas del color no cambiaron significativamente. Por lo tanto, PEAIC fue eficaz para la inactivación POD y conservación del color del jugo de zanahoria.

2.1.1 Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam)

La naranjilla también conocida como lulo, es una fruta tropical, cítrica y muy exótica que tiene su origen en Suramérica, su jugosa pulpa tiene un sabor entre dulce y ácido.

2.1.2 Taxonomía y Morfología



Figura 2. Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam)

La naranjilla *Solanum quitoense* Lam presenta entre otras las siguientes características: Es un fruto redondo de 5 a 6 cm de diámetro, de color anaranjado, tiene una fragancia típica de fruto tropical y su pulpa de sabor y aroma excelente que es poco común proporciona un jugo refrescante de gran aceptación por los consumidores

La corteza es lisa y resistente, cubierta de pelos amarillos punzantes y dividida en dos mitades; la parte interior del fruto presenta aspecto de tomate en estado verde. La pulpa, jugosa, agridulce o ácida, cuando madura es de color verdoso

Las semillas son lisas y redondas, de 3 mm de diámetro y color amarillo claro o blanquecino. En cada división o celda, las semillas están agrupadas en la misma forma que en el tomate pero en mayor cantidad.

Hay de 1000 a 1200 semillas, las cuales una vez secas, tienen un peso de 3 - 5 g por fruto y sembrándolas frescas germinan fácilmente en un periodo promedio de 25 a 30 días. Además son ricas en aceites (Galvis y Herrera, 1999).

La naranjilla se clasifica de la siguiente forma:

Reino: Vegetal.
Subreino: Espermatophyta.
División: Angiosperma.
Subdivisión: Dicotiledónea.
Clase: Simpétala.
Subclase: Pentacíclica.
Orden: Tubiflorales.
Género: Solanum.
Especie: *Solanum quitoense Lam.*

Varietades: Quitoense (Schultes y Cuatrecasas), tallos sin espinas.

Septentrional (Schultes y Cuatrecasas), tallos con espinas.

2.1.3 Cultivo de Naranjilla

Nombre científico

Solanum quitoense Lam

Otros idiomas

Naranjilla Fruechte

Sinonimia y nombres vulgares

Naranjilla, Lulo de Quito.

Variedades

Baeza, Agria, Dulce, Bola, Baeza roja, Híbrida, Septentrional, INIAP Palora.

Exigencias del cultivo

➤ ***Agroecológicas***

Clima: Cálido y sub cálido húmedo.

Temperatura: 16°C - 24°C.

Humedad: 80% – 100%.

Pluviosidad: 1000 - 3000 mm.

Altitud: 800 - 1500 msnm.

Formación ecológica: Bosque pluvial (BP) y Bosque muy húmedo pre montano (Bmh-PM).

➤ ***Requerimientos edáficos***

Tipo de suelo: Textura franca, ricos en materia orgánica, estructura friable, de fácil drenaje.

Acidez: pH 5.5 - 6.5.

Sistema de propagación

Semilla: Semilla, para luego tecnificarla por medio de pilones.

Estacas: de 15 y 20 cm.

Siembra

Material de siembra: Plántulas de pilón.

Distancia de siembra: 2.5 x 2.0 m en hileras y plantas

Densidad de planta: 2.000 plantas por Hectárea

Época de plantación: Al inicio del período de lluvias.

Étapas del cultivo

Desarrollo de la plantación: 9 - 12 meses.

Inicio de la cosecha: 10 - 13 meses.

Vida económica: 2 años. Actualmente hay variedades con mayor longevidad (hasta 5 años).

Técnicas del Cultivo

Selección del terreno: Mejorar las características físicas del terreno de la plantación en caso de que sea necesario.

Preparación del terreno: Incorporar materia orgánica, niveles del 4 y 5% son ideales.

Trazado de la plantación: En caso necesario con curvas de nivel, evitar encharcamiento de agua, que inciden sobre el apareamiento de enfermedades radiculares.

Hoyado: 50 x 50 – 70 x 70 cm.

Fertilización de fondo: Fraccionada especialmente de N/2. La fertilización de materia orgánica de fondo se lo hace con 20 kilos de estiércol por sitio.

Trasplante: De plantas seleccionadas, se está probando excelentemente plantas desarrolladas en pilones.

Podas de formación: Para lograr una buena arquitectura de la planta, robusta, resistente al viento.

Podas de fitosanidad: Eliminar periódicamente las ramas o ramillas dañadas, afectadas mecánicamente.

Manejo fitosanitario: Se recomienda establecer a tiempo sistemas de monitoreo de plagas y enfermedades, carencias nutricionales, con el objeto de minimizar y optimizar la aplicación de pesticidas, cuidando el medio

Enfermedades

Antracnosis (*Colleptotrichum gloesporoides*).- Afecta principalmente los frutos aunque pueden ocasionar lesiones en el tallo. El hongo se manifiesta en el fruto con una pequeña mancha de color negro, luego va aumentando hasta cubrir gran cantidad del mismo cuando la lesión envejece se forma en el centro de la mancha unos corpúsculos negros que son las esporas del hongo.

Control: Recolectar los frutos enfermos, sacarlos del cultivo, enterrarlos y aplicar productos químicos. Como benomil, oxiclورو de cobre.

Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*).- Es el mismo hongo que produce la gotera de la papa y el tomate. El hongo se manifiesta cuando la temperatura está entre 10 y 15 °C y alta humedad. Se produce cuando las esporas que la lluvia lava de las hojas y de los tallos infestados penetran en el suelo e infectan los tubérculos causándoles una decoloración pardusca.

Control: Recolectar los frutos enfermos y aplicación de productos químicos como metalaxil mancozeb.

Marchite Bacterial.- Es causado por *pseudomonas solanacearum* su incidencia es mayor cuando la planta inicia la formación de frutos; la planta afectada muestra flacidez en las hojas, luego amarillamiento y finalmente muere, los frutos permanecen adheridos al tallo. La enfermedad se transmite mecánicamente por las herramientas de trabajo, los nemátodos del género *Meloidogyne* aumenta el problema en este cultivo.

Control: No sembrar en sitios donde se ha presentado la enfermedad Aplicar productos bactericidas, eliminar plantas enfermas del cultivo, utilizar injertos de un patrón resistente.

Nemátodos.- Existen varios géneros de nemátodos fitosanitarios asociados con raíces de la naranjilla el género *Meloidogyne sp* (formadores de los nudos de la raíz). *Thichodorus sp* nemátodos que dañan las raíces y pueden producir virus.

Control: Injertar en patrones resistentes a nemátodos.

Plagas

Barrenador del Cuello de la Raíz (*Faustimus apicalis*).- El daño ocasionan las larvas que viven dentro del tallo destruyendo los conductos de la savia ocasionando posteriormente la muerte de la plántula.

Control: Controlar la maleza alrededor del cultivo y aplicar productos químicos.

Margadores (*Neoleucinodes elegantialis*).- El daño es ocasionado por la larva una vez que sale del huevo y penetra en el fruto para continuar con su ciclo biológico, la fruta atacada cae al suelo.

Control: Sebos envenenados, trampas, aplicación de productos químicos. (INIAP, Manual Agropecuario. 2002. Producción de naranjilla y otros frutales).

Cosecha

Época: A la madurez fisiológica se identifica cuando el fruto empieza a tornarse de color amarillo anaranjado por lo menos en un 40%. Se debe considerar la rapidez de maduración varietal.

Tipo: Manual, depositando el fruto en recipientes que contengan en su interior acolchados de papel o virutas.

Usos y Valor Nutritivo

La naranjilla se emplea como materia prima para elaborar néctares frescos, mermeladas, jugo concentrado y congelado, helados, pulpa congelada, jalea, pudines y pasteles.

Es rica en vitamina C y en contenido de hierro, lo que le confiere propiedades diuréticas y tonificantes. El jugo actúa como solvente de toxinas en el organismo y facilita la eliminación de ácido úrico en la sangre. **(Bernal, 1998)**

Composición Química

Contenido en 100 g de pulpa de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*) se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Composición química de la naranjilla (*Solanum quitoense Lam.*)

DESCRIPCIÓN	JUGO	CÁSCARA
% Humedad	89,15	87,20
% Ceniza	0,59	0,93
% Grasa	0,11	0,26
% Fibra	0,16	4,38
% Proteína	0,65	0,75
% Carbohidratos	9,35	6,43
° Brix	10,26	---
% Az. Reductores	5,22	---
Ph	3,09	---
% Acidez	2,19	---
Vit. A (mg/100ml)	21,67	
Vit. C (mg/100ml)	36,86	---
% pectina	---	0,71
Calcio (mg/100ml)	15,72	72,76
Fósforo (mg/100ml)	9,47	38,38
Hierro (mg/100ml)	1,01	0,65
Potasio (mg/100ml)	1,70	3,16

Fuente: De acuerdo a los análisis de frutos frescos de Colombia y Ecuador, 2005,
<http://www.iica.int.ni/GuiasTecnicas/CultivoNaranjilla>

2.1.4 NÉCTAR DE FRUTAS

Néctar de frutas es el producto natural, elaborado con jugo o concentrado de frutas, que son de fácil acceso en nuestra región; a este se le adiciona agua

y azúcar, además es considerado un alimento saludable por su alto contenido de vitaminas.

Características

Los néctares son básicamente zumos rebajados (o aligerados) con agua. Suelen proceder de diversas frutas y el contenido de dilución en agua depende de las características de la pulpa. El producto se somete primero a una desinfección, a una pasteurización, vigilancia del pH y de azúcares. Para el envasado final del néctar se puede emplear tanto envases de vidrio como de plástico (Aragón, 2009)

2.1.4.1 Diagrama de Flujo

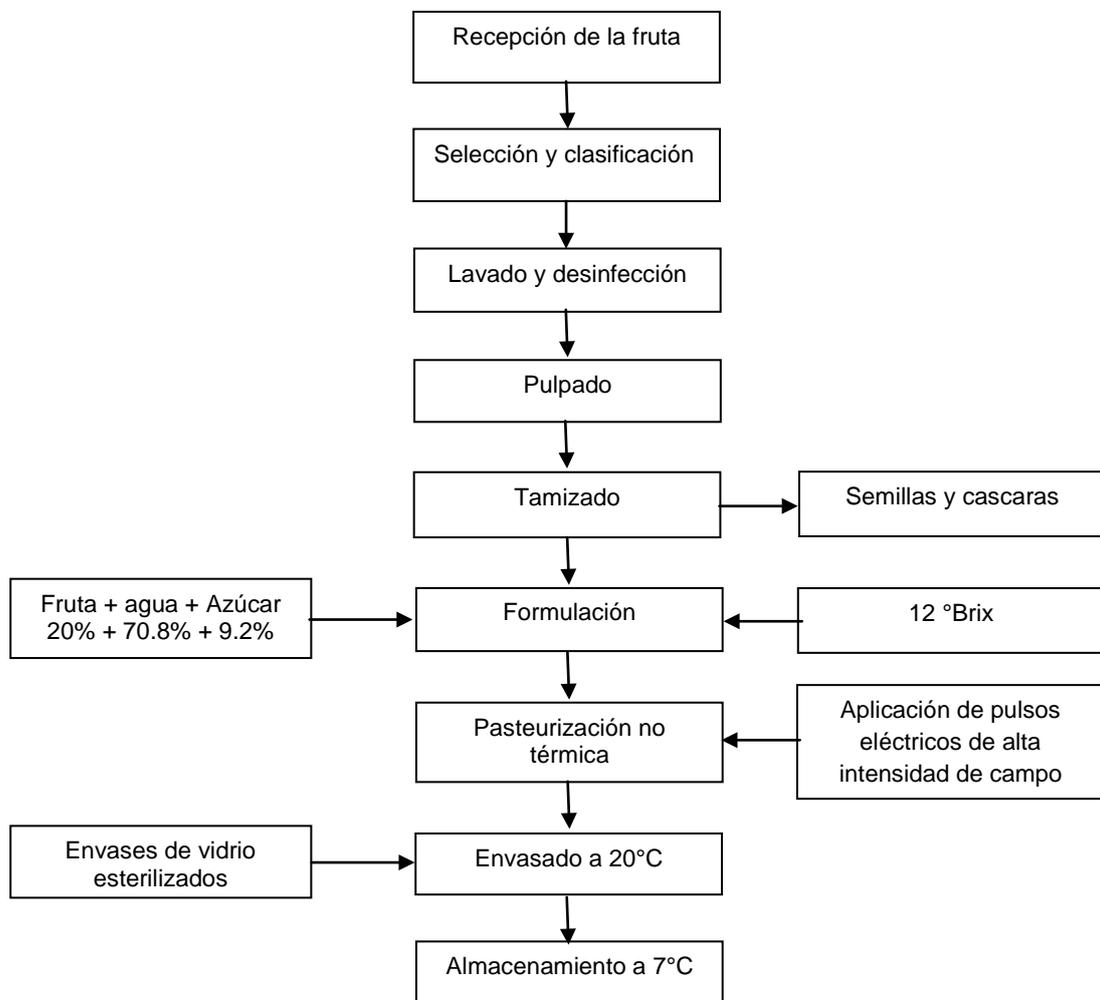


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del néctar de naranjilla.

Elaborado por: Sirley Italia Vilcaguano Changoluisa, 2013

2.1.4.2 Proceso de Elaboración del Néctar de Naranjilla

Material Vegetal: Para el desarrollo de este estudio la fruta utilizada fue naranjilla (*Solanum quitoense Lam*) de la variedad de la fruta jugo Iniap Quitoense.

Selección y Clasificación: Se realizó a través de una inspección visual para separar las naranjillas en buen estado y maduras de las dañadas. La fruta se clasifica teniendo en cuenta su tamaño (Midiendo su diámetro) y grado de madurez (Medido visualmente) o por °Brix de la pulpa.

Lavado y desinfección: Primero se eliminó la tierra y malezas adheridas a la superficie de la fruta con una ducha de agua a presión. Enseguida, se realiza la desinfección por inmersión en un tanque con solución de hipoclorito de sodio de 200 partes por millón (ppm) y se deja en reposo por 15 minutos.

Pulpado: El pulpado se realizó de forma manual, con ayuda de cuchillos de lámina de acero inoxidable

Tamizado: Las partículas grandes se separan de la pulpa por medio de un tamiz de 50 mesh (297 micras).

Formulación: Para la formulación del néctar se tuvieron en cuenta las características finales que se deseaban en el producto terminado, según la Norma INEN y Códex, como son: El porcentaje de la pulpa total del 20% y los °Brix finales de 12. La pulpa de naranjilla y los demás constituyentes del néctar se mezclaron, se ajustaron sus sólidos solubles y pH; agitando hasta que la mezcla sea homogénea.

Pasteurización: Esta operación se llevó a cabo en el equipo de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo en el Laboratorio de Cereales de la FCIAL de la Universidad Técnica de Ambato.

Envasado: El envasado se realizó a temperatura ambiente de 20°C.

Almacenamiento: Se almacenó el producto terminado en refrigeración a 7°C.

2.1.4.3 Técnicas de Conservación Tradicional de los Néctares de Frutas

Hoy en día, la conservación de alimentos abarca una serie de acciones que se adoptan para evitar el deterioro de su calidad y garantizar su estabilidad durante el período que dura su vida, desde la producción hasta el momento de su consumo. Es por ello que los países en desarrollados realizan minuciosamente la demanda de frutas exóticas, tomando en cuenta que estos alimentos, cumplan con la norma técnica de inocuidad e higiene correspondiente para ser importados.

Cuando las materias primas en este caso frutas exóticas como la naranjilla cumplen con los estándares de calidad, estos al ser transformados en derivados específicos como néctares, se efectúan algunos métodos de conservación que desde tiempos lejanos se vienen aplicando para una buena conservación del alimento de manera tradicional a nivel mundial, como son:

Pasterización: Los néctares pueden ser conservados mediante tratamientos térmicos adecuados; el más común es la pasterización, la cual puede realizarse de dos formas, primero se empaca el néctar y luego se pasteriza, o la segunda en la que el néctar primero se pasteriza y luego se empaca en caliente. En ambos casos el empaque una vez cerrado herméticamente, se lleva a refrigeración.

En el primer caso, una vez que el néctar ha sido preparado en el tanque de mezcla y calentado hasta cerca de 60 °C, se lleva directamente a la máquina llenadora y se coloca en latas de determinado tamaño.

De allí se coloca en una marmita o autoclave donde se calienta durante un tiempo necesario, que dependerá de varios factores como pH del néctar, tamaño, forma y posibilidad de agitación de los recipientes. Por lo general la temperatura que debe alcanzar la masa de néctar es de 85-88 °C.

En el segundo caso, se calienta el néctar de manera rápida a temperatura cercana a 90 °C y luego se llena y cierra los envases, para luego refrigerarlos durante 1 a 3 minutos.

Se estima que con el primer método de llenado a baja temperatura la pérdida de aromas puede ser menor que en el segundo. Además la posibilidad de recontaminación también es menor en el primero, aunque éste exige que los empaques sean resistentes a golpes mecánicos y térmicos a los cuales van a ser sometidos durante la pasteurización. En este caso se emplean envases metálicos que deben estar recubiertos con una laca apropiada para evitar que los ácidos de las frutas reaccionen con el estaño de la lata.

Para el método de llenado en caliente se pueden emplear envases más económicos pero también resistentes al calor, como algunos tipos de plásticos, que también son más livianos, resistentes a golpes, no se corroen, y son poco reactivos con los néctares. (Aragón, 2009)

Esterilización Térmica y Envasado Aséptico: Es técnica de conservación aplicable a los néctares, consiste en lograr un calentamiento rápido del fluido, retención durante un corto periodo, enfriamiento y envasado bajo condiciones asépticas en recipientes previamente esterilizados.

Los dispositivos de calentamiento y enfriamiento utilizados son muy variados: Intercambiadores de placas, tubulares, de superficie raspante, etc., teniendo en cada caso ventajas e inconvenientes.

Así por ejemplo, los intercambiadores de placas tienen un costo relativamente bajo, ocupan poco espacio, puede aumentarse fácilmente su capacidad y requieren poco mantenimiento, pero en cambio necesitan bombeo a mayor presión, empalmes más robustos, las fugas resultan más difíciles de detectar, pueden presentar problemas de obturación y solo son utilizables para productos de baja viscosidad.

De otra parte, los intercambiadores de superficie raspada tipo votator son los más adecuados para el tratamiento de concentrados y en general productos muy viscosos, pero son más caros, y al poseer partes móviles requieren un mantenimiento más costoso.

Una vez que se ha sometido a esterilización el néctar y se ha logrado enfriar, es decir que el fluido está libre de microorganismos, el reto ahora es lograr mantener esta condición de esterilidad en las operaciones de llenado y cerrado, para luego llevar a almacenamiento a temperatura ambiente y ser abierto por el consumidor final.

El llenado aséptico se puede realizar en barriles o bolsas de plástico. Para el llenado en barriles existe el sistema que emplea un autoclave y consiste en efectuar la operación de llenado dentro de un autoclave, donde previamente el barril ha sido sometido a la acción del vapor a presión para asegurar la esterilidad.

El llenado se realiza bajo vacío y en condiciones de absoluta asepsia, con lo que facilita la operación y se deja un espacio de cabeza también bajo vacío dentro del barril. Luego se procede al cerrado hermético de la tapa, todo esto dentro del autoclave. Finalmente se abre el autoclave y se retira el barril con el néctar estéril y a temperatura ambiente.

Cuando el llenado es en bolsas de plástico existe el sistema conocido como "bag in box" que consiste en una bolsa plástica que se sitúa en una caja de cartón, Aquí también se hace el llenado en frío en condiciones asépticas.

En general la forma de operar este sistema para productos ácidos como los néctares de frutas, es como sigue. El néctar se esteriliza y enfría en proceso continuo por circulación a través de intercambiadores de calor adecuados.

La operación de llenado en frío bajo condiciones asépticas se realiza en una cámara especial que previamente se esteriliza con vapor a 121 °C durante 30 minutos. Después se introduce una corriente de aire estéril caliente, cuya misión es facilitar la acción germicida del cloro en forma de solución que se

pulveriza continuamente dentro del recinto de llenado, evitando de esta forma cualquier riesgo de contaminación. La bolsa de plástico todavía cerrada con un tapón especial y preesterilizada por irradiación gama al fabricarla, se sitúa bajo la cámara de llenado en la que se introduce solo la boquilla que contiene el tapón. Este se separa dentro del ambiente estéril, realizándose a continuación la operación de llenado propiamente dicha. Por último el tapón se coloca y aprieta herméticamente y se saca el envase lleno con producto estéril y frío, situándolo finalmente en la correspondiente caja de cartón corrugado que le sirve de protección y soporte.

Con este sistema pueden llenarse bolsas de diferentes capacidades de 5 a 25 litros, envases institucionales, hasta aproximadamente 1.100 litros o envases industriales.

Las bolsas están especialmente construidas para poseer una buena resistencia mecánica y una excelente impermeabilidad. Están hechas de polietileno especial para alimentos y una película metalizada, que no es aluminio. (Aragón, 2009)

Empleo de Aditivos: La conservación mediante adición de sustancias químicas ha sido muy usada hasta hace pocos años, pero a medida que los consumidores toman más conciencia de la conveniencia de ingerir alimentos naturales, con el mínimo de sustancias conservantes, esta técnica es cada vez menos practicada sobre todo para los alimentos procesados exportables.

Los agentes más empleados para inhibir el desarrollo de microorganismos son los benzoatos, sorbatos y compuestos de azufre como metabisulfito. De los dos primeros se usan principalmente sus sales de sodio y potasio en concentraciones entre 0,05 a 0,10%. Por encima de estas concentraciones son detectables por el sabor característico que comunica al néctar.

Los derivados del azufre como los sulfitos son más efectivos contra las esporas de los hongos que contra las levaduras, y en soluciones diluidas más que en concentradas. Sin embargo recientemente ha sido restringido

cada vez más su empleo para conservar alimentos por la acumulación que puede tener al consumir simultáneamente varios alimentos que posean dosis con límites máximos de este tipo de conservante.

Otros agentes empleados como antioxidantes son el ácido ascórbico solo o en combinación con ácido cítrico. Éstos previenen cambios de color, sabor y deterioro de otros nutrientes en ciertos néctares como naranjilla, guayaba, manzana y pera. (Aragón, 2009)

Conservación por Métodos Combinados: Otra técnica de conservar los néctares consiste en combinar las anteriores formas de conservación pero de manera menos intensa. Esto se debe a la tendencia en la conservación de alimentos de evitar tratamientos únicos y fuertes, que aunque son efectivos contra el deterioro causado por los microorganismos, también tienen un efecto negativo contra los nutrientes y características sensoriales de los diferentes alimentos.

Es sabido que los tratamientos como la pasterización y peor aún si se realiza por tiempos prolongados, producen altas pérdidas de vitaminas termo-sensibles y de los compuestos volátiles característicos de las frutas.

De manera similar el empleo de agentes conservantes como los derivados del azufre producen pérdidas totales de vitaminas del complejo B, cambian en algo el sabor y algunas veces el color de los néctares.

La alternativa es lograr mantener en un nivel muy bajo la carga microbiana inicial del producto, mediante un escrupuloso programa de higiene y sanidad en planta y además evitar aplicar una sola de estas técnicas, sino más bien conservar agregando por ejemplo conservante pero en menores dosis, pasterizar pero en menor intensidad, someter a cierto nivel de vacío, reducir el pH y almacenar a temperaturas de refrigeración o de congelación que permiten retardar e inhibir, en algunos casos, los procesos deteriorativos de los alimentos.

El principio que se emplea en esta técnica de conservación es la de mantener, en este caso un néctar, lo más parecido en sus características sensoriales y nutricionales al producto fresco recién preparado. (Aragón, 2009)

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La presente investigación se basa en el paradigma positivista. Según Reichart y Cook (1986), este paradigma tiene como escenario de investigación el laboratorio a través de un diseño preestructurado y esquematizado; su lógica de análisis está orientada a lo confirmatorio, reduccionista, verificación, inferencial e hipotético deductivo mediante el respectivo análisis de resultados.

Además la realidad es única y fragmentable en partes que se pueden manipular independientemente, y la relación sujeto-objeto es independiente. Para este enfoque la realidad es algo exterior, ajeno, objetivo y puede y deber ser estudiada y por tanto conocida.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La base fundamental de este proyecto fue el cumplimiento de las normas INEN y CODEX pertinentes a la elaboración de néctares de frutas, materia prima y a sus análisis respectivos donde se determinó los diversos parámetros que se detallan a continuación:

- ✓ Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 2 337) Jugos, Pulpas, Concentrados, Néctares, Bebidas de frutas y Vegetales. 2008
- ✓ Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 1 529-8) Control Microbiológico de los Alimentos. Determinación de Coliformes Fecales y *E. coli*
- ✓ Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 1 529-5) Control Microbiológico de los Alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos.
- ✓ Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 1 529-11:98) Control Microbiológico de los Alimentos. Mohos y levaduras viables.

- ✓ Norma General del CODEX para zumos, jugos, néctares de frutas *CODEX STAN 247-2005*.
- ✓ Reglamento Técnico Centroamericano “Alimentos y Bebidas procesados. Néctares de frutas” *RTCA 67.04.48:07*.
- ✓ Norma Técnica Colombiana para Néctares de Frutas N°. 659, 2011.

Ámbito de aplicación

Este reglamento técnico se aplica a los néctares de una sola fruta y a la mezcla de dos o más frutas, que producen o importan para su comercialización.

DESCRIPCIÓN

Definición del producto

Néctar, producto pulposo sin fermentar, pero fermentable, destinado al consumo directo, obtenido mezclando toda la parte comestible de la fruta finamente dividida y tamizada, en buen estado y madura, concentrado o sin concentrar, con adición de agua y con o sin adición de azúcares o miel y los aditivos alimentarios permitidos.

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

La representación de la red de inclusiones, de los elementos que describen a las variables: dependiente e independiente se presentan en la Figura 4.

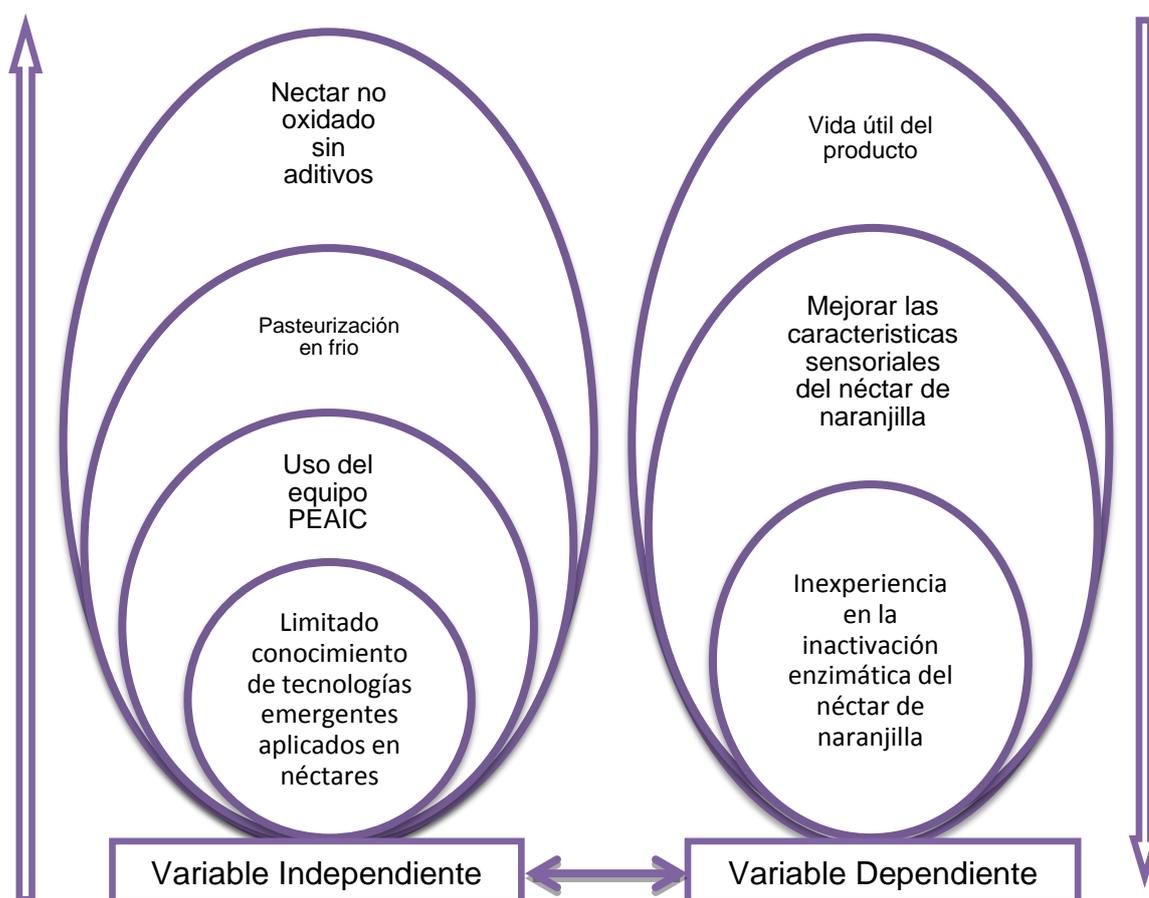


Figura 4. Red de Inclusiones

Elaborado por: Sirley Italia Vilcaguano Changoluiza, 2013

2.4.1. Variable Independiente

2.4.1.1. Limitado conocimiento de tecnologías emergentes aplicados en néctares

La Tecnología de los Alimentos está realizando en la actualidad un enorme esfuerzo para el desarrollo de nuevos métodos de conservación e higienización de los alimentos. Por una parte, se intentan mejorar en lo posible los actuales tratamientos térmicos buscando métodos más eficientes como son: a) alta presión, b) inducción, c) microondas, d) convección, e) cocción al vacío, f) pulsos eléctricos de alta intensidad de campo. Con ello, se intentan buscar nuevos métodos de tratamiento, más específicos, que permitan destruir de forma eficaz a los microorganismos y afectar mínimamente la calidad de los alimentos, específicamente en los néctares de frutas y de esta manera erradicar el desconocimiento de estas tecnologías y proyectarlas en la industria en mejoras de los consumidores. (Camacho, O. 2004)

Equipo de altas presiones

Los equipos que comunican alta presión funcionan normalmente con líquidos de baja compresibilidad, usualmente agua. La presión se genera con una bomba hidráulica y el líquido presurizado permanece en un cilindro de gran espesor y resistencia. Las presiones que se utilizan son entre 100 y 1000 MPa, y cuando se alcanza la presión deseada no se requiere energía suplementaria para mantener el material bajo la presión un tiempo prolongado.

La aplicación de alta presión puede ir acompañada, tanto a la vez, como consecutivamente, de otros procesos como el tratamiento térmico, modificación de pH y/o fuerza iónica, etc. de forma que la eficacia del proceso sea óptima. (Camacho, O. 2004)

Inducción

La inducción no emplea el fuego directo, sino que produce calor por medio de un campo magnético muy cambiante en los recipientes en los que se han

colocado los alimentos. Aunque no es tan eficiente como los hornos de microondas, tiene la ventaja de poder cocinar utilizando generalmente, recipientes habituales, al tiempo que mantiene una temperatura constante y homogénea. (Camacho, O. 2004)

Microondas

Actúa gracias a un campo electromagnético que hace vibrar y friccionar las moléculas de agua que contienen los alimentos, produciéndose un calor interno que permite su calentamiento o cocción. El alimento una vez calentado o cocinado no emite ningún tipo de radiación. Como los alimentos se cuecen en su propio contenido de agua y a menos de 100 grados centígrados de temperatura, se pierden menos sales y se destruyen menos vitaminas. Los alimentos cocinados o calentados con microondas tienen menor concentración de sustancias cancerígenas en comparación con los cocinados por otros métodos.

Existía la duda de que las temperaturas alcanzadas con estos aparatos fueran lo suficientemente altas para eliminar a las bacterias nocivas. Tras diversos estudios se comprobó que este riesgo se puede evitar cubriendo el alimento durante el calentamiento, para favorecer una distribución del calor más uniforme y así alcanzar una temperatura adecuada para prevenir el desarrollo de microorganismos patógenos.

Puesto que el horno es hermético, no es posible que las microondas sean capaces de salir al exterior y provocar daños a la salud.

Conviene no utilizar utensilios de metal, ni papel aluminio, ya que reflejan las microondas contra las paredes del horno, e impiden que el alimento se caliente. Tampoco, usar vajillas de cerámica si tienen dibujos o adornos, ya que pueden haberse utilizado pinturas con algún elemento metálico. (Camacho, O. 2004)

Convección

Utiliza la técnica de microondas más la producción de calor seco por convección, sistema normalmente ubicado en una de las paredes y que consiste en un ventilador que distribuye el aire caliente de manera uniforme.

La rápida deshidratación de la superficie del alimento permite la formación de costra y el establecimiento de sabores especiales. (Camacho, O. 2004)

Cocción al vacío

Con este sistema los alimentos se cuecen, al vacío, entre 50-90 grados durante un período que va desde 30 minutos a varias horas, en envases estancos y termorresistentes en ausencia de aire. Exige una rigurosa selección, se requiere alimentos frescos de primera calidad y una escrupulosa higiene en todas las fases de elaboración.

Todos los ingredientes que intervienen, una vez preparados, se introducen en una bolsa, de plástico alimentario y se realiza un vacío del 99 por ciento. El tiempo de esta operación varía según el contenido en aire de los alimentos y oscila entre 30 y 60 segundos. Algunas preparaciones culinarias pueden envasarse una vez cocinadas. Después se cierra la bolsa y se realiza la cocción que puede llevarse a cabo en un horno de vapor de baja presión o bien en uno de vapor húmedo. Una vez cocinado el producto debe realizarse, inmediatamente, un enfriamiento rápido por debajo de los 10°C en menos de 2 horas.

Después de la cocción y del enfriamiento, los platos cocinados deberán ser etiquetados convenientemente. Pueden conservarse en refrigeración a temperatura entre 0 y 2°C limitando su vida útil a 21 días, o bien en cámaras de congelación a -18°C, en cuyo caso el límite es de 6 meses.

En el momento de servir deben regenerarse los platos volviéndolos a calentar para que recobren sus características organolépticas, textura y color. Se puede utilizar un microondas, un horno de vapor o simplemente al baño María. Esta operación debe ser rápida, alcanzando los 65°C en el centro del producto, en menos de 1 hora. Después se corta la bolsa y se sacan los alimentos. (Camacho, O. 2004).

Pulsos eléctricos de alta intensidad de campo (PEAIC)

La aplicación de campos eléctricos pulsados como una técnica de permeabilización de la membrana ha recibido una atención considerable

durante las últimas décadas debido a su potencial para mejorar o crear alternativas a los métodos convencionales en la elaboración de alimentos.

Entre las tecnologías emergentes no térmicas, la aplicación de campos eléctricos pulsados es uno de los métodos de procesamiento más avanzado, experimentando evaluación científica intensiva. En la cual la temperatura de procesamiento es bajo y tiempos de resistencia cortos permiten una inactivación altamente eficaz de los microorganismos, mientras que conserva la calidad del producto.

Su capacidad para permeabilizar tejido celular en un corto período de tiempo puede ser utilizado para sustituirla energía y consume mucho tiempo convencional es térmicas o mecánicas o técnicas de la desintegración de maceración enzimática.

En tecnología de alimentos la formación de poros por PEAIC puede ser aplicado como una técnica de conservación suave para alimentos líquidos así como un sustituto de los métodos convencionales de células de desintegración, tales como molienda o tratamiento enzimático, como una etapa de pre-tratamiento para mejorarla transferencia de masa antes de la deshidratación, extracción o prensado.

2.4.1.2. Uso del equipo PEAIC

El procesado por Pulsos Eléctricos de Alta Intensidad de Campo consiste en la aplicación de pulsos eléctricos de corta duración a alimentos situados entre dos electrodos, uno de los cuales está conectado a tierra y el otro conectado a la corriente pulsante, produciéndose un campo eléctrico elevado en el espacio comprendido entre ellos.

Es un proceso no térmico, ya que los alimentos tratados se mantienen a temperatura ambiente, o en todo caso a temperaturas inferiores a las de pasterización del alimento.

Por ello los alimentos tratados por esta tecnología tienen unas propiedades sensoriales y nutritivas más parecidas al producto fresco

Los resultados de estudios experimentales han demostrado la eficacia y validación de estos métodos en la preservación y extensión de la vida útil de alimentos como la leche, néctares, zumos de frutas y yogurt, entre otros. Los PEAIC se han utilizado con gran éxito en estos y otros productos líquidos. (Barbosa y col, 2001).

Sistemas de Tratamiento por PEAIC

Aspectos tecnológicos

Los aspectos más importantes en la aplicación de esta tecnología se encuentran focalizados en el generador de pulsos eléctricos de alta intensidad, el diseño de cámaras para el tratamiento del alimento y en el buen diseño de electrodos para minimizar la electrolisis.

En la figura 5 se visualiza un sistema de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo.

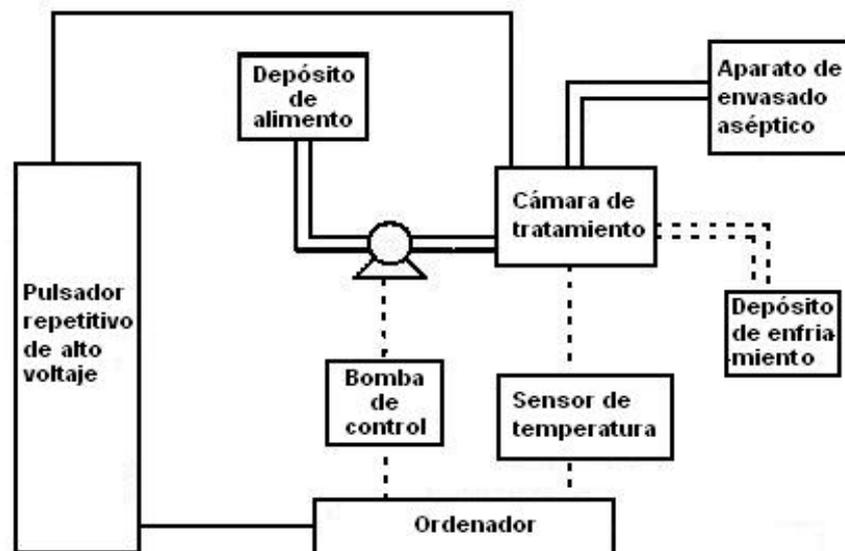


Figura 5. Equipo de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo. (Barbosa y col, 2001).

Generador de Energía

El generador de energía es el encargado de suministrar la energía eléctrica (W) a un voltaje seleccionado (U_0). Para ello transforma la corriente alterna de la red en corriente continua con la que se carga el condensador. Los parámetros que caracterizan al generador son la intensidad de la corriente eléctrica producida y la máxima diferencia de potencial a la que es capaz de

cargar el condensador. La diferencia de potencial junto con la resistencia de la cámara de tratamiento, determinan la intensidad máxima del campo eléctrico que es posible alcanzar. (Barbosa y col, 2001).

Condensadores, Inductancias y Resistencias

Los condensadores colocados en paralelo son los componentes encargados de almacenar la energía eléctrica (W) que se va a descargar a través del interruptor.

Las características más importantes del condensador son la diferencia de potencia máxima de trabajo y su capacidad de almacenamiento. Los inductores son los componentes encargados de almacenar temporalmente la energía magnética mientras que las resistencias son los encargados de disipar la energía. Dependiendo del tipo de pulso, el esquema eléctrico que lo genera es diferente, siendo el que produce los pulsos cuadrados bipolares el más complejo (Barbosa y col, 2001).

Interruptores

Los interruptores son los componentes encargados de comunicar la energía a los electrodos que configuran la cámara de tratamiento. Las principales características que definen un interruptor son su velocidad de apertura y de cierre, la máxima intensidad de corriente que puede atravesarlo, el máximo voltaje al que puede trabajar y la frecuencia a la que pueden aplicarse los pulsos. Además controla la frecuencia, la duración y forma del pulso. El interruptor debe resistir el máximo voltaje presente en los condensadores así como transferir una corriente eléctrica con una intensidad de corriente I_{max} debida a la resistividad que presenta el alimento. (Barbosa y col, 2001).

Cámaras de Tratamiento

Constan de dos electrodos, uno conectado al condensador a través del interruptor y el otro conectado a tierra, separados por un aislante (1-50 mm), formando un recinto donde se sitúa el alimento. El diseño de los diferentes componentes de la cámara es fundamental para el esquema del resto del

equipo y es un parámetro importante en la inactivación microbiana, debiendo tener ciertas especificaciones:

1. La cámara de tratamiento debe soportar intensidades de corrientes altas.
2. La distribución del campo eléctrico en la cámara debe ser lo más uniforme posible.
3. No debe haber zonas del alimento sin que reciba tratamiento.
4. Debe evitarse en lo posible la ruptura dieléctrica ya que provoca una no uniformidad del tratamiento y un sobrecalentamiento del alimento al formarse un arco eléctrico. La ruptura puede producirse por un incremento del campo localizado en un electrodo o por la presencia de burbujas de gas en el alimento.
5. Los materiales deben minimizar fenómenos electroquímicos en los electrodos.

Uno de los factores a tener en cuenta en las cámaras de tratamiento es el material tanto de los electrodos como del aislante. Estos materiales no deben interactuar con el alimento y deben poder limpiarse y esterilizarse. Se consideran al acero inoxidable, al titanio y al grafito como los materiales más adecuados para los electrodos, y las cerámicas o los polímeros plásticos para el aislante. Una estrategia utilizada en los equipos a escala piloto para aumentar la efectividad del tratamiento en sistemas en continuo ha sido la colocación de cámaras de tratamiento en serie con refrigeración entre ellas para controlar la temperatura. **(Barbosa y col, 2001).**

Factores que determinan la inactivación por PEAC

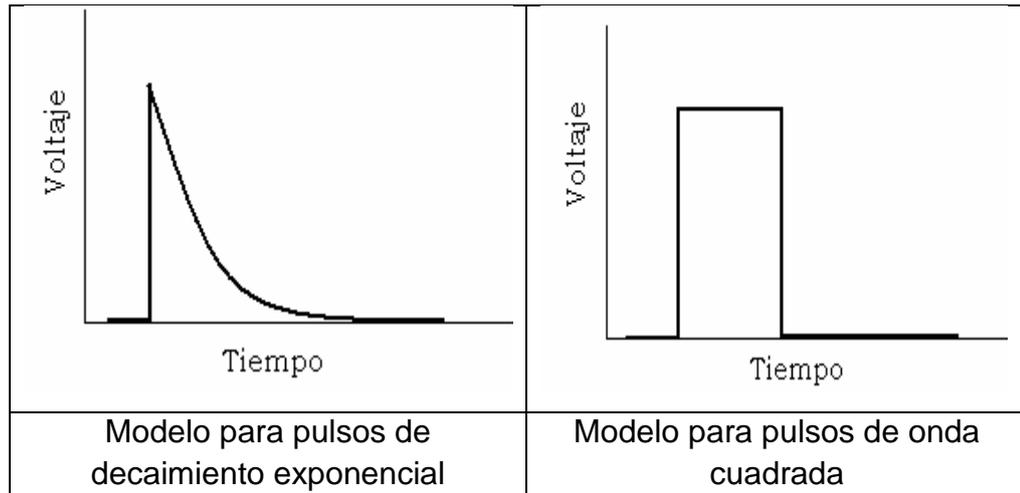
Los estudios realizados sobre la inactivación de microorganismos y enzimas por PEAC han mostrado que el nivel de inactivación conseguido depende de una serie de parámetros propios de la tecnología, de la naturaleza del producto a tratar y de la enzima o microorganismo de referencia.

Factores Técnicos

Forma de pulso:

Los tipos de forma más habituales de los pulsos son los cuadrados y los de caída exponencial (figura 6).

Figura 6. Formas de Pulso más habituales



(Barbosa y col, 2001)

El tipo de pulso depende de la configuración de los condensadores, de las resistencias y del tipo de interruptores.

El pulso del tipo de caída exponencial alcanza rápidamente el potencial máximo disminuyendo gradualmente hasta alcanzar un potencial igual a 0. En el caso de los pulsos de onda cuadrada, al inicio se incrementa rápidamente el potencial hasta el voltaje de trabajo, manteniéndose dicho potencial durante un periodo, para a continuación disminuir rápidamente hasta un potencial 0. Los pulsos de caída exponencial presentan una desventaja frente a los pulsos cuadrados.

Mientras en estos últimos toda la energía utilizada se aplica al máximo voltaje de trabajo, en los de caída exponencial, una vez alcanzado el máximo voltaje, éste disminuye paulatinamente, por lo que parte de la energía eléctrica no tiene efectos beneficiosos y, contribuye solo a calentar al alimento.

Esta menor exposición del producto al máximo voltaje en los pulsos de caída exponencial se refleja en una menor eficacia en la inactivación microbiológica (Amiali y col., 2006; Jeyamkondan y col., 1999; Pothakamury y col., 1996; Qin y col., 1994; Zhang y col., 1994a).

Tanto los pulsos cuadrados como los de caída exponencial pueden ser monopoles, si todos los pulsos son del mismo signo, o bipolares, si los pulsos cambian alternativamente de signo. El cambio de polaridad del pulso provoca un cambio en la orientación de las moléculas cargadas de la célula (Ho y col., 1995; Qin y col., 1994) y por tanto, produce un estrés mayor en la membrana plasmática.

La aplicación de ondas bipolares produce una mayor inactivación (Ho y col. 1995; Qin y col. 1994; Zhang y col. 1995) y minimizan la acumulación en los electrodos de componentes del medio de tratamiento. El depósito de impurezas produce una falta de heterogeneidad del tratamiento en toda la cámara, facilitándose la ruptura dieléctrica del alimento a valores de intensidades de campo inferiores a las calculadas teóricamente. Sin embargo, la desventaja de las ondas bipolares es que requieren de generadores de pulsos más complejos y costosos. (Barbosa y col, 2001).

Anchura de pulso:

Dependiendo del tipo de onda del pulso, la complejidad del cálculo de la anchura del pulso es diferente. En el caso de los pulsos cuadrados, la anchura del pulso se corresponde con la duración del pulso. Sin embargo, en los pulsos de la caída exponencial, al variar el voltaje con la duración del pulso, se define la anchura del pulso como el tiempo durante el cual el voltaje es superior al 37% del valor máximo alcanzado en la descarga (Zhang y col., 1995). Además en este tipo de pulsos, la anchura del pulso es dependiente de la resistencia de la cámara de tratamiento, dificultando el cálculo del tiempo total de tratamiento. (Barbosa y col, 2001).

Intensidad de campo eléctrico:

La intensidad de campo eléctrico se produce en el interior de las cámaras y se define como la diferencia de potencial aplicada entre los dos electrodos para la distancia entre ellos. Según la ley de Gauss, el campo eléctrico en geometría plana se puede definir como:

$$E = \frac{v}{d}$$

Donde:

E = es la intensidad de campo eléctrico (kv/cm),

v = diferencia de potencial (voltios)

d= es la distancia entre electrodos (cm)

Tiempo de tratamiento:

Está ampliamente comprobado que un aumento del tiempo de tratamiento implica un aumento de la inactivación microbiana y enzimática. Sin embargo este aumento de la inactivación no es constante. Existen numerosos estudios que muestran presencias de hombros (tiempos de tratamiento en los cuales no se producen inactivaciones significativas) y/o colas (tiempos de tratamiento a partir de los cuales un aumento del mismo no produce un aumento significativo de la inactivación) en las curvas de inactivación por PEAIC de microorganismos o enzimas (Rodrigo y col. 2001, 2003; Sampedro y col. 2006) (Barbosa y col, 2001).

Factores Biológicos

La resistencia de los microorganismos al tratamiento depende en gran medida de las características intrínsecas de los microorganismos (tamaño y forma de las células) y de su estado fisiológico. A pesar de que se han llevado a cabo numerosos estudios (Álvarez y col. 2000; Hülshager y col. 1981; Pothakamury y col. 1996; Qin y col. 1995; Sale y Hamilton 1967; Wouters y col. 1999; Zhang y col. 1995), los resultados son contradictorios

tanto del efecto del tamaño y forma de la célula como de su estado fisiológico. (Barbosa y col, 2001).

Resistencia intrínseca de los microorganismos

La inactivación microbiológica por PEaIC depende del tipo de microorganismo, la especie y la cepa (Wouters y col., 1999). En general, como en el caso de tratamiento térmico, se considera que las células vegetativas son más sensibles que las esporas bacterianas y las ascosporas (Grahl y Markl, 1996; Heesch y col., 2000; Katsuki y col., 2000; Pagán y col., 1998; Raso y col., 1998). Las bacterias son más resistentes que las levaduras, siendo las Gram-positivas más resistentes que las Gram-negativas (Hülshager y col. 1981; Qin y col. 1995; Sale y Hamilton, 1967; Wouters y Smelt, 1997). Dentro de una misma especie microbiana, pueden existir variaciones en la resistencia a los PEaIC entre cepas (Cebrián, 2009; Lado y Yousef, 2003; Rodríguez-Calleja y col., 2006; Somolinos y col., 2008).

Hay estudios contradictorios sobre el efecto del tamaño de la célula en la inactivación por PEaIC. Mientras que tradicionalmente se ha pensado que a mayor tamaño de la célula menor resistencia (Hülshager y col. 1983; Zimmermann y col. 1974), de ahí la mayor sensibilidad de las levaduras, estudios más recientes han mostrado (Heinz y col. 2002) que la estructura y grosor de las membranas celulares (características diferenciadoras entre Gram positivo y Gram negativo) y la forma de las células también son factores a considerar. (Barbosa y col, 2001).

Factores Relacionados con el Producto

La composición del alimento o del medio de tratamiento tiene una influencia importante en la efectividad de los PEaIC desde el punto de vista de inactivación microbiológica. Los factores relacionados con la composición de los alimentos se pueden dividir en: (i) aquellos que, aunque no están relacionados directamente con el proceso de inactivación por PEaIC, influyen en el mismo (efecto sinérgico o efecto acumulativo) debido a sus

propiedades antibacterianas (pH, presencia de bactericidas); (ii) aquellas características del producto que están relacionados directamente con el proceso de inactivación (fuerza iónica, fuerza dieléctrica y conductividad iónica).

Los estudios del efecto de uno de estos factores en la inactivación por PEAIC son complejos ya que generalmente, la modificación de uno de ellos puede afectar a otro que esté relacionado con la capacidad de inactivación.

Derivado de este estudio se concluye que el producto debe ser un material no conductor perfecto ni tampoco un aislante perfecto. **(Barbosa y col, 2001).**

pH

Numerosos trabajos publicados (Vega-Mercado y col. 1996, Dunne y col. 1996 y García y col. 2005) han puesto de manifiesto que una disminución del pH incrementa la inactivación de microorganismos, variando el incremento en función de la especie **(Wouters y col., 2001).**

Fuerza iónica / Conductividad

Probablemente la fuerza iónica, y por tanto la conductividad eléctrica, sea el factor que más influya en el proceso. Como la conductividad define la resistencia de las cámaras de tratamiento, al disminuir la conductividad se reduce el incremento de la temperatura y la energía aplicada, incrementándose así la energía de campo eléctrico y la efectividad. Sin embargo hay que tener en cuenta que se requiere una cantidad mínima de iones para establecer el potencial transmembrana (Hülshager y col. 1981; Jayaram y col. 1993; Vega-Mercado y col. 1996). La conductividad eléctrica se ve influenciada por la temperatura. Un incremento de la temperatura produce un aumento en la movilidad de los iones y por tanto un aumento de la conductividad **(Heinz y col. 2002).**

Fuerza dieléctrica

Se define la fuerza dieléctrica como el máximo campo eléctrico que puede soportar un medio sin que se produzca la ruptura dieléctrica. La ruptura dieléctrica es un fenómeno negativo en el proceso de PEAIC.

Este fenómeno se produce cuando una descarga descontrolada de corriente eléctrica recorre el alimento produciendo un aumento de la temperatura dañando al alimento y al equipo. La presencia de burbujas y partículas en suspensión en alimentos son las causas más frecuentes de ruptura dieléctrica, ya que presentan fuerzas dieléctricas diferentes al resto del alimento, y por tanto limitan la intensidad del tratamiento.

La intensidad de campo eléctrico adecuado para el tratamiento de un alimento debe ser lo suficientemente alto para alcanzar una inactivación adecuada pero sin que se produzca la ruptura dieléctrica (Lindgren, 2001).

Inactivación Microbiológica por PEAIC

Mecanismo de Inactivación

Es bien conocido que la aplicación de un campo eléctrico lo suficientemente grande a una célula produce una permeabilización reversible de su membrana celular. A este fenómeno se le denomina “electroporación”, y es ampliamente usado en el ámbito de la biotecnología ya que permite la introducción de diversas sustancias (ADN o proteínas) en células vivas. De igual modo, es usado como método para la extracción de constituyentes intracelulares.

Diversos estudios han establecido una correlación entre la electroporación y la inactivación microbiana (Heinz y col. 2002; Wouters y col. 2001). Sale y Hamilton (1968) y Zimmerman (1986) proponen la teoría de la “ruptura dieléctrica”, donde la membrana celular se compara con un condensador en cuyo interior hay un material con una constante dieléctrica baja en comparación con el interior y el exterior de la célula. Esta diferencia de

constantes produciría una acumulación de cargas de signo contrario en ambos lados de la membrana generándose un potencial transmembrana.

Esta teoría asume que la aplicación de un campo eléctrico externo produce un aumento del número de cargas a ambos lados de la membrana y por tanto un aumento del potencial de transmembrana proporcional al aumento de la intensidad de campo aplicado. La atracción de las cargas de diferente signo a ambos lados de la membrana como consecuencia de la aplicación del campo eléctrico produce una compresión de la membrana, siendo mayor la compresión cuanto menor sea el grosor de la membrana.

Una fuerza viscoelástica se opone a la compresión de la membrana, produciéndose una ruptura localizada (poro) porque la fuerza de la segunda es superior a la primera. El número y tamaño de los poros formados depende de la intensidad del campo eléctrico y del tiempo de tratamiento. Al valor de la intensidad de campo a partir del cual se forman poros se le denomina intensidad de campo eléctrico crítico (E_c).

La permeabilización puede ser reversible o irreversible dependiendo del tamaño y número de poros. Cuando cesan las condiciones de tratamiento que producen los poros y éstos se cierran, se ha producido una permeabilización reversible, mientras que es irreversible en el caso de que la membrana no vuelva a la configuración inicial sin poros. La inactivación celular ocurre por el incremento de la permeabilidad de la membrana que posibilita el intercambio molecular entre la célula y el medio, causando un desequilibrio osmótico. (Barbosa y col, 2001).

Daño Celular Producido por el Tratamiento

Cuando una célula se somete a un estrés (pH, calor, altas presiones, pulsos eléctricos) se puede comportar de dos formas diferentes, o sobrevive o muere (efecto de “todo o nada”). Sin embargo es bien conocido que en la población de células supervivientes, puede haber una fracción que hayan

sufrido un daño pero que en condiciones óptimas se recuperen totalmente. A este daño se le denomina “daño subletal”.

La capacidad de recuperación del daño de una célula sometida a un estrés es un factor importante a considerar cuando se estudia un proceso de conservación de alimentos, concretamente en la aplicación de la “tecnología de barreras”. Es de especial gravedad la posibilidad de recuperación de especies patógenas psicrófilas, como es el caso de la *L. monocytogenes*, durante el almacenamiento refrigerado.

Parece ser que en los estudios donde se observa daño subletal, éste depende del tipo de microorganismo, de las condiciones de tratamiento y de las propiedades del medio (García y col. 2003; Picart y col. 2002; Saldana y col. 2009; Wouters y col. 2001).

El aumento de la fase lag puede indicar una reparación y un periodo de adaptación de las células y por tanto es indicativo de presencia de células dañadas. (Barbosa y col, 2001).

Inactivación Enzimática por PEAIC

La destrucción de enzimas que afectan negativamente a la calidad de los alimentos es un factor a tener en cuenta en la conservación de los alimentos. Los estudios de inactivación microbiológica por PEAIC captaron en un principio la mayor parte de los esfuerzos de los grupos de trabajo. Sin embargo, en los últimos años, viendo la viabilidad de la tecnología de los pulsos en inactivar microorganismos, han aumentado los trabajos que se centran en evaluar la tecnología desde el punto de vista de la calidad del producto tratado, siendo el efecto sobre la actividad enzimática uno de los factores más estudiados tanto en medios de referencia como en alimentos, principalmente en zumo de frutas y leche.

En general, la inactivación enzimática depende del tipo de enzima, del medio de referencia o alimento y de las condiciones de tratamiento. Incluso en algunos casos, el tratamiento por PEAIC puede incrementar la actividad

enzimática (Bendicho y col. 2001, 2002; Giner y col. 2001, 2002; Vega-Mercado y col., 1995).

Al igual que en el tratamiento térmico, la resistencia de las enzimas al tratamiento por pulsos eléctricos es superior a la resistencia de los microorganismos, siendo beneficioso en aquellos alimentos donde se requiera la actuación de las enzimas para obtener el producto final.

Aunque el mecanismo de inactivación enzimática por PEAIC no está dilucidado completamente, parece ser que las enzimas tratadas por PEAIC pueden presentar una desnaturalización y desdoblamiento de la estructura de la proteína, una rotura de los enlaces covalentes, y reacciones redox entre los grupos sulfuro y los enlaces disulfuro (Barsotti y Cheftel, 1999). Castro (1994) y Vega-Mercado (1995) sugieren que cambios en la conformación en la estructura de la enzima son los responsables de la pérdida de actividad. Por tanto la sensibilidad al tratamiento entre las distintas enzimas se puede deber a la diferencia en su estructura molecular (Giner y col. 2002).

Se ha verificado que la combinación de pulsos eléctricos de alta intensidad y temperaturas suaves es una estrategia válida para incrementar la efectividad del tratamiento sin una pérdida destacable de la calidad del alimento tratado (Kanbiz y col. 2008; Riener y col. 2009; Van Loey y col. 2002; Yeom y col. 2000). (Barbosa y col, 2001).

2.4.1.3. Pasteurización en Frio

Controlar el desarrollo de microorganismos en los alimentos, o prolongar el tiempo de comercialización de productos perecederos, como los néctares de frutas, es posible gracias a la aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo, tecnología también conocida como pasteurización en frío. Esta técnica es un método seguro para reducir el riesgo de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA).

En este escenario, las llamadas tecnologías “emergentes” y de procesamiento no térmico de alimentos han cobrado protagonismo y

aceptación entre los consumidores. El proceso permite que independientemente de la forma o del tamaño de la porción de alimento tratado no haya variación en su temperatura; como consecuencia de los PEAIC, este hace que el alimento ni se deforme ni aumente su temperatura durante su procesamiento, minimizando alteraciones en sus propiedades sensoriales. (Camacho, O. 2004).

2.4.1.4. Néctar no oxidado sin aditivos

Un néctar es un producto elaborado con jugo, pulpa o concentrado de fruta, adicionando agua, edulcorantes y sin adición de saborizantes.

Estos productos se pueden obtener a partir de fruta fresca, refrigerada, elaborada en pasta congelada con sulfito. Sin embargo, el producto de alta calidad se obtiene solamente a partir de materia prima fresca sin “aditivos” (Meyer, 1993).

Dependiendo de las características de las frutas frescas (ácida o menos ácida), los néctares poseen de 10 a 12 °Brix y una acidez entre 0,2 y 1,0 expresada como ácido cítrico. El porcentaje de pulpa de fruta oscila entre el 20 y el 50% dependiendo de la legislación (Camacho, 1994).

El control de calidad debe ser aplicado a las materias primas, durante el procesamiento y al producto terminado, con el fin de mantener una calidad similar durante el procesamiento. (Pinzón y Torres, 1990).

Caracterizaciones de los Néctares sin Aditivos

Se deben realizar varios controles en el producto terminado para de esta forma garantizar que los néctares se encuentran aptos para el consumo, por esta razón se recomienda realizar las siguientes caracterizaciones.

Químicas

Entre las caracterizaciones químicas que se realizan a los néctares encontramos el pH (potencial de Hidrógeno) con el cual se indica la concentración de protones (Hidrógeno) presentes en los alimentos, si la cantidad de protones disociados es alta el valor de pH será bajo, lo que

indicará que el producto es ácido. El crecimiento de los microorganismos está determinado por el pH, las bacterias se desarrollan principalmente entre pH 4.5 y 9,0 presentando su crecimiento óptimo entre 6,5 y 7,5; los hongos tienen su crecimiento óptimo entre pH 4 y 6.

Otra medida importante es la Acidez Titulable (AT), la cual determina el contenido de ácidos orgánicos presentes en los alimentos.

Los grados °Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en un jugo o pulpa los cuales son expresados en porcentaje de sacarosa. Un grado °Brix indica que por cada 100 cm³ de solución se tiene un gramo de sólidos solubles (sacarosa).

En la Tabla 5. se presentan los principales requisitos físico-químicos que deben cumplir los néctares de fruta.

Tabla 5. Requisitos físico-químicos para los néctares de fruta

Indicadores	Mínimo
Sólidos solubles	10,0
pH	2,5
Acidez Titulable expresado en % de Ac. Cítrico	0,2

Microbiológicas

La calidad higiénica es la parte más importante en la caracterización de los néctares, ya que pueden contener microorganismos que afecten la salud de la persona que los consuma. Los microorganismos los podemos encontrar en el medio ambiente, en nosotros mismos y en todos los seres vivos.

Los alimentos se pueden deteriorar por tres grupos de microorganismos: bacterias, levaduras y mohos. El deterioro ocurre de dos formas, en forma saprofita, cuando crecen en el alimento y afectan las propiedades organolépticas y a través de la produciendo toxinas que afectan la salud de los consumidores. En la Tabla 6. se presentan las principales características microbiológicas que deben cumplir los néctares de fruta.

Tabla 6. 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

Fuente: Norma CODEX y Técnica Colombiana N°. 659, 2011.

Donde:

n: Número de muestras por examinar.

m: Índice máximo permisible para identificar el nivel de buena calidad.

M: Índice máximo permisible para identificar el nivel aceptable de calidad.

c: Número máximo de muestras permisibles con resultados entre m y M.

2.4.2. Variable Dependiente

2.4.2.1. Inexperiencia en la inactivación enzimática del néctar de naranjilla

Las enzimas son moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas. Las enzimas están presentes de forma natural en los alimentos, pues provienen de los tejidos de plantas y animales o de microorganismos.

Muchas de ellas son responsables de numerosas modificaciones que tienen lugar en los alimentos. Estos cambios pueden ser beneficiosos o perjudiciales. Así, por ejemplo a veces ciertas enzimas son responsables de la alteración de productos vegetales tras su recolección, participan en la alteración de tejidos animales y en las modificaciones de color, olor, estructura y valor nutritivo de muchos alimentos, en los que en algunos casos resulta positivo, y en otros, conlleva una pérdida de la calidad sensorial y nutritiva.

El desconocimiento de la actividad enzimática en diversos alimentos puede desembocar en efectos negativos para su comercialización, siendo el fenómeno de pardeamiento enzimático el que más problemas se presenta

en los alimentos, los cuales se manifiestan por la aparición de manchas oscuras en el tejido animal o vegetal.

Pardeamiento Enzimático

El cambio de color en frutas, verduras y tubérculos se observa cuando ellos sufren daño mecánico o fisiológico: cuando se mondan, cortan o golpean. Se debe a la presencia en los tejidos vegetales de enzimas del tipo polifenoloxidasas, cuya proteína contiene cobre, que cataliza la oxidación de compuestos fenólicos a quinonas. Estas prosiguen su oxidación por el O_2 del aire sobre el tejido en corte reciente, para formar pigmentos oscuros, melanoídes, por polimerización.

Los compuestos de la reacción no son tóxicos, pero la preocupación de los tecnólogos es el aspecto, color y presentación de frutas y verduras, que indudablemente tienen gran importancia comercial y culinaria. (KLABUNDE, 1998)

Polifenol Oxidasa (PPO)

La Comisión de Enzimas (EC) clasifica a la polifenol oxidasa, con el número 1.10.3.1. dentro de la clase de las Oxidoreductasas, que actúan sobre difenoles con oxígeno como aceptor.

La polifenoloxidasa conocida como tirosinasa, fenolasa, catecol oxidasa, *o*-difenoloxidasa, monofenol oxidasa cresolasa, fue descubierta y aislada inicialmente de champiñones; actúa sobre dos tipos de sustratos: monohidroxifenoles como por ejemplo el *p*-cresol hidroxilándolos en la posición orto con respecto al grupo hidroxilo original, EC 1.14.18.1, y sobre *o*-dihidroxifenoles tales como el catecol, oxidándolos a benzoquinona por remoción de hidrógenos del grupo hidroxilo, EC 1.10.3.1. La figura 7 muestra las dos actividades que ella presenta. (Ramírez, 2003).

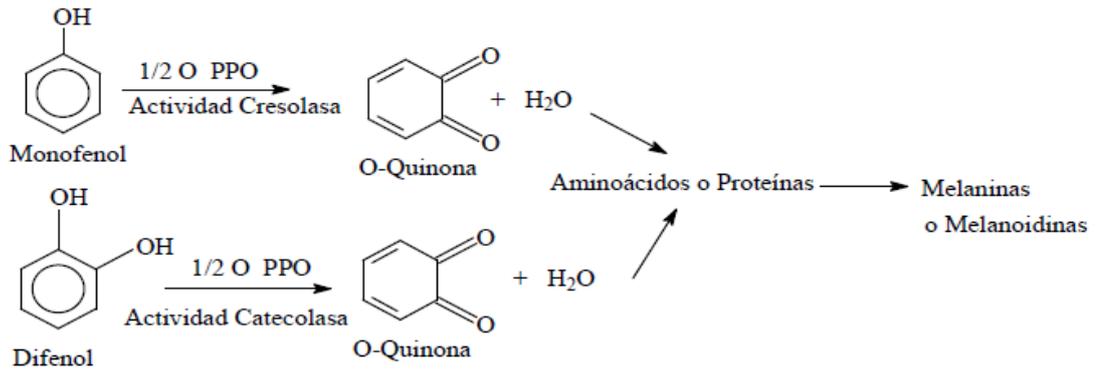


Figura 7. Reacción generalizada de la PPO en plantas. (Gacche, 2003).

La característica estructural más importante de la PPO es la presencia en su centro activo de dos átomos de cobre, unidos a histidinas; alrededor de los cobres, se sitúan aminoácidos hidrofóbicos, con anillos aromáticos importantes para la unión de los sustratos. Los sitios activos muestran una estructura piramidal trigonal coordinada por las esferas formadas por los tres ligandos de histidina y la molécula del solvente como puente.

El átomo de azufre de la cisteína 92 no se liga al centro del cobre pero está unido covalentemente al átomo del carbono de la histidina 109 (figura 8) (Klabunde,1998).

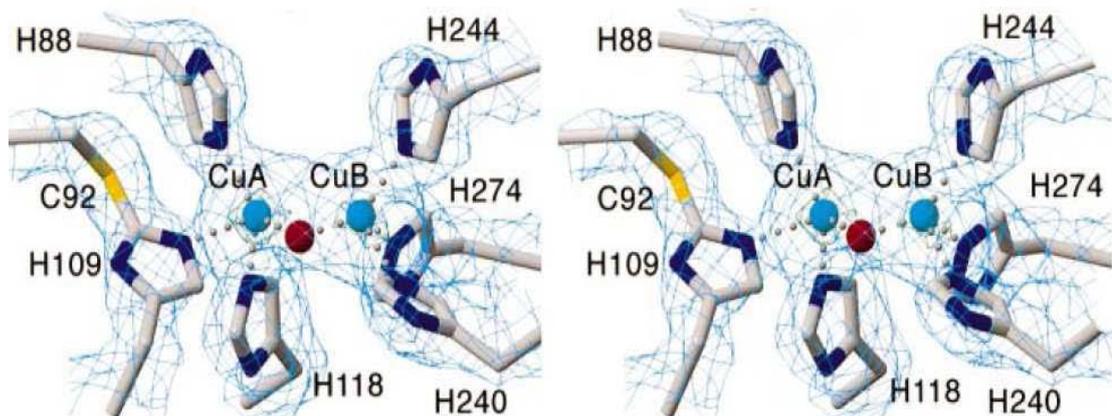


Figura 8. Geometría de los centros activos de la PPO.(Klabunde, 1998).

El mecanismo de reacción de la PPO, se basa en la catálisis de dos etapas: oxidación de un monofenol a o-difenol y la subsiguiente oxidación de este a o-quinona, actividad cresolasa y catecolasa respectivamente. Siguiendo un mecanismo ordenado, la enzima liga primero el oxígeno y después el

monofenol. Se produce un cambio de valencia de los iones de cobre de Cu^{1+} a Cu^{2+} formándose un complejo que tiene un enlace O - O bien polarizado donde se produce la hidroxilación a o-difenilo. La oxidación del o-difenol a o-quinona finaliza el ciclo dando sustancias complejas coloreadas.

Se han registrado pesos moleculares de la PPO dentro del intervalo de 258-35.000. Su pH óptimo es cercano a 7. Las enzimas son relativamente resistentes al calor. Según el origen de las enzimas, puede llegar a requerirse entre 2 y 10 minutos a 100°C para inactivarlas. (Klabunde,1998)

2.4.2.2. Mejorar las características sensoriales del néctar de naranjilla

En principio, la caracterización sensorial y su correlación con las características físico-químicas de los alimentos, son necesarias para definir lo que se entiende por perfil sensorial, para establecer si logra o no satisfacer las demandas del consumidor, así como para conocer cuáles son los atributos sensoriales que más influyen en su aceptabilidad. Esto va depender en gran medida, de los atributos finales que el alimento otorgue al consumidor, en base a esta determinación se evalúa el efecto de las tecnologías emergentes y su aceptación en el mercado.

Destacando estudios realizados en base a néctares de frutas y vinos de frutas se ha demostrado que la utilización de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo conserva de mejor calidad y excelentes características gustativas el producto final.

Por otra parte, hay que destacar la utilidad que tiene el análisis sensorial en las funciones de control de calidad y estandarización de los alimentos, (Arango, 1992)

Análisis Sensorial

Definido como el análisis que se realiza al alimento a través de los sentidos del hombre, el cual percibe, integra e interpreta las características del alimento. El análisis sensorial involucra además aspectos psicológicos y fisiológicos de las personas que lo realizan

Los sentidos del hombre son un instrumento valioso e irremplazable para la evaluación de características tales como: color, sabor, aroma. Los análisis sensoriales se emplean para determinar, la salida del producto al mercado con antelación a su aceptación por el consumidor y es la medida de la posibilidad de compra

La evaluación sensorial se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto y sus ingredientes, las cuales son percibidas por los sentidos humanos.

Para la evaluación de los atributos se emplea una prueba de calificación con una escala de 1 a 5. Para medir el grado de aceptación se realiza una prueba hedónica. Esta prueba utiliza escalas categorizadas que pueden tener diferentes números de categorías y que comúnmente van desde me gusta muchísimo pasando por no me gusta ni me disgusta, hasta me disgusta muchísimo.

Los panelistas indican el grado en que le agrada cada muestra escogiendo la categoría apropiada (Arango, 1992).

2.4.2.3. Vida útil del producto

La vida útil de un alimento representa aquel periodo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables. Diferentes variables se deben tener en cuenta para determinar la vida útil de un alimento, desde el momento en que se eligen las materias primas hasta la distribución y almacenamiento de los mismos.

Una parte importante es la calidad sanitaria, ya que durante el almacenamiento pueden proliferar los microorganismos, en algunos alimentos es importante el aspecto nutricional ya que vitaminas y otros nutrientes se pueden ver afectados durante el almacenamiento.

Diseño de Ensayos de Vida Útil de Alimentos

Un estudio de vida útil consiste en realizar una serie de controles preestablecidos en el tiempo, de acuerdo con una frecuencia establecida, hasta alcanzar el deterioro elegido como limitante o hasta alcanzar los límites prefijados.

Lo más importante al realizar un diseño de vida útil es el tiempo y los controles que se van a llevar a cabo hasta que se presente un deterioro en el producto, se deben realizar análisis microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales en periodos cortos cuando no se cuenta con mucha información.

La determinación de la vida útil se realiza sometiendo el producto a estrés bajo condiciones de almacenamiento controladas. Se realizan las predicciones mediante modelos matemáticos, pruebas en tiempo real para alimentos de vida corta y pruebas aceleradas para alimentos con mucha estabilidad. En el diseño de un estudio de vida útil es necesario seleccionar la temperatura, humedad e iluminación que se van a emplear en el mismo, determinando si se van a usar las condiciones normales o aceleradas.

Para definir el tiempo de almacenamiento que va a ser usado en el estudio, es necesario saber el tiempo de deterioro de las muestras en condiciones normales de almacenamiento, si no se conoce la información se deben realizar pruebas preliminares bajo las condiciones que se hayan seleccionado para de esta forma determinar el tiempo.

Luego de conocer el tiempo máximo de almacenamiento, se seleccionan los tiempos de muestreo, se recomienda como mínimo cuatro para garantizar confianza en los datos. **(Machecha, 2005)**

2.5 HIPÓTESIS

Hipótesis Nula:

Ho: La enzima Polifenol Oxidasa presente en el néctar de naranjilla no puede ser inactivada por la aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo.

Hipótesis Alternativa:

Hi: La enzima Polifenol Oxidasa presente en el néctar de naranjilla puede ser inactivada por la aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo.

2.6 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES

2.8.1 Variable Independiente

- ❖ Limitado conocimiento de tecnologías emergentes aplicados en néctares

2.8.2 Variable Dependiente

- ❖ Inexperiencia en la inactivación enzimática del néctar de naranjilla

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

El presente trabajo es una investigación de enfoque tanto cualitativo (análisis de las características sensoriales) como cuantitativo (valoración de las propiedades físicas y químicas) del néctar de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*).

Se trata de una investigación orientada a lo experimental, la perspectiva del estudio está relacionada a la generalización científica basada en normas.

Donde nuestra propuesta central, es la inactivación de la polifenol oxidasa presente en el néctar de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*), mediante el proceso de pasteurización no térmica a través de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo (PEAIC).

Los datos obtenidos en el presente trabajo van a ser analizados estadísticamente, mediante el programa estadístico InfoStat y STATGRAPHICS CENTURION XVI.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la presente investigación requiere de dos modalidades:

- Documental o bibliográfica con el fin de conocer diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diferentes autores sobre los aspectos referentes al tema. Siendo necesaria la revisión de libros, revistas científicas, tesis, trabajos de investigación e internet.
- Por otro lado se debe considerar la investigación experimental pues con ello se alcanza objetivos de predicción y control en relación con la hipótesis puesta a prueba en el estudio. Además se podrá reconocer el mejor tratamiento el cual tendrá aceptabilidad entre catadores y los

consumidores podrán adquirir un producto de calidad en nuestro medio.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se utilizó los siguientes tipos de investigación:

Investigación Descriptiva: este tipo de investigación estudia, analiza o describe la realidad presente, actual, en cuanto a hechos, personas y situaciones. Es por ello que se emplea este tipo de investigación para describir cómo afecta o beneficia la aplicación de los pulsos eléctricos de alta intensidad de campo en la actividad enzimática del néctar de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*).

Investigación Explorativa: este tipo de investigación reconoce, registra, o averigua con diligencia una cosa o un lugar. En la presente investigación se establecerá cuál será el mejor tratamiento con la utilización de análisis físico-químicos, sensoriales, enzimáticos y microbiológicos.

3.3.1 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

- **Método empleado para la determinación de sólidos solubles**
Se colocó dos gotas de la pulpa de la fruta sobre la superficie del prisma de un refractómetro calibrado a 20°C y se tomó la medida en °Brix (AOAC, Official Method 983.17).
- **Método empleado para la determinación de pH**
Se empleó un potenciómetro de electrodo previamente calibrado con buffer a pH 7 y pH 4. Las lecturas se registraron mediante inmersión directa del electrodo en la muestra. (NMKL, 179:2005).
- **Método empleado para la determinación de acidez titulable**
Se pesó 20 g de pulpa y se diluyó a 100 ml con agua destilada, se tomó una alícuota de 1 ml y se tituló con hidróxido de sodio 0,1 Normal estandarizado, hasta el pH de 8,2 que es el punto de viraje del indicador fenolfatleína, se registró la lectura del gasto. (AOAC, Official Method 22.059).

- **Método empleado para la determinación de conductividad eléctrica**
Se utilizó un medidor de conductividad (DDS-22C conductivity Meter), realizándose la medición de forma directa sobre el néctar de naranjilla. Las unidades en que se expresan son ms/cm.

- **Método empleado para la determinación de viscosidad dinámica**
Se utilizó un viscosímetro capilar CANNON 100 278B, un termostato con agua marca JUBALO RB, un cronómetro, un termómetro y una pipeta. (AOAC, Official Method 974.07)

- **Método empleado para la determinación del caudal**
Se lo realizó con la ayuda de un cronómetro para medir el volumen que fluye el néctar de naranjilla durante 15 segundos en el equipo de pulsos eléctricos. (Matt Browning)

- **Método empleado para Inoculación en placas Petrifilm**
 - 1.- Colocar la placa Petrifilm en una superficie plana. Levantar el film superior. Con una pipeta colocada de forma perpendicular a la placa Petrifilm, colocar 5 ml. de la muestra en el centro del film inferior.
 - 2.- Bajar el film superior con cuidado evitando introducir burbujas de aire. No dejarlo caer.
 - 3.- Colocar el aplicador en el film superior sobre el inóculo. Distribuir la muestra ejerciendo una ligera presión sobre el mango del aplicador. No girar ni deslizar el aplicador. Levantar el aplicador. Esperar de 2 a 5 minutos a que solidifique el gel.
 - 4.- Incubar las placas cara arriba en pilas de hasta 10 placas. El tiempo de incubación y la temperatura varían según el método. Incubar 24h ± 2h a 35°C ± 1°C (todos los alimentos, excepto productos lácteos)
 - 5.- Las placas Petrifilm pueden leerse con un contador de colonias standard u otra lente de aumento iluminada. Para el recuento de E. coli y coliformes totales se cuentan las colonias de color rojo con burbuja.
 - 6.- Las colonias pueden aislarse para una posterior identificación. (Guías 3M™ Petrifilm™, 2013)

➤ **Método empleado para el estudio enzimático**

Extracto enzimático:

Se preparó una mezcla agua:pulpa, 40 gramos de pulpa de naranjilla y 160 ml agua destilada helada (a 0°C), y se centrifugó por 15 minutos a 3000 rpm., el líquido sobrenadante se pasó a un erlenmeyer de 250 ml con tapa, previamente esterilizado y colocado en un baño de hielo picado para ser utilizado como extracto enzimático.

Determinación de la actividad de la polifenol oxidasa (PPO) (Método de POTIG y JOSLYN 1948)

En un erlenmeyer de 250 ml se adicionó 3 ml de catecol 0,1M y 96 ml de tampón fosfato de potasio 0,2M pH6 (sustrato) y se termo-estabilizó a 30°C en Baño María. Al sustrato se le adicionó 1 ml del extracto enzimático, luego se homogenizó rápidamente y se realizaron 10 lecturas de absorbancia a 425 cada minuto en espectrofotómetro UV-Visible Spectronic 20 GENESYS, usando agua destilada como blanco.

Una unidad de la enzima PPO, se definió como la cantidad de extracto enzimático que acusó un aumento en la absorbancia de 0,001 unidades por minuto.

Finalmente se determinó el delta de absorbancia en la zona lineal de la curva.

$$Actividad \left(\frac{U \text{ PPO}}{ml} \right) = \frac{m}{0.001}$$

Quedando expresada la actividad de la polifenol oxidasa como: unidad de actividad de polifenol oxidasa por mililitro.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 Población

La presente investigación tiene como población, la naranjilla (*Solanum quitoense Lam*), procedente del cantón Tena, cosechada en su madurez comestible por la Sra. Rosario Parra.

3.4.2 Muestra

Se trabajó con la naranjilla (*Solanum quitoense Lam*), variedad: Jugo Iniap Quitoense.

3.4.3 Diseño Experimental

Se planteó un diseño factorial 3^2 , mediante el cual es posible evaluar los efectos de 2 factores, A y B, cada uno con tres niveles, que se designan 1= bajo, 2= medio y 3= alto.

El modelo matemático, debido a los efectos lineales y cuadráticos, es:

$$Y_{ijk} = \mu + A_L + A_Q + B_L + B_Q + A_L B_L + A_L B_Q + A_Q B_L + A_Q B_Q + R_K + E_{ijk}$$

Donde:

μ = Efecto global

R_k = Efecto de las replicaciones, $k=1, \dots,$

E_{ijk} = Residuo o error experimental

A continuación se detalla en la Tabla 7. los factores y niveles que se tomaron en cuenta para el diseño experimental:

Tabla 7. Factores y niveles del diseño experimental.

Factores	Variables	Niveles
A Frecuencia (Hz)	50	a_1
	150	a_2
	250	a_3
B Tiempo (min)	15	b_1
	30	b_2
	45	b_3

Elaborado por: Sirley Italia Vilcaguano Changoluisa, 2013

En la Tabla 8. se reporta las combinaciones de los factores A y B:

TABLA 8. Combinaciones experimentales para el néctar de naranjilla.

#	Simbología	Combinación Experimental
1	a_1b_1	50 Hz – 15 min
2	a_1b_2	50 Hz – 30 min
3	a_1b_3	50 Hz – 45 min
4	a_2b_1	150 Hz – 15 min
5	a_2b_2	150 Hz – 30 min
6	a_2b_3	150 Hz – 45 min
7	a_3b_1	250 Hz – 15 min
8	a_3b_2	250 Hz – 30 min
9	a_3b_3	250 Hz – 45 min

Elaborado por: Sirley Italia Vilcaguano Changoluisa, 2013

Para evaluar el mejor tratamiento, se valoraron las siguientes características organolépticas: color, aroma, dulzor, acidez, sabor, persistencia del sabor y aceptabilidad, utilizando una escala hedónica.

Para los resultados obtenidos, se empleó un diseño factorial de Bloques Incompletos Balanceados, bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Observación en el i-ésimo bloque, j-ésimo tratamiento

μ : Promedio global para todas las observaciones

T_i : Efecto del j-ésimo bloque

B_j : Efecto del i-ésimo bloque

E_{ij} : Error aleatorio

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Las variables independientes y dependientes se describen en las Tablas 9 y 10, respectivamente.

Tabla 9. Variable Independiente: Limitado conocimiento de tecnologías emergentes aplicados en néctares.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Tecnologías Emergentes: Son métodos o procesos no térmicos de conservación, siendo procesos alternativos o complementarios a los métodos tradicionales de conservación de alimentos, consiguiendo mantener sus nutrientes al máximo, alargando su vida útil.</p>	<p>Frecuencia (Hz)</p> <p>Tiempo (min)</p>	<p>50</p> <p>150</p> <p>250</p> <p>15</p> <p>30</p> <p>45</p>	<p>¿Cuál es la mejor frecuencia?</p> <p>¿Qué tiempo es el adecuado?</p>	<p>Equipo de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo</p>
<p>Néctar: Producto pulposo sin fermentar, pero fermentable, destinado al consumo directo, obtenido mezclando toda la parte comestible de la fruta finamente dividida y tamizada, en buen estado y madura, concentrado o sin concentrar, con adición de agua y con o sin adición de azúcares o miel y los aditivos alimentarios permitidos.</p>	<p>Néctar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ph • Ácidoz titulable • Sólidos solubles • Viscosidad • Conductividad eléctrica 	<p>¿El néctar de naranjilla mantiene estabilidad durante el almacenamiento?</p> <p>¿Cuál es el mejor tratamiento?</p>	<p>NORMA GENERAL DEL CÓDEX PARA ZUMOS (JUGOS) Y NÉCTARES DE FRUTAS CODEX STAN 247-2005</p> <p>NORMA INEN PARA NÉCTARES DE FRUTAS NTE 2337:2008.</p>

Elaborado por: Sirley Italia Vilcaguano Changoluisa, 2013

Tabla 10. Variable dependiente: Inexperiencia en la inactivación enzimática del néctar de naranjilla

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Inactivación enzimática: Es una desnaturalización, que se basa en la pérdida de la estructura tridimensional de la enzima. La inactivación de la PPO evita el deterioro de la calidad de los alimentos.</p>	<p>Inactivación de la Polifenol Oxidasa</p> <p>Características organolépticas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Actividad Enzimática • Características sensoriales: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Color ✓ Aroma ✓ Dulzor ✓ Acidez ✓ Sabor ✓ Persistencia del sabor ✓ Aceptabilidad 	<p>¿La presencia de la enzima PPO afecta la calidad del néctar de naranjilla?</p> <p>¿La calidad sensorial del néctar de naranjilla se ve afectada por las variables del diseño estructurado?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis Físico - Químico • Análisis microbiológico • Análisis enzimático • Análisis sensorial (Hoja de catación, Anexo F)

Elaborado por: Sirley Italia Vilcaguano Changoluisa, 2013

3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La recolección de la información se realizó mediante tablas de control, a su vez se procedió a tabular la información en un paquete informático Excel del total de los tratamientos y posteriormente los cálculos correspondientes.

En la elaboración del néctar de naranjilla se evaluaron parámetros de calidad como:

- pH
- Conductividad Eléctrica
- Acidez Titulable
- Sólidos Solubles
- Viscosidad Dinámica
- Actividad Enzimática
- Calidad Microbiológica
- Calidad Sensorial mediante evaluación organoléptica.

Con los resultados de la evaluación organoléptica, análisis físico-químico, enzimático y microbiológico se establecieron los mejores tratamientos a los cuales se aplicaron ensayos de tiempo de vida útil.

3.7 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para efectuar el procesamiento de datos se emplearon programas específicos como Microsoft Office Word 2007 y Microsoft Excel 2007.

El diseño estadístico aplicado para los resultados obtenidos es de tipo factorial 3^n (3^2), que se realizó mediante Análisis de Varianza (ANOVA), a un nivel de significancia del 5% y a su vez se seleccionó el mejor tratamiento a través de una Prueba de Comparación Múltiple de Tukey y la Prueba de Respuesta Óptima, empleándose para ello el paquete estadístico STATGRAPHICS CENTURION versión XVI e InfoStat.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de Resultados

En la presente investigación, se efectuó previamente la caracterización de la naranjilla (*Solanum quitoense Lam*) a su vez la formulación del néctar (Anexo D) Tabla 1 y Tabla 2 respectivamente.

En donde se utilizó el equipo de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo que estuvo regido por las siguientes características: sistema continuo con un caudal de 0,083lt/s, pulso de modo bipolar y onda cuadrada, placa electrónica generadora de pulsos eléctricos de alto voltaje (400V) que por medio de inducción magnética – eléctrica amplifica a 4000V (4kV), pulso frecuencia (50, 150 y 250 Hz), tiempo de tratamiento (15, 30 y 45 min).

Bajo estas condiciones, se efectuó el análisis estadístico para cada respuesta de estudio, utilizando la variación del parámetro del primer y último día de ensayo, observando la influencia de los dos factores de estudio sobre los tratamientos. Posteriormente se realizó la prueba de Tukey cuando los tratamientos presentaron significancia estadística, estableciendo así, el mejor tratamiento, en el mismo, se realizó el análisis de vida útil y análisis de costos.

4.2 Interpretación de Resultados

4.2.1 PROPIEDAD DEL EQUIPO PEAIC

4.2.1.1 Intensidad de campo

La energía eléctrica 4000V (4kV) al atravesar el espacio entre los electrodos determina la intensidad de campo, resultado del voltaje empleado (kV), dividido para el espacio entre los electrodos 0,2cm de la cámara de tratamiento.

$$E = \frac{v}{d} = \frac{4 \text{ kV}}{0,2 \text{ cm}} = 20 \text{ kV/cm}$$

El equipo utilizado genera una intensidad de campo desde 1kV a 20kV/cm en cámara vacía y neta con producto de 440V/cm a 2kV/cm.

4.2.2 PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS

Los datos experimentales obtenidos y los análisis estadísticos con su respectiva gráfica, se presentan en tablas ubicadas en los Anexos A y B.

Los análisis físico-químicos realizados en los productos (néctares) sometidos a los distintos tratamientos son: pH, acidez titulable, sólidos solubles, conductividad eléctrica y viscosidad dinámica y se reportan en el Anexo A-1. Los valores de cada una de estas variables se analizaron el día de producción de los néctares y luego de 7 y 14 días de almacenamiento en refrigeración a 7 °C.

4.2.2.1 pH

Los valores de pH obtenidos para los distintos tratamientos se reportan en la Tabla B.1.1. Se observa que estos valores se encuentran dentro de las especificaciones establecidas en la Norma INEN 2337:2008.

El análisis estadístico (Tabla B.2.2) muestra que existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para el pH en relación al Tiempo (factor B), siendo el tratamiento A3B2 (frecuencia 250 Hz, tiempo 30 min) el que presenta mayor estabilidad en comparación con los demás tratamientos.

4.2.2.2 Acidez Titulable y Sólidos Solubles (°B)

Los resultados de acidez titulable y sólidos solubles obtenidos en el primer día de elaboración del néctar y luego de 7 y 14 días de almacenamiento a 7 °C, se reportan en las Tabla A.1.2 y A.1.3, en el cual se demuestra que no existió variación alguna, debido a que la acidez titulable se mantuvo en 21,0 mEq/L y los sólidos solubles en 12,0 °B. Donde se observa que estos

valores se encuentran dentro de las especificaciones descritas en la Norma INEN 2337:2008.manteniéndose estable el producto durante este tiempo.

4.2.2.3 Conductividad Eléctrica y Viscosidad Dinámica

Igualmente, el análisis realizado de conductividad eléctrica y viscosidad dinámica reportados en la Tabla A.1.4 y Tabla A.1.5, demuestran que los valores de estas variables son semejantes en todos los tratamientos realizados. Desde el primer día de análisis hasta el día catorce de almacenamiento en refrigeración, manteniéndose estable el producto durante este tiempo.

4.2.3 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

Los valores obtenidos para la actividad enzimática de la polifenol oxidasa (PPO) se reportan en la Tabla A.1.6. El análisis estadístico (Tabla B.2.1) muestra que existe diferencia significativa $(p < 0.05)$ para la actividad enzimática en relación al factor A, Frecuencia, siendo el tratamiento A3B3 (frecuencia 250 Hz, tiempo 45 min) el que mejor inhibe a la PPO del néctar de naranjilla en comparación de los demás tratamientos, como se evidencia a través de la más baja actividad enzimática de este producto.

En el ANEXO B-2 se muestra el cálculo de la actividad enzimática de PPO en la primera réplica utilizando el néctar de naranjilla de los mejores tratamientos A3B1 y A3B3 seleccionados en el primer caso (A3B1) a través del análisis sensorial y mediante el análisis de actividad enzimática en el segundo (A3B3) como se describe a continuación.

A partir de la sección lineal de los Gráficos de cinética B.2.2, B.2.3, B.2.4 y B.2.5 se calcularon las velocidades de formación de producto para determinar la actividad enzimática de la PPO del primer día de elaboración del néctar hasta el día catorce de almacenamiento del producto. Se realizaron análisis similares con las dos réplicas de todas las muestras.

Los resultados de la cuantificación de actividad de la PPO en las muestras de néctar de naranjilla de los distintos tratamientos se muestran en el Gráfico B.2.6 donde se evidencia la similitud de resultados en las muestras sometidas al tratamiento con PEaIC en el primer día del proceso, a excepción del control que tiene una actividad 10% más alta. Se observa además un incremento de la actividad enzimática de la PPO en el néctar de naranjilla de todos los tratamientos luego de los 14 días de almacenamiento en refrigeración a 7°C. El valor de actividad más bajo corresponde al néctar del tratamiento A3B3 (frecuencia 250 Hz, tiempo 45 min) al cual se le puede considerar el mejor tratamiento para el producto elaborado. Se aprecia también, el incremento significativo de actividad en el control al término del período de almacenamiento. Estos resultados demuestran que, si bien se produjo inicialmente una disminución del 10% en la actividad, ésta se mantuvo sin experimentar un cambio tan notable como en el control.

Si se expresan los resultados como porcentaje de inactivación enzimática (Tabla B.2.3), se demuestra que con el tratamiento A3B3 se redujo la actividad de la PPO en un 10,02% en el día de elaboración del néctar. Las investigaciones reportadas por Barbosa, Giner y Martín (2001) demuestran que, a través de PEaIC, se consigue reducir la actividad de la polifenol oxidasa inicial de los extractos de manzana y de pera en solo el 3,15% y 38,0% respectivamente. Por su parte Marsellés reporta que los PEaIC reducen la actividad enzimática de la PPO del zumo de uva en un 97% de actividad residual. Lo que demuestra que los resultados reportados en el néctar de naranjilla son semejantes a los de los elaborados con diferentes frutas, ya que evidencia la analogía en cuanto a porcentaje de inactivación enzimática de PPO que se mantiene en el rango del 3% al 38% y en nuestro análisis se encuentra en el rango de 10,02% en el mejor tratamiento A3B3.

Como se indicó anteriormente, se observó que la actividad de la enzima en los tratamientos tratados con PEaIC se incrementó en un intervalo del 9 al 21% después de los 14 días de almacenamiento. Esto podría deberse a que, a pesar de haber sido inactivada la enzima PPO, se regenera y su actividad se renueva después de cierto tiempo. Según QUASS y TORRIE (2001), este

tipo de regeneración enzimática ha sido observada en otros casos como con las peroxidases (leche, verduras); catalasa (verduras); lipasa (productos de la leche) y enzimas pectinolíticas (jugos cítricos). La regeneración es el resultado de una reorganización, al menos parcial, de la molécula proteica, restableciéndose las estructuras de los sitios activos que habían sido alterados por la desnaturalización causada por los PEAIC. Cabe indicar que la reversión de la desnaturalización es un proceso lento, pero durante el almacenamiento prolongado del alimento procesado habría tiempo suficiente para la regeneración, detectándose una actividad mayor de la enzima PPO.

En tanto que la actividad de la PPO del control se incrementó paulatinamente durante el almacenamiento hasta representar el 94,80% de su actividad inicial en el día 14 de almacenamiento. Este nuevo valor de actividad representa además el 9,98% de la actividad del mejor tratamiento A3B3 a los 14 días de almacenamiento como se observa en la Tabla B.2.4.

4.2.4 ANÁLISIS SENSORIAL

Para evaluar las características sensoriales color, olor, aroma, dulzor, acidez, sabor, persistencia del sabor y aceptabilidad se utilizó una escala hedónica. Los tratamientos fueron determinados a partir de un diseño factorial 3^n (3^2).

Para determinar el mejor tratamiento se utilizó un diseño de bloques incompletos, a través de los resultados expuestos por los catadores semi-entrenados obteniendo datos originales, los cuales determinaron los valores promedios de cada una de las características sensoriales para luego realizar los respectivos análisis estadísticos, donde todos los resultados obtenidos y los análisis estadísticos con sus respectivas gráficas, se encuentran en tablas ubicadas en el Anexo B-3.

4.2.4.1 Característica Sensorial Aroma

El análisis de varianza presentado en la Tabla B.3.1 indica que no existe diferencia significativa tanto para los bloques catadores como para los

tratamientos, sin embargo, los tratamientos A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) y A2B2 (frecuencia 150 Hz, tiempo 30 min) alcanzaron la calificación más alta con relación al resto de tratamientos, con un valor de 3,94 (promedio entre los dos tratamientos) equivalente a “gusta” en la escala hedónica empleada.

4.2.4.2 Característica Sensorial Color

En el análisis de varianza presentado en la Tabla B.3.3. se observa que existe diferencia significativa tanto para los bloques (catadores) como para los tratamientos, por lo tanto para determinar el mejor tratamiento desarrollamos la prueba de Tukey que se aplicó únicamente para el caso de los tratamientos.

Los resultados de la prueba Tukey para los tratamientos se presentan en la Tabla B.3.4. Al 5% de significancia, el tratamiento A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) alcanza la calificación más alta de 3,88 equivalente a “gusta” en la escala hedónica empleada, constituyéndose como el mejor tratamiento en cuanto al color.

4.2.4.3 Característica Sensorial Dulzor

En la Tabla B.3.5. el análisis de varianza indica que existe diferencia significativa tanto para los bloques catadores como para los tratamientos, por lo tanto, para determinar el mejor tratamiento realizamos la prueba de Tukey que se aplica únicamente para los tratamientos.

En la Tabla B.3.6. correspondiente a la prueba de Tukey para los tratamientos al 5% de significancia, se observa que el tratamiento A3B1(frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) obtiene la calificación más alta, con un valor de 4,50 equivalente a “gusta mucho” en la escala hedónica empleada.

4.2.4.4 Característica Sensorial Acidez

Los resultados del análisis de varianza reportado en la Tabla B.3.7. el indican que existe diferencia significativa tanto para los bloques catadores como para los tratamientos, por lo tanto para determinar el mejor tratamiento aplicamos la prueba de Tukey únicamente para el caso de los tratamientos.

Los resultados de la prueba de Tukey presentados en la Tabla B.3.8. para los tratamientos al 5% de significancia, determinaron que el tratamiento es A2B3 (frecuencia 150 Hz, tiempo 45 min) es el mejor con una calificación de 3,00 equivalente a “acidez normal” en la escala hedónica empleada, siendo esta característica la más idónea para este atributo.

4.2.4.5 Característica Sensorial Sabor

En la Tabla B.3.9. el análisis de varianza indica que existe diferencia significativa tanto para los bloques catadores como para los tratamientos, por esta razón desarrollamos la prueba de Tukey aplicada únicamente a los tratamientos para determinar el mejor tratamiento

En la Tabla B.3.10. correspondiente a la prueba de Tukey para los tratamientos al 5% de significancia, se aprecia que el tratamiento A3B2 (frecuencia 250 Hz, tiempo 30 min) alcanza la calificación más alta, de 4,50 equivalente a “gusta mucho” en la escala hedónica empleada y se constituye en el mejor tratamiento.

4.2.4.6 Característica Sensorial Persistencia del Sabor

En la Tabla B.3.11. el análisis de varianza indica que no existe diferencia significativa tanto para los bloques catadores como para los tratamientos, sin embargo, el tratamiento A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) obtiene la calificación de 3,00, equivalente a “persistencia del sabor normal” en la escala hedónica empleada, siendo esta característica la más idónea para este atributo, debido a que no la hace ni demasiado ni poco persistente al degustarla.

4.2.4.7 Característica Sensorial Aceptabilidad

En la Tabla N° B.3.13. el análisis de varianza indica que existe diferencia significativa tanto para los bloques (catadores) como para los tratamientos; pero, para determinar el mejor tratamiento desarrollamos la prueba de Tukey únicamente para el caso de los tratamientos, debido a que es el atributo que nos indicara la conformidad de los catadores con el Gnéctar de naranjilla englobando todas las particularidades anteriormente analizadas.

La Tabla B.3.14. resume los resultados de la prueba de Tukey para los tratamientos al 5% de significancia. El tratamiento A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) obtiene la calificación más alta, 4,38, que el resto de tratamientos, equivalente a “gusta” en la escala hedónica empleada, siendo por tanto el mejor tratamiento.

4.2.4.8 Elección del Mejor Tratamiento

La elección del mejor tratamiento se basó en los resultados obtenidos en las pruebas de análisis sensorial registradas por los catadores semi-entrenados; manifestando su preferencia por el tratamiento A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) el cual demostró la aprobación de la mayoría de atributos evaluados (aroma, color, dulzor, persistencia del sabor y aceptabilidad), presentando mayor diferencia significativa ante los demás tratamientos.

4.2.4.9 Análisis Microbiológico y Vida Útil

El presente estudio está basado en el análisis de los mejores tratamientos A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) y A3B3 (frecuencia 250 Hz, tiempo 45 min), seleccionados en base a los resultados del análisis sensorial y de la actividad enzimática, respectivamente, evaluándose el tiempo de vida útil mediante análisis microbiológico. En el que se realizó un recuento de bacterias (Coliformes totales y *S. aureus*), mohos y levaduras durante dos semanas.

En las Tablas B.4.1. y B.4.2. se reporta el número de coliformes totales del néctar de naranjilla cuantificados por el método del recuento en placa

petrifilm; siendo éste uno de los indicadores microbiológicos de la calidad de los alimentos más frecuentemente usado. Los valores estimados demuestran que el número de coliformes totales, estuvo dentro los rangos permisibles exigidos por la Normas CODEX y Colombiana, siendo esta última una norma actualizada (2011), que establece los registros microbiológicos para los néctares de frutas pasteurizados con una duración máxima de 30 días de almacenamiento.

Para determinar el tiempo de vida útil se consideró un valor de C igual a 29UFC/g, que corresponde al máximo de coliformes totales permitido en néctares de frutas pasteurizados con una duración máxima de 30 días de almacenamiento, el cual se reemplazó en las ecuaciones obtenidas mediante las gráficas B.4.1 y B.4.2 de concentración de m.o. vs tiempo.

- Tiempo de vida útil del néctar de naranjilla del mejor tratamiento seleccionado mediante análisis sensorial, A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min).

$$\ln C = k t + \ln C_0$$

$$\ln C = 0.0082 t + 0.4377$$

$$\ln 29 = 0.0082 t + 0.4377$$

$$3.3673 = 0.0082 t + 0.4377$$

$$t = [3.3673 - 0.4377] / 0.0082$$

$$t = 357 \text{ horas}$$

$$t = 14.8 \text{ días}$$

- Tiempo de vida útil del néctar de naranjilla del mejor tratamiento A3B3 (frecuencia 250 Hz, tiempo 45 min) determinado por análisis de actividad enzimática.

$$\ln C = k t + \ln C_0$$

$$\ln C = 0.0073 t + 0.298$$

$$\ln 29 = 0.0073 t + 0.298$$

$$3.3673 = 0.0073 t + 0.298$$

$$t = [3.3673 - 0.298] / 0.0073$$

$$t = 420 \text{ horas}$$

$$t = 17.5 \text{ días}$$

De lo anterior se desprende que el tratamiento correspondiente A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) del análisis sensorial, mantiene estabilidad durante un periodo de almacenamiento de 14.8 días, mientras que el tratamiento A3B3 (frecuencia 250 Hz, tiempo 45 min) correspondiente a la actividad enzimática, mantiene estabilidad durante un periodo de almacenamiento de 17.5 días, la temperatura de almacenamiento en ambos tratamientos fue de 7 °C.

Además del análisis microbiológico de recuento total de coliformes, se realizó el recuento de microorganismos mesófilos y el recuento de mohos y levaduras, obteniendo valores inferiores a los reportados en el índice máximo permisible de la norma durante los catorce días de almacenamiento; de los cuales, fueron los coliformes totales los microorganismos más próximos de acercarse al límite y por ello se realizó el estudio de vida útil en base a estos microorganismos.

Se obtuvo así un modelo predictivo con el cual se puede diferenciar el incremento de la vida de estantería del néctar de naranjilla de acuerdo al

tiempo y frecuencia de los pulsos eléctricos aplicados en los tratamientos así como la efectividad de la pasteurización con PEAIC.

4.2.4.10 Análisis de Costos

Según el análisis de costos presentado (Anexo E) en las Tablas E.1, E.2., E.3., E.4. y E.5. se aprecian los costos de elaboración para el tratamiento A3B1 (mejor tratamiento establecido con el análisis sensorial).

Presentado un precio de elaboración de \$25,49 por parada de producto y en una presentación de 250 ml tendrá el valor de \$0,65, de este análisis se establece que la producción y elaboración del tratamiento A3B1 resulta rentable.

Además, se realizó una comparación de precios con otros néctares de frutas existentes en el mercado (marcas: Deli y Sunny). Estableciendo que el néctar Deli de 250 ml de néctar tiene un el precio de \$0,75 y Sunny, en la misma presentación, tiene un precio de \$0,65. Por lo que, el néctar elaborado podría competir en el mercado, al contar con un valor agregado como es la pasteurización en frío obteniendo a su vez un néctar más nutritivo, con aroma y sabor más parecido al natural.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

En este trabajó se planteó la hipótesis nula (H_0) que establece que la enzima Polifenol Oxidasa presente en el néctar de naranjilla no puede ser inactivada por la aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo, y a su vez la hipótesis alternativa (H_1) establece que la enzima Polifenol Oxidasa presente en el néctar de naranjilla puede ser inactivada por la aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo.

Comprobándose estas afirmaciones con ensayos en los que abarco pruebas de análisis enzimáticos, físico-químicos, microbiológicos y sensoriales, determinando que se acepta la hipótesis alternativa en la que establece que la enzima Polifenol Oxidasa presente en el néctar de naranjilla puede ser inactivada por la aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El efecto de los PEAIC es positivo frente a la inactivación enzimática de la polifenol oxidasa en el néctar de naranjilla; se consigue una mayor inactivación al aumentar el tiempo de tratamiento y la frecuencia, obteniendo la mayor inactivación enzimática en el tratamiento A3B3 que corresponde a una frecuencia de 250 Hz por un tiempo de 45 minutos, conservando en mayor medida sus características sensoriales similares a las del producto fresco.
- Mediante los resultados alcanzados en el tratamiento A3B3 (250 Hz, 45 minutos) se demuestra que la aplicación de PEAIC es una técnica que permite el control de la actividad enzimática de la PPO, la cual a pesar de reducirse en solo 10% en su fase inicial, se incrementa apenas en un 9,98% al término del periodo de almacenamiento (14 días) del néctar de naranjilla a 7°C a diferencia del control en el cual la actividad de la PPO se incrementó en un 94,80%. Cabe destacar que el tratamiento con PEAIC y la reducción de la temperatura en la obtención y procesamiento del néctar de naranjilla a 7°C ejercieron un efecto sinérgico en la inactivación de la PPO, consiguiéndose una mayor inactivación de la enzima PPO. Por lo tanto, el control de la temperatura del alimento es una estrategia válida para aumentar la inactivación de la enzima. Estos resultados ponen de manifiesto la aplicabilidad de la tecnología de PEAIC como método alternativo de control de la actividad de la PPO.
- A través del análisis sensorial se estableció que el mejor tratamiento fue el A3B1 el cual fue sometido a una frecuencia de 250 Hz y un tiempo de exposición de 15 minutos. Con este tratamiento la PPO se reactivó en 13,97 % al cabo de 14 días de almacenamiento a 7°C, mientras el control

alcanzó una actividad 94,80% mayor a la del néctar original. Este tratamiento no presentó tan sólo una mayor retención de compuestos aromáticos, sino que conservó mejor sus características aromáticas a lo largo del almacenamiento de 14 días, como determinaron las respuestas de panelistas semi-entrenados que subrayaron a ésta muestra como la más aceptable.

- Los tratamientos A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) y A3B3 (frecuencia 250 Hz, tiempo 45 min) correspondientes al mejor tratamiento seleccionado a través de análisis sensorial y mediante cuantificación de actividad enzimática, respectivamente, presentaron una vida útil de 14,8 y 17,5 días respectivamente, bajo las condiciones de almacenamiento de 7°C manteniendo una adecuada calidad microbiológica y fisicoquímica del producto. Los parámetros acidez titulable, viscosidad, conductividad eléctrica y sólidos solubles no cambiaron significativamente ($P > 0,05$) durante el estudio. No así el parámetro pH que presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento A3B2 (frecuencia 250 Hz, tiempo 30 min) el de mayor estabilidad en relación al pH. La calidad microbiológica presentada por los productos desde el primer día de pasteurización demostró la eficiencia del proceso así como la validez del modelo matemático para predecir la vida de anaquel, la misma que garantizó la seguridad microbiológica del producto.

5.2 Recomendaciones

- ❖ Aprovechar la tecnología con PEaIC empleada en el presente estudio en otras frutas, pues ésta es una excelente opción para trabajar con frutas poco industrializadas. Además se estaría aprovechando la variedad de frutas que tiene nuestro país.

- ❖ Controlar de forma adecuada todo el proceso de elaboración del néctar de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*), desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento del producto final, manteniendo la temperatura constante durante todo su procesamiento, para de esta manera aumentar la inactivación microbiológica y enzimática,
- ❖ Seguir trabajando en la optimización del proceso de elaboración del néctar de naranjilla e impulsar el desarrollo de nuevos diseños de cámaras del equipo de PEAIK para mejorar la uniformidad y la capacidad de producción con el fin de que cada vez sea un mejor producto y pueda entrar a competir con los que existen el mercado.
- ❖ Teniendo en cuenta los resultados de los parámetros fisicoquímicos, sensoriales, microbiológicos y enzimáticos obtenidos, que garantizan aceptabilidad y buena calidad del producto para ser consumido, se debe buscar que la empresa privada produzca este néctar a escala industrial.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

Título: “Elaboración del Néctar de Naranja (*Solanum quitoense Lam*) empleando pulsos eléctricos de alta intensidad de campo para reducir la actividad enzimática de la polifenol oxidasa”

Institución Ejecutora: Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Beneficiarios: Productores de Néctares de Frutas

Ubicación: Ambato – Ecuador

Tiempo estimado para la ejecución: 6 meses

Fecha estimada de inicio: Septiembre del 2013

Fecha estimada de finalización: Marzo del 2014

Equipo técnico responsable: Ing. Cecilia Carpio

Egda. Sirley Vilcaguano

Costo: \$ 1500

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

El néctar de frutas como producto en el mercado tiene la posibilidad de ser ampliado y de llegar de manera más económica y con más fuerza a los consumidores, por ser un producto saludable, ofrece beneficios a la salud y cumple con los requisitos que los consumidores de hoy están exigiendo productos de calidad y que aporten a su salud

El consumo de bebidas en nuestro país viene registrando un excelente desempeño, principalmente en el mercado de jugos y néctares de frutas. En época de invierno, el consumo de estas bebidas en provincias de la costa principalmente Guayas se ha incrementado significativamente. Por esta razón se prevé que las empresas den un giro en su producción a provincias, aprovechando las temperaturas más altas y el aumento del poder adquisitivo por parte de los consumidores. **(Chamorro, 1996)**

En las últimas décadas, las exportaciones de naranjilla, tanto fresco como procesado, se han incrementado considerablemente, siendo Tungurahua el principal sector productor de naranjilla.

Así mismo, la exportación de naranjilla crece a tasas de 22% al año. Además la demanda internacional ha posibilitado el incremento de las hectáreas dedicadas a su cultivo. **(Samaniego, 2012)**

Así mismo, en el mercado se aprecian marcadas tendencias como: el consumo de frutas y hortalizas, la preferencia por alimentos saludables, con mayor énfasis en productos orgánicos que previenen enfermedades, habiendo superior practicidad de jugos o néctares de frutas listos para beber.

Actualmente los néctares de frutas gozan de gran aceptación en el mercado de consumo por la combinación de las características sensoriales (sabor, aroma, textura, etc.) y por el valor nutricional de sus frutas componentes.

El sector elaborador de néctar de frutas tiene la necesidad de garantizar la estabilidad microbiológica y bioquímica de los productos, con el objeto de asegurar su aceptación y su dinámica comercial. **(Zabala, 2011)**

La aplicación de PEAIC es una tecnología no térmica que se está estudiando para evitar las incidencias negativas que produce el calor en los alimentos. Debido a sus características eléctricas, los zumos de fruta fueron los primeros alimentos con los que se experimentó en la aplicación de PEAIC para valorar sus repercusiones microbiológicas, consiguiéndose inactivaciones elevadas de microorganismos, objetivo principal de toda técnica de estabilización y conservación.

Los estudios sobre el comportamiento microbiano bajo tratamiento por PEAIC se han realizado principalmente en zumos de melocotón (Arántegui, 1999), zumo de sandía (Gupta, 2003; García, 2005) y naranja (Elez-Martínez, 2004; Elez-Martínez, 2005). Estos trabajos han demostrado que los microorganismos son destruidos en mayor o menor grado dependiendo del tipo de zumo, del tipo de microorganismo y del equipo y parámetros eléctricos utilizados. **(Puig y Marsellés, 2008)**

Por ello, los néctares de frutas como el de naranjilla son una alternativa viable para el desarrollo agro industrial, ya que dan un valor agregado a la fruta, y abren un nuevo mercado aumentando los beneficios económicos. Además la elaboración de néctares de frutas pasteurizados con PEAIC garantiza la estabilidad del producto a temperatura ambiente, reduciendo costo, siendo esta cualidad la de mayor aceptación por parte del consumidor local y externo. **(Benavent, 1997)**.

Puesto que sobre el proceso de elaboración de néctar de naranjilla mediante PEAIC se han realizado pocos estudios, la presente propuesta de investigación pretende evaluar las posibilidades que ofrece esta técnica para reducir la carga microbiana y enzimática que acompaña de manera natural a los néctares de frutas, determinando las condiciones de tratamiento más adecuadas y analizar sus características organolépticas.

6.3. JUSTIFICACIÓN

La producción nacional de néctares de frutas se ha incrementado rápidamente en los últimos años, los productos de néctares de frutas son modificados, la tendencia tiene un gran énfasis en la calidad, la conservación de energía, el control de desperdicios, y la eficiencia de la manufactura presenta un desafío importante a la industria de néctares de frutas.

Fundamentalmente el diseño de este proyecto busca traer al mercado un producto natural y orgánico que cumpla con las necesidades del cliente actual, quien busca productos sanos que aporten a su bienestar.

El apresurado ritmo de vida actual, así como el alto grado de estrés al que estamos sometidos, sin importar el área en que nos desempeñamos, han obligado a modificar la alimentación, haciendo cada vez más difícil encontrar el punto medio entre las necesidades orgánicas y las exigencias sociales tan comunes como trabajo y hogar. En la actualidad, la tendencia es hacia productos más convenientes, de fácil consumo, para cualquier sistema agroindustrial se vuelve cada vez más importante el estudio del comportamiento del consumidor, de forma que las ganancias no solo estén ligados a la cantidad producida o al valor obtenido, sino también al comportamiento del consumidor y realizar las adecuaciones necesarias en las cadenas alimentarias.

Siendo las nuevas formas de alimentación, su edad y el tipo de trabajo las que determinan las condiciones del nuevo escenario que se vislumbra en el sector alimenticio,

Una de las estrategias esenciales para mejorar la competitividad de la industria alimentaria es la introducción de nuevas tecnologías de procesado que permitan mejorar la calidad de los productos, el desarrollo de otros nuevos o la optimización de los procesos reduciendo sus costes energéticos. Una de estas técnicas son los pulsos eléctricos de alta intensidad de campo (PEAIC) que resultan menos agresivos que el calor. Esta tecnología consiste en la aplicación intermitente de campos eléctricos de alta intensidad (kv/cm) y corta duración (microsegundos), proporcionando productos estables con características sensoriales y nutritivas mucho más próximas a las del producto fresco.

6.4. OBJETIVOS

GENERAL

- Elaborar un néctar de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*) empleando pulsos eléctricos de alta intensidad de campo para reducir la actividad enzimática de la polifenol oxidasa.

ESPECÍFICOS

- Aplicar el tiempo y frecuencia de 15 min y 250 Hz para la elaboración del néctar de naranjilla (*Solanum quitoense Lam.*).
- Realizar un estudio de mercado con los requerimientos del consumidor.
- Evaluar la rentabilidad para establecer el atractivo económico de implementar una empresa.

6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El proyecto de investigación es de tipo tecnológico, ya que con ello se puede desarrollar una nueva alternativa en la elaboración de néctares de frutas como el de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*) de la variedad Jugo Iniap Quitoense, para mejorar las características sensoriales y nutricionales del producto final.

El análisis de factibilidad además es de carácter socio-económico, en vista de que se podrá fomentar el procesamiento de frutos originarios de Ecuador que normalmente se pierden en grandes cantidades por falta de cuidados, de esta manera se incrementarán los recursos económicos de familias ecuatorianas en especial de la región centro dedicadas a la siembra de estos frutos.

Por otro lado, los equipos de tratamiento mediante pulsos eléctricos han variado a medida que el conocimiento adquirido en la investigación de los factores influyentes ha ido avanzando, por ello la innovación en procesos de conservación está derivando hacia el desarrollo de tratamientos específicos, que maximizan el equilibrio en la balanza CALIDAD–SEGURIDAD, produciendo alimentos mínimamente procesados, nutritivos, atractivos organolépticamente, y seguros durante largos periodos. Esta búsqueda de alternativas a los procesos convencionales de conservación contempla tres líneas de actuación; en primer lugar, la optimización de los tratamientos

térmicos tradicionales, principalmente mediante la disminución de la intensidad del tratamiento acompañado de un almacenamiento en frío; en segundo lugar, la aplicación de procesos basados en la combinación de tecnologías a baja intensidad, estipulado como concepto de tecnología de barreras y finalmente, el desarrollo de tecnologías emergentes de conservación donde la temperatura no es el principal factor que produce la estabilización del alimento.

Por ende, el análisis económico se efectúa con la finalidad de obtener un producto de óptimas características sensoriales y con un precio de venta al público accesible para ingresar en el mercado, pero sobre todo que el costo de su elaboración sea rentable.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

En éste trabajo se analiza la viabilidad competitiva, administrativa, técnica y financiera de la producción del néctar de naranjilla incentivando el uso de materias primas propias de la zona.

El presente estudio combina factores claves como la tecnología a utilizar, el aumento del consumo y conocimiento del néctar de frutas en nuestro país, la facilidad de abastecimiento de frutas gracias a la producción agrícola regional y un proceso de producción adaptable a cualquier tamaño de empresa, asegurando la calidad del producto desde el inicio hasta el final del proceso de producción.

Esta investigación sirve como base para el desarrollo del Ecuador, ya que existe la necesidad de crear empresas que impulsen el desarrollo agroindustrial del país, aprovechando así, entre otras, la gran variedad de frutas nacionales, dándoles valor agregado y generando productos de calidad, sobre todo al utilizar aquellas frutas que presentan algunos problemas para su comercialización y se constituyen en pérdidas de materia prima muy valiosa. Esta necesidad traducida en oportunidad requiere la alianza de personas en estructuras organizadas, con conocimientos diversificados, pero integrales que, con eficiencia en la gestión administrativa

e investigativa, generen rentabilidad para los involucrados directamente con la empresa, y beneficios sociales en su zona de influencia y en el país en general.

Diagrama de Flujo

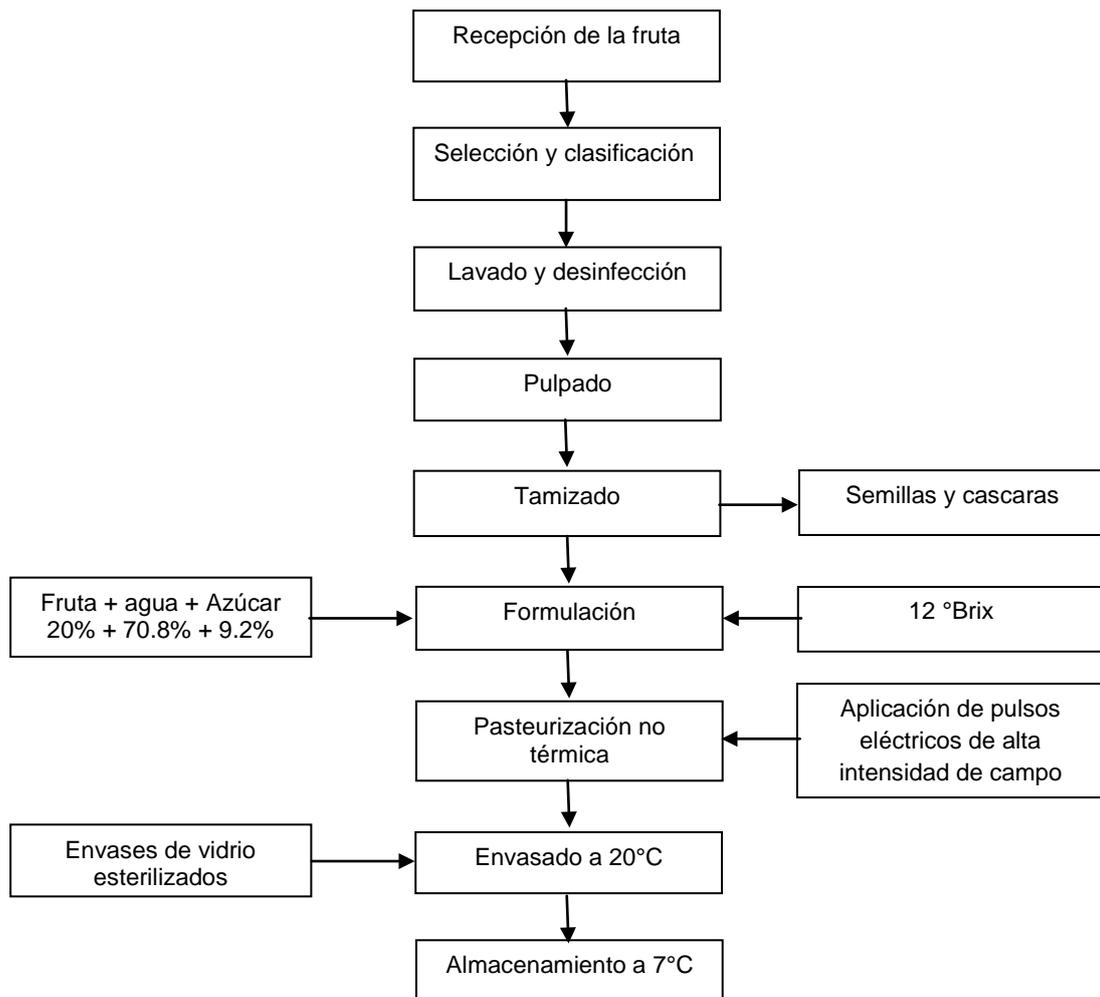


Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del néctar de naranjilla.

Elaborado por: Sirley Italia Vilcaguano Changoluisa, 2013

Proceso de Elaboración del Néctar de Naranja de la Variedad Jugo Iniap Quitoense.

Material Vegetal: Para el desarrollo de este estudio se utilizará naranja (*Solanum quitoense Lam*) de la variedad de la fruta jugo Iniap Quitoense.

Selección y Clasificación: Se lo realizará a través de una inspección visual para separar las naranjas en buen estado y maduras de las dañadas. La fruta se clasificará teniendo en cuenta su tamaño (Midiendo su diámetro) y grado de madurez (Medido visualmente) o por °Brix de la pulpa.

Lavado y desinfección: Primero se eliminará la tierra y malezas adheridas a la superficie de la fruta con una ducha de agua a presión. Enseguida, se realizará la desinfección por inmersión en un tanque con solución de hipoclorito de sodio de 200 partes por millón (ppm) y se dejará en reposo por 15 minutos.

Pulpado: El pulpado se realizará de forma manual, con ayuda de cuchillos de lámina de acero inoxidable

Tamizado: Las partículas grandes se separarán de la pulpa por medio de un tamiz de 50 mesh (297 micras).

Formulación: Para la formulación del néctar se tendrán en cuenta las características finales que se desearan en el producto terminado, según la Norma INEN y Códex, como son: El porcentaje de la pulpa total del 20% y los °Brix finales de 12. La pulpa de naranja y los demás constituyentes del néctar se mezclarán, se ajustarán sus sólidos solubles y pH; agitando hasta que la mezcla sea homogénea.

Pasteurización: Esta operación se llevará a cabo en el equipo de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo en el Laboratorio de Cereales de la FCIAL de la Universidad Técnica de Ambato.

Envasado: El envasado se realizará a temperatura ambiente de 20°C.

Almacenamiento: Se almacenará el producto terminado en refrigeración a 7°C.

ANÁLISIS

Físico – Químicos

- Sólidos Solubles
- pH
- Acidez Total
- Conductividad Eléctrica

Microbiológicos

- Mohos y Levaduras
- Recuento Total para Aerobios
- Recuento Total para coliformes Totales

Sensoriales

- Color
- Aroma
- Dulzor
- Sabor
- Persistencia del Sabor
- Acidez
- Aceptabilidad

6.7. METODOLOGÍA MODELO OPERATIVO

Para analizar y reducir costos de producción en néctares de frutas en este caso néctar de naranjilla es importante conocer la metodología adecuada y el manejo correcto de equipos y materiales que nos servirán para la elaboración de un producto de calidad, agradable al consumidor y que éste pueda ser distribuido en el mercado de manera adecuada. Es importante que el néctar se deba realizar de la mejor manera siguiendo estándares ya establecidos en el proceso de elaboración para la mejor formulación, es así que mediante el siguiente plan de acción se detallan aspectos fundamentales a tomar en cuenta.

Tabla 11. Modelo Operativo (Plan de Acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Determinación del costo de producción del néctar de naranjilla	Revisión bibliográfica y Procesos de elaboración y análisis del producto obtenido.	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 250	3 meses
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de la propuesta.	Pruebas Preliminares sobre el proceso de análisis del costo de producción del néctar de naranjilla.	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 200	1 mes
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Ejecutar análisis de costos de terrenos equipos materiales, mano de obra y más para la investigación.	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 800	2 meses
4. Evaluación de la propuesta	Comprobación del proceso de implementación.	Encuestas a profesionales y consumidores	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 250	2 meses

Elaborado por: Sirley Italia Vilcaguano Changoluisa, 2013

6.8 ADMINISTRACIÓN

La ejecución de la propuesta estará coordinada por los responsables del proyecto Ing. Cecilia Carpio y Egda. Sirley Vilcaguano.

Tabla 12. Administración de la Propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
La permanencia de la calidad y características organolépticas del néctar de naranjilla	Subutilización de la producción de naranjilla, variedad Jugo Iniap Quitoense	Obtener un néctar de frutas de excelente calidad organolépticas sin alteración de las características originales.	<p>Determinar puntos críticos de control en el proceso de elaboración de néctares de naranjilla.</p> <p>Realizar análisis físico – químicos, microbiológicos y sensoriales.</p> <p>Determinar la acogida del producto por parte del consumidor.</p>	Investigador: Egda. Sirley Vilcaguano, Ing. Cecilia Carpio

Elaborado por: Sirley Italia Vilcaguano Changoluisa, 2013

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Tabla 13. Previsión de la Evaluación

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> - Agricultores del país. - Distribuidores del país. - Consumidores
¿Por qué evaluar?	<p>Para:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar la inocuidad y calidad de los productos, y - Corregir ciertas operaciones con el fin de bajar costos de producción.
¿Para qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> - Para la obtención de un producto de calidad a un bajo costo de producción.
¿Qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnología utilizada. - Materias primas. - Resultados obtenidos - Producto terminado
¿Quién evalúa?	<ul style="list-style-type: none"> - Tutor - Calificadores
¿Cuándo evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> - Todo el tiempo desde las pruebas preliminares, hasta la obtención del producto.
¿Cómo evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> - Mediante instrumentos de evaluación. - Encuestas
¿Con qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> - Experimentación. - Normas establecidas.

Elaborado por: Sirley Italia Vilcaguano Changoluiza, 2013

CAPÍTULO VII

MATERIALES DE REFERENCIA

7.1 BIBLIOGRAFÍA

Libros

1. ANZALDUA, M.A. La evolución sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza., pp. 11-72., 1994.
2. AGUILÓ-AGUAYO., Estudio: Procesado de zumo de sandía mediante pulsos eléctricos de alta intensidad de campo para una mejor conservación de su calidad y propiedades beneficiosas para la salud. 2010.
3. AOAC. Official methods of analysis - Association of Official Analytical Chemists. En su edición N° 14 de, pp. 9 - 11., 1984.
4. ARANGO, L. M. Evaluación sensorial. Manual de funcionamiento panel interno. Sabor, ciencia de alimentos Ltda., pp. 71., 1992.
5. ARAGÓN, B. Técnicas de Conservación en Néctares., pp. 185-190., 2009.
6. BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, Exportaciones e Importaciones de Frutas y Hortalizas, 2010
7. BARBOSA C., GINER J. y MARTIN O, Effects of pulsed electric field processing on apple and pear polyphenoloxidases. 2001.
8. BARBOSA CANOVAS, G. V., GÓNGORA M.M., POTHAKAMURY N.U.R., y SWANSON, B. G.: Preservation of foods with pulsed electric fields. Food Science and Technology International Series. Academic Press, 2001
9. BENAVENT A. J.L. La Cultura del Vino. Cata y Degustación. Servicio de publicaciones. Universidad Politécnica de Valencia., pp.156-158., 1997.
10. BENAVENT J.L. Vinos y Bebidas Alcohólicas. Servicio de publicaciones. Universidad Politécnica de Valencia. pp.86., 1999.

11. BERNAL, E. J. A; LOBO, A. M. y LONDOÑO, B.M. Documento presentación del Material "Naranjilla la Selva". Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Rionegro. 1998.
12. BERNAL, E. J. A y LONDOÑO, B. M. Evaluación de híbridos de naranjilla en fincas de productores para zonas de clima frío moderado, multiplicando en forma masiva por cultivo de meristenos. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Rionegro. 1998.
13. BERNAL, E.J.; CORDOBA, O.; FRANCO, G. y LONDOÑO, B. M. El cultivo de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*). en: Memorias primer seminario frutales de clima frío moderado, CORPOICA, Manizales. 1996.
14. BRUCHMANN, E., E. Bioquímica técnica. Química Alimentaria de la Fermentación y Agropecuaria. Zaragoza, España. pp. 56 – 60., 1980.
15. CHACÓN, R. C. A.; CARDONA, M. J. C. y ARIZA, H. J. Caracterización fisicoquímica de tres híbridos de naranjilla y naranjilla de Castilla, producidos bajo sol y sombra. En: Primer Seminario de Frutales de Clima Frio Moderado, Manizales, pp. 81-86., 1996.
16. CHAMORRO, B. Estudio de la prefactibilidad para montaje de una planta procesadora de *naranjilla Solanum quitoense Lam* con los híbridos P32005 HFG, 585024 HO y 585024 HO F + G con exposición a luz en la región del viejo Caldas. Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Armen. 1996.
17. CAMACHO, O. G. Conferencia sobre "Obtención y conservación de Néctares de Frutas". Santafé de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia., pp.1-19., 2004.
18. CHEFTEL, J.C. y CHEFTEL, H. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los alimentos. España., pp. 333., 1988.
19. CORPEI, Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones, Producción Nacional de Naranjilla, 2007.
20. COSTEL, E y DURAN, L. El Análisis Sensorial en el Control de Calidad de los Alimentos. Introducción Revista de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos, Vol. 21, España. 2004.

21. DURAN L. Vinos: Elaboración – Análisis Sensorial. Tratamientos. Barcelona – ES., pp. 198 – 202., 1998.
22. FAO, Procesamiento de Frutas y Hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala. Oficina Regional de la FAO, para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 2011.
23. FRAZIER, W.C. Microbiología de los Alimentos. Zaragoza, España. pp. 15 – 35, 1976.
24. GACCHE M. Bioquímica de frutas y hortalizas 3ra edición, México., pp. 125., 2003.
25. GALVIS, V.J.A. y HERRERA, A. A. Naranjilla *Solanum quitoense Lam*: Manejo Postcosecha. Convenio SENA - ICTA de la Universidad Nacional de Colombia, Santafé Bogotá. 1999.
26. G. V. BARBOSA CANOVAS, M.M. GONGORA N. U. R. POTHAKAMURY y B. G. SWANSON: Preservation of foods with pulsed electric fields. Food Science and Technology International Series. Academic Press, 2001
27. Gerencia Administrativa del Mercado Mayorista de Ambato, 2013.
28. GUTIERREZ, M. V. Caracterización fisicoquímica y organoléptica de híbridos y variedades regionales de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*), como fruta fresca departamento de Caldas. Tesis de grado. Facultad de Nutrición y Dietética. Universidad Católica de Manizales. 2004.
29. HOLDSWORTH, S. D. Conservación de frutas y hortalizas. Zaragoza España., pp.138 – 139., 1998.
30. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Productos Alimenticios: Néctares de frutas. Bogotá: ICONTE. NTC 659., 2011.
31. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Norma de control de naranjilla Santafé de Bogotá INCONTE. NTC 1265., 1992.
32. INIAP, Manual Agropecuario. Producción de naranjilla y otros frutales, pp. 55-64. 2002.
33. KLABUNDE J. Cinética y control de enzimas, 1era edición, pp. 48., 1998.
34. LOBO, A. M: Perspectivas de siembra de la naranjilla (*Solanum quitoense Lam*). Boletín técnico, Facultad de Ciencia Agropecuarias Palmira, Vol. 2. pp.125-130, 2001.

35. MADRIÑAN, C. Programa de regionalización modalidad a distancia tecnológica en alimentos, Cali, 1988.
36. MARSELLÉS, A., Universidad de Lleida, Tesis. Conservación de mosto de uva con pulsos eléctricos de alta intensidad de campo. 2011.
37. MAHECHA, G. Evaluación sensorial en el control de calidad de alimentos procesados. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Santafé de Bogotá, Colombia, 2005.
38. MEJIA GIRALDO, L. F. Evaluación de la conservación y transformación de tres materiales híbridos de naranjilla *Solanum quitoense Lam* con exposición a la luz. En: Primer Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. Manizales, pp. 88-90, 1996.
39. MEJIA BERNAL, F. A y JIMENEZ TORRES, D. O. Evaluación de la Acción Clarificadora de enzimas comerciales sobre el jugo de manzana para el rediseño de una unidad productora de jugo clarificado. Santafé de Bogotá: Universidad de Colombia, Trabajo de Grado Ingeniería Química. 1993, pp 162.
40. MENESES, H. El cultivo de naranjilla. Secretaria de Agricultura. 1992, pp. 40.
41. MERCADO MAYORISTA DE AMBATO, Gerencia Administrativa, 2012.
42. MEYER, M. R. y PALTRINIER, G. Elaboración de Frutas y Hortalizas. México, pp. 65-70. 1993.
43. PINZÓN, F., M. Y. Evaluación de parámetros fisicoquímicos en Frutos de clones de naranjilla. Seminario Frutales de clima frío moderado. Manizales., pp. 250-256, 1998.
44. PUIG, A., MARSELLÉS, R. Inactivación de la Población Microbiana de los Mostos Mediante Tratamiento por Pulsos Eléctricos de Alta Intensidad de Campo, Universidad de Lleida, España, Departamento de Tecnologías de Alimentos, 2008.
45. QUASS, R.G.D y TORRIE, J. K. Bioenzimas. Principio y tecnologías. 2ª ed. México D.F. pp. 622., 2001.
46. ROBINSON, D. Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos. Zaragoza, España. pp.148 – 180, 1991.

47. SAMANIEGO, F. Publicaciones de Exportaciones e Importaciones Ecuatorianas de Frutas y Hortalizas, 2012.
48. SHAFFER. L. Manual del Ingeniero del Taller. Barcelona Gustavo Gili, S.A, 1962, pp. 863.
49. ZABALA, D. Universidad de Antioquia, Facultad de Química Farmacéutica. Publicaciones: El Lulo, Pulpas de Frutas tropicales– Producción agrícola., 2011.
50. ZHANG, M. y BAITY, L. H. Especies relacionadas a la naranjilla (*Solanum quitoense Lam*). pp 56 – 62., 1997.

7.2 LINKGRAFÍA

1. La horticultura y la fruticultura en el Ecuador **DISPONIBLE EN:**

- Bayas J. 2009, Naranjilla Iniap Quitoense:
http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.sica.gov.ec/ContentPages/15122431.pdf
- Castro N. 2008, Exportaciones de Frutas del Ecuador:
<http://www.ecuador.com/espanol/blog/exportaciones-de-ecuador-frutas-a-granel/>
- Dávalos E. 2011, Comercialización de Frutas a Gran Escala:
<http://www.proecuador.gob.ec/areas/promocion-de-exportaciones/sectores-priorizados/sectores/>
- Litardo G. 2008, Registros del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censo:
<http://www.indexmundi.com/es/ecuador/>
- Zavala B. 2010, Calidad de Agua en la Industria Ecuatoriana:
http://www.ehowenespanol.com/medir-flujo-agua-pasa-tuberia-como_64179/

2. Todo sobre la Fruticultura, 2013, **DISPONIBLE EN:**

- Andrade F. 2001, Exportación de Naranjilla:
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3519/1/6046.pdf>
- Arboleda M. 2012, Naranjilla *Solanum quitoense Lam* :

<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>

- Espín S. 2007, Estudio de Factibilidad de Concentrados de Frutas:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/415/1/CD-0821.pdf>
- Fajardo L. 2009, Análisis de Mercado de Néctares:
<http://www.manosunidas.ec/documents/Manos-unidas-Analisis-mercado-Internacional.pdf>
- Maldonado J. 2005, Manual de Cultivo de Naranjilla:
<http://interletras.com/manualCCI/Frutas/Naranjilla/calidad01.htm>
- Perez N. 2008, Manual Agrícola de los principales cultivos del Ecuador:
<http://www.crystal-chemical.com/naranjil.htm>

ANEXOS

ANEXO A

RESPUESTAS EXPERIMENTALES

SÓLIDOS SOLUBLES (°B)

Tabla A.1.3. Valores reportados desde el primer día de elaboración del néctar de naranjilla hasta el día 14 de su almacenamiento.

REPLICA	Control	A1B1	A1B2	A1B3	A2B1	A2B2	A2B3	A3B1	A3B2	A3B3
R1	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
R2	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
R3	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
PROMEDIO	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (ms/cm)

Tabla A.1.4. Valores registrados del néctar de naranjilla en el transcurso de 14 días.

TRATAMIENTO	Conductividad Eléctrica											
	Día 1				Día 7				Día 14			
	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio
Control	4,24	4,25	4,24	4,24	4,25	4,26	4,25	4,25	4,22	4,29	4,26	4,25
A1B1	5,24	5,24	5,26	5,24	5,27	5,27	5,25	5,26	5,30	5,27	5,27	5,28
A1B2	5,27	5,25	5,27	5,26	5,27	5,26	5,28	5,27	5,25	5,28	5,26	5,26
A1B3	5,25	5,27	5,27	5,26	5,27	5,25	5,27	5,26	5,29	5,26	5,27	5,27
A2B1	5,28	5,30	5,30	5,29	5,31	5,30	5,32	5,31	5,31	5,30	5,34	5,31
A2B2	5,30	5,29	5,30	5,29	5,30	5,33	5,30	5,31	5,30	5,28	5,31	5,29
A2B3	5,30	5,31	5,27	5,29	5,30	5,28	5,31	5,29	5,30	5,32	5,30	5,30
A3B1	5,34	5,33	5,33	5,33	5,34	5,33	5,36	5,34	5,35	5,33	5,35	5,34
A3B2	5,33	5,33	5,32	5,32	5,33	5,34	5,33	5,33	5,33	5,37	5,33	5,34
A3B3	5,31	5,33	5,33	5,32	5,33	5,33	5,36	5,34	5,33	5,34	5,36	5,34

VISCOSIDAD DINÁMICA (N*s/m²)

Tabla A.1.5. Valores registrados del néctar de naranjilla en el transcurso de 14 días.

TRATAMIENTO	Viscosidad Dinámica											
	Día 1				Día 7				Día 14			
	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio
Control	0,37	0,37	0,37	0,37	0,39	0,39	0,39	0,39	0,43	0,43	0,43	0,43
A1B1	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,38	0,37	0,41	0,41	0,41	0,41
A1B2	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,41	0,42	0,41	0,41
A1B3	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,41	0,41	0,41	0,41
A2B1	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,41	0,42	0,41	0,41
A2B2	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	0,38	0,37	0,37	0,41	0,41	0,41	0,41
A2B3	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,41	0,41	0,41	0,41
A3B1	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,42	0,41	0,41	0,41
A3B2	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,41	0,41	0,41	0,41
A3B3	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,38	0,37	0,41	0,41	0,41	0,41

ACTIVIDAD ENZIMÁTICA (UPPO)

Tabla A.1.6. Valores registrados del néctar de naranjilla en el transcurso de 14 días.

TRATAMIENTO	Actividad Enzimática								
	Día 1			Día 7			Día 14		
	R1	R2	Promedio	R1	R2	Promedio	R1	R2	Promedio
Control	5,28	5,30	5,29	17,16	17,19	17,18	20,87	20,90	20,89
A1B1	4,79	4,77	4,78	4,80	4,83	4,82	5,77	5,80	5,79
A1B2	4,77	4,77	4,77	4,79	4,80	4,80	5,22	5,75	5,49
A1B3	4,78	4,79	4,79	4,75	4,76	4,76	5,00	5,46	5,23
A2B1	4,79	4,77	4,78	4,90	4,92	4,91	5,81	5,83	5,82
A2B2	4,80	4,81	4,81	4,88	4,90	4,89	5,55	5,57	5,56
A2B3	4,82	4,80	4,81	4,80	4,82	4,81	5,45	5,47	5,46
A3B1	4,78	4,81	4,80	4,88	4,89	4,89	5,45	5,48	5,47
A3B2	4,80	4,79	4,80	4,86	4,84	4,85	5,36	5,40	5,38
A3B3	4,77	4,75	4,76	4,77	4,80	4,79	5,22	5,25	5,24

ANEXO B

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANEXO B-1

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Tabla B.1.1. Análisis de varianza para pH en néctar de naranjilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:REPLICA	0.001651	2	0.00082	0.09833	0.9068
B:Frecuencia	0.038940	2	0.01947	2.31810	0.1257
C:Tiempo	0.238941	2	0.11947	14.22382	0.0002*
INTERACCIONES					
BC	0.041748	4	0.010437	1.24260	0.3266
RESIDUOS	0.159586	19	0.008399		
TOTAL (CORREGIDO)	0.480868	29			

Tabla B.1.2. Prueba de Tukey para pH

Alfa=0.05 DMS=0.07522

Tratamientos	Medias	n	E.E.							
Control	0.60	3	0.01	A						
A2B1	0.55	3	0.01	A	B					
A1B1	0.52	3	0.01		B	C				
A1B2	0.47	3	0.01			C	D			
A2B2	0.42	3	0.01				D	E		
A2B3	0.39	3	0.01					E		
A1B3	0.39	3	0.01					E		
A3B3	0.30	3	0.01						F	
A3B1	0.27	3	0.01						F	G
A3B2	0.20	3	0.01							G

Gráfico B.1.1. Parámetro físico-químico pH

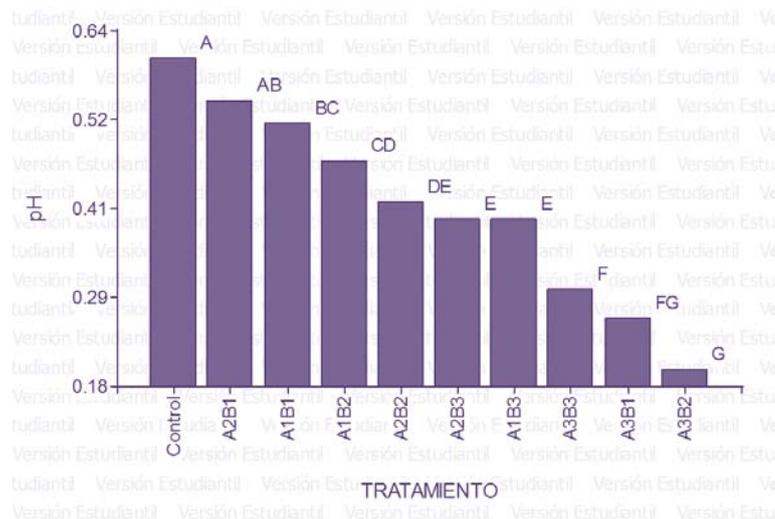


Tabla B.1.3. Análisis de varianza para conductividad eléctrica en néctar de naranjilla.

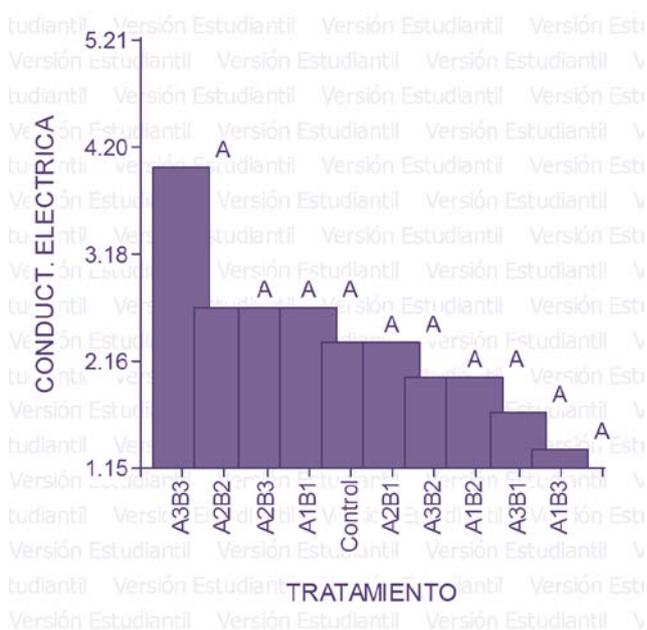
Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Frecuencia	1.1851	2	0.59259	1.00629026	0.3842
B:Tiempo	1.8518	2	0.92592	1.57232759	0.2334
C:REPLICA	0.0740	2	0.03703	0.06289303	0.9392
INTERACCIONES					
AB	11.2593	4	2.81481	4.77986731	0.0777
RESIDUOS	11.1888	19	0.58888		
TOTAL (CORREGIDO)	25.5593	29			

Tabla B.1.4. Prueba de Tukey para conductividad eléctrica

Alfa=0.05 DMS=5.20996

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
A3B3	4	3	1.03	A
A2B2	2.67	3	1.03	A
A2B3	2.67	3	1.03	A
A1B1	2.67	3	1.03	A
Control	2.33	3	1.03	A
A2B1	2.33	3	1.03	A
A3B2	2.00	3	1.03	A
A1B2	2.00	3	1.03	A
A3B1	1.67	3	1.03	A
A1B3	1.33	3	1.03	A

Gráfico B.1.2. Parámetro físico-químico conductividad eléctrica



RESPUESTA EXPERIMENTAL, VISCOSIDAD DINÁMICA

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{d_1^{*t_1}}{d_2^{*t_2}}$$

η = viscosidad de líquido

d = densidad del líquido

t = tiempo de corrido del líquido

DATOS:

d naranjilla (g/cm ³) :	1.031512
d agua 18°C(g/cm ³) :	0.99868
n agua 18°C (N*s/m ²) :	0.001054
t de agua y néctar de naranjilla:	Ver anexo A.1.5

Tabla B.1.5. Análisis de viscosidad del néctar de naranjilla.

Tratamientos	DIA 0	DIA 7	DIA 14
Control	0.00145	0.00152	0.00167
A1B1	0.00145	0.00145	0.00159
A1B2	0.00145	0.00145	0.00159
A1B3	0.00145	0.00145	0.00159
A2B1	0.00145	0.00145	0.00159
A2B2	0.00145	0.00145	0.00159
A2B3	0.00145	0.00145	0.00159
A3B1	0.00145	0.00145	0.00159
A3B2	0.00145	0.00145	0.00159
A3B3	0.00145	0.00145	0.00159

CÁLCULO DEL CAUDAL EN EL EQUIPO DE PEAC

$$Q = \frac{v}{t}$$

DATOS

Volumen: 1.25 lt

Tiempo: 15 seg

$$Q = 0.083 \text{ lt/seg}$$

$$Q = 0.333 \text{ lt/min}$$

ANEXO B-2

ANÁLISIS DE ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

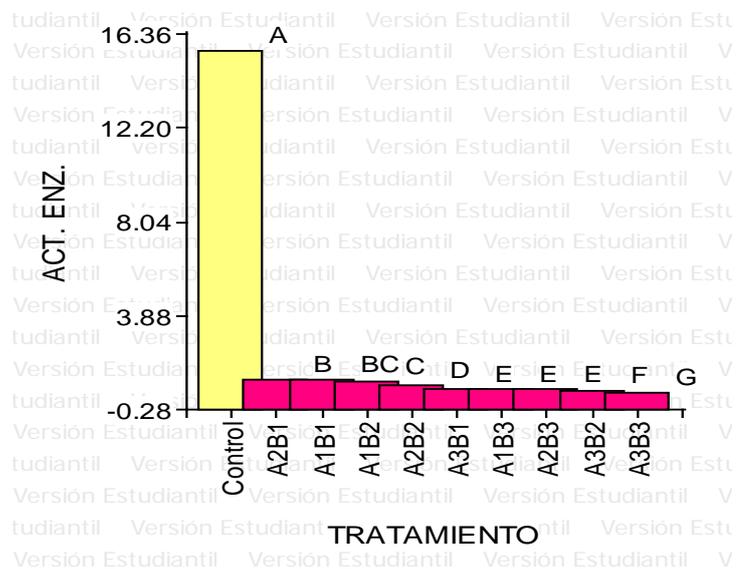
Tabla B.2.1. Análisis de varianza para actividad enzimática en néctar de naranjilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:REPLICA	0.082688	1	0.082688	4.02	0.0798
B:Frecuencia	0.440411	2	0.220206	10.71	0.0055*
C:Tiempo	0.173078	2	0.086538	4.21	0.0563
INTERACCIONES					
BC	0.074455	4	0.018613	0.91	0.5043
RESIDUOS	0.164411	8	0.020551		
TOTAL (CORREGIDO)	0.935044	17			

Tabla B.2.2. Prueba de Tukey para actividad enzimática
Alfa=0.05 DMS=0.06117

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.												
Control	15.6	2	0.01	A											
A2B1	1.04	2	0.01		B										
A1B1	1.01	2	0.01		B	C									
A1B2	0.96	2	0.01			C									
A2B2	0.75	2	0.01				D								
A3B1	0.67	2	0.01					E							
A1B3	0.67	2	0.01					E							
A2B3	0.65	2	0.01					E							
A3B2	0.58	2	0.01						F						
A3B3	0.48	2	0.01							G					

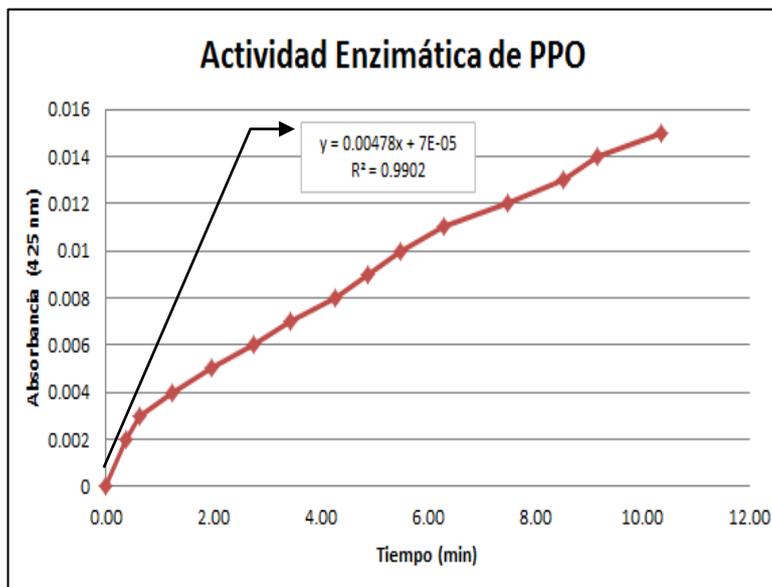
Gráfico B.2.1. Actividad enzimática de PPO en néctar de naranjilla



DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE PPO EN EL NÉCTAR DE NARANJILLA DEL MEJOR TRATAMIENTO A3B1 DURANTE EL PRIMER DÍA DE ELABORACIÓN

T (min)	Absorbancia (425 nm)
0.00	0
0.37	0.002
0.63	0.003
1.23	0.004
1.98	0.005
2.75	0.006
3.43	0.007
4.27	0.008
4.88	0.009
5.50	0.010
6.32	0.011
7.50	0.012
8.53	0.013
9.17	0.014
10.37	0.015

Gráfico B.2.2 Actividad Enzimática del Tratamiento A3B1



Ecuación de la recta: $y = mx + b$

Ecuación No1. Día 0 $y = 0.00478x + 7E-05$

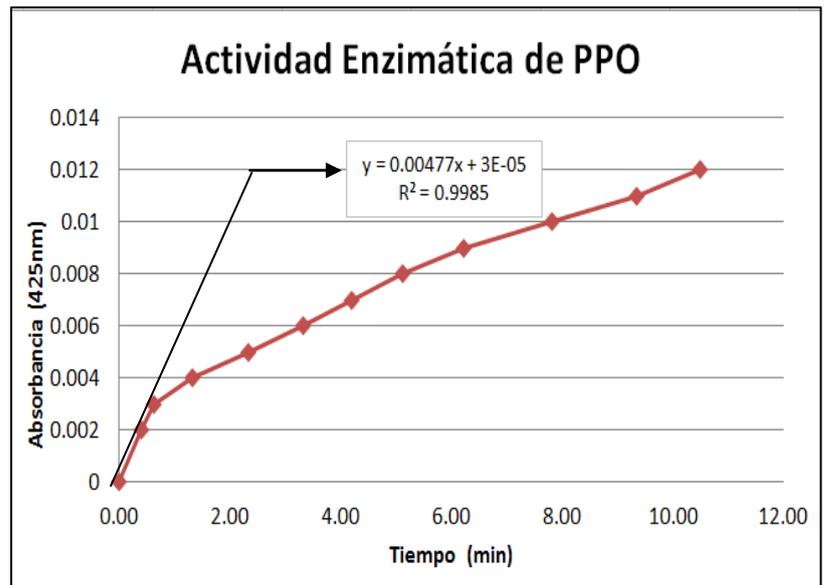
Calculo de actividad enzimática:

$$Actividad \left(\frac{U \text{ PPO}}{ml} \right) = \frac{m}{0.001} = \frac{0.00478}{0.001} = 4.78 \text{ U PPO/ml}$$

DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE PPO EN EL NÉCTAR DE NARANJILLA DEL MEJOR TRATAMIENTO A3B3 DURANTE EL PRIMER DÍA DE ELABORACIÓN

T (min)	Absorbancia (425 nm)
0.00	0
0.40	0.002
0.63	0.003
1.33	0.004
2.33	0.005
3.33	0.006
4.20	0.007
5.12	0.008
6.23	0.009
7.83	0.010
9.35	0.011
10.50	0.012

Gráfico B.2.3 Actividad Enzimática del Tratamiento A3B3



Ecuación de la recta: $y = mx + b$

Ecuación No1. Día 0 $y = 0.00477x + 3E-05$

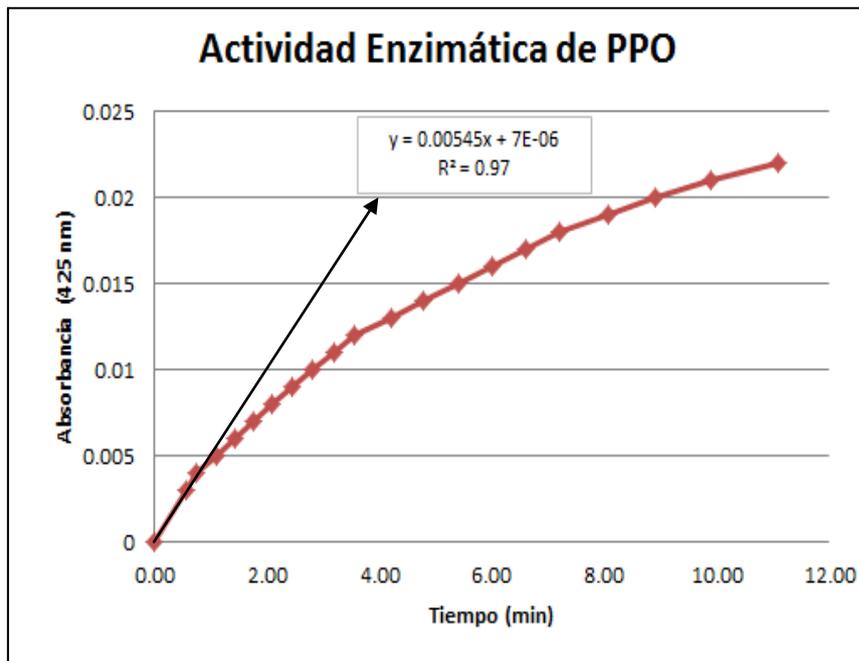
Calculo de actividad enzimática:

$$Actividad \left(\frac{U \text{ PPO}}{ml} \right) = \frac{m}{0.001} = \frac{0.00477}{0.001} = 4.77 \text{ U PPO/ml}$$

DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE PPO DEL NÉCTAR DE NARANJILLA DEL MEJOR TRATAMIENTO A3B1 DURANTE 14 DÍAS DE ALMACENAMIENTO

T (min)	Absorbancia (425 nm)
0.00	0
0.55	0.003
0.73	0.004
1.10	0.005
1.42	0.006
1.77	0.007
2.08	0.008
2.45	0.009
2.80	0.010
3.18	0.011
3.57	0.012
4.20	0.013
4.78	0.014
5.40	0.015
6.02	0.016
6.60	0.017
7.20	0.018
8.07	0.019
8.90	0.020
9.90	0.021
11.08	0.022

Gráfico B.2.4 Actividad Enzimática del Tratamiento A3B1



Ecuación de la recta: $y = mx + b$

Ecuación No1. Día 14 $y = 0.00545x + 7E-06$

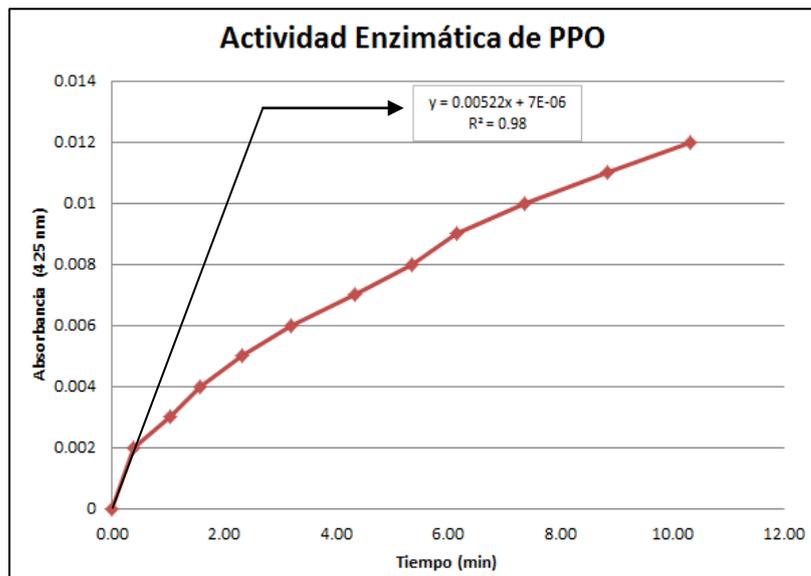
Calculo de actividad enzimática:

$$Actividad \left(\frac{U \text{ PPO}}{ml} \right) = \frac{m}{0.001} = \frac{0.00445}{0.001} = 4.45 \text{ U PPO/ml}$$

DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE PPO DEL NÉCTAR DE NARANJILLA DEL MEJOR TRATAMIENTO A3B3 DURANTE LOS 14 DÍAS DE ALMACENAMIENTO

T (min)	Absorbancia (425 nm)
0.00	0
0.38	0.002
1.05	0.003
1.58	0.004
2.33	0.005
3.20	0.006
4.33	0.007
5.35	0.008
6.15	0.009
7.37	0.010
8.85	0.011
10.33	0.012

Gráfico B.2.5 Actividad Enzimática del Tratamiento A3B3



Ecuación de la recta: $y = mx + b$

Ecuación No1. Día 14 $y = 0.00522x + 7E-06$

Calculo de actividad enzimática:

$$Actividad \left(\frac{U \text{ PPO}}{ml} \right) = \frac{m}{0.001} = \frac{0.00522}{0.001} = 5.22 \text{ UPPO/ml}$$

GRÁFICO B.2.6 VARIACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA PPO EN EL NÉCTAR DE NARANJILLA EN EL TRANCURSO DE CATORCE DÍAS



Tabla B.2.3. RELACIÓN DE ACTIVIDADES EN EL PRIMER DIA DE ELABORACION DE LOS TRATAMIENTOS CON RESPECTO AL CONTROL EN EL NÉCTAR DE NARANJILLA

TRATAMIENTOS	% IE en día 1
A1B1	9,64
A1B2	9,83
A1B3	9,55
A2B1	9,64
A2B2	9,17
A2B3	9,07
A3B1	9,36
A3B2	9,36
A3B3	10,02

IE = Inactivación Enzimática

Tabla B.2.4. RELACIÓN DE ACTIVIDADES DEL DÍA CATORCE DE ALMACENAMIENTO EN LOS TRATAMIENTOS DEL NÉCTAR DE NARANJILLA

TRATAMIENTOS	% IA en día 14
Control	3.9480
A1B1	1.2103
A1B2	1.2013
A1B3	1.1400
A2B1	1.2176
A2B2	1.1571
A2B3	1.1351
A3B1	1.1397
A3B2	1.1220
A3B3	1.0998

IA = Incremento de Actividad

ANEXO B-3

ANÁLISIS SENSORIAL

CARACTERÍSTICA SENSORIAL “AROMA”

Tabla B.3.1. Análisis de varianza para el atributo aroma en néctar de naranjilla.

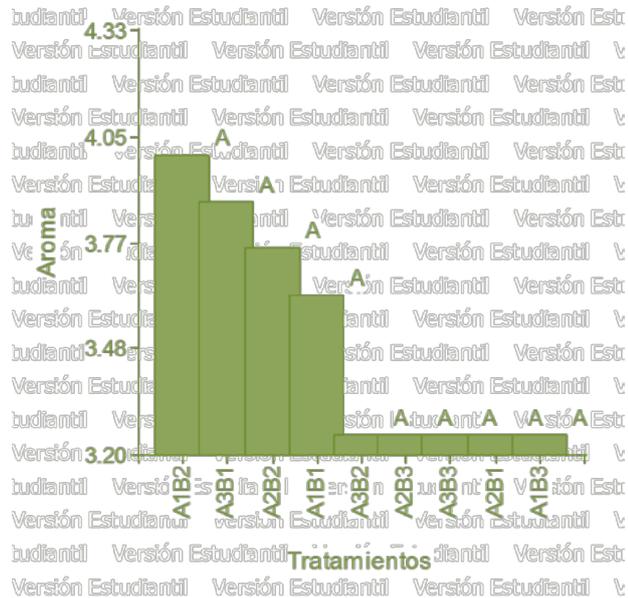
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32.22	43	0.75	1.18	0.3257
Bloques	26.00	35	0.74	1.17	0.3374
Tratamientos	6.22	8	0.78	1.23	0.3211
Error	17.78	28	0.63		
Total	50.00	71			

Tabla B.3.2. Prueba de Tukey para la variable aroma

Alfa=0.05 DMS=0.81610

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
A1B2	4.00	8	0.28	A
A3B1	3.88	8	0.28	A
A2B2	3.75	8	0.28	A
A1B1	3.63	8	0.28	A
A3B2	3.25	8	0.28	A
A2B3	3.25	8	0.28	A
A3B3	3.25	8	0.28	A
A2B1	3.25	8	0.28	A
A1B3	3.25	8	0.28	A

Gráfico B.3.1. Característica organoléptica Aroma.



CARACTERÍSTICA SENSORIAL “COLOR”

Tabla B.3.3. Análisis de varianza para el atributo color en néctar de naranjilla.

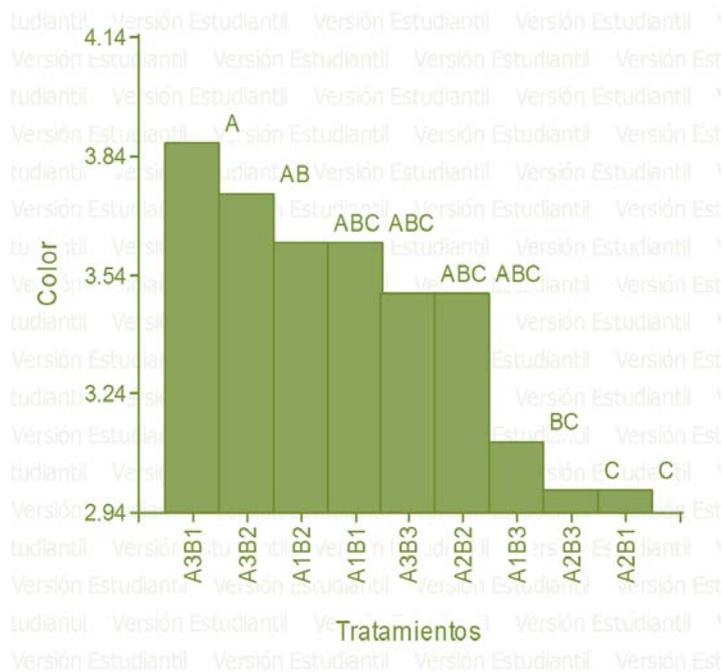
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27.33	43	0.64	1.70	0.0694
Bloques	15.78	35	0.45	1.21	0.3056
Tratamientos	11.56	8	1.44	3.87	0.0035
Error	10.44	28	0.37		
Total	37.78	71			

Tabla B.3.4. Prueba de Tukey para la variable color

Alfa=0.05 DMS=0.62553

Tratamientos	Medias	n	E.E.			
A3B1	3.88	8	0.22	A		
A3B2	3.75	8	0.22	A	B	
A1B2	3.63	8	0.22	A	B	C
A1B1	3.63	8	0.22	A	B	C
A3B3	3.50	8	0.22	A	B	C
A2B2	3.50	8	0.22	A	B	C
A1B3	3.13	8	0.22		B	C
A2B3	3.00	8	0.22			C
A2B1	3.00	8	0.22			C

Gráfico B.3.2. Característica organoléptica Color.



CARACTERÍSTICA SENSORIAL “DULZOR”

Tabla B.3.5. Análisis de varianza para el atributo dulzor en néctar de naranjilla.

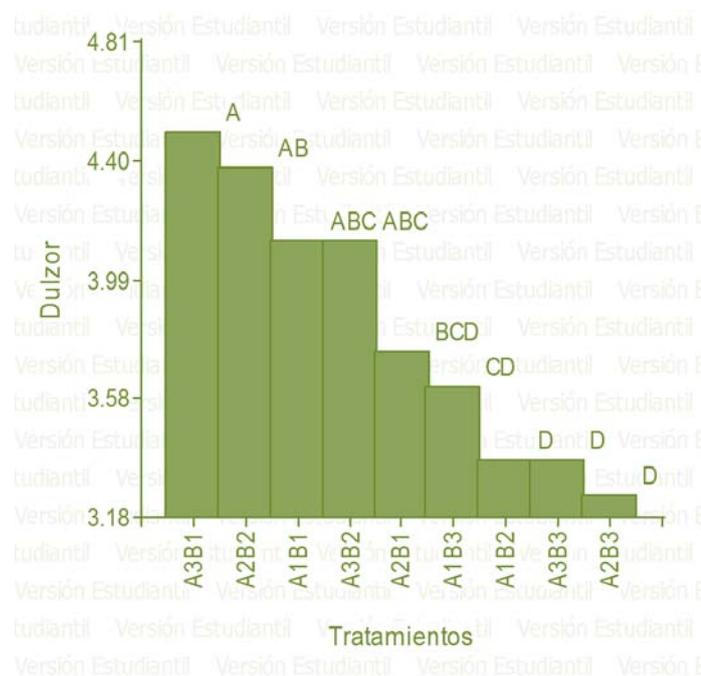
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	43.44	43	1.01	2.25	0.0128
Bloques	36.00	35	1.03	2.29	0.0132
Tratamientos	7.44	8	0.93	2.08	0.0733
Error	12.56	28	0.45		
Total	56.00	71			

Tabla B.3.6. Prueba de Tukey para la variable dulzor

Alfa=0.05 DMS=0.68584

Tratamientos	Medias	n	E.E.				
A3B1	4.50	8	0.24	A			
A2B2	4.38	8	0.24	A	B		
A1B1	4.13	8	0.24	A	B	C	
A3B2	4.13	8	0.24	A	B	C	
A2B1	3.75	8	0.24		B	C	D
A1B3	3.63	8	0.24			C	D
A1B2	3.38	8	0.24				D
A3B3	3.38	8	0.24				D
A2B3	3.25	8	0.24				D

Gráfico B.3.3. Característica organoléptica Dulzor.



CARACTERÍSTICA SENSORIAL “ACIDEZ”

Tabla B.3.7. Análisis de varianza para el atributo acidez en néctar de naranjilla.

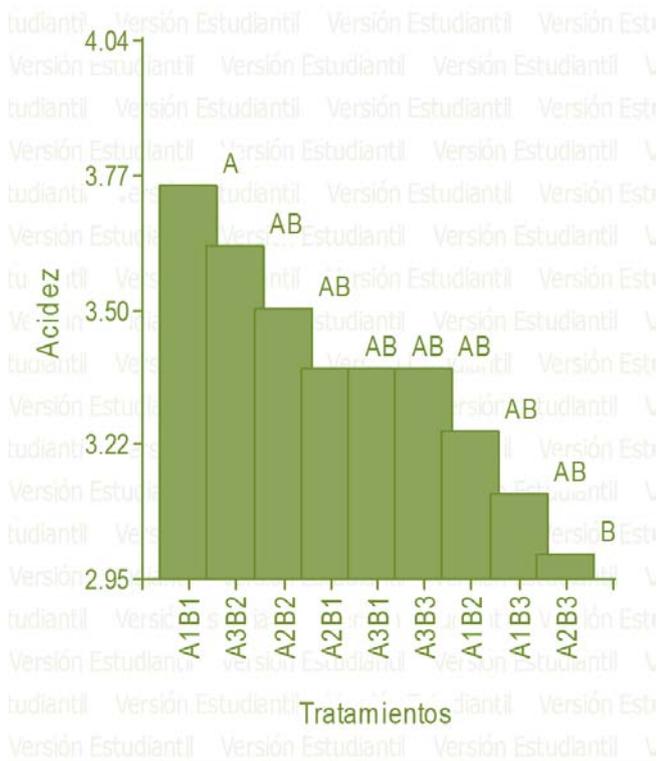
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	37.60	43	0.87	1.84	0.0450
Tratamientos	3.50	8	0.44	0.92	0.5131
Bloques	34.10	35	0.97	2.05	0.0266
Error	13.28	28	0.47		
Total	50.88	71			

Tabla B.3.8. Prueba de Tukey para la variable acidez

Alfa=0.05 DMS=0.70529

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
A1B1	3.75	8	0.24	A	
A3B2	3.63	8	0.24	A	B
A2B2	3.50	8	0.24	A	B
A2B1	3.38	8	0.24	A	B
A3B1	3.38	8	0.24	A	B
A3B3	3.38	8	0.24	A	B
A1B2	3.25	8	0.24	A	B
A1B3	3.13	8	0.24	A	B
A2B3	3.00	8	0.24		B

Gráfico B.3.4. Característica organoléptica de Acidez.



CARACTERÍSTICA SENSORIAL “SABOR”

Tabla B.3.9. Análisis de varianza para el atributo sabor en néctar de naranjilla.

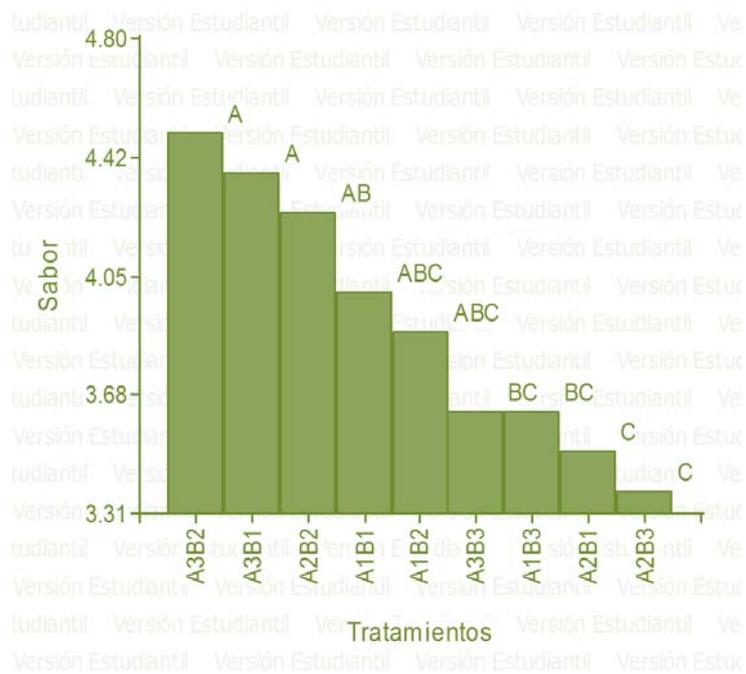
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32.60	43	0.76	1.81	0.0498
Bloques	25.82	35	0.74	1.76	0.0632
Tratamientos	6.78	8	0.85	2.02	0.0803
Error	11.72	28	0.42		
Total	44.32	71			

Tabla B.3.10. Prueba de Tukey para la variable sabor

Alfa=0.05 DMS=0.66269

Tratamientos	Medias	n	E.E.			
A3B2	4.50	8	0.23	A		
A3B1	4.38	8	0.23	A		
A2B2	4.25	8	0.23	A	B	
A1B1	4.00	8	0.23	A	B	C
A1B2	3.88	8	0.23	A	B	C
A3B3	3.63	8	0.23		B	C
A1B3	3.63	8	0.23		B	C
A2B1	3.50	8	0.23			C
A2B3	3.38	8	0.23			C

Gráfico B.3.5. Característica organoléptica Sabor.



CARACTERÍSTICA SENSORIAL “PERSISTENCIA DEL SABOR”

Tabla B.3.11. Análisis de varianza para el atributo persistencia del sabor en néctar de naranjilla.

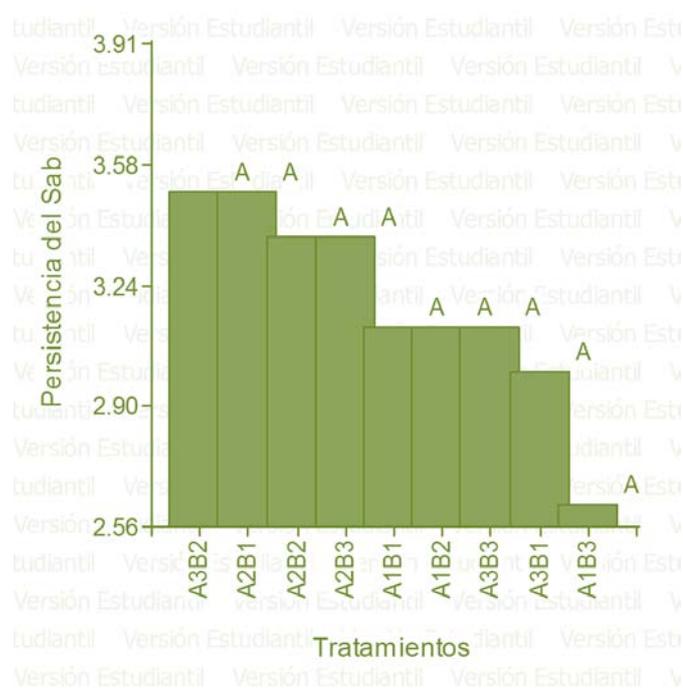
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	29.61	43	0.69	0.70	0.8597
Tratamientos	5.03	8	0.63	0.64	0.7408
Bloques	24.58	35	0.70	0.71	0.8318
Error	27.67	28	0.99		
Total	57.28	71			

Tabla B.3.12. Prueba de Tukey para la variable persistencia del sabor

Alfa=0.05 DMS=1.01809

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
A3B2	3.50	8	0.35	A
A2B1	3.50	8	0.35	A
A2B2	3.38	8	0.35	A
A2B3	3.38	8	0.35	A
A1B1	3.13	8	0.35	A
A1B2	3.13	8	0.35	A
A3B3	3.13	8	0.35	A
A3B1	3.00	8	0.35	A
A1B3	2.63	8	0.35	A

Gráfico B.3.6. Característica organoléptica de Persistencia del Sabor.



CARACTERÍSTICA SENSORIAL “ACEPTABILIDAD”

Tabla B.3.13. Análisis de varianza para el atributo aceptabilidad en néctar de naranjilla.

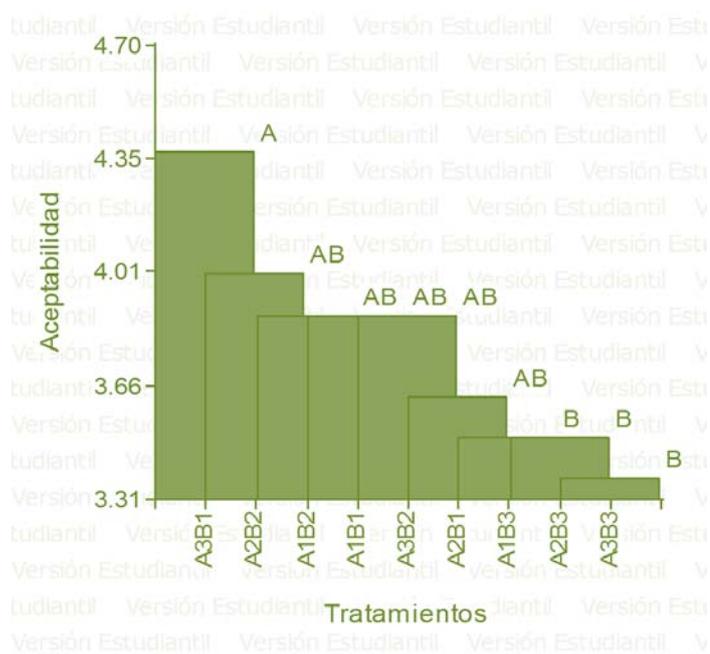
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33.11	43	0.77	1.41	0.1717
Tratamientos	6.19	8	0.77	1.41	0.2340
Bloques	26.92	35	0.77	1.40	0.1793
Error	15.33	28	0.55		
Total	48.44	71			

Tabla B.3.14. Prueba de Tukey para la variable aceptabilidad

Alfa=0.05 DMS=0.75792

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
A3B1	4.38	8	0.26	A	
A2B2	4.00	8	0.26	A	B
A1B2	3.88	8	0.26	A	B
A1B1	3.88	8	0.26	A	B
A3B2	3.88	8	0.26	A	B
A2B1	3.63	8	0.26	A	B
A1B3	3.50	8	0.26		B
A2B3	3.50	8	0.26		B
A3B3	3.38	8	0.26		B

Gráfico B.3.7. Característica organoléptica Aceptabilidad.



ANEXO B-4

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL

Tabla B.4.1. Recuento de microorganismos en néctar de naranjilla, mejor tratamiento A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) de acuerdo a resultados sensoriales.

Tiempo (horas)	Réplica 1	Réplica 2
	Coliformes Totales (UFC/g)	Coliformes Totales (UFC/g)
72	2	3
144	5	6
240	14	13
336	22	20

Tabla B.4.2. Recuento de microorganismos en néctar de naranjilla, mejor tratamiento A3B3 (frecuencia 250 Hz, tiempo 45 min) de acuerdo a resultados de actividad enzimática.

Tiempo (horas)	Réplica 1	Réplica 2
	Coliformes Totales (UFC/g)	Coliformes Totales (UFC/g)
72	2	2
144	4	5
240	8	9
336	14	15

Tabla B.4.3. Valores en función logarítmica de UFC/g para calcular la vida útil del néctar de naranjilla, en el mejor tratamiento A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) de acuerdo a resultados sensoriales.

Tiempo (horas)	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
	Coliformes Totales LN (UFC/g)	Coliformes Totales LN (UFC/g)	Coliformes Totales LN (UFC/g)
72	0.6931	1.0986	0.8959
144	1.6094	1.7918	1.7006
240	2.6391	2.5649	2.6020
336	3.0910	2.9957	3.0434

Tabla B.4.4. Valores en función logarítmica de UFC/g para calcular la vida útil del néctar de naranjilla, en el mejor tratamiento A3B3 (frecuencia 250 Hz, tiempo 45 min) de acuerdo a resultados de actividad enzimática.

	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
Tiempo (horas)	Coliformes Totales LN (UFC/g)	Coliformes Totales LN (UFC/g)	Coliformes Totales LN (UFC/g)
72	0.6931	0.6931	0.6931
144	1.3863	1.6094	1.4979
240	2.0794	2.1972	2.1383
336	2.6391	2.7081	2.6736

Gráfico B.4.1. Ln de la concentración de microorganismos vs. Tiempo, del néctar de naranjilla, en el mejor tratamiento A3B1 (frecuencia 250 Hz, tiempo 15 min) definido de acuerdo a resultados sensoriales.

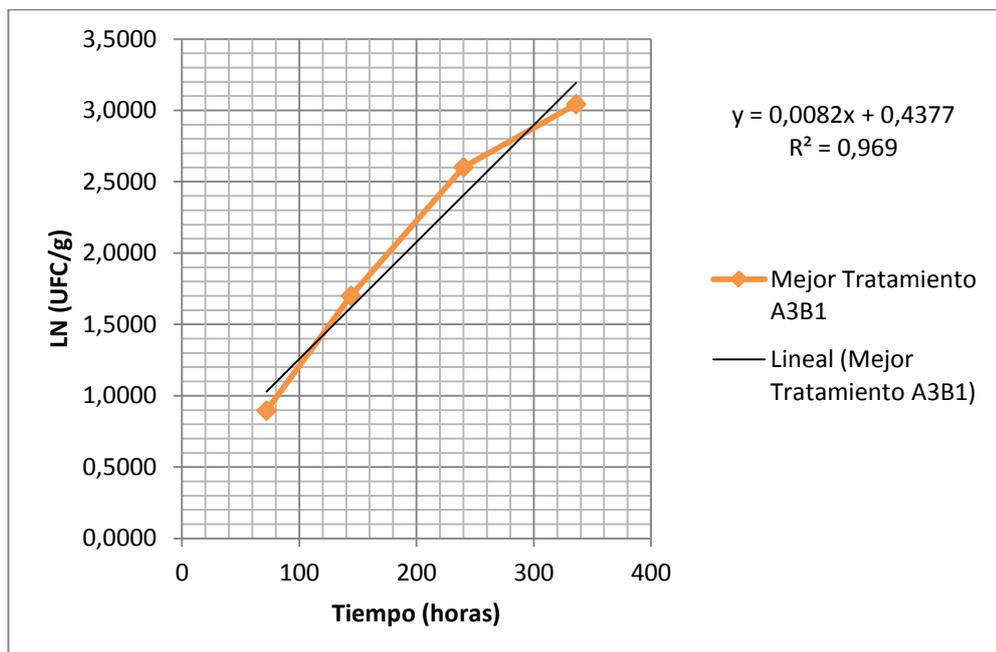
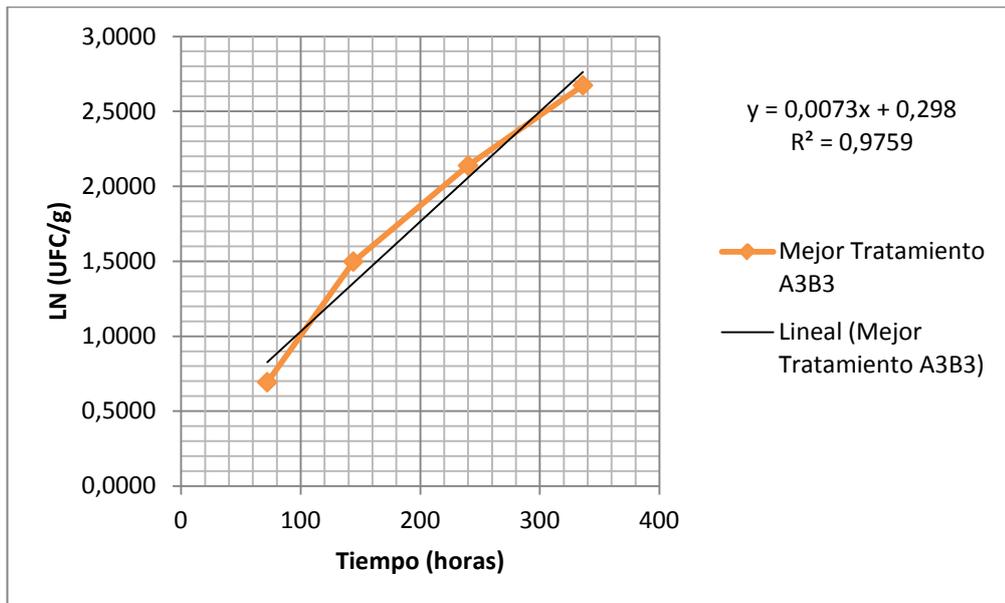


Gráfico B.4.2. Ln de la concentración de microorganismos vs. Tiempo, del néctar de naranjilla, en el mejor tratamiento A3B3 (frecuencia 250 Hz, tiempo 45 min) establecido de acuerdo a resultados de actividad enzimática.



ANEXO C

ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de Acidez

$$\text{Acidez Titulable}(\% \text{ ácido cítrico}) = \frac{N * V * mEq}{Vm} * 100$$

Donde

N = Normalidad NaOH

V = ml de NaOH utilizados en la titulación

Vm = ml de la muestra

mEq = 0,070 equivalente químico del ácido cítrico

Ecuación 2. Determinación del caudal

$$Q = \frac{v}{t}$$

Donde:

Q = caudal

v = volumen

t = tiempo

Ecuación 3. Determinación de la actividad de la polifenoloxidasasa (PPO)

$$\text{Actividad} \left(\frac{U \text{ PPO}}{ml} \right) = \frac{m}{0.001}$$

Ecuación 4. Determinación de Viscosidad Dinámica

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{d_1^{*t_1}}{d_2^{*t_2}}$$

η = viscosidad de líquido

d = densidad del líquido

t = tiempo de corrido del líquido

Ecuación 5. Determinación de Intensidad de Campo

$$E = \frac{v}{d}$$

Donde:

E = es la intensidad de campo eléctrico (kV/cm),

V = diferencia de potencial (Voltios)

D = es la distancia entre electrodos (cm)

Ecuación 6. Número promedio de ufc/ml de la muestra, guía de interpretación de placas petrifil 3M (2008)

$$ufc / ml = \frac{\sum_{ufc} \left(\frac{1}{F} \right)}{ml \text{ muestra}}$$

Dónde:

ufc/ml = Número estimado de bacterias contenidas en la muestra estudiada.

$\sum ufc$ = Sumatoria de todos los conteos realizados en las placas Petrifilm de la misma dilución.

(1/F) = Inverso del factor de dilución.

ml muestra = ml que se utilizaron para la siembra.

Ecuación 7. Actividad Residual Relativa

Las actividades residuales (AR) de PPO se calcularon mediante la ecuación:

$$AR = \frac{A_t}{A_o} \times 100$$

Donde:

A_t = actividades enzimáticas de la muestra tratada.

A_o = actividades enzimáticas de las muestras sin tratar.

Ecuación 8. Inactivación Enzimática

$$\% IE = 100 - AR$$

Donde:

AR = Actividad residual relativa

ANEXO D

CARACTERIZACIÓN DE LA NARANJILLA Y FORMULACIÓN DEL NÉCTAR DE NARANJILLA

Tabla 1. Características físico-químicas de la Naranjilla

Características físico-químicas de la Naranjilla (<i>Solanum quitoense</i> Lam)	
Características	Respuestas
Físicas	
peso de fruta (g)	87,0
Rendimiento de fruta	
Pulpa (%)	59,0
Cáscara (%)	29,6
Semilla (%)	11,4
Químicas	
pH	3,5
Acidez Titulable (% Ac. Cítrico)	2,3
Sólidos Solubles (°B)	10,0

Tabla 2. Formulación del néctar de Naranjilla

Ingredientes	Cantidad	Porcentaje	Característica
Pulpa	2,200 lt	20,0	°B = 12
Azúcar	1,012 Kg	9,2	
Agua	7,788 lt	70,8	
TOTAL	11,000 lt	100,0	

ANEXO E

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL NÉCTAR DE NARANJILLA

Costos de Materia Prima

Tabla 1. Costos de materia prima

Materiales	Cantidad	Costo \$	Valor \$
Naranja	4 kg	1,07	4,28
Envases de vidrio 250 ml	45	0,35	15,75
Subtotal			20,03

Costos de Insumo

Tabla 2. Insumo

Materiales	Cantidad (kg)	Costo \$	Valor \$
Azúcar	1,2	0,80	0,96
Subtotal			0,96

Costos de Equipo Empleado

Tabla 3. Equipo empleado

Equipos	Costo	H. utilizadas	Vida útil	C. anual	C. día	C. hora	Total
Balanza	500	0,5	10	50	0,20	0,025	0,01
Valdés de acero inoxidable	80	3	10	8	0,03	0,004	0,01
Mesa de acero inoxidable	400	1	10	40	0,16	0,02	0,02
Olla de acero inoxidable	600	2	10	60	0,24	0,03	0,06
Cocina	450	2	10	45	0,18	0,02	0,04
Utensilios	350	3	5	70	0,28	0,04	0,12
Centrifuga	1500	3	10	150	0,60	0,08	0,24
Espectrofotómetro	12000	2	10	1200	4,80	0,60	1,20
Subtotal							1,70

Tabla 4. Servicios

Servicios	Consumo	Tiempo	Precio unitario	Total
Energía (Kw/h)	30	por parada	0,08	2,40
Agua (m ³)	2,00	por parada	0,20	0,40
			Subtotal	2,80

Tabla 5. Síntesis del estudio

DESCRIPCIÓN	Valor Total (\$)
Costo Total por parada	25,49
Costo Unitario por cada envase	0,57
Utilidad de cada envase (15%)	0,65

ANEXO F

HOJA DE CATACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Fecha:

Edad:

INSTRUCCIONES: Deguste cuidadosamente cada una de las muestras apreciando su contenido total marcando con una **X** en la característica que Ud. considere conveniente.

ATRIBUTO	ESCALA	DESCRPTORES	CODIGO DE LAS MUESTRAS		
COLOR	1	Disgusta mucho			
	2	Disgusta			
	3	Ni gusta ni disgusta			
	4	Gusta			
	5	Gusta mucho			
AROMA	1	Disgusta mucho			
	2	Disgusta			
	3	Ni gusta ni disgusta			
	4	Gusta			
	5	Gusta mucho			
DULZOR	1	Disgusta mucho			
	2	Disgusta ligeramente			
	3	Ni gusta ni disgusta			
	4	Gusta			
	5	Gusta mucho			
ACIDEZ	1	Extremadamente acido			
	2	Acido			
	3	Normal			
	4	Suave			
	5	Ligeramente suave			
SABOR	1	Disgusta mucho			
	2	Disgusta			
	3	Ni gusta ni disgusta			
	4	Gusta			
	5	Gusta mucho			
PERSISTENCIA DEL SABOR	1	Muy persistente			
	2	Persistente			
	3	Normal			
	4	Ligeramente persistente			
	5	Nada persistente			
ACEPTABILIDAD	1	Disgusta mucho			
	2	Disgusta			
	3	Ni gusta ni disgusta			
	4	Gusta			
	5	Gusta mucho			

Autor: Sirley Vilcaguano

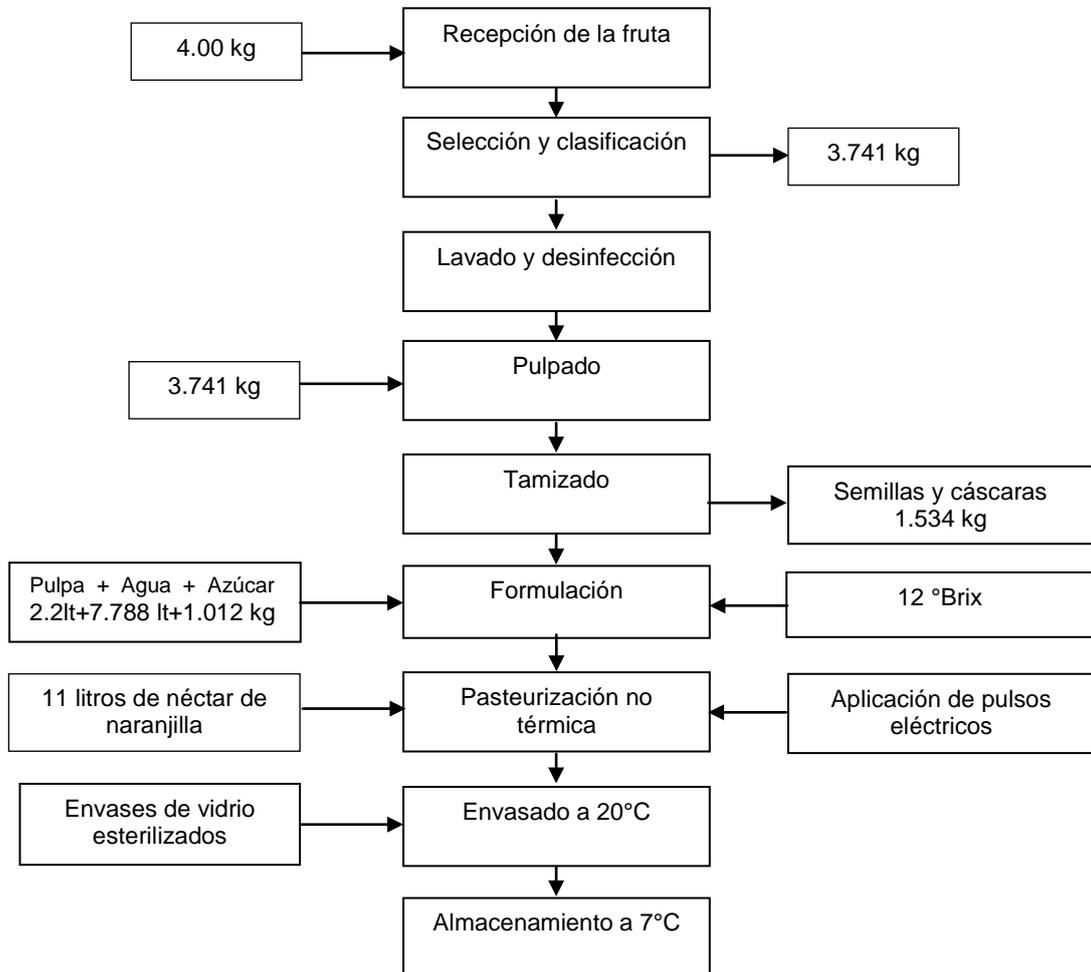
Observaciones:

ANEXO G

DIAGRAMA DE FLUJO:

PARA EL NÉCTAR DE NARANJILLA

NÉCTAR DE NARANJILLA



ANEXO H

FOTOGRAFÍAS

Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam)



Figura 1. Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam)

Néctares de Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam)



Figura 2. Tratamientos de néctar de naranjilla en el primer día de almacenamiento



Figura 3. Comparación de los mejores tratamientos del néctar de naranjilla en el primer día de almacenamiento junto con uno de supermercado



Figura 3. Tratamientos de néctar de naranjilla en el día catorce de almacenamiento



Figura 4. Comparación de los mejores tratamientos del néctar de naranjilla en el día catorce de almacenamiento junto con uno de supermercado

Análisis Sensorial



Figura 5. Panel de Cataciones



Figura 6. Hoja de catación con sus respectivas muestras



Figura 7. Cataciones

Equipos



Figura 8. Balanza



Figura 9. Centrífuga



Figura 10. Espectrofotómetro



Figura 11. Medidor de Conductividad

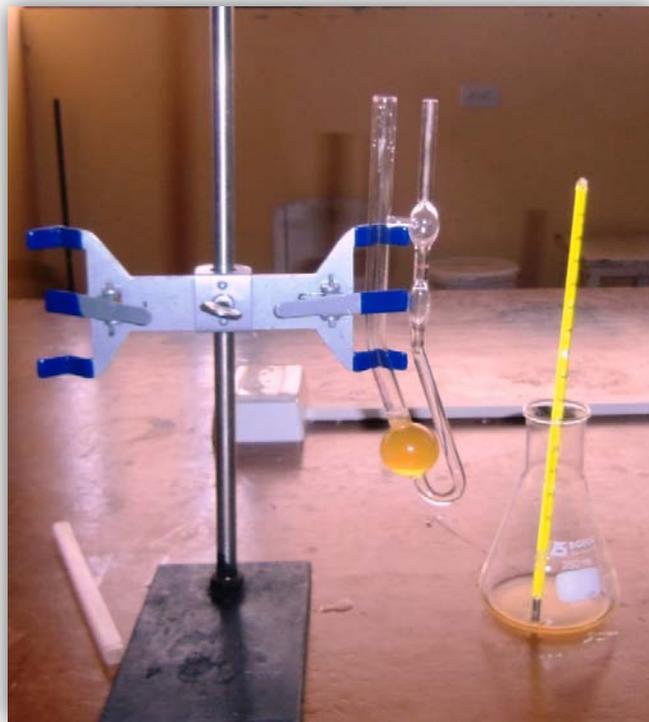


Figura 12. Viscosímetro



Figura 13. Buretas



Figura 14. ph-metro



Figura 15. Brixómetro



Figura 16. Autoclave



Figura 17. Incubadoras



Figura 18. Cámara de flujo laminar



Figura 19. Contador de colonias

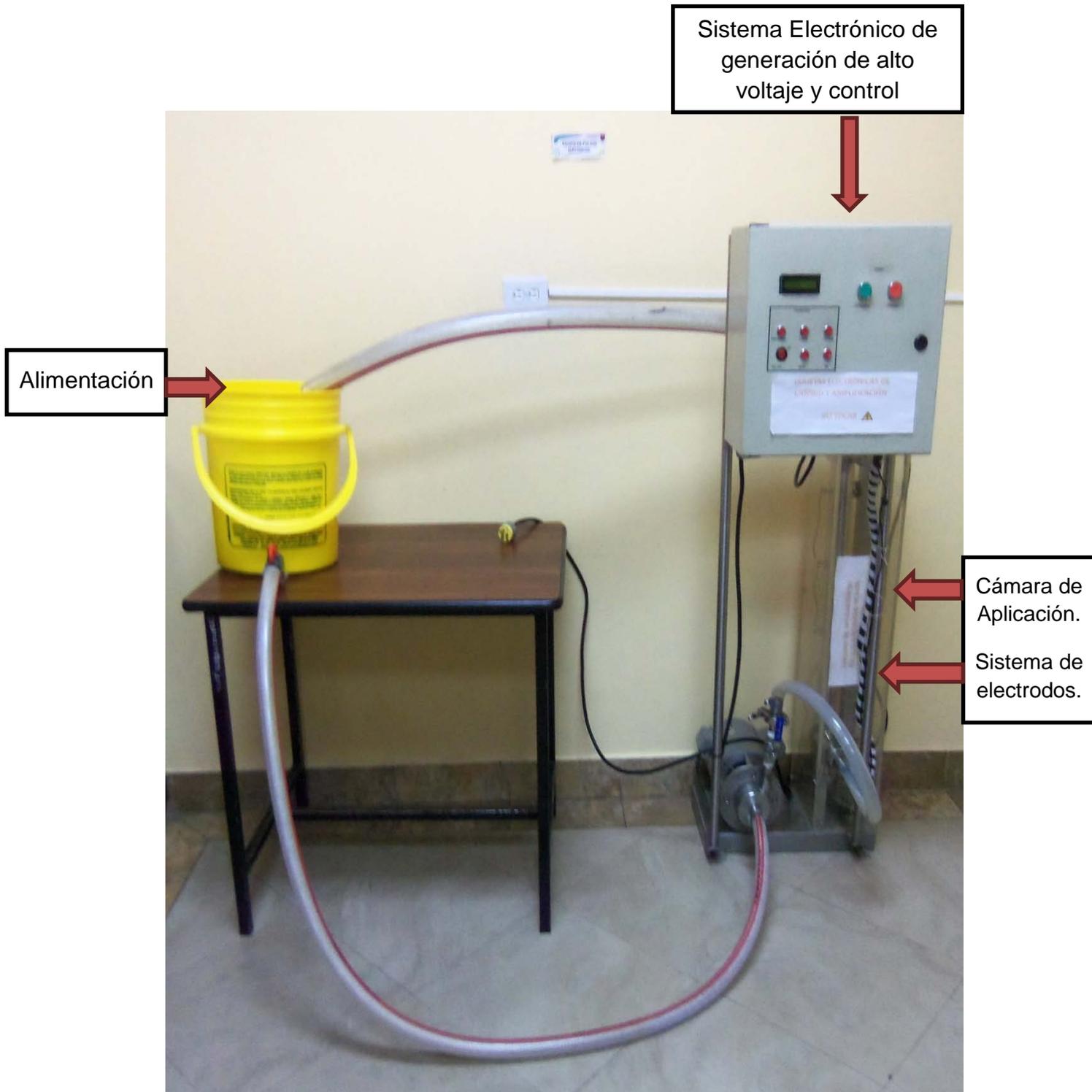


Figura 20. Equipo PEAC

ANEXO I

FICHAS TÉCNICAS