

Desarrollo de un prototipo de bebida de sábila (*Aloe vera barbadensis* Miller) y naranja

Aída Susana Sierra Guillén

ZAMORANO

Carrera de Agroindustria

Abril, 2002

ZAMORANO
Carrera de Agroindustria

**Desarrollo de un prototipo de bebida de
sábila (*Aloe vera barbadensis* Miller) y naranja**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura.

presentado por

Aída Susana Sierra Guillén

Zamorano, Honduras

Abril, 2002

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor

Aída Susana Sierra Guillén

Zamorano, Honduras

Abril, 2002

Desarrollo de un prototipo de bebida de sábila
(Aloe vera barbadensis Miller) y **naranja**

presentado por

Aída Susana Sierra Guillén

Aprobada:

Rodolfo Cojulún, M.Sc.
Asesor Principal

Claudia García, Ph.D.
Coordinadora de la Carrera
de Agroindustria

Gladys Fukuda, M.Sc.
Asesor

Antonio Flores, Ph.D.
Decano

Raúl Espinal, Ph.D.
Asesor

Keith L. Andrews, Ph.D.
Director General

Aurelio Revilla, M.S.A.
Coordinador PIA

DEDICATORIA

A Dios, Padre perfecto, por darme el soplo de vida por segunda vez y la oportunidad de realizar un sueño conocido sólo por El.

A la memoria de mi padre Carlos Sierra Andino.

A la vida de Reina Cleotilde Melgar, por su ejemplo de trabajo, orden, servicio, perseverancia, generosidad, nobleza y amor.

A Zamorano por todas las experiencias e imprimir en mí su lema: *Labor omnia vincit.*

AGRADECIMIENTOS

A mí Jesús que no echó de sí mi oración, ni su misericordia.

Al Ing. Rodolfo Cojulún por ser un paciente mentor, enseñarme a amar mi carrera y por su dedicación a este proyecto.

A la Lic. Gladys de Flores por su incomparable ayuda técnica, por sus minuciosas preguntas, las ideas para mejorar mi proyecto y todo su cariño.

Al Dr. Raúl Espinal por su ayuda y tiempo invertido en este proyecto.

Al Ing. Aurelio Revilla por heredarme el apellido "Zamorana", por sus enseñanzas, el ejemplo de humildad y ayuda incondicional.

Al Dr. Antonio Flores por sus oportunas intervenciones durante mi carrera en Zamorano y por brindarme las oportunidades para crecer profesionalmente.

A Paul Stufkens por su confianza, su ejemplo de trabajo y las facilidades brindadas.

A la Lic. Barrientos, Ing. Barros, Lic. Sanabria, Ing. Morales, Ing. Pamela Jaramillo por su amabilidad y ayuda técnica.

A Varinia García, Ana Ochoa, Isabel Salgado, Isaí Pineda y Emilio Carballo por su amable ayuda.

A la Dra. García por su confianza y su espíritu innovador.

A Hugo Zavala y Patricia Laínez por su ejemplo de servicio.

A los empleados del comedor por hacerme sentir en casa.

A mi familia por su apoyo, cariño y paciencia.

A Carolina Rivas por caminar a mi paso y por la luz que me dieron sus consejos.

A un grupo de amigos que con su amor y palabras de ánimo fueron fuerza para completar este proyecto: Margarita Mangualema, Andrea Muñoz y Eric Palma.

A todos los (as) Zamoranos(as) que al compartir la lucha contribuyeron con mi formación y a Enrique Rivas por su genuinidad, por recordarme que es indispensable la humildad y que en silencio se aprende más.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A la Secretaría de Agricultura y Ganadería SAG por financiar gran parte de mis estudios de Ingeniería Agronómica.

A Zamorano, en especial a Decanatura, Centro de Idiomas y Carrera de Agroindustria, por brindarme la oportunidad de trabajar para financiar parte de la Ingeniería Agronómica.

Al Fondo Dotal Hondureño por financiar mis estudios del programa de Agrónomo.

RESUMEN

Sierra, A. Susana. 2002. Desarrollo de un prototipo de bebida de sábila (*Aloe vera barbadensis* M.) y naranja. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 40 p.

La sábila tiene efectos positivos para el sistema digestivo por los fitoquímicos que contiene, como los mucopolisacáridos. Un sondeo de mercado indicó que 95% de los encuestados consumirían productos alimenticios de sábila, si tuvieran buen sabor y estuvieran listos para consumirse y que 61% prefiere sábila como una bebida mezclada con jugo de naranja. El objetivo fue desarrollar un prototipo de bebida de sábila y naranja de sabor aceptable. El mal sabor de la sábila se debe a la presencia de aloína, para removerla se añadió carbón activado (0.25%) y para eliminar el carbón se centrifugó una, dos o tres veces, su efectividad se midió con absorbancia a 320 nm. Se determinó cualitativamente el remanente de aloína usando absorbancia a 365 nm. El jugo clarificado se mezcló en igual proporción con jugo de naranja y se ajustó a 12 °Brix agregando 10% de azúcar y 0.1% de benzoato de sodio. Se hizo un ensayo exploratorio con luz UV-C como pasteurización en frío, empleando una lámina estática de 1.4 cm de grosor durante 10 y 20 minutos. La efectividad de la luz UV-C se midió por conteos de mesófilos aerobios, coliformes totales, mohos y levaduras. El uso del carbón y tres centrifugaciones removió 85% de la aloína y los mucopolisacáridos hasta 65%. La irradiación UV-C, no disminuyó a niveles aceptables el conteo inicial de mohos ni levaduras; sin embargo, para mesófilos aerobios fue efectivo el uso de luz UV-C durante 20 minutos. La presencia inicial de coliformes totales en el jugo de sábila se redujo de 13×10^2 a menos de 10 UFC/ml durante la centrifugación.

Palabras claves: Carbón activado, centrifugación, fitoquímicos, luz UV-C, nutraceuticos, mucopolisacáridos.

Nota De Prensa

¿TOMARÍA JUGO DE SÁBILA?

El consumo de jugo de sábila puede mejorar algunas funciones gastrointestinales, como normalizar el proceso de excreción, controlar infecciones por levaduras, promover el balance apropiado de bacterias digestivas y aliviar la indigestión y la irritación del colón. Una encuesta realizada en Tegucigalpa a finales de 2001, indicó que el 95% de los encuestados consumiría sábila como un producto alimenticio, si tuviera un buen sabor y estuviera lista para consumirse. Cuando se les preguntó qué producto preferirían, más del 60% señaló una bebida mezclada con jugo de naranja.

En Zamorano, se elaboró un prototipo de bebida de jugo de sábila libre de aloína y mezclada con jugo de naranja. La aloína, responsable del sabor amargo y astringente característico de la sábila, se removió utilizando carbón activado y centrifugación. Se mezclaron los jugos en proporciones iguales, se añadió azúcar y benzoato de sodio. La bebida resultó ser muy estable manteniendo la frescura del sabor.

Se espera refinar el prototipo y evaluar la aceptabilidad de la bebida en el mercado meta para así promover el cultivo de sábila en zonas áridas, que permitan el desarrollo de estas comunidades, y a la vez que provea a la industria de una materia prima que presenta múltiples beneficios a la salud.

Licda. Sobeyda Alvarez

CONTENIDO

Portadilla	i
Autoría	ii
Página de firmas	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Agradecimientos a patrocinadores	vi
Resumen	vii
Nota de prensa	viii
Contenido	ix
Índice de Cuadros	xii
Índice de Figuras	xiii
Índice de Anexos	xvi
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 LÍMITES DEL ESTUDIO	2
1.4 JUSTIFICACIÓN	2
1.5 OBJETIVOS	2
1.5.1 General	2
1.5.2 Específicos	2
2 REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS	3
2.1.2 Clasificación de los nuevos productos	3
2.1.3 Metodología del desarrollo de nuevos productos	3
2.1.3.1 Investigación de mercado	4
2.2 PRODUCTOS NUTRACÉUTICOS	4
2.3 ORIGEN DE LA SÁBILA	5
2.4 COMPONENTES EN LA SÁBILA	5
2.4.1 Cáscara	5
2.4.2 Látex	6
2.4.3 Gel	6
2.5 PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE SÁBILA	7
2.5.1 Método tradicional de fileteado a mano	7
2.5.2 Uso de la hoja entera	8
2.5.3 Polvos de sábila	8
2.5.4 Proceso en frío de la hoja entera de sábila	8

2.6	USO DE LA LUZ ULTRAVIOLETA	9
2.6.1	Definición, descripción y aplicaciones.....	9
2.6.2	Mecanismo de inactivación microbiana	10
2.6.3	Mecanismos de reparación	10
2.7	CENTRIFUGACIÓN	11
2.7.1	Centrífuga de cámara y disco	11
2.8	USO DE CARBÓN ACTIVADO PARA REMOCIÓN DE SABORES	11
2.8.1	Uso de tierra de diatomea	12
3	MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1	UBICACIÓN	13
3.2	MATERIALES	13
3.2.1	Materia primas	13
3.2.2	Equipo, utensilios y suministros	13
3.3	DETERMINACIÓN DEL PROTOTIPO A DESARROLLAR	14
3.4	DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROTOTIPO	14
3.4.1	Procedimiento	14
3.4.1.2	Cosecha de sábila	14
3.4.1.3	Almacenamiento	15
3.4.1.4	Extracción de jugo de sábila	15
3.4.1.5	Remoción de aloína	15
3.4.1.6	Extracción de jugo de naranja	16
3.4.1.7	Centrifugación	16
3.4.2	Formulación de la bebida de sábila y naranja	16
3.4.3	Tratamiento con luz ultravioleta	17
3.5	ABSORCIÓN DE LUZ	18
3.5.1	Determinación de aloína remanente, mucopolisácaridos y sólidos totales .	18
3.6	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	19
3.6.1	Toma de muestras	19
3.6.2	Recuento total de mesófilos aerobios	19
3.6.3	Recuento de mohos y levaduras	20
3.6.4	Recuento de coliformes totales	20
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1	SONDEO DE MERCADO	21
4.1.1	Consumo de sábila	21
4.2	PROTOTIPO DESARROLLADO	21
4.3	FORMULACIÓN DEL PROTOTIPO	21
4.4	REMOCIÓN DE ALOÍNA	22
4.4.1	Filtración al vacío	22
4.4.2	Efectividad de la centrifugación	22
4.4.3	Determinación cualitativa de presencia de aloína	23

4.4.4	Determinación de sólidos totales y mucopolisacaridos.....	25
4.4.5	Efecto de la centrifugación en la calidad microbiológica	26
4.5	ENSAYO DEL USO DE LUZ ULTRAVIOLETA	26
5.	CONCLUSIONES	28
6.	RECOMENDACIONES	29
7.	BIBLIOGRAFÍA	30
8.	ANEXOS	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Fórmula de la bebida de sábila y naranja	17
2.	Promedios de absorbancia a 320 nm del jugo de sábila entre tratamientos	24
3.	Promedios de absorbancia a 365 nm del jugo de sábila entre tratamientos	24
4.	Contenido de Sólidos Precipitables en Metanol (MPS) y mucopolisacáridos (MP) en el jugo de sábila y la bebida sábila y naranja	25
5.	Promedios del contenido de mucopolisacáridos	26
6.	Efecto de la centrifugación en la calidad microbiológica del jugo de sábila durante el procesamiento	26
7.	Efectividad de la luz UV-C en la calidad microbiológica de dos tratamientos	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1.	Perfil de consumo de sábila mediante encuesta (n=104, Tegucigalpa, 2001) .	22
2.	Perfil de absorbancia del jugo de sábila centrifugado y jugo sin centrifugar con carbón	23
3.	Evaluación cualitativa de remanencia de aloína en el jugo de sábila centrifugado y sin centrifugar	25

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1. Fases del desarrollo de nuevos productos	34
2. Variaciones en el contenido de sólidos totales y polisácaridos según el método de extracción de sábila	35
3. Métodos de extracción de sábila y sus componentes	35
4. Estándares establecidos para el gel y la hoja entera de sábila por el “International Aloe Science Council”	35
5. Encuesta de sondeo de mercado para la elaboración de un prototipo de producto alimenticio con base en sábila.....	36
6. Cálculo en el tamaño de muestra para el sondeo de mercado.....	37
7. Tipos de productos propuestos por los encuestados para desarrollar el prototipo	39
8. ANDEVA de la absorbancia a 320 nm por número de centrifugaciones.....	40
9. ANDEVA de la absorbancia a 365 nm por número de centrifugaciones.....	40
10. ANDEVA del contenido de mucopolisácaridos por número de centrifugaciones	40

1. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El ritmo de vida acelerado hace difícil balancear una dieta con todos los nutrientes esenciales para proveer energía, promover crecimiento, hacer frente a los problemas asociados con el proceso de envejecimiento, mantener los niveles óptimos de inmunidad, y combatir los efectos de la toxicidad. Es elocuente el hecho de que el ciudadano americano promedio tiene un estimado de más de 300 toxinas en su cuerpo que no existían antes de 1940 (Por qué suplementar...2000).

En los últimos años el sector agroalimentario y los consumidores han comenzado a considerar a los alimentos no sólo por su valor nutritivo sino por los beneficios a la salud. El mercado de los nutraceuticos y alimentos funcionales está siendo dirigido por los consumidores que tienen un mayor entendimiento de la relación de la dieta y las enfermedades. Las aplicaciones más comunes de los nutraceuticos son la reducción del colesterol, enfermedades cardiovasculares y osteoporosis, seguido de desarrollo infantil, alta presión, diabetes, desórdenes gastrointestinales, menopausia y la intolerancia a la lactosa.

Según Health Canadá (1998), los alimentos nutraceuticos se formulan en base a los ingredientes activos de plantas medicinales (hay algunos alimentos tradicionales que también contienen ingredientes activos a los que se les adjudica propiedades terapéuticas: i.e. papa) que tienen un beneficio fisiológico demostrado u ofrecen protección en contra de alguna enfermedad crónica. Para Costell (1999), en pocos años esta categoría de alimentos llegará a ser muy importante en la dieta de la sociedad. Hipócrates dijo: "permite que el alimento sea la medicina, y que la medicina sea el alimento" (*Aloe vera*, s.f.).

Una materia prima usada en la formulación de productos nutraceuticos es la sábila, de la familia de las liliáceas, cuya variedad más utilizada durante siglos ha sido *Aloe vera barbadensis* Miller. La sábila, aunque posee una gama de nutrientes es principalmente valorada por su contenido de fitoquímicos activos; los más estudiados son los mucopolisacáridos, éstos son sustancias que en pequeñas cantidades provocan cambios significativos en el metabolismo y conducta de las células vivas, además de actuar con los receptores en la superficie celular, no son tóxicas, ni residuales (Plaskett, s.f.). Muchos estudios concluyen que todos los componentes de la sábila actúan de forma sinérgica y que no se puede otorgar el efecto benéfico a uno solo.

Bland (1985), en su estudio sobre el efecto del consumo de jugo de sábila en la función gastrointestinal de humanos saludables, concluyó que tomarlo no tiene efectos tóxicos, mejora la digestión de las proteínas, normaliza el proceso de excreción, controla las infecciones por levaduras, promueve el balance apropiado de bacterias digestivas, alivia la indigestión y la irritación del colon.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En Honduras no se han elaborado alimentos nutraceuticos con base en sábila, aún habiendo un mercado potencialmente atractivo para ellos. El cultivo de sábila es muy adaptable a suelos áridos y de manejo poco exigente, por lo que podría promoverse su uso como una alternativa de desarrollo para las comunidades de estas zonas.

1.3 LÍMITES DEL ESTUDIO

Desarrollar a nivel de laboratorio un prototipo de producto con base en sábila.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Debido a que las características sensoriales de la sábila no son agradables para la mayoría de las personas, el consumo de la misma se ve reducido a la aplicación externa y muy poco a su uso interno, dejando de aprovechar los beneficios de las sustancias fotoquímicas presentes en ella, conocidos especialmente por aquellos que sufren de afecciones gastrointestinales. Por lo que se requiere desarrollar un prototipo de producto alimenticio con mejores características que sea aceptable para el consumidor.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 General

Desarrollar un prototipo de producto alimenticio nutraceutico con base en sábila y con características sensoriales deseables que mejoren su aceptabilidad para incrementar su consumo.

1.5.2 Específicos

- Determinar el tipo de producto de sábila que prefieren los consumidores potenciales.
- Desarrollar una formulación, a nivel de prototipo, para el producto con mayor demanda potencial.
- Desarrollar un procedimiento para la remoción de aloína que conduzca a un procesamiento a escala industrial.
- Ensayar el uso de la luz ultravioleta para la preservación del prototipo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

De acuerdo con Fuller (1994), algunos administradores asocian el desarrollo de nuevos productos con la continuidad de cualquier compañía alimentaria, porque aunque representa una cuantiosa inversión y riesgo también garantiza su rentabilidad.

Un producto nuevo se puede definir como el desarrollo y la introducción al mercado de un producto nunca fabricado por una empresa o la presentación de un producto existente a un mercado nuevo (Fuller, 1994).

2.1.2 Clasificación de los nuevos productos

Existen siete categorías de nuevos productos. El prototipo en cuestión cae dentro de dos categorías, la primera es bajo los productos innovadores o de valor agregado. Esta se refiere al grado de innovación que hace que un producto sea más agradable para el consumidor, lo que incluye mejoras en la estabilidad, funcionalidad, color, sabor y textura (Fuller, 1994). Otra característica de esta categoría es el alto costo de mercadeo, ya que requiere que el consumidor sea educado con respecto al consumo del producto. La segunda categoría es la extensión de línea, que se define como una variante de una línea existente, tal como un nuevo sabor. Esta es aplicable al prototipo de jugo de sábila y naranja.

2.1.3 Metodología del desarrollo de nuevos productos

El punto de partida es el establecimiento de los objetivos de la empresa y de la identificación de las necesidades del consumidor. Luego viene la generación de ideas que debe responder a los objetivos y satisfacer las necesidades percibidas del mercado meta (Fuller, 1994). Luego las ideas son filtradas basadas en viabilidad técnica, financiera e investigación del consumidor. Estas se traducen en pruebas de concepto y luego en prototipos. El prototipo es el producto elaborado previo a lanzarse al mercado por primera vez (Acosta, 2001). Se preparan fórmulas preliminares, a nivel de laboratorio y planta piloto, para medir su aceptabilidad y cuánto se satisfacen las expectativas de los consumidores potenciales. A lo largo del proceso, ocurren una serie de eventos paralelos como la realización de un plan de negocios con información completa sobre ingredientes, procesamiento y costos de mercadeo. A su vez, el departamento de mercadeo diseña borradores de etiquetas y su contenido para diseñar una estrategia de mercadeo y

desarrollar literatura promocional. El departamento de producción determina las necesidades de maquinaria, capacidad de planta y mano de obra (Fuller, 1994).

En cada fase, los datos que se obtienen se transforman en información documentada para tomar decisiones de continuar o discontinuar el proceso. Si el concepto debe cambiarse, se requerirá de una alteración en la definición del producto, por lo que ocurren cambios en la dirección del proceso de desarrollo.

Según Fuller (1994), después que las primeras muestras producidas son llevadas a pruebas con los consumidores, la empresa decide si va a realizar pruebas de mercado en mini-mercados, en una o dos ciudades o una región completa (Anexo 1).

2.1.3.1 Investigación de mercado. Se le llama investigación de mercados al diseño, obtención, análisis, y síntesis sistemáticos de datos pertinentes a una situación de marketing específica que una organización enfrenta (Kotler y Armstrong, 2001).

La vida de un producto está determinada por el mercado, ahí nace y ahí muere. Por tanto es imprescindible hacer un sondeo de mercado para determinar las necesidades y preferencias de los consumidores.

2.2 PRODUCTOS NUTRACÉUTICOS

Los consumidores están preocupados por el cuidado de su salud ya que los tratamientos para sanarse requieren de alta tecnología y costo. Por ello buscan alternativas complementarias o productos beneficiosos. Dentro de los productos nutracéuticos hay un mosaico de productos que surgen de la industria alimenticia, el mercado de la hierbas y suplementos, de la industria farmacéutica y de los novedosos conglomerados formados por la industria farmacéutica, agronegocios y nutricionistas "(What is...s.f)".

Algunos alimentos nutracéuticos son genuinamente investigados y ofrecen ingredientes novedosos que pueden brindar beneficios a la salud más rápido que tan solo alimentándose con los alimentos convencionales de manera balanceada. Hay tres categorías involucradas en el presente estudio: La **medicina natural** que trata del uso de hierbas, partes aéreas y subterráneas de plantas para curar enfermedades. Los **alimentos funcionales** que son similares en apariencia o pueden ser alimentos convencionales consumidos como parte de la dieta diaria y tienen un beneficio fisiológico demostrado o reducen el riesgo de sufrir una enfermedad crónica además de sus funciones nutricionales básicas. Los **alimentos nutracéuticos** son productos aislados o purificados, generalmente vendidos en forma de medicina y no se asocian usualmente con alimentos, pero que tienen beneficios fisiológicos demostrados o proveen protección en contra de alguna enfermedad crónica (Health Canada, 1998). Así se clasifica el jugo de sábila y naranja como una combinación de las tres categorías anteriores por derivarse de una planta con aplicaciones medicinales, que al mezclarse con jugo de naranja (alimento funcional) resulta en un producto nutracéutico.

2.3 ORIGEN DE LA SÁBILA

Sábila (*Aloe vera barbadensis* Miller), pertenece a la familia de las liliáceas, es originaria del sur de África. El término Aloe se deriva del árabe alloeh, que significa sustancia amarga y brillante. La primera referencia sobre sábila se encuentra en las tablas sumerianas (2200 – 1700 AC.), pertenecientes a una de las civilizaciones más antiguas ubicadas a orillas de los ríos Tigris y Eufrates, ahí se menciona su uso como laxante. En los papiros de los egipcios (1500 AC) se menciona una preparación de las hojas molidas de sábila como medicina para uso interno y externo.

En los documentos históricos y religiosos de los egipcios, romanos, griegos, hebreos, chinos, hindúes, algerianos, marroquíes y árabes se reporta su efectividad en el uso interno y externo (Steven y Schechter, s.f.). El uso de la sábila, por tantos siglos y en tan variadas culturas y localidades del mundo, ha dado una razón para seguir investigando sus beneficios para la humanidad.

De las 250 especies existentes solamente dos se producen comercialmente: *Aloe vera barbadensis* Miller y *Aloe arborescense* en los Estados Unidos, India, Venezuela, México, Aruba, China, Curazao, Barbados, África y Australia. Su uso comercial original fue la producción de aloína. A partir de los años 50's el gel de sábila ha sido utilizada como base para bebidas nutricionales, humectantes y agente curativo en cosméticos. La industria de sábila ha establecido estándares a través del "International Aloe Science Council", para regular la calidad de los productos (*Aloe Vera...*s.f).

2.4. COMPONENTES EN LA SABILA

La sábila es una planta semi-tropical que crece en áreas calientes. Sus hojas llegan a medir en promedio de 50 a 80 cm, cada planta tiene aproximadamente 12-16 hojas que crecen en forma de roseta. Se cosechan de 3-4 hojas basales cada 6 – 8 semanas (*Aloe vera...*s.f), preferiblemente de plantas con 4-5 años de madurez (Coats, 1993).

La sábila tiene cuatro componentes principales: la cáscara, el látex y el mucílago que envuelve al parénquima o filete de la gelatina.

2.4.1. Cáscara

Consiste de 15-18 capas de células intercaladas por cloroplastos e inclusiones conteniendo oxalato de calcio y cristales de lactato de magnesio (Danhof, s.f.a.). Se cree que ésta contiene cantidades sustanciales de mucopolisacáridos activos (Coats, 1993). Según Danhof (s.f.b.), el incluir la cáscara en el jugo aumenta el contenido de sólidos totales en casi un 200%.

2.4.2 Látex

Contiene 12 compuestos fenólicos: aloe emodina y aloína en mayor proporción que ácido aloectico, antracina, antranol, ácido crisopánico, aceite etereal, éster cinamónico, ácido isobarbaloina, y resistanol. En pequeñas cantidades pueden ayudar a la absorción de nutrientes y tener efectos antimicrobianos y anestésicos (Properties of...1996?). Sin embargo, según Danhof (s.f.a), los dos primeros se consideran laxantes con fuertes efectos secundarios, por lo que su presencia es indeseable en productos de sábila tanto para consumo interno como externo.

- **Aloína.** Es un líquido amarillento, llamado también látex, que se encuentra en las células pericíclica de los vasos vasculares debajo de la corteza de la hoja. Es un polihidroxi-antraquinona con una molécula de glucosa adherida a un anillo de antraceno. Es de sabor amargo y tiene una acción laxante que se asocia con calambres abdominales, y aunque fue ampliamente usada en los siglos XVIII y XX ha sido reemplazada por otros agentes que tienen menos efectos secundarios (Danhof, s.f.a).

2.4.3 Gel

Envuelto por el mucílago, contiene de 0.3 - 4% de sólidos totales consistentes de aproximadamente 75 compuestos, y 96 – 99.7 % de agua. Este contenido puede variar según la edad de la planta, manejo del cultivo, método de extracción y partes de la planta usadas (Anexos 2 y 3). Según Plaskett (s.f.), frecuentemente se hace énfasis sobre el contenido nutricional de la sábila, sin embargo éste no es significativo ya que, por ser una planta adaptada para el almacenamiento de agua, sus componentes sólidos se encuentran en cantidades bien pequeñas. Su valor está en los fitoquímicos, sustancias estimulantes que contiene en una combinación única, proporcionando al organismo las condiciones para la reconstrucción y optimización de las funciones metabólicas celulares y del sistema inmunológico, incrementando y regulando su funcionamiento de forma tal que controle y rechace las infecciones bacterianas y virales.

- **Ácido salicílico.** Es un compuesto parecido a la aspirina con propiedades anti inflamatorias y anti-bacterianas.

- **Ácidos grasos.** Agentes anti-inflamatorios, campesterol, sitosterol β y lupeol a los que se les atribuyen propiedades antisépticas (Properties of...1996?).

- **Amino Ácidos.** Constituyen los bloques de construcción de los tejidos del cuerpo, en total contiene 17 de los 22 amino ácidos: alanina, arginina, ácido aspártico, cisteína, ácido glutámico, glicina, histidina, hidroxiprolina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, serina, tirosina, valina (Atherton, 1997).

- **Azúcares.** Se derivan del mucílago de la planta que envuelve al filete del gel. De acuerdo con Danhof (s.f.a), constituyen cerca del 10 al 15% del total de sólidos. Las principales son la glucosa y manosa, las cuales están enlazadas en cadenas ya sean, cortas, largas o muy largas. Como regla, si las cadenas de azúcares contienen seis o más hexosas y un peso molecular de 1,000 daltons o más, son considerados como polisacáridos.

Las glucomanosas tienen enlaces beta 1-4, lo que las hace resistentes a las enzimas normales de la digestión en el tracto gastrointestinal. Estas se incorporan al cuerpo por endocitosis es decir que la célula las absorbe por medio de sus membranas.

La mayoría de estos polisacáridos (MP) oralmente ingeridos no se pierden, ya que estas cadenas de moléculas se unen a la mucosa intestinal por medio de los receptores de la manosa, donde permanecen de 40 a 45 horas y ejercen una función de barrera protectora de la mucosa gástrica, por ejemplo contrarrestando los efectos de la gastritis, enteritis, colitis. Se mencionan también acciones inmunomoduladoras a través del incremento en el número de anticuerpos.

Según Atherton (1997), al agregar KOH metanólico a soluciones de sábila, alrededor del 20 a 25% del total de sólidos precipitan, estos se conocen como sólidos precipitables en metanol (MPS), parte de éstos son los mucopolisacáridos que consisten en polisacáridos, glicoproteínas y sales de ácidos orgánicos. Dependiendo del origen de las hojas de sábila, las condiciones de cosecha y el proceso de las hojas, los polisacáridos pueden representar alrededor de 1/2 a 2/3 de los MPS.

- **Enzimas.** Contiene alinasa, amilasa, catalasa, lipasa, oxidasa fosfatasa alcalina, carboxipeptidasa, bradiquinasa, catalasa, celulasa y peroxidasa, que ayudan a desdoblar los azúcares, grasas y proteínas mejorando la digestión y la absorción de nutrientes (Atherton, 1997).
- **Minerales.** Aunque los minerales se necesitan en pequeñas cantidades son esenciales para el funcionamiento apropiado de varios sistemas enzimáticos y metabólicos. Según Atherton (1997), la sábila contiene calcio, sodio, potasio, magnesio, cromo, cobre, hierro, manganeso, zinc, y selenio.
- **Lignina.** Material inerte, es el componente que determina el poder penetrante de la sábila que es tres veces mayor que el del agua.
- **Saponinas.** Conforman el 3% del gel, tienen propiedades astringentes y antisépticas; actúan como poderosos antimicrobianos.
- **Vitaminas.** Es rica especialmente en vitaminas A, C, E como antioxidantes, B1 (Tiamina), B2 (Riboflavina), B3 (Niacina), B6 (Piridoxina), ácido fólico e incluso contiene trazas de vitamina B12 (Atherton, 1997).

2.5 PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE SÁBILA

2.5.1 Método tradicional de fileteado a mano

Para evitar la contaminación del filete con la aloína, se desarrolló este método tradicional de fileteado a mano para procesar las hojas de sábila. En este método, se corta con un cuchillo (aproximadamente 2.54 cm) la base, la parte superior de la hoja y las espinas

laterales. Se introduce la mano lateralmente y se arranca la capa superior, la mayor parte del filete queda adherido a la hoja y se remueve utilizando la parte sin filo de un cuchillo. El filete obtenido, ya limpio, se coloca en un azafate o balde para su posterior proceso.

Para solventar la lentitud del método manual se han diseñado y empleado máquinas que intentan simularlo, pero generalmente el producto resultante contiene cantidades muy superiores de aloína que las que contiene el fileteado manual tradicional (Estrada, 1998?).

2.5.2 Uso de la hoja entera

En este proceso, la base y la punta de la hoja son removidas de la misma manera que en el fileteado tradicional. Luego, se corta la hoja en secciones. Se le añaden productos químicos que rompen la estructura del filete liberando los elementos que lo constituyen. Por medio de un tamizador las partículas de la cáscara y las fibras son removidas, el jugo pasa a través de varias columnas de filtros, las que retienen la aloína y aloe emodina cuya presencia es indeseable en el jugo por ser laxantes (Estrada, 1998?).

2.5.3 Polvos de sábila

Según Estrada (1998?), el jugo de sábila puede ser reducido a polvos, dándoles mayor vida útil que los productos líquidos y eliminando el costo de transportar agua.

- **Polvo seco.** Implica la evaporación del agua del jugo de sábila mezclada con una matriz de maltodextrinas de alto peso molecular a altas temperaturas. La exposición a las altas temperaturas perjudica algunos de los beneficios potenciales de los componentes del jugo de sábila.
- **Polvo liofilizado.** Utiliza frío y aproximadamente 1/3 de atmósfera de vacío causando evaporación y sublimación del agua del jugo. Los cambios de temperatura son evitados, pero el procedimiento es considerablemente más costoso que el proceso de polvo seco.
- **Polvo deshidratado.** Los filetes de sábila se reducen a hojuelas deshidratadas al colocarlos en un horno deshidratador para vegetales, a temperatura relativamente baja (ligeramente por encima de la temperatura corporal), pero por varias horas. Estas hojuelas deshidratadas se convierten en un polvo muy fino.

2.5.4 Proceso en frío de la hoja entera de sábila

Recibe su nombre porque utiliza una pasteurización en frío (luz UV-C) como método de preservación del jugo de sábila. Según Coats (1994), en el proceso en frío se parten y muelen las hojas enteras, se añade la enzima celulosa para degradar la hoja y liberar los mucopolisacáridos, calcio y magnesio. A esta mezcla también se le añade glucosa oxidasa y catalasa para remover el oxígeno, lo que inhibe el crecimiento microbiano. Posteriormente, esta mezcla se bombea a un despulpador para remover los residuos de la hoja. Al gel se le añade carbón activado para remover la aloína, para ello se mezcla a 750

rpm durante 12 horas, luego se filtra y se pasteuriza el gel en frío con luz ultravioleta. Posteriormente para eliminar totalmente el contenido microbiológico se puede pasar la mezcla a través de un filtro orgánico.

Lo más relevante de este proceso de estabilización es el uso de luz UV-C como pasteurización en frío, ya que la aplicación de calor produce efectos negativos; por tanto, la destrucción de una parte importante de las sustancias activas en el gel, reduce su efectividad. El calor contribuye a la destrucción de los mucopolisacáridos, enzimas y otras proteínas (Coats, 1994). Adicionalmente este proceso incluye el procesamiento de la cáscara ya que según análisis realizados por el "International Aloe Science Council" (Anexo 4) la hoja contiene cantidades sustanciales de mucopolisacáridos, magnesio y calcio.

Hay otros procesos de extracción en frío que también usan la hoja entera. Estos procesos, sin embargo, usan un compuesto químico (metil propil paraben) para eliminar las bacterias, que no ha sido aprobado por la "Food and Drug Administration (FDA)" para consumo interno. Por lo que esos geles son usados para aplicaciones tópicas (Coats, 1994).

2.6 USO DE LA LUZ ULTRAVIOLETA

Los procesos no térmicos aplicados en la manufactura de alimentos, que no presentan los efectos colaterales de los tratamientos que utilizan calor, están siendo ampliamente estudiados y evaluados. Uno de ellos es la irradiación de los alimentos con la luz de onda corta o luz ultravioleta conocida como UV-C.

2.6.1 Definición, descripción y aplicaciones

El procesamiento con luz UV-C usa la radiación del espectro electromagnético para desinfectar. Típicamente, la luz ultravioleta usada tiene un rango de 100 – 400 nm. Este rango se subdivide en UV-A (315 a 400 nm) la responsable por los cambios en la piel que otorgan el bronceado. UV-B (280 a 315 nm) que causa quemaduras de piel y eventualmente provoca cáncer. La UV-C (200 a 280 nm) denominada como el rango germicida ya que inactiva bacterias, hongos y virus. Finalmente, el rango UV vacío (100 a 200 nm) que puede ser absorbido por casi todas las sustancias y puede ser transmitido en condiciones de vacío (Wright y Cairns, s.f.).

Las propiedades germicidas de la irradiación UV-C se deben principalmente a las mutaciones de DNA inducidas por la absorción de la luz UV-C. Este mecanismo de inactivación resulta en una curva sigmoideal en la reducción de la población microbiana. Para alcanzar la inactivación microbiológica en agua debe haber una exposición a la luz UV-C de por lo menos 400 J/m² en todas las partes del producto (FDA, 2000). Los factores críticos incluyen la transmisividad del producto, la configuración geométrica del reactor, el poder de la longitud de onda, el arreglo físico de la fuente de luz UV-C, el perfil de flujo del producto y el grado de penetración de la longitud de onda. La luz UV-C puede

usarse en combinación con otras tecnologías de procesamiento incluyendo varios agentes oxidantes como el peróxido de hidrógeno (FDA, 2000).

Las aplicaciones incluyen la desinfección de agua, superficies de contacto con alimentos, y muy recientemente ha incrementado el uso de UV-C para reducir el conteo microbiológico en jugos.

2.6.2 Mecanismo de inactivación microbiana

La luz UV-C provoca daños fotoquímicos a los ácidos nucleicos de los microorganismos ya que es absorbida por los nucleótidos que componen el ADN y ARN de la célula. El grado de absorción varía según la longitud de onda, siendo los valores más altos cerca de 200 y 260 nm (Wright y Cairns, s.f.). El efecto de la absorción de la UV-C es la formación de enlaces entre nucleótidos adyacentes, creando así moléculas dobles o dímeros e imposibilitando la formación de enlaces de hidrógeno con la otra cadena de ADN. La formación de dímeros de timina-timina son los más comunes, también ocurren dímeros de citosina-citosina, citosina-timina, y la dimerización del uracilo. La formación de un número suficiente de dímeros dentro de un microbio impide que éste replique su ADN y ARN inhabilitando su reproducción. Los procesos de transcripción y replicación son interrumpidos, obstruyendo las funciones celulares y eventualmente provocando la muerte de la célula (FDA, 2000). La inactivación microbiana está en función de la longitud de onda dentro del rango germicida. Cada microorganismo presenta un punto máximo de absorción de luz UV-C. Por ejemplo, para *E.coli* el punto máximo está en las longitudes de onda cercanas a 265 nm y 220 nm.

El grado de destrucción microbiológica es producto de dos factores, que son la residencia real o tiempo de contacto de la sustancia dentro de la cámara de esterilización y la intensidad, que es la cantidad de energía por unidad de área (calculada dividiendo la producción en watts por el área de superficie de la lámpara). Según Lupal (1998?), el producto de intensidad y el tiempo es conocido como la DOSIS UV-C y se expresa en micro watts por segundos por centímetro cuadrado ($\mu\text{w/s/cm}^2$).

2.6.3 Mecanismos de reparación

Algunos microorganismos tienen un sistema metabólico funcional con un mecanismo de reparación de los ácidos nucleicos dañados. Este mecanismo de reparación es único a la desinfección por UV-C, se conoce como fotoreactivación. Es activado por una enzima y la exposición del producto a la luz en una longitud de onda entre 300 - 500 nm por 2 a 3 horas. Cuando ocurre este fenómeno se requiere de una dosis de exposición mayor. La magnitud del daño provocado por UV-C, la exposición a la luz reactivadora, el pH y temperatura de la sustancia determinan la habilidad de las bacterias y otros microbios para fotorepararse. Los virus no tienen éste mecanismo.

2.7 CENTRIFUGACIÓN

Es el proceso en el que se utiliza una máquina para generar fuerza centrífuga que imprime un enérgico movimiento de rotación a un líquido conteniendo partículas sólidas en suspensión, logrando que estas partículas se sedimenten rápidamente en el fondo del recipiente (Chaplin, s.f.). La fuerza centrífuga actúa sobre cada una de las partículas de la muestra, que sedimentará proporcionalmente a la fuerza centrífuga aplicada e influirá sobre la sedimentación de cada partícula sobre sus propiedades físicas (forma, tamaño y densidad) así como la viscosidad de la solución en la que se encuentra la muestra.

2.7.1 Centrífuga de cámara y discos

En este tipo de centrífuga, una cámara cilíndrica, ancha y relativamente plana, gira a velocidad moderada (7500 rpm) en una carcasa estacionaria. La cámara tiene numerosos conos metálicos, muy próximos entre sí, a los que se denominan discos que giran con la cámara y están situados uno encima de otro a una distancia fija. La cámara es accionada desde abajo. Se alimenta por la parte superior por un tubo situado centralmente, el líquido llega hasta el fondo y como los discos tienen uno o más juegos de agujeros coincidentes, que forman canales, la corriente de alimentación fluye hacia arriba a través de ellos. Bajo la acción de la fuerza centrífuga, la fase densa se desplaza hacia la pared de la cámara y circula hacia abajo por la parte inferior de los discos, mientras la fase ligera se desplaza hacia el centro y fluye sobre las caras superiores de los discos. Este modelo es de baja capacidad (0.1 kg de residuo húmedo) y se opera semí continuamente ya que el sedimento acumulado debe ser removido. Otros modelos se conectan a una bomba para forzar el precipitado hacia afuera, o se les coloca una bomba centrípeta a presión para removerlo continuamente por medio de una válvula.

2.8. USO DE CARBÓN ACTIVADO PARA REMOCIÓN DE SABORES

El poco consumo de sábila para uso interno es debido a su sabor amargo, provocado por la presencia de aloína que recorre en el floema de la hoja y que durante el proceso contamina el gel. En la industria de las bebidas el uso de carbón activado se recomienda para remover olores, sabores y colores indeseables.

Su acción se basa en el proceso de adsorción en el cual los átomos en la superficie de un sólido, atraen y retienen moléculas de otros compuestos. Estas fuerzas de atracción son conocidas como " fuerzas de Van Der Waals". Como es un fenómeno que ocurre en la superficie, mientras mayor área superficial disponible tenga un sólido, mejor adsorbente será. El carbón activado es un producto que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito, es extremadamente poroso y puede tener áreas superficiales del orden de 1,500 metros cuadrados o más, por gramo de carbón (Qué es el...1998?). El área de absorción del carbón activado es interna. Por ejemplo, si se muele finamente un gramo de carbón en trozo para incrementar su superficie, se obtendrá un área aproximada de 3 a 4 metros cuadrados, en cambio, al activar el carbón ésta se multiplica de 200 a 300 veces (Que es el...1998?). El tamaño de los poros en el carbón puede ser micro, medianos y

grandes. El carbón con microporos se utiliza para clarificaciones en fases gaseosas. Los carbones con poros medianos y grandes se les conoce como granulares y se utilizan para clarificación en fases líquidas.

2.8.1 Uso de tierra de diatomea

La tierra de diatomea es utilizada como un coadyuvante de la filtración en varias aplicaciones de remoción de partículas incluyendo carbón activado. La tierra de diatomea es un material fosilizado procedente de los esqueletos de las diatomitas, algas unicelulares, que cuando mueren depositan sus esqueletos en los lechos marinos o lacustre en masivas capas.

Esta se agrega a la mezcla a filtrar, una vez en la unidad de filtrado la tierra de diatomea forma una capa en las placas que retiene las partículas de carbón¹.

¹ Comunicación personal con Ing. Carlos Oropeza, control de calidad, Cervecería Hondureña. Febrero de 2002.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

Se realizó un sondeo de mercado para determinar qué tipo de producto con base en sábila preferirían los consumidores potenciales. Para ello se realizó una encuesta piloto con preguntas cerradas y abiertas (Anexo 5) en supermercados y tres tiendas naturistas de Tegucigalpa. Los supermercados visitados fueron MAXI de Plaza Miraflores, Mall, Centro; Supermercado La Colonia en el centro comercial Los Castaños y Boulevard Suyapa, y el minimercado “ Puesto de Venta ” en Zamorano. También se visitaron 3 tiendas de productos naturistas: Lorem en la 2da. avenida y Letty en la 1ra. avenida, ambas en Comayagüela; además, Merkha en el centro comercial Los Castaños.

El desarrollo del proceso y la formulación se llevaron a cabo en el laboratorio de desarrollo de nuevos productos de la Planta de Industrias Hortofrutícolas (IHF), en el centro de evaluación de alimentos (CEA) y en la sección de descremado en la planta de lácteos, todas dependencias de Zamorano.

3.2 MATERIALES

3.2.1 Materia prima

- Hojas de sábila
- Naranjas maduras
- Azúcar
- Benzoato de sodio

3.2.2 Equipo, utensilios y suministros

- Agitador de aspas
- Autoclave
- Agitador
- Baldes plásticos de 20 l
- Balanza analítica Mettler AE200
- Balanza Denver Instruments, XE –510
- Carbón activado granular Darcob
- Cámara de flujo laminar
- Centrífuga modelo MTA 5-00-104
- Cuchillos de acero inoxidable
- Desecador
- Espectrofotómetro, Spectronic 20, Milton Roy Company
- Fototubo visible, CEA 50RX, 340 – 600 nm

- Fotubo luz infrarroja, CEA 30, 600 – 950 nm
- Horno convencional Precision, modelo 10
- Incubadora de 35 °C (CENCO)
- Licuadora industrial
- Lámparas GE, UV-C 15 watts y base
- Materiales de análisis microbiológicos (Alcohol al 70%, agua peptonada 0.1% espátulas, cucharas, pipetas, frascos, embudos estériles, erlenmeyers y magnetos)
- Medios de cultivo PCA, PDA, VRBA
- Tablas de cortar de fibra de vidrio
- Tinas de 60L
- Terra de diatomea Hyflo Super Cel
- Placas estériles
- Potenciometro, ACCUMET® Fisher Scientific, modelo 15
- Refractómetro portátil, 0 – 32 °Brix, Fisher Scientific

3.3 DETERMINACIÓN DEL PROTOTIPO A DESARROLLAR

Se hizo a través de un estudio de mercado bietápico, en el que se realizó una encuesta piloto para validar el formato y determinar el tamaño de muestra a encuestar. Con la frecuencia de respuesta a la pregunta central: ¿ Si se elaboraran productos alimenticios con base en sábila cuáles sugeriría? se determinó el tamaño de la muestra con un error del 1%. Los cálculos se reportan en el (Anexo 6). El tamaño de la muestra fue de 104, se completó el número de encuestas en los supermercados mencionados. Se analizaron las encuestas y se identificó el tipo de producto en el que los consumidores preferirían consumir sábila (Anexo 7). El tipo de producto con mayor frecuencia fue una bebida de sábila mezclada con jugo de naranja.

3.4 DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROTOTIPO

3.4.1 Procedimiento

Se tomó como base para desarrollar el proceso de extracción de jugo de sábila libre de aloína, el patentado en el gobierno de Estados Unidos con el número 5,356,811 denominado “ Whole leaf cold processing ” o procesamiento en frío de la hoja entera de sábila, mencionado en el inciso 2.5.4 Se utilizó un proceso alternativo de remoción de carbón activado por medio de centrifugación.

3.4.1.2 Cosecha de sábila. Se cosecharon las hojas basales de la planta, con mayor grado de turgencia y de color verde. Se removió la tierra adherida y se envolvieron en papel periódico, que sirvió como absorbente de la aloína (látex) al drenarse. El transporte de las hojas del lugar de cosecha se hizo en canastas, para reducir los daños físicos.

3.4.1.3 Almacenamiento. Las hojas enteras de sábila se almacenaron por 3 días envueltas en papel periódico, colocadas verticalmente en canastas, a una temperatura entre 4 y 7°C, antes de procesarlas. La posición vertical de las hojas promovió un mayor drenaje de aloína. Las hojas con daños físicos por el transporte se ablandaron y hubo una pérdida de agua, provocando flacidez y deterioro.

3.4.1.4 Extracción del jugo de sábila

1. Se fumigó el cuarto con amonio cuaternario con una concentración de 100 ppm.
2. Se limpió y desinfectó el área de trabajo e utensilios utilizando una solución de cloro a 100 ppm
3. Se pesaron las hojas maduras de plantas de 4 – 5 años de edad, se obtuvieron 31.4 kg.
4. Se lavaron las hojas con abundante agua, detergente, físicamente se removió la suciedad adherida a la superficie y se desinfectó con una solución con cloro a 50 ppm.
5. Se cortaron las puntas y las espinas laterales de las hojas.
6. Se cortaron las hojas transversalmente en trozos aproximadamente de 8 cm.
7. Se introdujeron las hojas en una solución de agua con cloro a 10 ppm por 10 minutos.
8. Se removieron los trozos de la solución y se colocaron en un recipiente previamente desinfectado.
9. Se removió el gel, cortando la tapa superior del trozo y luego la inferior sin raspar la superficie interna de la hoja, para reducir contaminación con aloína.
10. Se licuaron los filetes y se llenó el recipiente dejando $\frac{1}{4}$ de espacio en el recipiente para la espuma que se produce por agitación.
11. Se colocó el jugo en una tina desinfectada. La mayoría de los procesos recomiendan procesar la sábila lo más rápido posible una vez que se ha extraído el filete para evitar una disminución en su actividad biológica.

3.4.1.5 Remoción de aloína. Se añadió carbón y se agitó por un tiempo y a una temperatura que garantizaran la remoción de éste compuesto. Para esto se realizaron los siguientes pasos:

1. Se pesó el jugo, de hoja a jugo se obtuvo un rendimiento equivalente a 15.7 kg, basándose en este valor se calculó la cantidad en gramos a agregar de carbón activado granulado.
2. El jugo se colocó en una tina donde se agregó el carbón activado granulado en una proporción de 0.25% equivalente a 39.25 g y se agitó durante 15 min a temperatura ambiente.
3. Posteriormente se agregó tierra de diatomea sobre la base de la cantidad de jugo 0.5% equivalente a 78.5 g y se mezcló durante 10 min, a 25°C.

3.4.1.6 Extracción de jugo de naranja. Paralelamente a la elaboración de jugo de sábila, se extrajo el jugo de naranjas maduras con 10 grados Brix, con un rendimiento del 35%.

Los pasos fueron:

1. Se fumigó el cuarto con amonio cuaternario, se limpió y desinfectó el área de trabajo y utensilios con una solución de cloro de 100 ppm.
2. Se pesaron las naranjas maduras con 10-12 °Brix. Se utilizaron 18 kg.
3. Se lavaron con detergente y se desinfectaron utilizando una solución de cloro a 50 ppm.
4. Se partieron las naranjas y se extrajo el jugo utilizando un extractor previamente desinfectado.
5. Se coló el jugo y se envasó en tambos desinfectados de 3.5 kg.
6. Se almacenó hasta usar en la formulación del jugo de sábila y naranja, fueron alrededor de 10 h a 4°C.

3.4.1.7 Centrifugación. Se utilizó la centrifugación como un proceso alterno para remover el carbón activado que se agregó al jugo. La patente consultada utiliza filtros prensas para este fin. En Zamorano no hay este tipo de equipo, con pruebas en el laboratorio se determinó que con la centrifugación si se logra la sedimentación o precipitación del carbón suspendido en el jugo de sábila. Como la centrífuga del laboratorio no se presta para un proceso continuo, se hicieron pruebas utilizando la descremadora de la sección de lácteos, ya que opera bajo el principio de centrifugación. Estas resultaron positivas y posteriormente se hizo el ensayo para verificar la eficiencia en la remoción del carbón. El producto resultante, a simple vista era claro y con características cercanas al jugo original.

Los pasos fueron:

1. Se desinfectó la centrifugadora antes de armarla, con una solución de cloro a 50 ppm.
2. Se centrifugó el jugo de sábila con carbón y tierra diatomea, el flujo para la primera centrifugación fue de 0.350 L/min, para la segunda fue de 0.250 L/min y para la tercera fue de 0.150 L/min.
3. El jugo centrifugado tres veces se envasó en un recipiente desinfectado.
4. Se apagó la descremadora, se desarmó y recolectaron los lodos retenidos.
5. Se repitieron los pasos de los incisos uno al cuatro del proceso de centrifugación dos veces más, utilizando el mismo volumen proveniente de una misma tanda de jugo de sábila con carbón y tierra de diatomea.

3.4.2 Formulación de la bebida de sábila y naranja

Según el programa de certificación manejado por el "International Aloe Science Council" hay 17 categorías de productos que incluyen a la sábila como ingrediente. Una de ellas es

la fórmula 1:1, en la que se utiliza 50 % de jugo de sábila sin concentrar y 50% de jugo de fruta. Bajo estas condiciones, el prototipo se categoriza como “Bebida de Sábila y Naranja”. Por lo que se decidió usar esta fórmula para el experimento. Para determinar el volumen a usar se tomó como referencia el utilizado en un estudio sobre el efecto del jugo de sábila sin concentrar en humanos saludables, en el que se administró una dosis diaria de 170 ml. El volumen total fue de 340 ml que es el mismo que contienen las latas de los jugos Friitos Naturas, elaborado por Unilever de Honduras.

Cuadro 1. Fórmula de la bebida de sábila y naranja.

Ingrediente	%	Cantidades
Jugo de sábila	50	510 ml
Jugo de naranja	50	510 ml
Azúcar	10~	105 g
Benzoato de sodio	0.1	1 g

~ El porcentaje de azúcar puede variar según los grados Brix iniciales de los jugos.

Preparación de la bebida de sábila:

1. Se mezclaron los jugos en un recipiente desinfectado en las proporciones del Cuadro 1. Se prepararon 2 lotes iguales.
2. Se midieron los grados Brix y se ajustaron de 6 a 12, agregando azúcar en un 10%. Este porcentaje de azúcar, puede cambiar según varíen los grados Brix iniciales de los jugos.
3. El pH de la mezcla fue de 3.3.

3.4.3 Tratamiento con luz ultravioleta

Se utilizó luz ultravioleta para efectuar el proceso de pasteurización en frío. Los pasos fueron los siguientes:

1. Se instaló la lámpara UV-C en la cámara de flujo laminar en el laboratorio de microbiología del CEA.
2. Se colocó un recipiente de vidrio, desinfectado, con capacidad de 4.5L bajo la lámpara de UV-C. Se colocó un volumen de 1,020 ml de la mezcla de jugos. La distancia entre la fuente de luz UV-C y la lámina fue de 12 cm. El tiempo de exposición fue de 10 y 20 min.
3. Al finalizar el tiempo de exposición se tomó una muestra de cada mezcla, de la mezcla a cero tiempo de exposición y del jugo de naranja para análisis microbiológicos.
4. Se envasó la bebida de sábila y naranja en recipientes de 500 ml de plástico blanco, desinfectados y etiquetados. Se requiere que el envase no sea transparente para evitar oxidación.

3.5 ABSORCIÓN DE LUZ

Se utilizó para verificar la efectividad del proceso de centrifugación en la remoción del carbón activado añadido para secuestrar la aloína. Para ello, se tomó una muestra (50 ml) del jugo de sábila después de la primera, segunda y tercera centrifugación, totalizando nueve muestras correspondientes a 3 réplicas por cada una de las centrifugaciones.

Con las nueve muestras de jugo centrifugado (3 por cada centrifugación) se realizó una curva de absorbancia desde 320 – 960 nm, igual que para el jugo con carbón y tierra de diatomea para determinar el perfil y el pico de absorción máxima.

Pasos seguidos:

1. Se sacaron las muestras del refrigerador para que llegaran a temperatura ambiente de 25°C.
2. Se encendió el espectrofotómetro y se dejó calentar por 15 min.
3. Se calibró el espectrofotómetro.
4. Se midió y registró el porcentaje de transmitancia de cada réplica de cada centrifugación. Se inició con una longitud de onda de 320 nm y se repitió el proceso para cada longitud de onda en intervalos de 40 hasta llegar a 960 nm.
5. Los porcentajes de transmitancia se introdujeron en la fórmula de la absorbancia: $\text{Absorbancia} = 2 - \log (\%T)$. Los datos obtenidos se graficaron y analizaron estadísticamente.

3.5.1. Determinación de aloína remanente, mucopolisacáridos y sólidos totales

Se utilizó un método cualitativo para determinar la remanencia de aloína en el jugo centrifugado. Se utilizó parte de la metodología propuesta por Biotechnology Service and Consulting, Inc. de Texas, fabricantes de aloína pura.

El procedimiento fue:

1. Las muestras se dejaron alcanzar temperatura ambiente aproximadamente de 25°C, antes del análisis.
2. Se preparó KOH metanólico al 10%, pesando 25 gramos de hidróxido de potasio y se añadieron a 250 ml de metanol grado reactivo.
3. Se analizaron tres productos por separado (20 ml): nueve réplicas de jugo de sábila centrifugado (jugo de sábila que al probarlo no tiene el sabor amargo) jugo de sábila al que no se le agregó carbón activado (materia prima) y a un producto con 99.8% de sábila (marca DERMACARE) cuyo proceso no incluye ningún paso para

remover aloína. Se agregaron 10 ml de KOH metanólico. Se filtraron para obtener el extracto.

4. El extracto de cada producto fue colocado en una celda para determinar la transmitancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 365 nm.
5. Los porcentajes de transmitancia se introdujeron en la fórmula de absorción. Los datos obtenidos se graficaron y se analizaron estadísticamente con una separación de medias SNK.
6. Los sólidos de cada muestra (mucopolisacáridos y algunos ácidos orgánicos) retenidos en el papel filtro usado para recolectar el extracto (incisos 1– 4) fueron secados en el horno a 60°C por 9 horas. Se introdujeron los papeles filtro en un desecador por 2 horas y luego se pesaron. Los resultados se analizaron estadísticamente con una separación de medias SNK.
7. Para los sólidos totales se pesaron 5 gramos de jugo de sábila, por triplicado y se secaron en un horno a 105°C de 18 –24 horas. Se pesaron y se calculó el contenido de sólidos por diferencia entre el peso inicial y el final.

3.6 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Se hicieron para conocer las condiciones microbiológicas durante el proceso y ensayar la efectividad de la luz ultravioleta utilizando una lámina estática como pasteurización en frío en la bebida de sábila y naranja. Los análisis que se realizaron fueron: recuento total de mesófilos aerobios, recuento de coliformes totales y recuento de hongos y levaduras. Para los tres tipos de análisis se utilizó la técnica “ Pour Plate” o vertido en placa. Cada análisis de cada muestra se hizo por duplicado.

3.6.1 Toma de muestras

Se tomaron muestras de (50 ml) de: Jugo de sábila recién extraído, jugo de sábila después de agregado el carbón activado, jugo de sábila después del tiempo de mezclado con el carbón activado y jugo de sábila después de la centrifugación. Las muestras se recolectaron en utilizando frascos y embudos esterilizados y se mantuvieron a 4°C hasta realizar análisis microbiológicos. También se recolectaron muestras de las mezclas de bebida de sábila y naranja antes y después de ser sometidas al tratamiento con luz UV-C siguiendo la misma metodología de recolección.

3.6.2 Recuento total de mesófilos aerobios

Se hicieron cuatro diluciones en 99 ml de agua peptonada y se sembraron en placas estériles por duplicado, se vertió el medio PCA (Plate Count Agar) utilizado para conteo

bacterias. Se incubaron las placas a 35°C, el recuento se hizo 48 horas después en las placas de las diluciones que presentaron entre 25 y 250 colonias.

3.6.3 Recuento de mohos y levaduras

Se hicieron dos diluciones en 99 ml de agua peptonada, Posteriormente se inoculó cada dilución en placas estériles por duplicado y se vertió el medio PDA (Agar Papa Dextrosa) al que se le añadió 1.8 ml de ácido tartárico para inhibir crecimiento bacteriano. Las placas se incubaron a temperatura ambiente 25 – 28°C. Se hizo conteo a las 48 y 72 horas en las placas y diluciones que presentaron entre 25 y 250 colonias.

3.6.4 Recuento de coliformes totales

Se hicieron dos diluciones en 99 ml de agua peptonada, Posteriormente se hizo la siembra en placas estériles por duplicado y se vertió el VRBA (Agar Rojo Violeta de Bilis). Las placas se incubaron a 35°C por 48 horas, los conteos se hicieron en las placas de las diluciones que presentaron entre 25 y 250 colonias.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 SONDEO DE MERCADO

4.1.1 Consumo de sábila

Según las encuestas mas del 90% de los consumidores (n=104) conocen la sábila y han escuchado de sus beneficios. Pero solamente el 20% la consumen actualmente, debido a su sabor amargo y a la falta de tiempo para prepararla. Sin embargo, después de conocer sus beneficios el 95% de los encuestados la consumirían si estuviera disponible como parte de un producto alimenticio de venta en el supermercado y si tuviera un buen sabor (Figura 1).

Con respecto al modo de consumo, el 90% la ha empleado para aplicaciones externas principalmente así: 36% para el pelo, 28% para quemaduras y 19% para heridas. Un 41% la ha utilizado internamente, siendo la mayor aplicación (68%) para úlceras estomacales.

Mas del 70% de los consumidores son mujeres. El 80% pagaría de L.6.00 – 10.00, el 13% L.20.00 y el 7% restante de L.10.00-12.00 por 340 ml de bebida de sábila saborizada con fruta.

4.2 PROTOTIPO DESARROLLADO

El 95% de los encuestados consumiría sábila si tuviera un buen sabor y estuviera lista para ingerirse. Cuando se les preguntó en qué tipo de producto alimenticio les gustaría que la sábila estuviera incorporada, respondieron: bebida, gelatina, yogurt, galletas, malteadas. El 61% propuso una bebida de sábila mezclada con un jugo de fruta. El sabor del jugo de fruta predominante fue naranja.

4.3 FORMULACIÓN DEL PROTOTIPO

La fórmula 50:50, 170 ml de jugo de sábila libre de aloína y 170 ml de jugo de naranja, al mezclarse tuvo un pH de 3.3. (0.4 unidades más abajo que el jugo de naranja comercial) clasificándolo como un producto de alta acidez. Los grados Brix se ajustaron a 12, que es el grado de dulzor igual al de los jugos de naranja actualmente comercializados.

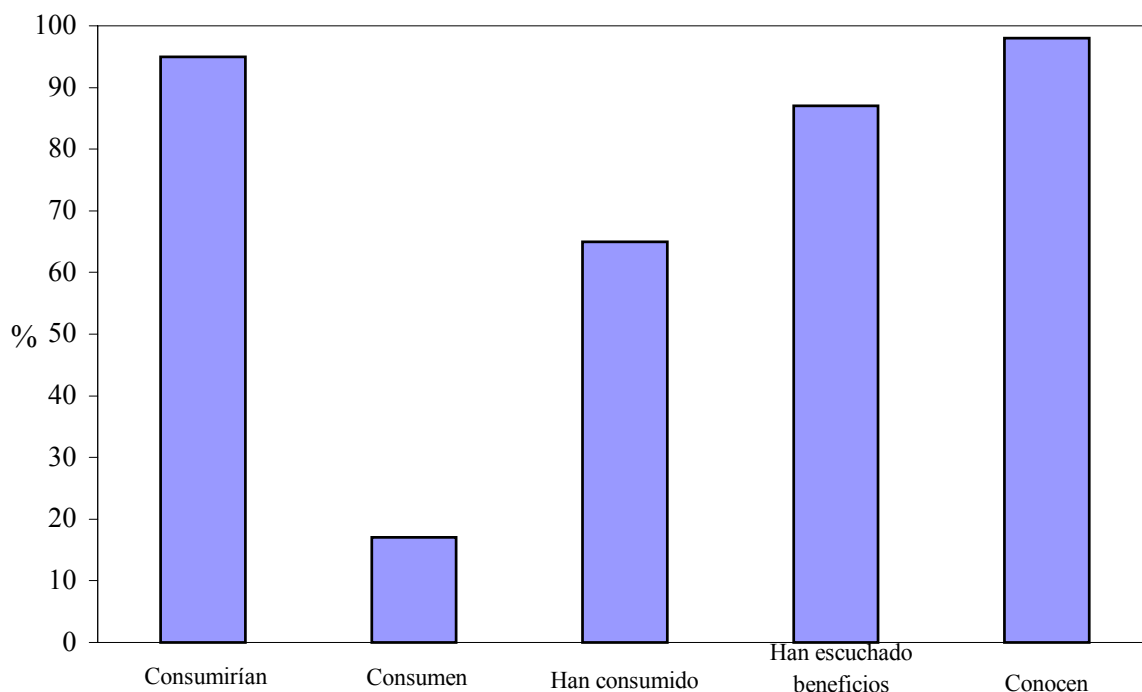


Figura 1. Perfil de consumo de sábila mediante encuesta (n=104, Tegucigalpa, 2001).

4.4. REMOCIÓN DE ALOÍNA

4.4.1 Filtración al vacío

Para remover el carbón (secuestrante de aloína) utilizado en el jugo de sábila se hicieron pruebas utilizando filtración al vacío, proceso que se descartó por su lentitud (50 ml/hr) y porque en el papel filtro se quedaba la mayor parte de la porción gelatinosa, a simple vista el producto resultante era tan líquido y transparente como el agua.

4.4.2. Efectividad de la centrifugación

En la determinación del perfil de absorción se observa que la longitud de onda para el pico de absorbancia del jugo de sábila y los diferentes tratamientos es 320 nm (Figura 2). También se demuestra que a mayor número de centrifugaciones la remoción de sólidos suspendidos es mayor. Este comportamiento se comprueba porque hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en la absorbancia entre los tratamientos con una, dos y tres centrifugaciones (Cuadro 2 y anexo 8).

No se puede concluir sobre el número de centrifugaciones que se deben usar para la óptima remoción del carbón. Mediante una comparación visual se determinó que después de la primera centrifugación el jugo aún retiene un viso grisáceo que desaparece con la segunda centrifugación.

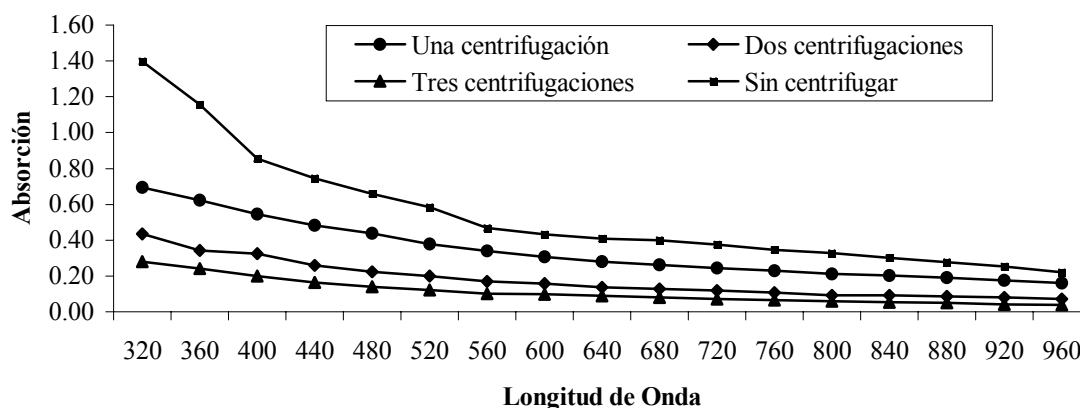


Figura 2. Perfil de absorbancia del jugo de sábila centrifugado y sin centrifugar con carbón.

En cuanto a la operación del equipo, durante el desempeño normal de centrifugado en la descremadora de discos, el jugo clarificado de sábila salió por el conducto de descarga destinado a la fracción de densidad media (leche descremada), por el conducto de descarga de fracciones de baja densidad (crema) no hubo descarga. Se observó que la capacidad de la cámara de lodos no excede a 0.1 kg, ya que en la centrifugación de 5 litros de sábila sin colar con carbón y tierra de diatomea, el jugo sin clarificar salió por el conducto de descarga de la fracción de baja densidad. El peso de los lodos que se recolectaron fue 0.186 kg. Al desarmar los discos se encontró que la fibra de la sábila, carbón y tierra de diatomea habían obstruido los agujeros en los discos y el jugo no pudo tener contacto con la superficie de clarificación de la centrifugadora por lo tanto el jugo no llegó a esta superficie y el flujo se desvió hacia el conducto de baja densidad.

4.4.3 Determinación cualitativa de presencia de aloína

Al comparar la sábila centrifugada con carbón se observa que en todos los tratamientos hubo una reducción aproximada del 85% con respecto a la absorbancia del tratamiento sin carbón. Esto supone una reducción del contenido de aloína ($P < 0.05$) por el uso del carbón (Cuadro 3 y anexo 9). Como es una evaluación cualitativa no se puede afirmar que la absorción restante se debe a presencia de aloína ya que ésta longitud de onda (365 nm) es cercana a la longitud de onda de absorción (320 nm) de la sábila como tal. El producto con una centrifugación tuvo mayor absorbancia que los que se centrifugaron dos y tres veces posiblemente por la presencia de carbón, por ende de aloína ya que ésta es atrapada por él. El producto con un contenido de 99.8 % de sábila (Derma), al que no se le hace ningún proceso para removerla, resulta con la mayor absorción, lo que demuestra la efectividad del carbón en secuestrar la aloína (Figura 3).

Cuadro 2. Promedios de absorbancia a 320 nm del jugo de sábila entre tratamientos.

Tratamientos	Absorbancia Medias
Una centrifugación	0.69 ^a
Dos centrifugaciones	0.42 ^b
Tres centrifugaciones	0.28 ^c

Medias en columnas con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

4.4.4 Determinación de sólidos totales y mucopolisacáridos

Los sólidos totales de la materia prima utilizada fue de 0.66%. Este valor es 25% menor que el estándar promedio establecido por el "International Aloe Science Council" para el gel (Anexo 4), pero se encuentra en el rango reportado en la literatura para el método de extracción por fileteado que va desde 0.45 – 0.65% (Anexos 2 y 3).

Según Danhof (s.f) los mucopolisacáridos constituyen del 50 – 60 % de los sólidos precipitables en metanol (MPS) y éstos constituyen del 10 –15% de los sólidos totales; el resto está constituido por ácidos y sales orgánicas que son insolubles en agua y que precipitan con los MPS. Se tomó el rango mínimo (50%) para calcular los mucopolisacáridos (MP) presentes en el jugo que se usó como materia prima y para cada tratamiento (Cuadro 4). La primera centrifugación reduce el contenido de MP en un 22%, en la segunda se pierden 60% y en la tercera 65% con un $P < 0.05$ (Cuadro 5 y Anexo 10). Entre la segunda y la tercera centrifugación el descenso es solamente del 12%.

La pérdida de MP puede deberse tanto al efecto de sedimentación provocado por la centrifugadora como al carbón activado y la tierra de diatomea que además de secuestrar la aloína retienen parte de los componentes sólidos de la sábila. Cabe mencionar que el contenido de MPS está influenciado por el origen de las hojas, las condiciones de cosecha y el proceso de extracción, por lo que el valor de MP inicial variará según lo anterior (Danhof, s.f.b).

Cuadro 3. Promedios de absorbancia a 365 nm del jugo de sábila entre tratamientos

Tratamientos	Absorbancia Medias
Control, sin centrifugar	0.53 ^a
Una centrifugación	0.062 ^b
Dos centrifugaciones	0.043 ^c
Tres centrifugaciones	0.043 ^c

Medias en columnas con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

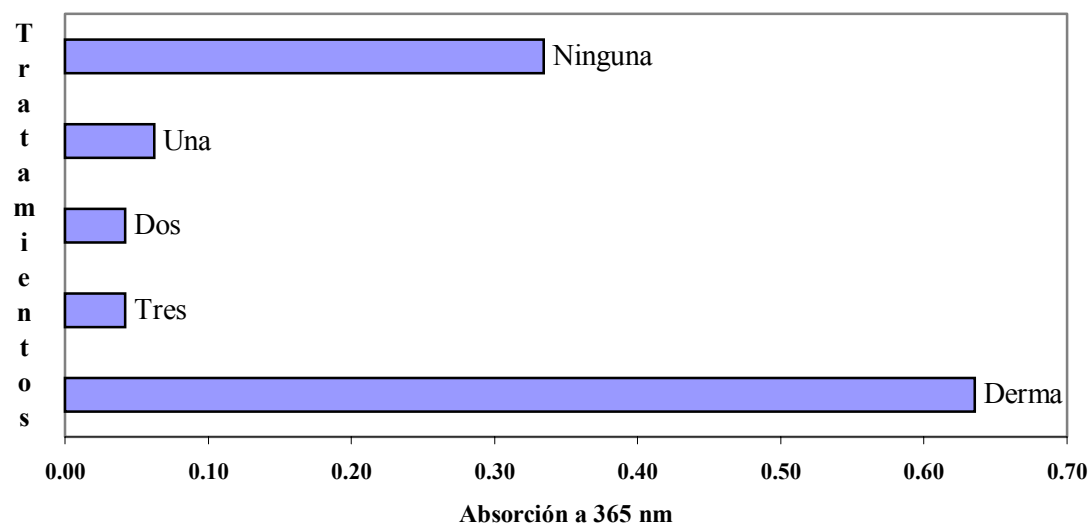


Figura 3. Evaluación cualitativa de remanencia de aloína en el jugo de sábila centrifugado y sin centrifugar.

Se puede observar que la centrifugación no sólo remueve el carbón y el carbón no sólo remueve aloína sino también otros componentes en la sábila, como los mucopolisacáridos (Cuadro 4). De manera visual se verificó esto con los lodos recogidos de la cámara de lodos de la centrífuga. Estos ya secos deberían estar sueltos y ser finos (como el carbón activado y la tierra de diatomea), sin embargo, tienen una textura fibrosa y si se mojan se vuelve pegajosa, indicando remanentes de sábila.

Al formular la bebida (50:50) utilizando jugo con tres centrifugaciones, el contenido de mucopolisacáridos se reduce a un 24% de la dosis mínima diaria recomendada que según Garbutt (s.f.), es de 600 –1200 mg. Sin embargo, si el jugo de sábila a utilizar fuera de la primera centrifugación el contenido de polisacáridos sería de 54% de la dosis mínima por lo que se tendrían que consumir casi dos litros de la bebida de sábila y naranja para cumplir con la dosis recomendada.

Cuadro 4. Contenido de Sólidos Precipitables en Metanol (MPS) y mucopolisacáridos (MP) en el jugo de sábila y la bebida sábila y naranja.

Tratamiento	mg/L		Reducción de MP (%)	MP en la bebida
	MPS	MP		
Control, sin centrifugar	1,650	825	----	-----
Una centrifugación	1,260	648	22	324
Dos centrifugaciones	660	330	60	165
Tres centrifugaciones	580	290	65	145

Cuadro 5. Promedios del contenido de mucopolisácaridos

Tratamiento	Mucopolisácaridos mg/L
Control, sin centrifugar	825a
Una centrifugación	630b
Dos centrifugaciones	330c
Tres centrifugaciones	290d

Medias en columnas con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

4.4.5 Efecto de la centrifugación en la calidad microbiológica

Se observó una carga inicial de coliformes de 13×10^2 en el jugo de sábila antes de entrar a la centrifugadora. Después de la centrifugación, el conteo inicial se redujo a menos de 10 colonias por ml, éstas se quedaron atrapadas en los lodos que se sedimentaron por el efecto físico de la centrifugación. No hubo presencia de coliformes en la bebida ni antes ni después de los tratamientos. Para mesófilos totales aerobios, mohos y levaduras también se observó una reducción del conteo inicial por efecto de la centrifugación (Cuadro 6).

4.5 ENSAYO DEL USO DE LUZ ULTRAVIOLETA

Según las normas del ministerio de salud pública para bebidas a base de mezclas de jugos, para ninguno de los tratamientos 10 y 20 minutos de exposición a luz UV-C se obtuvo un producto inóculo para mesófilos aerobios totales (PCA) y hongos y levaduras (PDA). No hubo presencia de coliformes en las mezclas antes del proceso (Cuadro 6) estos resultados se obtuvieron para una sola repetición por lo que no se pueden realizar conclusiones definitivas

Cuadro 6. Efecto de la centrifugación en la calidad microbiológica del jugo de sábila durante el procesamiento.

Recuentos	Mesófilos aerobios totales	Coliformes totales	Mohos y levaduras
Tratamiento/ Norma	400 UFC/ml	75 UFC/ml	100 UFC/ml
Jugo de sábila	10×10^3	13×10^2	<10
Jugo de sábila y carbón	11×10^3	13×10^2	6×10^3
Jugo sábila y carbón después de agitar	10×10^3	13×10^2	6×10^3
Jugo de sábila centrifugado	7×10^2	<10	<10

Cuadro 7. Efectividad de luz UV-C en la calidad microbiológica de dos tratamientos.

Recuento	Norma ^a UFC/ml	Jugo sábila	Jugo de naranja	Tratamientos Minutos		
				0	10	20
Mesófilos aerobios totales	400	7×10^2	3×10^3	9×10^2	5×10^2	4×10^2
Coliformes totales	75	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Mohos y levaduras	100	< 10	8×10^3	8×10^2	7×10^2	5×10^2

^aNormas microbiológicas, División de control de Alimentos del Min. de Salud de Honduras.

En el ensayo exploratorio del uso de luz UV-C se pudo notar que el jugo de naranja fue una fuente importante de contaminación por los conteos de mesófilos aerobios, como para mohos y levaduras. Comparando entre los tratamientos de 10 y 20 minutos ambos, con la misma carga inicial para mesófilos aerobios se observa una reducción del 50%. Sin embargo esta reducción es menor a una generación. Se puede suponer que la baja efectividad de la UV-C fue debido al grosor de la lámina, a que esta estuvo estática y a una distancia de 12 cm de la fuente de luz UV-C; lo que usualmente no ocurre en la pasteurización en frío de jugos que actualmente se reporta como un flujo continuo que puede reducir la carga inicial de cinco generaciones a menos de una (McCandless, 1998).

5. CONCLUSIONES

- El 95% de los encuestados consumirían productos alimenticios de sábila si tuvieran un buen sabor y estuvieran listos para consumirse.
- 61% de los encuestados prefieren consumir la sábila como una bebida mezclada con jugo de naranja.
- El uso de carbón activado remueve aproximadamente el 85% la concentración de aloína presente.
- La centrifugación es un proceso alternativo al filtrado efectivo para la remoción del carbón activado en el jugo de sábila.
- En función de la absorbancia mostrada no se puede concluir cuál es la mejor centrifugación.
- Desde el punto de vista de retención de mucopolisacaridos, uno de los principales fitoquímicos, el jugo de sábila debería ser sometido a una sola centrifugación.
- Utilizando una formula de 50:50 con jugo de sábila y centrifugando una vez para ingerir la recomendación diaria mínima de mucopolisacaridos se deben tomar cerca de dos litros de la bebida sábila y naranja.

6. RECOMENDACIONES

- Ensayar exhaustivamente el uso de la centrifugación como un proceso alternativo en la clarificación de líquidos.
- Realizar una evaluación sensorial para la aceptación del producto con variaciones en la formulación, para determinar el contenido óptimo de jugo de sábila que se puede incluir en el producto y el número de centrifugaciones requeridas.
- Identificar un método que permita la determinación cuantitativa de aloína.
- Ensayar el uso de luz UV-C en un sistema de flujo continuo, como una alternativa viable e innovadora de pasteurización en frío, que permita incorporar la línea de jugos de fruta en Zamorano.

8. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, S.E.; 2001. Desarrollo de pan molde y marquesote para la panificación rural de Nuevo Paraíso. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 50 p.

Aloe vera a historical perspective, US. s.f. Lexli homepage (en línea). Consultado 11 mar 2002. Disponible en <http://www.lexli.com>.

Atherton, P. 1997. The essential *Aloe vera* the actions and the evidence. 2 Ed. Mill Enterprises, Reino Unido. 355 p.

Biotechnology Services and Consulting. US. s.f. Technical sheet: pure aloin (Barbaloin) isomer A homepage (en línea). Texas, US. Consultado 3 mar. 2002. Disponible en <http://www.galaxymall.com/services/spectral/aloin.html>

Bland, J. 1985. Effect of orally consumed *Aloe vera* juice on gastrointestinal function in normal humans. Linus Pauling Institute of Science and Medicine, California. Consultado 16 nov. 2000. Disponible en <http://www.wholeleaf.com>.

Coats, B.C. 1993. Method of processing stabilized *Aloe vera* gel obtained from the whole *Aloe vera* leaf (en línea). Consultado 26 ene. 2002. Disponible en <http://www.patft.uspto.gov>.

Costell, E. 1999. Desarrollo de alimentos funcionales. Alimentación Latinoamericana. no. 230: 20-22p.

Chaplin, M. s.f. Centrifugation. (en línea). Consultado 22 mar. 2002. Disponible en <http://www.sbu.ac.uk/biology/enztech/index.html>

Danhof, I.E. s.f.a *Aloe vera*, the whole leaf advantage (en línea). Consultado 5 dic. 2001. Disponible en <http://www.wholeleaf.com>.

Danhof, I.E. s.f.b. *Aloe vera* leaf handling and constituent variability (en línea). Consultado 5 dic. 2001. Disponible en <http://www.wholeleaf.com>.

Danhof, I.E. s.f.c. Internal uses of *Aloe vera* (en línea). Consultado 18 dic. 2001. Disponible en www.wholeleaf.com.

Dowden, A. 1996. Fun and functional. (en línea). Consultado 2 mar. 2002 Disponible en <http://www.dotpharmacy.co.uk/upneutra.html>.

Estrada, R. 1998?. Métodos de extracción de sábila (en línea). México. Consultado 16 dic. 2001. Disponible en <http://www.aloejamauve.com>.

FDA (Food and Drug Administration). US. CFSAN. 2000. Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies ultraviolet light (en línea). consultado 7 mar. 2002. Disponible en <http://vm.cfsan.fda.gov>

Fuller, W.G. 1994. New food product development. Boca Ratón, Florida. CRC Press, Inc. 275 p. Contemporary food science.

Garbutt, A. s.f. The rediscovery of *Aloe vera* (en línea). US. Consultado 10 oct. 2001. Disponible en <http://wholeleaf.com>

Health Canada. 1998. In context: functional foods and nutraceuticals homepage (en línea). Consultado 12 mar. 2002. Disponible en <http://www.canoe.ca/HealthCFIC/functional.html> .

Kotler, P.; Armstrong, G. 2001. Marketing. Trad. R.L. Escalona. 8 ed. México. Person Education. 768 p.

Lupal, M. 1998?. Luz ultravioleta ofrece desinfección confiable (en línea). Consultado 2 feb. 2002. Disponible en http://www.acsmedioambiente.com/LoNuevo/luz_ultravioleta.htm

Noel, M. 2001. *Aloe* gel: the gel from this desert lily isn't just for sunburns (en línea). México. Consultado 10 ene. 2002. Disponible en http://www.findarticles.com/cf_0/m0NAH/8_31/80120495/p1/article.jhtml?term=Aloe

McCandless, L. 1998. UV pasteurization update (en línea). US. Connecticut Fruit Grower's Newsletter. Consultado 3 mar. 2002. Disponible en <http://orchard.uvm.edu>

Palou, E; Arce, L; Beristain, L; D. Bermudez, J; Gomez, P y Lopez, A. 1999. Short-wave ultraviolet light irradiation effects on carrot juice (en línea). MX. Consultado 23 feb. 2002. Disponible en http://ift.confex.com/ift/2001/techprogram/paper_8602.htm

Por qué suplementar... US. 2000. Kalikamir homepage (en línea). Consultado 2 mar. 2002. Disponible en www.kalikamir.com/esp/disclaimer.html.

Plaskett, L. (s.f). *Aloe vera*, *Aloe* in alternative medicine practice. Whole leaf homepage (en línea). Consultado 12 dic. 2001. Disponible en <http://www.wholeleaf.com>.

Properties of *Aloe barbadensis* Miller constituents. US. 1996?. Forever living products homepage (en línea). Consultado 14 dic. 2000. Disponible en <http://www.aloevera.co.uk/aloeprop.htm>

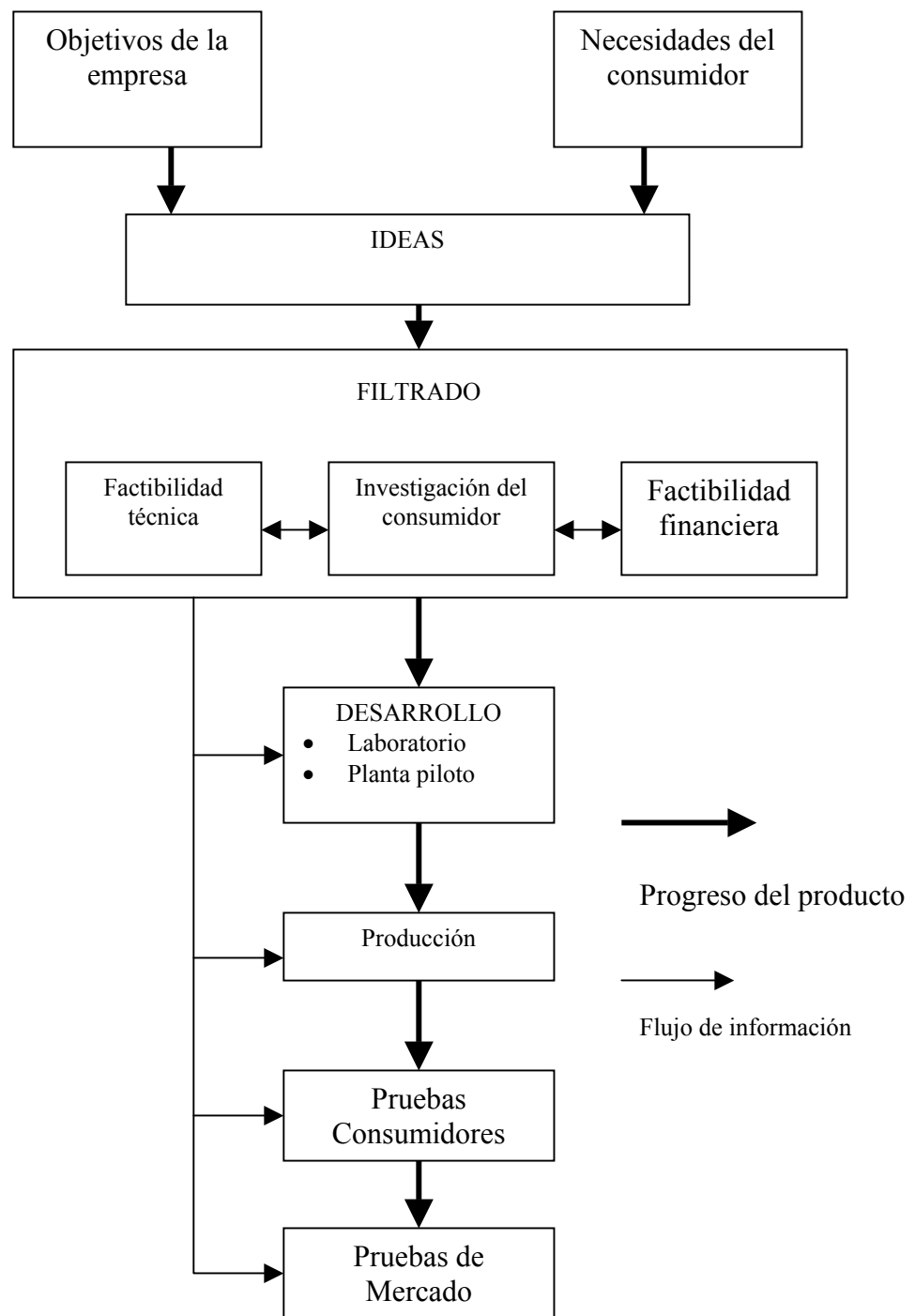
Qué es el carbón activado. MX. 1998?. Clarimex homepage (en línea). Consultado 3 mar. 2002. Disponible en <http://www.clarimex.com/productos.htm>.

Steven, R; Schechter, P. s.f. *Aloe vera* Produces anti-inflammatory, immune strengthening effects on skin. Whole leaf homepage (en línea). Consultado 12 dic. 2001. Disponible en <http://www.wholeleaf.com>

What is the market interest in nutraceuticals, US. s.f. New Jersey State University; St. Joseph's, Philadelphia's Jesuit University homepage (en línea). Consultado 11 feb. 2002. Disponible en <http://foodsci.rutgers.edu>.

Wright, HB; Cairns, HL. s.f. Desinfección de agua por medio de luz ultravioleta (en línea) Consultado 12 feb. 2002. Disponible en <http://www.ingenieroambiental.com/2info/ultravio.pdf>

8. ANEXOS

Anexo 1. Fases en el desarrollo de nuevos productos


Fuente: Fuller (1994).

Anexo 2. Variaciones en el contenido de sólidos totales y polisacáridos según el método de extracción de sábila.

Proceso Componente	%	
	Fileteado	Hoja Entera
Sólidos totales sin preservantes	0.45 – 0.65	1.30 – 3.50
Polisacáridos	0.12	0.16

Fuente: (Danhof, s.f.b)

Anexo 3. Métodos de extracción de sábila y sus componentes

Característica	pH	Aloína (ppm)	Agua (%)	Sólidos Totales
Método de extracción				
Fileteado	4.27	6	99.25	0.48
Por rodillo	4.30	32	99.61	0.39
Picador de hoja	4.24	18	99.61	0.42
Hoja Entera	4.09	1	98.62	1.38

Fuente: (Danhof, s.f.b)

Anexo 4. Estándares establecidos para el gel y la hoja entera de sábila por el “International Aloe Science Council”.

Promedio		
Prueba	Gel	Hoja Entera
pH	3.8	3.9
Sólidos	0.88 %	1.2 %
Calcio	241.3 mg/l	65.1 mg/l
Magnesio	58.4 mg/l	82.5 mg/l
Ácido Málico	2,028.7 mg/l	4,287.0 mg/l

Fuente: (Danhof, s.f.b)

Anexo 5. Encuesta de sondeo de mercado para la elaboración de un prototipo de producto alimenticio con base en sábila

Encuesta # _____ Fecha _____ Lugar _____

1. Consume sábila?

Si ____ No ____

2. ¿ Ha oído los beneficios de consumirla?

Si ____ No ____

¿ Cuáles?

3. ¿Consume/ha consumido sábila?

Si ____ No ____ ¿por qué?

4. ¿ En que forma la consume?

Uso externo _____

Uso interno _____

5. ¿Con qué frecuencia?

Diariamente _____

una vez por semana _____

dos veces por mes _____

Esporádicamente _____

6. ¿Donde la adquiere?

Mercado _____ Vecino _____

Propio _____ Supermercado _____

7. ¿ Si se elaboraran productos alimenticios con base en sábila cuáles sugeriría?

8. ¿Cuanto pagaría por _____ del producto ?

112 ml _____

240 ml _____

9. En cuál rango de edad (años) se encuentra?

20-25 _____ 26 –30 _____
31-35 _____ 36-40 _____

41-45 _____ 46- 50 _____
51-55 _____ 56-60 _____
+ de 60 _____

10. Sexo F _____ M _____

11. ¿Dónde reside?

Anexo 6. Cálculo en el tamaño de muestra para el sondeo de mercado

Fórmula para determinar el tamaño de muestra cuando la respuesta es en porcentaje:

$$n = \frac{p_1q_1}{V} + \frac{3-8p_1q_1}{p_1q_1} + \frac{1-3p_1q_1}{Vn_1}$$

En donde n1= número total de muestras de la primera fase.

$$V = \frac{d^2}{t^2}$$

d^2 = error en el muestreo, para este caso fue del 1%

t^2 = confianza del muestreo (t student) de 2%

$$n = \frac{(0.58)(0.42)}{0.01/4} + \frac{3-8(0.58)(0.42)}{(0.58)(0.42)} + \frac{1-3(0.58)(0.42)}{0.025(48)}$$

$$n = 104$$

Anexo 7. Tipos de productos propuesto por los encuestados para desarrollar el prototipo

Producto a elaborar	# encuestados	% del total
Jugo (sabor)	66	61*
Manzana	6	10
Fresa	10	16
Naranja	25	41
Mango	3	5
Durazno	1	2
Piña	4	7
Uva	1	2
Papaya	1	2
Maracuya	1	2
Guayaba	1	2
Ponche	9	15
Gelatina (sabor)	22	20
Manzana	1	5
Fresa	11	50
Uva	3	14
Yogurt	8	7
Galleta	2	2
Gomitas	4	4
Jalea	4	4
Malteada	2	2

* C.V. 4.7%

Anexo 8. ANDEVA de la absorbancia a 320 nm por número de centrifugaciones.

Fuente de variación	GL♦	SC+	CM*	Valor F	Pr>F
Modelo	2	0.261	0.130	63.55	<.0001
Error	6	0.012	0.012		
Total	8	0.273			

♦ Grados de libertad

+ Suma de cuadrados

* Cuadrado medio

 $R^2 = 95.5\%$

CV = 9.6%

Anexo 9. ANDEVA de la absorbancia a 365 nm del jugo de sábila por número de centrifugaciones.

Fuente de variación	GL♦	SC+	CM*	Valor F	Pr>F
Modelo	3	0.5193	0.173	10035.5	<.0001
Error	8	0.0001	0.000		
Total	11	0.273			

♦ Grados de libertad

+ Suma de cuadrados

* Cuadrado medio

 $R^2 = 99.9\%$

CV = 2.4%

Anexo 10. ANDEVA del contenido de mucopolisácaridos por número de centrifugaciones.

Fuente de variación	GL♦	SC+	CM*	Valor F	Pr>F
Modelo	3	579,692	193,239	5,945	<.0001
Error	8	260	32		
Total	11	579,952			

♦ Grados de libertad

+ Suma de cuadrados

* Cuadrado medio

 $R^2 = 99.9\%$

CV = 1.09%