



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA BARRA DE FRUTA A PARTIR DEL FRUTO
DE ASAÍ (*Euterpe precatoria*)**

Pamela Elizabeth Vallejo Figueroa

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agrarias, Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Bogotá, Colombia
2015

**DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA BARRA DE FRUTA A PARTIR DEL FRUTO
DE ASAÍ (*Euterpe precatoria*)**

Pamela Elizabeth Vallejo Figueroa

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Director (a):

PhD. María Soledad Hernández Gómez

Docente Titular Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA)

Universidad Nacional de Colombia

Codirector (a):

PhD. Mary Lares

Docente Asociada Escuela de Nutrición y Dietética

Universidad Central de Venezuela

Línea de Investigación:

Innovación y desarrollo de Productos

Grupo de Investigación:

Frutos promisorios de la Amazonía

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias, Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Bogotá, Colombia

2015

A mi familia

*Nuestra recompensa se encuentra en el
esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo
total es una victoria completa.*

Gandhi

Agradecimientos

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que me acompañaron y apoyaron en este proyecto:

A mi familia, que han sido mi motor, mi apoyo y mi fuerza para poder alcanzar todos los objetivos a nivel profesional y personal. En especial a mi hermana por toda la compañía, consejos y palabras de ánimo que me brindó durante el camino. A Emir por siempre confiar en mí y estar ahí incondicionalmente.

A la profesora María Soledad Hernández, por sus valiosos aportes y su continua confianza en lo realizado. A la profesora Mary Lares, por sus buenos consejos, por el gran esfuerzo en el estudio clínico, por el tiempo y la dedicación al proyecto.

Al Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, por permitirme realizar este proyecto y por dar todo su apoyo en lo realizado. A Raquel, Wilson, Dora y demás compañeros del ICTA que siempre estuvieron ahí para ayudarme.

A los profesores Orlando Martínez, Patricia Restrepo, Juan Fernández, Jorge Castro, por sus maravillosos aportes en la realización del proyecto. Al panel sensorial de Química y a los voluntarios en el ensayo piloto. Muchas gracias!!!

Resumen

El Asaí *Euterpe precatoria* es un fruto de palma oleaginoso, que se encuentra en la región Amazónica Colombiana, es conocido por su alto contenido de compuestos bioactivos, que le conceden propiedades benéficas para la salud, en especial contrarrestar los efectos del estrés oxidativo. El objetivo del estudio fue evaluar la elaboración de una barra de fruta a partir del asaí. El fruto se usó en proporciones progresivas en mezcla con copoazú (30-50-y 70% en masa), junto con 5 hidrocoloides disponibles en el mercado. En la etapa de aceptación se seleccionaron 3 formulaciones, teniendo en cuenta como criterio la evaluación del perfil de textura: 30% de asaí- goma xantana, 50% asaí- goma guar y 70% asaí- pectina lenta, y de estas se halló diferencias en cuanto a sus componentes nutricionales, debido principalmente al aporte de grasa, fibra y compuestos bioactivos del asaí, así como también diferencias sensoriales, el aporte calórico por porción fue menor a 60kcal y el aporte de fibra por porción es el 10% del valor de referencia. La barra tuvo una buena calidad microbiológica y fue evaluada durante 1 año de almacenamiento, encontrando que un empaque de barrera de polietileno coextruido y empleando vacío dio un tiempo de vida útil al producto muy adecuado. Además se diseñó un estudio de intervención para evaluar su efecto en 8 voluntarios sanos, administrando 1 porción diaria durante 13 días de consumo, y se usó indicadores de estrés oxidativo (8-isoprostano, óxido nítrico, SOD y la interleucina 6) demostrando su alta capacidad antioxidante y un efecto positivo para mejorar la función endotelial.

Palabras clave: capacidad antioxidante, amazonia, lámina flexible de fruta, antocianinas, hidrocoloides, análisis de textura

Abstract

The Acai *Euterpe precatoria* is a fruit of oleaginous palm, located in the Colombian Amazon region is known for its high content of bioactive compounds that grant beneficial properties for health, especially to counter the effects of oxidative stress. The aim of the

study was to evaluate the development of a bar from the acai fruit, where the fruit is used in progressive proportions mixed with copoazú (30-50-and 70% by mass), along with 5 hydrocolloids available in the market. In step 3 formulations acceptance selected, considering the evaluation criterion texture profile: asaí- 30% xanthan gum, guar gum asaí- 50% and 70% slow asaí- pectin, and these differences found in their nutritional components, mainly due to the contribution of fat, fiber and bioactive compounds of acai as well as sensory differences, the calories per serving was less than 60kcal and supply of fiber per serving is 10% of the value of reference. The bar had a good microbiological quality was evaluated for 1 year of storage, finding a coextruded barrier packaging using polyethylene vacuo gave a lifetime to highly suitable. In addition an intervention study to evaluate its effect on 8 healthy volunteers by administering one daily serving for 13 days of consumption was designed, and indicators of oxidative stress (8-isoprostane, nitric oxide, SOD and interleukin-6) was used to demonstrate its high antioxidant capacity and a positive effect to improve endothelial function.

Keywords: antioxidants, amazonian, fruit leather, anthocyanins, hydrocolloids, texture analysis

Contenido**Pág.**

Resumen	XI
Lista de figuras	XVI
Lista de tablas.....	XVIII
Introducción.....	23
1. Marco teórico.....	26
1.1 Snack saludable.....	26
1.2 Barras de frutas	26
1.2.1 Propiedades de las barras de frutas	27
1.2.2 Estudios sobre la elaboración de barras de frutas	28
1.2.3 Variables de composición de las pulpas	32
1.3 Hidrocoloides	33
1.3.1 Goma Arábica.....	33
1.3.2 Goma xantana	33
1.3.3 Pectina.....	34
1.3.1.1 Pectina de alto metóxilo.....	34
1.3.1.2 Pectina de bajo metóxilo.....	35
1.2.4 Goma guar.....	36
1.2.5 Goma Tara	36
1.4 Análisis del perfil de textura	37
1.5 Materias primas para el desarrollo de las barras.....	39
1.5.1 Asaí <i>Euterpe precatoria</i>	39
1.5.1.1 Morfología	39
Taxonomía	40
1.5.2 Propiedades bromatológicas y fitoquímicas.....	41
1.6 Copoazú <i>Theobroma glandiflorum</i>	57
1.7 Efecto térmico sobre el contenido de antioxidantes.....	58
2. OBJETIVOS	60
3. Metodología.....	60
3.1 Materias primas	60
3.2 Estudios preliminares.....	61
3.3 Procesamiento de las barras de frutas	61
3.4 Selección de producto (Análisis de perfil de textura)	62
3.5 Curvas de secado	63
3.6 Análisis fisicoquímico	63

3.7	Microscopia Electrónica de Barrido	63
3.8	Análisis bromatológico, microbiológico y sensorial	64
3.8.1	Análisis sensorial.....	64
3.8.2	Evaluación condiciones de almacenamiento	65
3.9	Capacidad antioxidante.....	65
3.9.1	Métodos espectrofotométricos para antocianinas totales, polifenoles totales y capacidad antioxidante	65
3.9.2	Método para determinación de azúcares y ácidos orgánicos.....	68
3.10	Micronutrientes	69
3.10.2	Método para determinación de Hierro.....	69
3.10.3	Método para la determinación del calcio.....	70
3.10.4	Método para determinación de Vitamina A	70
3.10.5	Método para determinación de vitamina C.....	71
3.11	Metodología del estudio de intervención para evaluar el potencial funcional y antioxidante de la barra de Asaí-copoazú en voluntarios sanos	72
3.12	Análisis estadístico.....	75
4.	Resultados.....	77
4.1	Ensayos preliminares de barras comestibles de Asaí	77
4.2	Análisis de textura del ensayo preliminar de la elaboración de barras de Asaí.....	78
4.3	Selección de formulaciones	84
4.3.1	Curvas de secado:.....	85
4.4	Caracterización fisicoquímica	86
4.3.2	Microscopia Electrónica de Barrido.....	87
4.4	Análisis Bromatológico, microbiológico y sensorial.....	90
4.4.1	Análisis Bromatológico	90
4.4.2	Análisis microbiológico	93
4.4.3	Análisis sensorial.....	96
4.5	Análisis de capacidad antioxidante y micronutrientes.....	104
4.5.1	Compuestos fenólicos	104
4.5.2	Antocianinas.....	105
4.5.3	Capacidad Antioxidante	108
4.5.4	Micronutrientes	109
4.6	Estudio de intervención para evaluar el potencial funcional y antioxidante de la barra de Asaí-copoazú en voluntarios sanos	112
5.	Conclusiones y recomendaciones.....	122
5.1	Conclusiones	122
5.2	Recomendaciones	123
A.	Anexo: Producción académica	125
B.	Anexo: Formato sensorial panel entrenado.....	126
C.	Anexo: Formato sensorial panel no entrenado.....	128
D.	Anexo: Tabla nutricional.....	129
	Bibliografía.....	130

Lista de figuras

Figura 1-1. Diagrama del perfil de textura.....	38
Figura 1-2. Frutos de Asaí <i>Euterpe precatoria</i> colectados en San José del Guaviare....	39
Figura 1-3. Copoazú en óptimo estado para procesamiento	57
Figura 3-1. Diagrama de flujo para el procedimiento de la elaboración de la barra.....	62
Figura 3-2. Etapas del desarrollo del estudio para la obtención y evaluación de barra de fruta de Asaí.....	75
Figura 4-1. Ensayos preliminares de mezclas de frutos amazónicos y tropicales no amazónicos de barras Asaí-banano, (A) Asaí 20% - Banano 80%, (B) Asaí 50% - Banano 50%, (C) Asaí 80% - Banano 20%.....	78
Figura 4-2. Valor de dureza de las barras elaboradas con asaí en mezcla con copoazú y los 5 hidrocoloides seleccionados y el control comercial Bio2® (Azul: barras al 30% de Asaí, Rojo: barras al 50% de Asaí y Verde: barras al 70% de Asaí).....	80
Figura 4-3. Gomosidad de las barras elaboradas con Asaí en mezcla con Copoazú y los 5 hidrocoloides seleccionados y el control Bio2® (Azul: barras al 30% de Asaí, Rojo: barras al 50% de Asaí y Verde: barras al 70% de Asaí).	82
Figura 4-4. Masticabilidad de las barras elaboradas con Asaí en mezcla con Copoazú y los 5 hidrocoloides seleccionados y el control Bio2® (Azul: barras al 30% de Asaí, Rojo: barras al 50% de Asaí y Verde: barras al 70% de Asaí).....	83
Figura 4-5. Selección final de las tres formulaciones de acuerdo con el perfil de textura.....	84
Figura 4.6. Curvas de secado de las tres (3) formulaciones para barra de asaí seleccionadas por su mejor desempeño en la prueba de textura....	86
Figura 4-7. Micrografías de barras de Asaí en mezcla en diferentes proporciones con Copoazú e hidrocoloides.....	88
Figura 4-8. Crecimiento de microorganismos mesófilos aerobios en diferentes condiciones de almacenamiento en barra de asaí-copoazú. Legislación NTC 5856 para el bocado veleño, mesófilos <100UFC.	96
Figura 4-9. Preferencia del consumidor frente a las barras seleccionadas con mejor desempeño en la prueba de textura	103

Figura 4-10. Contenido de compuestos fenólicos antes y después del secado de las tres (3) barras de asaí seleccionadas por su mejor desempeño en la prueba de textura.....104

Figura 4-11. Contenido de antocianinas antes y después del secado de las tres (3) barras de asaí seleccionadas por su mejor desempeño en la prueba de textura.106

Lista de tablas

Tabla 1-1. Estudios realizados sobre elaboración de barras de frutas en los últimos quince (15) años.....	29
Tabla 1-2. Propiedades tecnológicas de los hidrocoloides de uso frecuente en la elaboración de barras y láminas de frutas	37
Tabla 1-3. Producción del Asaí en Colombia durante 2009-2013.....	41
Tabla 1-4. Propiedades bromatológicas del Asaí <i>oleracea</i> y <i>precatoria</i>	41
Tabla 1-5. Compuestos bioactivos del Asaí <i>Euterpe Oleracea</i>	43
Tabla 1-6. Mecanismo de acción de los antioxidantes.....	46
Tabla 1-7. Estudios de capacidad antioxidante en frutos exóticos.....	48
Tabla 1-8. Capacidad antioxidante del asaí <i>Euterpe oleracea</i> en 3 estados de madurez.....	49
Tabla 1-9. Comparación de capacidad antioxidante medida por ORAC de Euterpe Oleracea y Euterpe precatoria.....	56
Tabla 1-10. Comparación actividad antioxidante medida por DPPH y TP de Euterpe Oleracea y Euterpe precatoria	56
Tabla 1-11. Estudios sobre el efecto de la temperatura en los compuestos antioxidantes.....	59
Tabla 3-1. Combinaciones de gomas y proporciones para el desarrollo del producto.....	61
Tabla 3-2. Análisis bromatológico, microbiológico y sensorial (Metodología).....	64
Tabla 4-1. Resultados ensayos preliminares obtención de la barra de asaí en mezcla con frutos tropicales	78

Tabla 4-2. Perfil de textura de las barras de asaí-copoazú formulados con 5 hidrocoloides.....	80
Tabla 4-3. Caracterización fisicoquímica de las barras de asaí-copoazú seleccionadas de acuerdo al desempeño en la prueba de textura	87
Tabla 4-4. Análisis bromatológico de las barras de asaí con mejor desempeño en las pruebas de textura.....	91
Tabla 4-5. Análisis bromatológico de las barra de asaí con mejor desempeño en las pruebas de textura por porción (25g)	91
Tabla 4-6. Contenido de cenizas en las barras de asaí-copoazú en las 3 formulaciones con mejor desempeño en las pruebas de textura	94
Tabla 4-7. Análisis microbiológicos de las tres (3) barras de Asaí seleccionadas por su mejor desempeño en las pruebas de textura	95
Tabla 4-8. Análisis de la prueba sensorial para panel entrenado en las tres (3) barras seleccionadas por mejor desempeño en la prueba de textura.....	98
Tabla 4-9. Resultados prueba sensorial para consumidores (panel no entrenado) de las tres (3) barras seleccionadas por su desempeño en la prueba de textura	100
Tabla 4-10. Apariencia en la prueba de consumidores de las tres (3) barras de asaí con mejor desempeño en las pruebas de textura	101
Tabla 4-11. Aroma en la prueba de consumidores de las tres (3) barras de asaí con mejor desempeño en las pruebas de textura	101
Tabla 4-12. Color en la prueba de consumidores de las tres (3) barras de asaí con mejor desempeño en las pruebas de textura	102
Tabla 4-13. Sabor en la prueba de consumidores de las tres (3) barras de asaí con mejor desempeño en las pruebas de textura	103
Tabla 4-14. Textura sensorial en la prueba de consumidores de las tres (3) barras de asaí con mejor desempeño en las pruebas de textura	103
Tabla 4-15. Compuestos fenólicos en las tres (3) barras de Asaí seleccionadas por su desempeño en la prueba de textura	105
Tabla 4-16. Contenido de antocianinas en las tres (3) barras de Asaí seleccionadas por su desempeño en la prueba de textura	107
Tabla 4-17. Capacidad antioxidante DPPH de las tres (3) barras de Asaí seleccionadas en la prueba de textura	109
Tabla 4-18. Capacidad antioxidante ABTS de las tres (3) barras de Asaí seleccionadas en la prueba de textura	109
Tabla 4-19 Contenido de hierro de las tres (3) barras de Asaí seleccionadas en la prueba de textura	111

Tabla 4-20. Contenido de calcio de las tres (3) barras de Asaí seleccionadas en la prueba de textura	111
Tabla 4-21. Contenido de Vitamina A de las tres (3) barras de Asaí seleccionadas en la prueba de textura	112
Tabla 4-22. Edad y sexo participantes estudio clínico con consumo de barra de asaí.....	113
Tabla 4-23. Medidas antropométricas de los sujetos evaluados.....	113
Tabla 4-24. Medidas bioquímicas antes y después del consumo de la barra de asaí...114	
Tabla 4-25. Resultados del recordatorio de 24h en los sujetos evaluados.....	115
Tabla 4-26. Indicadores de estrés oxidativo medidos antes y después del consumo de la barra.....	116
Tabla 4-27. Medidas de presión en sujetos evaluados antes y después del consumo de la barra	119
Tabla 4-28. Comparación de un menú propuesto con o sin la barra de asaí-copoazú...121	

Introducción

Las frutas y verduras, son alimentos esenciales de una dieta saludable, debido principalmente a su aporte significativo en fibra, micronutrientes y antioxidantes (Min Salud, 1999), un consumo diario suficiente de las mismas puede contribuir a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles, como las cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (OMS, 2007). Pruebas científicas cada vez más numerosas indican que su ingesta insuficiente es un factor de riesgo fundamental de varias enfermedades no transmisibles, la Organización Mundial de la Salud - OMS y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO lanzaron la “Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud” en el 2005. En ella se propone fomentar activamente dicho consumo en todo el mundo, y en especial en los países en vía de desarrollo.

En los últimos años el sector de fruticultura colombiano ha tenido un crecimiento inusual, el volumen de producción de frutas pasó de 2,26 a 3,11 millones de toneladas, lo que equivale a un crecimiento promedio anual de 4,7%, en los años 2000-2006 (Planeación, 2008). Debido principalmente a la industrialización de los procesados de frutas y a la creciente demanda de productos de origen natural por los consumidores como: pulpas de frutas, preparados de pulpas y principalmente néctares, los cuales han tenido una tendencia al crecimiento interno y externo. Colombia tiene un gran potencial en la exportación de frutas exóticas, las cuales son apetecidas en el exterior y en particular, el mercado de las barras de frutas, el cual es un nicho que aún no está siendo cubierto por otros países, debido a que es un producto en desarrollo relativamente reciente. Las barras de frutas son productos apetitosos y masticables elaborados de fruta molida, deshidratada y finalmente presentadas como barra (Peña, 2006).

Las barras de frutas constituyen una forma de concentrar las componentes nutricionales y organolépticas de las frutas, proceso que es especialmente útil para regímenes alimentarios en los cuales no se tiene un alto consumo de frutas; según la OMS la recomendación de consumo de frutas es 120kg al año, en Colombia el consumo actual

de frutas es de 40kg/año, lo cual evidencia un déficit general de consumo en la población y es una condición que se ha mantenido desde el siglo XX. Se calcula que la ingesta insuficiente de frutas y verduras causa en todo el mundo aproximadamente un 19% de los cánceres gastrointestinales, un 31% de las cardiopatías isquémicas y un 11% de los accidentes vasculares cerebrales (OMS 2002). El propósito de las barras de frutas, es obtener un producto bajo en calorías y con un alto contenido de compuestos bioactivos, como antioxidantes, vitaminas y minerales (Orrego et al., 2014), los cuales se asocian a la prevención de enfermedades crónicas como las cardiopatías, cáncer y enfermedades cerebrovasculares (Sun-Waterhouse et al., 2010) (Kruger et al., 2014).

Entre las regiones de Colombia, es la Amazonia donde se encuentran y se producen una amplia gama de frutas con alto contenido de compuestos bioactivos, sin embargo estas frutas aún son desconocidas y su comercialización en Colombia está por iniciarse. El Asaí, es un fruto amazónico de palma, que contiene altos niveles de antocianinas y carotenoides (Pacheco-Palencia et al., 2009), estos poseen una alta capacidad antioxidante, que le confieren un gran potencial funcional. El desarrollo de productos a partir de este fruto, conlleva a un desarrollo de la cadena de frutales amazónicos con la consecuente contribución al crecimiento verde, propuesto para este cuatrienio por el Plan Nacional de Desarrollo (2010-2014), el cual en su eje de crecimiento sostenible presenta el lineamiento para la región Amazónica, que se centra en el desarrollo de líneas de investigación y en la capacidad de innovación para generar competitividad y patentar productos propios de la biodiversidad regional, es así como el desarrollo de esta barra contribuye en el cumplimiento del propósito de este plan en el nombrado eje. Así mismo, la Política para el Desarrollo Comercial de la Biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad, Consejo de Política Económica y Social - CONPES 3697, argumenta como prioridad el desarrollo de productos de origen natural con comprobada actividad biológica o productos biotecnológicos de utilidad en las industrias cosmética, alimenticia, agrícola y farmacéutica. Por estas razones el desarrollo de la barra de fruta de Asaí (*Euterpe precatoria*), es un sostén para el cumplimiento de esta política y por ende para el desarrollo tecnológico y científico del país.

Los frutos de palmas como el Asaí, no cuentan con protocolos de procesamiento bien estructurados, por su morfología y composición generalmente alta en grasas. La estandarización y desarrollo de productos a base de este fruto se convierte en un reto

tecnológico, especialmente en las condiciones de la amazonia norte colombiana. Los objetivos del presente proyecto fueron evaluar las condiciones para el desarrollo de la barra a partir del Asaí (*Euterpe precatoria*), así como evaluar su calidad sensorial, microbiológica, nutricional, y determinar la capacidad antioxidante de dicha barra con el fin de valorar de forma integral la calidad de este producto. Para el desarrollo de la barra propuesta en este trabajo se utilizaron diferentes hidrocoloides, con el fin de que mejorará la gelificación y se obtuviera una mejor textura en la barra. También se usó el copoazu (*Theobroma glandiflorum*), para mezclarlo con el asaí y así seleccionar las 3 mejores formulaciones para la barra, teniendo como variables de respuesta el análisis del perfil de textura. Seguido de esta selección, se continuó con el análisis bromatológico, microbiológico, sensorial y de capacidad antioxidante de las 3 formulaciones finales, para así finalizar con el proceso de evaluación de su calidad. Se evaluó su efecto *in vivo* con 8 voluntarios sanos, durante 13 días de consumo de la barra, con el objetivo de evaluar su efecto real en indicadores de estrés oxidativo.

Con el trabajo presentado se obtuvo un producto innovador que aporta al entendimiento del procesamiento de barras de frutas con miras a la obtención de un alimento de tipo funcional, así como a la comprensión del comportamiento de los compuestos bioactivos del Asaí, durante el proceso. Estos resultados apuntaron al fortalecimiento de los convenios del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI – Universidad Nacional de Colombia UNAL– Universidad Central de Venezuela UCV, en el cual se busca entre otros objetivos, analizar y mejorar la calidad nutricional de los compuestos provenientes de frutos como Asaí, Cocona, Copoazú y Arazá.

1. Marco teórico

1.1 Snack saludable

Un “snack” es un refrigerio o alimento corto que se consume fuera del horario de la comida principal y se usa para reparar fuerzas (Clementz y Delmore, 2011). La demanda de alimentos tipo snacks (dulces o salados) se ha incrementado en los últimos tiempos, debido a que se vive un estilo de vida más agitado, horarios de trabajo prolongados. Como consecuencia a la hora de elegir un producto se busca aquello que sea fácil de consumir, listo para calentar y preparar y si el envase es de una porción, es lo ideal.

Las guías de alimentación y nutrición del Centro de Nutrición de Holanda, define un snack saludable, como aquel que tiene una influencia neutra en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles, y además que éste contenga menos de 110kcal, por porción (NNC, 2011). Ejemplos de snacks saludables pueden ser: porciones de fruta fresca, fruta seca, rodajas de verduras, barras de cereales, y ejemplos de snacks no saludables, pueden ser: dulces, chocolates, debido a su alto contenido calórico (NNC, 2011). Por otro lado, en Guatemala, la terminología de snack saludable, quiere decir un alimento que se toma entre comidas, para satisfacer la energía y los nutrientes necesarios para el buen funcionamiento del organismo, haciendo énfasis en que resulte bajo en calorías (Torres, 2011). El término “snack” a pesar de no ser usado en Colombia, se trae a colación debido a que es el que mejor se aproxima al tipo de alimento que se propone en el proyecto.

1.2 Barras de frutas

El mercado de barras de frutas se encuentra en actual crecimiento mundial, obteniendo para el 2004 un crecimiento del 16% ocupando el tercer lugar dentro de la totalidad de los productos, lo cual hace que las barras de frutas sean una oportunidad de mercado para el país, teniendo en cuenta la gran variedad de frutas que ofrece el suelo Colombiano (Nielsen, 2004).

La actitud de los consumidores con respecto a la alimentación está dada por tendencias del mercado. Las compañías encargadas de analizar lanzamientos de productos como *Nielsen Company* y *Business Insights*, señalan cuatro tendencias principales para el mercado de comida y bebida en la actualidad: la salud y el bienestar, lo Premium, la

conveniencia y los aspectos éticos. Dentro de las cuales la salud y bienestar es la mayor tendencia mundial en el mercado de alimentos (Infocenter, 2009). Así, la industria de snacks y confitería tiene un reto dual: por un lado responder a este enfoque hacia lo saludable, pero al mismo tiempo no descuidar la esencia de su naturaleza, el placer de degustar.

En el sector de las frutas y hortalizas procesadas la oferta está enfocada en pulpas de fruta, salsas, congelados, conservas, preparados, liofilizados y deshidratados, predominantemente para uso industrial. El sector de las frutas procesadas ha incrementado su demanda internacional por la reciente inclinación en el mercado mundial al consumo de productos naturales y orgánicos de rápida preparación, en este sector las empresas colombianas tienen la capacidad para ofrecer productos de sabores exóticos y con estándares de calidad en su elaboración (Proexport, 2007).

Un producto que aportaría al sector con innovación, sería una barra de fruta, la cual se define como: un producto elaborado a partir de la pulpa de fruta con un proceso de secado, que permite obtener una barra suave y masticable, la cual tiene la propiedad de concentrar propiedades como el sabor y aroma. Además conserva nutrientes como vitaminas y minerales, por un mayor periodo de tiempo (Wood, 2007).

1.2.1 Propiedades de las barras de frutas

1. Con el proceso de secado disminuyen el agua libre de las frutas, y aumentando los sólidos solubles, esto proporciona una mayor vida útil hasta por 24 meses (Aruna et al., 1999).
2. Son ideales para aumentar el valor recomendado de frutas diarias en regímenes alimenticios que tienen bajo consumo de frutas (Ashaye et al., 2005).
3. Conservan las características originales de las frutas como color, aroma y sabor (Wood, 2007).
4. Se caracterizan por conservar nutrientes como vitaminas y minerales (Wood, 2007).
5. Generalmente tienen un agradable sabor, son de fácil consumo y percibidas como productos divertidos en especial para los niños (Vatthanakul et al., 2010).

1.2.2 Estudios sobre la elaboración de barras de frutas

Las barras de frutas tienen un incipiente desarrollo investigativo en el país, debido a que es un proceso reciente e innovador, sin embargo en la **tabla 1-1** se puede observar investigaciones llevadas a cabo en diferentes países con frutas como la manzana, albaricoque y papaya. Los trabajos identificaron los diferentes procesos de diseño, elaboración y evaluación de las barras de frutas, incorporando diferentes ingredientes como: hidrocoloides, enzimas, ácido ascórbico, entre otros componentes. Esto con el objetivo de proporcionar una mejor textura, color, aroma y sabor de las barras, además en los últimos estudios se preocupan por disminuir la pérdida de nutrientes, para lo cual utilizan algunas enzimas o ácidos con lo cual regulan el pH o disminuyen la oxidación.

En el estudio llevado a cabo por (Ahmad, Vashney y Srivasta 2005) se trabajó en barras de papaya y tomate, se evaluó el efecto de la incorporación de algunos hidrocoloides en la elaboración de barras (pectina, almidón y etilcelulosa), encontraron que esta incorporación mejora la textura y cohesividad requerida en este tipo de productos, debido a que los hidrocoloides forman una red, que ayuda a estabilizar la forma y textura de la barra sin afectar las características organolépticas como color, sabor y aroma. Se evidenció mejores resultados sensoriales con combinaciones de almidón y etilcelulosa al 1%, y pectina y almidón al 1,5%, estos dos tratamientos mantienen estables el color, sabor y apariencia general de la barra (Ahmad et al., 2005). (Aruna et al., 1999) estudiaron la vida útil de la barra de papaya, encontrando que llegó hasta los 6 meses, conservando color, apariencia y textura, sin embargo transcurridos ese tiempo se disminuyen estos atributos, en especial debido a la pérdida de humedad. Adicionalmente se encontró pérdida de carotenos del 54% y vitamina C del 43%. La pérdida de estos nutrientes resulta de la degradación que sucede en el momento del tratamiento a altas temperaturas (Aruna et al., 1999).

Por otra parte es importante el empaque que se usa en el almacenamiento, con el fin de disminuir pérdidas de nutrientes, humedad y características organolépticas. En la barra de carambolo se estableció que la mejor forma de almacenamiento son las láminas de baja densidad de polietileno, que arrojaron una duración de 6 meses de vida útil (Manimegalai et al., 2001).

En la estandarización del proceso de barras en guayaba, se observó la adición de enzimas, maltodextrina, pectinas y agentes antipardeamiento, esto con el fin de obtener una barra de óptima calidad con respecto a variables de color, humedad y pardeamiento enzimático (Vijayanand et al., 2000). Así mismo, se estandarizó el proceso de elaboración de barra de albaricoque, encontrando que la mejor formulación es 60% de pulpa, 30% de azúcar y 1% de pectina, esto para un secado de 6 horas con una temperatura de 60°C, en este proceso se evaluó, humedad, textura, ácido ascórbico, azúcares, aceptación general, en los resultados no se observaron diferencias significativas hasta los 6 meses de almacenamiento (Sharma et al., 2011), por lo cual se concluye que la conservación por medio de barras es útil para preservar las características originales de la fruta. En Colombia se estudió la adición de fibra en la elaboración de la barra de piña amazónica, encontrando mejor aceptabilidad con 0,25% de fibra (Caicedo, 2009).

Aunque se encuentra poca información sobre elaboración y evaluación de barras de frutas, se puede establecer que éstas se basan en principios comunes:

1. Temperatura de elaboración (secado) entre 55-75°C
2. Se parte de la fruta o de la pulpa, realizando un puré homogéneo
3. Factor principal: análisis sensorial
4. Evaluación de la vida útil en diferentes condiciones de almacenamiento

Tabla 1-1. Estudios realizados sobre elaboración de barras de frutas en los últimos quince (15) años

Artículo	Tratamiento	Resultados	Referencias
Lamina de papaya sobremadura (1998) Venezuela	20% azúcar, 0,5% ácido cítrico y 0,4% pectina. Evaluación durante 3 meses.	Disminución en sulfito, sorbato, pH, carotenoides, azúcares, aumento humedad y acidez. No hubo crecimiento de microorganismos y aceptabilidad constante.	(Monasterios C., 1998)
Estabilidad de almacenamiento de barra de guayaba usando nuevos procesos (Rh) (2000) India	Comparación con barra de mango proceso viejo, guayaba nuevo proceso (enzima Rohapect D5L, maltodextrinas, pectina y agente antipardeamiento)	La barra de guayaba con el nuevo proceso mejora las propiedades sensoriales y la estabilidad del almacenamiento. Mejora los niveles finales de humedad (52-64%)	(Vijayanand et al., 2000)
Efecto de la leche descremada en	Fue añadido al 0, 4.5 y 9%. Secado a	La extensibilidad y la energía de ruptura, disminuye con el incremento de	(Gujral y Khanna, 2002)

Artículo	Tratamiento	Resultados	Referencias
polvo y proteína de soya en láminas de mango (2002) India	60°C	proteína de soya. El valor de <i>a</i> y de <i>b</i> , disminuyen con la proteína de soya. Además disminuye la aceptabilidad sensorial. Mientras que la sucrosa y la leche descremada aumenta la aceptabilidad en niveles de 4,5%.	
Cambios físico químicos durante el almacenamiento de barra de papaya (2003) India	Fue almacenada a 25-45°C por 9 meses	Alto deterioro del color, apariencia y textura después de los 6 meses Perdida de carotenos 54%, β carotenos 46% y Vitamina C 43%. A altas temperaturas se encuentra mayor recuento de microorganismos	(Aruna et al., 1999)
Procesamiento y almacenamiento de la barra de carambolo (2003) India	Fue almacenada por 6 meses a 30-36°C	Bolsa de papel (BP), bolsa de polipropileno (PP), láminas de baja densidad de polietileno (MPP). Las muestras almacenadas en MPP muestran alto porcentaje de retención de nutrientes y mínima cantidad microbiana. Hubo pérdida de Vitamina C, β carotenos y azúcares totales. La evaluación sensorial fue más alta con MPP	(Manimegalai et al., 2001)
Efecto de los hidrocoloides en lámina de mango (2003) India	Guar, pectina, CMC, arábica y alginato de sodio en 3 proporciones	Los hidrocoloides incrementaron la extensibilidad y la energía de ruptura. Amarillo y rojo fueron más bajos, pero la luminosidad no se vio afectada. Mejores resultados goma guar y pectina.	(Gujral y Brar, 2003)
Barras de papaya y tomate incorporando hidrocoloides (2005) India	Proporción 75:25 base seca. Efecto del hidrocoloide vs pectina, almidón y etilcelulosa	Contenido de humedad 20,9-22,1% °Bx 78,1-78.8, pH 4,2-4,5, Con la incorporación del hidrocoloide aumento la cohesividad y dureza. Pero no mantiene el color durante el almacenamiento	(Ahmad et al., 2005)
Caracterización química y organoléptica de laminas de papaya y guayaba (2005) Nigeria	Evaluar y comparar las propiedades. 60°C por 8 h.	La lámina de guayaba tuvo valores más altos de proteína y grasa, no hubo diferencia significativa en fibra y tiene mayor aceptabilidad sensorial.	(Ashaye et al., 2005)
Propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la barra de pera (2005) EEUU	3 proporciones de pectina, agua y 2 proporciones de jarabe de maíz	La pectina afectó todas las propiedades texturales de la barra, no hubo cambio en el color durante el almacenamiento. Dureza, cohesividad fueron parámetros que se puede usar para predecir los atributos sensoriales. Escala hedónica fue positiva para: adhesividad, aroma frutal, brillo, dulzor y negativo para: secado, dureza, y masticabilidad.	(Huang y Hsieh, 2005)
Efecto secado propiedades fisicoquímicas de la lámina de mango (2006) Brasil	Variables: temperatura de secado y altura de la mezcla en la bandeja	Mínimo tiempo de secado 120 minutos, a 80°C. Fue empacado en polipropileno a 25°C. Baja actividad de agua y bajo pH, vida útil: 6 meses	(Azeredo et al., 2006)
Retención	Identificar los	Fueron identificados 38 compuestos	(Jaswir et al.,

Artículo	Tratamiento	Resultados	Referencias
compuestos volátiles barra de durian (2008) Malasia	compuestos volátiles	volátiles en fresco, 11 esteroides, 10 alcoholes, 6 ácidos carboxílicos, 6 sulfuros y 5 hidrocarburos. Durante el almacenamiento la proporción de ácidos aumenta, esteroides, alcoholes y aldehídos disminuyen.	(2008)
Secado solar para barra de carambolo (2010) Uganda	Comparación con el secado por convección	Humedad no mostro diferencias significativas. Tuvo baja retención del color. Resultados de textura no mostraron diferencias significativas y la calidad sensorial disminuye significativamente	(Okilya et al., 2010)
Estandarización de tecnología para la preparación de la barra de albaricoque (2011) India	Adición de azúcar y pectina a diferentes proporciones, por un deshidratador mecánico a diferentes temperaturas	Buena calidad sensorial con 60% pulpa, 30% azúcar, 1% de pectina. Secado a 55°C por 6 horas. Almacenamiento de 6 horas	(Sharma et al., 2011)
Efecto de pectina y jarabe de glucosa en lámina de piña (2011) Tailandia	Jarabe al 2,4 y 6% y pectina al 0.5, 1.0 y 1.5%	La pectina incrementa el color rojo, amarillo y la textura. Los más aceptados fueron: 6% de jarabe y 0.5-1.0% pectina. Con un mayor porcentaje afecta negativamente la dureza	(Phimpharian et al., 2011)
Desarrollo de la barra de manzana del bosque (2011) India	Medición de características durante 90 días de almacenamiento	Evaluación organoléptica fue estable. Hubo reducción en Vitamina C, Calcio y Fosforo. No hubo cambios significativos en sólidos solubles, pH, pectina y cenizas. La carga microbiana estuvo por debajo del límite a los 90 días.	(Vidhya y Narain, 2011)
Elaboración de una barra de fruta de piña amazónica con incorporación de fibra (2011) Colombia	5 formulaciones con adición de fibra. Secado a 200°C por 20 min	Vida útil prolongada, aporte de fibra, mayor aceptación con 0,25% de fibra.	(Caicedo, 2009)
Variación color láminas de mango (2012) Venezuela	4 temperaturas de secado y 3 velocidades de aire	Aumento de temperatura y tiempo, disminuye <i>a</i> , incremento el parámetro <i>b</i> y <i>L</i> disminuyo.	(Alvarez C., 2012)
Calidad barra de manzana durante el almacenamiento (2012) Argentina	2 formulaciones con ácido cítrico y metabisulfito de potasio. 60°C, almacenamiento por 7 meses por 20°C	El metabisulfito mantiene las características de calidad, sin desarrollo microbiano. Incremento el índice de pardeamiento. La actividad antioxidante disminuyo en 47% durante los 7 meses, para preservar la actividad antioxidante debe ser refrigerado.	(Quintero Ruiz et al., 2012)
Láminas de mango, deshidratación dinámica (2012) Colombia	3 temperaturas y 3 velocidades de secado	Mejor tratamiento a 70°C, velocidad 3,5m/s y tiempo 9h.	(Vanegas P., 2012)
Elaboración de barra de bayas marítimas (2013) India	Se elaboró con CMC de 0 a 3% y se midió de 0 a 6 meses y con la	Durante los 6 meses hubo cambios en el ácido ascórbico y carotenoides. Las barras son medianamente higroscópicas y se pueden almacenar a	(Kaushal et al., 2013)

Artículo	Tratamiento	Resultados	Referencias
	adición de sulfito	temp. Ambiente. Con sulfito tienen mejor aceptabilidad.	
Actividad antioxidante lamina de mango (2013) Venezuela	Trolox, polifenoles y ácido ascórbico	Act. Antioxidante 0,32mM Trolox y 81,5mg/100g Vitamina C, polifenoles 78,1 mgGAE	(Hernández-Varela et al., 2013)

El Instituto de Biotecnología y Agroindustria IBA de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, ha estado desarrollando las barras de frutas saludables, las cuales tienen como objetivo principal obtener barras de bajo contenido calórico y alto porcentaje de sustancias benéficas para la salud como antioxidantes y fibra dietaria, se ha estado adelantando trabajo con frutas propias de la región como mango, uchuva y maracuyá (Orrego, 2012).

1.2.3 Variables de composición de las pulpas

Contenido de pectina: influye notablemente en el proceso, pues al encontrarse en presencia de cierta cantidad de azúcar y acidez libre alcanza un grado determinado de gelificación el cual se manifiesta con la formación de una película en la superficie de la pulpa. Cuando hay un alto contenido de pectina la formación de esta película es bastante rápida, lo cual impide la salida de la humedad alargando considerablemente los tiempos de secado, mientras que en las capas internas se conserva un alto contenido de humedad (Peña, 2006).

Sólidos solubles: aportan consistencia a la pulpa disminuyendo por consiguiente la relación peso de agua a peso de sólido seco, lo cual favorece la deshidratación ya que facilita la remoción de la humedad. Además disminuye las deformaciones que se pueden presentar durante el proceso de secado. Sin embargo un alto contenido de sólidos solubles puede afectar la textura del producto final volviéndola áspera y desagradable (Peña, 2006).

Relación azúcar/acido: O la relación entre los sólidos solubles y la acidez total. Si esta es alta puede presentarse durante el proceso: caramelización, cristalización y el fenómeno de la exudación (sinéresis). También cuando se tiene un contenido de pectina alto en la composición de la pulpa, junto con la presencia de una determinada relación azúcar/acido, se propicia la gelificación. En cualquier caso en presencia de estos

fenómenos se dificulta el proceso de remoción de humedad y en consecuencia se alargan los tiempos de secado. Además, esta relación es determinante en las características organolépticas del producto, pues una relación alta es propia de sabores extremadamente dulces y una baja de sabores ácidos (Peña, 2006).

1.3 Hidrocoloides

Los hidrocoloides se usan generalmente para darle textura en algunos alimentos, como salsas, helados, compotas, mermeladas, algunos embutidos y usualmente en la elaboración de barras son adyuvantes en el proceso de gelificación y por ende en el mejoramiento del perfil de textura. A continuación se presentan algunos hidrocoloides más utilizados en la industria:

1.3.1 Goma Arábica

La goma arábica es una exudación desecada procedente de tallos y ramas de cierto arboles del genero *Acacia*, está constituida por una mezcla de diversos polisacáridos muy similares, cuyas cadenas principales están formadas por moléculas de D-galactosa con enlaces 1-3, con una estructura lineal, pero que en los carbonos C6 llevan insertadas cadenas ramificadas que contienen galactosa, arabinosa y ácido glucurónico en distintas proporciones. Es la más soluble en agua de todas las gomas, presenta viscosidades que dependen del pH y de la presencia de electrolitos, debido a las cargas iónicas de sus moléculas, que solo son elevadas para concentraciones muy altas. Se utiliza como espesante, emulsificante y estabilizante en una gran variedad de productos, reduce o previene la cristalización del azúcar y la pérdida de agua en dulces de confitería (Cubero et al., 2002).

1.3.2 Goma xantana

Es un polímero obtenido por cultivos de bacterias *Xanthomonas campestris* al fermentar el almidón de maíz. En su estructura interviene una cadena principal, algo similar a la celulosa con grupos de oligosacáridos unidos con ramificaciones. Sus moléculas adoptan una conformación helicoidal, simple o doble, sin ninguna tendencia a la asociación y ordenación. En cambio, la presencia de electrolitos neutraliza su marcado carácter aniónico y facilita las formas estructuradas, que ofrecen propiedades tecnológicas interesantes: viscosidad elevada, que prácticamente no depende de la temperatura y

carácter pseudoplástico. Es muy estable frente a los efectos de la acidez de un amplio rango y del tratamiento térmico. También resiste los procesos de congelación y descongelación (Desplanques et al., 2012).

1.3.3 Pectina

La pectina es un polisacárido natural y uno de los constituyentes mayoritarios de las paredes de las células vegetales. Se obtiene a partir de los subproductos de la industrialización de los cítricos y las manzanas. Su estructura es la del ácido poligalacturónico esterificado con grupos metilos y cadenas laterales de azúcares neutros, que facilitan la separación de las cadenas, y por consiguiente, su hidratación. Las pectinas, en general, forman geles que pueden presentar retrogradación y cuya resistencia a los ciclos de congelación-descongelación depende del contenido de azúcares del producto. Para obtener un gel con las características adecuadas, aparte de saber escoger entre los diferentes tipos de pectinas que se encuentran en el mercado, hay que conocer cómo afectan a la gelificación los siguientes parámetros (Sandoval et al., 2003):

Temperatura: cuando se enfría una solución caliente de pectina aumenta la tendencia a la cohesión entre las cadenas moleculares.

pH: la tendencia a la formación del gel se incrementa con la reducción del pH.

Azúcares: los azúcares u otros sólidos solubles similares tienden a insolubilizar la pectina creando las condiciones para la gelificación. La gelificación se produce después de la fase de cocción del producto y se obtiene solo si el contenido en azúcar está en ciertos límites.

Las pectinas se pueden clasificar de acuerdo a su grado de metoxilación (Calvo, 2000):

1.3.1.1 Pectina de alto metóxilo

La primera condición para obtener geles de pectina de alto metóxilo es que el pH sea bajo, para que los grupos ácidos, minoritarios, se encuentren fundamentalmente en forma no ionizada, y no existan repulsiones entre cargas. A pH 3,5, aproximadamente la mitad de los grupos carboxilo del ácido galacturónico se encuentran ionizados, pero por debajo de pH 2 el porcentaje es ya muy pequeño. Las cadenas de pectinas de alto

metóxilo pueden entonces unirse a través de interacciones hidrofóbicas de los grupos metóxilo o mediante puentes de hidrógeno, incluidos los de los grupos ácidos no ionizados, siempre que exista un material muy hidrófilo (azúcar) que retire el agua. En consecuencia, las pectinas de alto metóxilo formarán geles a pH entre 1 y 3,5, con contenidos de azúcar entre el 55% como mínimo y el 85% (Calvo, 2000).

El grado de esterificación de las pectinas de alto metóxilo influye mucho sobre sus propiedades. En particular, a mayor grado de esterificación, mayor es la temperatura de gelificación. Por ejemplo, una pectina con un grado de esterificación del 75% es capaz de gelificar ya a temperaturas de 95°, y lo hace en muy pocos minutos a temperaturas por debajo de 85°C. Por esto se llaman "pectinas rápidas" (Calvo, 2000).

En cambio, una pectina con un grado de esterificación del 65% no gelifica a una temperatura de 75°C, y tarda alrededor de media hora en hacerlo a 65°C. Es lo que se llama una "**pectina lenta**". Además, las pectinas con un grado de esterificación mayor forman geles que son irreversibles térmicamente, mientras que los geles formados por pectinas de grado de esterificación menor son reversibles (Calvo, 2000). Para cada tipo de pectina con un grado de metoxilación concreto existe una combinación óptima de concentración de azúcar y pH, aunque se pueden obtener geles dentro de un cierto rango de pH.

1.3.1.2 Pectina de bajo metóxilo

En el caso de las pectinas de bajo metóxilo, el mecanismo de formación de geles es totalmente distinto, ya que la unión entre cadenas se produce a través de iones de calcio, que forman puentes entre las cargas negativas. La estructura es semejante a la "caja de huevos" de los geles de alginato, pero algo menos ordenada, dada la presencia de grupos esterificados entre los galacturónicos sin esterificar. La concentración de calcio es importante hasta llegar a una cierta cantidad, que depende de cada tipo concreto de pectina, y que se conoce como "saturación de calcio". Suele estar en torno a las 500 ppm. Por encima, una mayor cantidad de calcio no tiene efecto, o incluso en algunos casos puede llegar a debilitar el gel. Esto no sucede en el caso de otros geles de este tipo, como es el de alginato. Las pectinas de bajo metoxilo forman geles de consistencia

máxima con cantidades de calcio que oscilan de 20 a 100 mg de por gramo de pectina. La presencia de azúcar reduce mucho la cantidad de calcio necesaria. Consecuentemente, a menor cantidad de azúcar presente en el producto, es necesario utilizar pectinas de metóxilo menor para obtener la misma consistencia

1.2.4 Goma guar

Procede del endospermo de las semillas de guar, planta que crece principalmente en India y Pakistan, perteneciente a la familia de las leguminosas. La goma guar es un galactomano que consiste en una cadena de manosa ramificado con unidades de galactosa en proporción 2:1. Estas ramificaciones, permiten la separación de cadenas principales y, por consiguiente, su hidratación. Como consecuencia de su elevada afinidad con el agua, la goma guar proporciona una altísima viscosidad en sistemas acuosos o lácticos, incluso en dosis bajas, presentando un comportamiento pseudoplástico (Santos, 2008).

Se usa principalmente como agente espesante, con viscosidad en función de la temperatura. Puede usarse en una amplia gama de productos, ya que permanece estable en un rango de pH entre 3-11, es soluble en frío. Es poco sensible a efectos mecánicos y tiene resistencia a los ciclos de congelación-descongelación. Presenta muy buena estabilidad cuando los productos se almacenan a temperatura ambiente. La viscosidad que imparte la goma guar a la solución depende del tiempo, temperatura, concentración, pH, fuerza iónica y el tipo de agitación (Cevoli et al., 2013).

1.2.5 Goma Tara

Es un hidrocoloide derivado del endospermo de la semilla de Tara *Cesalpinia spinosum*. Al igual que la goma garrofín y la goma guar, es un galactomano que consiste en una cadena principal de manosa con cadenas laterales de galactosa en proporción 3:1. Aunque disuelve bastante bien en agua fría su máxima hidratación se obtiene en caliente. Su comportamiento es más similar a la goma garrofín que a la de guar, impartiendo viscosidad al medio donde se aplique, aparte de otras funciones como la de evitar la formación de cristales de hielo durante la congelación y la mantener buena resistencia al choque térmico. Carece de reactividad con las proteínas lácteas (Cubero et al., 2002).

La goma tara mantiene su funcionalidad a valores de pH bajos y concentraciones elevadas de sal. Encuentra aplicación en productos de pastelería y panadería, impartiendo suavidad y forma a la masa y facilitando el corte. También es muy utilizada en salsas y condimentos.

Tabla 1-2. Propiedades tecnológicas de los hidrocoloides de uso frecuente en la elaboración de barras y láminas de frutas

	Generalidades	Espesante	Estabilizante	Gelificante	Emulsificante
Guar	Alta afinidad con el agua, pH 3-11	Soluciones muy viscosas	-	-	+
Tara	Estable a pH bajos	Evita formación de cristales	-	Forma gel en presencia de catión	-
Xantana	No depende de la temperatura. Estable a amplios pH	Elevada viscosidad	-	Gel termorreversible, plástico, tipo caucho	-
Pectina Lenta	Depende de la temperatura, pH, azúcares	Viscosidad con alto pH y presencia de Ca	-	Gel plástico, no termorreversible	-
Arabiga	Más soluble y más utilizada. Depende del pH, electrolitos y cantidad.	Viscosidad máxima a pH neutro, necesita concentraciones altas	+	-	+

Fuente: tomada y adaptada de (BeMiller, 2011, Dickinson, 2003)

1.4 Análisis del perfil de textura

La textura es un parámetro de calidad definido como una percepción de características mecánicas (resultantes de la presión ejercida por dientes, lengua y paladar), características geométricas (provenientes del tamaño y forma de las partículas) y características relacionadas con las propiedades lubricantes (humedad y grasa) (Chen y Opara, 2013). En algunos alimentos es un parámetro fundamental porque puede establecer su vida útil, como en el caso de aperitivos crujientes o pastelería, en el caso de las barras de frutas, es muy importante debido a que la formación del gel y su estabilidad en el tiempo hacen del producto, alimento con mayor o menor calidad y por ende genera aceptación en el consumidor (Funami, 2011, Singh et al., 2013, Al-Hinai et al., 2013).

El perfil de textura es un análisis instrumental que permite medir de manera cuantitativa los siguientes atributos (**figura 1-1**), a través de la imitación de la masticación por medio de un Texturometro, el cual realiza una doble compresión, que al graficar la fuerza contra tiempo, lleva a la extracción parámetros texturales medibles:

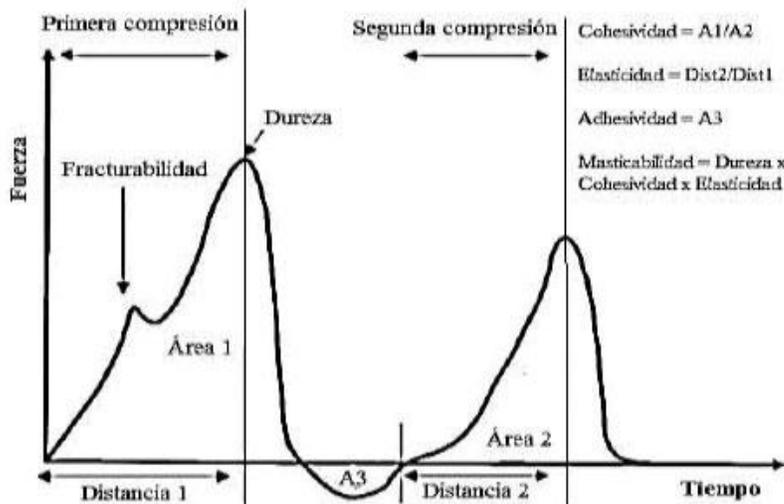
Dureza: fuerza máxima que tiene lugar en cualquier tiempo durante el primer ciclo de compresión. Se refiere a la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares o entre la lengua y el paladar, se expresa en unidades de fuerza.

Masticabilidad: producto de la dureza por la cohesividad y elasticidad. Representa el trabajo necesario para desintegrar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido. Se expresa en kg (Hleap and Velasco, 2010).

Cohesividad: cociente entre el área positiva bajo la curva de fuerza de la segunda compresión (Área 2) y el área bajo la curva de la primera compresión. Representa la fuerza con la que están unidas las partículas, límite hasta el cual se puede deformar antes de romperse. Es adimensional (Hleap and Velasco, 2010).

Elasticidad: es la altura que recupera el alimento durante el tiempo que recorre entre el primer ciclo y el segundo (D_2/D_1). Mide cuanta estructura original del alimento se ha roto por la compresión inicial. Es adimensional.

Figura 1-1. Diagrama del perfil de textura



Fuente: Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (Hleap y Velasco, 2010)

En las barras de fruta se ha utilizado para medir el efecto de los hidrocoloides, (Ahmad et al., 2005) utilizó diferentes hidrocoloides en barras de tomate-papaya, encontrando diferencias en la dureza y la masticabilidad. Observaron mejores resultados con pectina y

almidón al 1,5%. De la misma manera (Phimpharian et al., 2011), encontró que al aumentar los porcentajes de pectina en una barra de piña, aumenta la dureza de manera considerable, reflejando así que las propiedades texturales se ven modificadas ampliamente por los hidrocoloides.

1.5 Materias primas para el desarrollo de las barras

1.5.1 Asaí *Euterpe precatoria*

1.5.1.1 Morfología

Es una palma por lo general entre 10-20m de altura. Tallo erecto, sin espinas, gris, frecuentemente más ancho en la base, usualmente con raíces epigeas, con cinco a diez hojas en el ápice, usualmente solitario, raras veces cespitoso, cuando lo es, entonces con uno o dos tallos principales y rebrotes basales. **Figura 1-2.** Las hojas tienen entre 40 y 100 pinnas, subopuestas, dispuestas de forma regular en un solo plano; raquis y pecíolo cubiertos densa a moderadamente por escamas pequeñas, aplanadas e irregulares, negras o rojo-parduscas. Las primeras hojas (eófilos) son pinnadas, con dos pinnas en cada lado, pareciendo palmeadas. Las hojas al secarse se desprenden inmediatamente del tallo dándole a la Palma un aspecto limpio. La inflorescencia en antésis está ubicada por debajo de la corona de hojas, con una sola en cada nudo. Densamente cubierta por tricomas largos, blancuzcos o parduscos y muchas veces ramificados, flexibles o rígidos. Flores en grupos de tres, muy pequeñas, de color violeta. Los frutos son globosos, hasta 1.5cm de diámetro; con endospermo homogéneo, morado-negrucos cuando maduro (Castaño et al., 2007).



Figura 1-2. Frutos de Asaí *Euterpe precatoria* colectados en San José del Guaviare

Fuente: Martin Iván Montero, Ficha Técnica Asaí (SINCHI, 2011)

Taxonomía

Reino: Vegetal

Orden:

Familia: Arecaceae

Género: Euterpe

Especie: precatória

El asaí, como se le conoce al fruto de dos especies de palmas silvestres neotropicales del género *Euterpe* (*E. oleracea* Mart. y *E. precatória* Mart.), es una importante fuente de alimento para los habitantes amazónicos. La principal fuente del asaí que se consigue en el mercado global son las poblaciones naturales y cultivadas de *E. oleracea* del nordeste de la Amazonia brasileña; un aporte muy pequeño, y aún no cuantificado, viene de poblaciones naturales amazónicas de *E. precatória* del norte y noroeste de Brasil. A pesar de que *E. precatória* tiene poco impacto en el mercado internacional actual, es un recurso importante para satisfacer las necesidades de autoconsumo en la Amazonia (Rocha y Viana, 2004), incluyendo la Amazonia colombiana (Castaño et al., 2007). La oportunidad de aumentar el aprovechamiento de *E. precatória* es viable, ya que es la especie arbórea más abundante en toda la Amazonia, donde forma bosques oligárquicos en las vastas planicies inundables. Sin embargo, en la actualidad el manejo de la especie en muchas áreas de Brasil, Bolivia y Colombia es mínimo y para la cosecha de frutos se talan los individuos fértiles (Castaño et al., 2007).

En cuanto a la producción en Colombia aún es incipiente **Tabla 1-3**, se encuentran datos de producción por hectárea relativamente bajos, pero se espera que la tecnificación en cuanto a la forma de cosecha y producción mejore los rendimientos, ya que a nivel mundial existe un auge de producción y consumo, debido principalmente a su composición nutricional y sus propiedades benéficas para la salud, que fueron ampliamente investigadas.

El fruto se consume principalmente en forma de jugo, elaborado a partir del mesocarpio, que es la parte comestible del fruto. Para que el mesocarpio o pulpa del fruto se ablande y la preparación del jugo sea más fácil, se dejan remojando los frutos en agua tibia por dos horas; después de esto se maceran con la mano o con un mazo de madera,

añadiendo agua paulatinamente a medida que la pulpa se desprende de la semilla. Los frutos frescos son rara vez consumidos y se prefieren algunas de las presentaciones anteriores. Los frutos son altamente perecederos y pierden su calidad después de tres días de haber sido cosechados; a su vez el jugo puede conservarse un día sin congelar y cinco días congelado (Aranguren et al., 2014).

Tabla 1-3. Producción del Asaí en Colombia durante 2009-2013.

Departamento	Area Cos. Hectareas	Producción (Toneladas)	Rendimiento (Ton/has)
2009 Amazonas	44	152	3,5
2010 Amazonas	45	153	3,4
2011 Amazonas	47	257	5,5
2012 Amazonas	29	159	5,5
2013 Amazonas	20	108	5,4

Fuente: Agronet 2014.

1.5.2 Propiedades bromatológicas y fitoquímicas

1.5.2.1 Composición bromatológica del asaí

El asaí *E. precatória* ha sido poco estudiado acerca de su composición bromatológica y fitoquímica, sin embargo es una fruta con un alto contenido de fibra y grasa, como se puede observar en la **Tabla 1-4**, el asaí *Euterpe oleracea*, ha sido investigado intensamente, por eso se dispone de más datos e información.

Tabla 1-4 Propiedades bromatológicas del Asaí *oleracea* y *precatória*. Datos expresados en base húmeda.

Componente	Especie					
	<i>E. Oleracea</i>					<i>E. Precatoria</i>
	(Menezes et al., 2008)	(Neida y Elba, 2007)	(Schauss et al., 2006)	(Rufino et al., 2011b)	(Fregonesi et al., 2010)	(Castillo et al., 2012)
Ceniza (g/100g fruto)	0,53	0,75	0,57	0,29	0,45	0,66
Grasa (g/100g fruto)	5,88	7,11	4,87	3,07	6,03	7,63
Proteína (g/100g fruto)	1,17	1,99	1,21	0,94	1,27	0,23
Carbohidratos (g/100g fruto)	6,36	4,55	7,83	-	2,4	4,59
Fibra dietaria (g/100g fruto)	-	4,45	6,66	10,63	2,0	3,28

Fuente: recopilación autor

Cabe destacar que la composición bromatológica del fruto de asaí dependerá de la región de origen, el periodo de maduración y de otros factores agronómicos (Rufino et al., 2011b) (Canuto et al., 2010) (Schauss et al.) (Yuyama et al., 2011). El fruto de asaí está compuesto principalmente de grasa, en el mesocarpio (3,7-7,6%), tiene altos niveles de fibra dietaria, principalmente en el pericarpio (2-10,6%) y valores de proteína relativamente altos en comparación con otros frutos (0,23-1,99%). En cuanto a los análisis de carbohidratos, varía de 2 a 7,83%.

Además el asaí cuenta con 19 aminoácidos entre ellos los aminoácidos esenciales, los aminoácidos que se encuentran en mayor proporción son: ácido aspártico (0,83%), ácido glutámico (0,80%) y leucina (0,65%) (Schauss et al., 2012).

Entre los micronutrientes destacados se encuentra una cantidad apreciable de potasio (697mg) y calcio (393mg), sin embargo también se encontró en pequeñas cantidades, sodio, hierro, manganeso, vitamina A y vitamina C (Neida y Elba, 2007). El contenido de Vitamina E, fue medido por HPLC en forma de tocoferoles encontrando que tiene en promedio 394µg/g de α-tocoferol, los autores compararon este valor con el de nueces 310µg/g y el de almendras 434µg/g, deduciendo que se puede considerar fuente de este micronutriente (Darnet et al., 2012), así mismo, se destaca las funciones de antioxidante que tiene esta vitamina (Min salud, 1999), es un poderoso antioxidante liposoluble que actúa sinérgicamente con selenio para prevenir la oxidación de los ácidos grasos, fosfolípidos de la membrana, y las proteínas. Cuando la vitamina E funciona como antioxidante y dona su electrón, no puede volver a funcionar hasta que haya sido "recargado" por la vitamina C (Darnet et al., 2012).

(Gordon et al., 2012), encontró que durante la maduración las cenizas y las proteínas disminuyen y con ellas los minerales, pero el contenido graso aumenta de 7g a 38g. Su perfil de ácidos grasos revela que el 26,7% es grasa saturada, 60,6% ácidos grasos monoinsaturados y 13,3% ácidos grasos poliinsaturados. Se destaca el contenido de ácido oleico (54,4%), linoleico (16,0%) y linolenico (0,8%) (Neida y Elba, 2007) (Mantovani et al., 2003) (Rufino et al., 2011a). En un estudio los valores de ácidos grasos se compararon con los valores conocidos del aceite de oliva y el aguacate, encontrando similitudes en los valores de ácido oleico y linoleico, y evidenciando su potencial para prevenir enfermedades cardiovasculares (Nascimento et al., 2008). Además el ácido palmítico puede dar propiedades tecnológicas tales como: plasticidad, suavidad, aireación y cremosidad a las mantecas vegetales y margarinas.

1.5.2.2 Compuestos bioactivos presentes en el Asaí

Un compuesto bioactivo es una sustancia química que se encuentra en pequeñas cantidades en los alimentos. Esta sustancia tiene la propiedad de cumplir funciones en el cuerpo que le permiten mejorar la salud, ejemplos de ellos son: licopeno, resveratrol, taninos, flavonoides (Almeida et al., 2011) El asaí *Euterpe oleracea* ha sido estudiado considerablemente en el contenido y caracterización de estos compuestos entre los que se destacan: los compuestos fenólicos y dentro de estos los flavonoides y antocianinas, así como los tocoferoles y carotenoides (Ochoa y Ayala, 2004). Los compuestos fenólicos del Asaí, varían en cada estudio realizado, oscilan entre 136,8 a 4200mg ácido gálico/100g, el total de flavonoides varían de 91,3 a 134mg/100g, el total de antocianinas de 22,8 a 111mg/100g y carotenoides se encuentra un valor relativamente bajo 2,8mg/100g.(Kuskoski et al., 2006a) (Matias dos Santos et al., 2008) (Vissotto et al., 2013) (Neves et al., 2012), como se puede observar en la **tabla 1-5**.

Tabla 1-5. Compuestos bioactivos del Asaí *Euterpe oleracea*

	Neves et al., 2012	Vissotto et al., 2013	Kuskoski et al., 2006	Dos Santos et al., 2008	Rufino et al., 2010
Fenoles totales	4200mg GAE	251 ± 64mgGAE	136,8 ±0,4mgGAE	182-598mg acido tánico	-
Flavonoides	-	134 ± 44mg	-	-	91,3 ± 20,6mg
Antocianinas	-	-	22,8 ± 0,8mg	-	111 ± 30,4mg
Carotenoides	-	-	-	-	2,8 ± 0,4mg

Fuente: recopilación por autor basada en (Neves et al., 2012), (Vissotto et al., 2013), (Kuskoski et al., 2006a), (Matias dos Santos et al., 2008), (Rufino et al., 2010).

(Gordon et al., 2012) analizaron por espectrometría de masa los compuestos fenólicos del Asaí, durante el proceso de maduración del fruto encontrando 22 compuestos, entre los cuales están el homorientin, isovitexin, orientin, cianidin-3-rutinoside el ácido vanílico y cianidin-3-glucoside, los cuales varían con el estado de maduración del fruto.

En comparación otras frutas nativas del Brasil, los compuestos fenólicos son relativamente altos, pero superados por el fruto de acerola *Malpighia emarginata* o el baguacu *Eugenia umbelliflora*. Los estudios indican que los polifenoles predominantes en el Asaí, son las antocianinas, estructuralmente proveniente de taninos condensados,

estas antocianinas se aislaron por HPLC: cianidino 3 glucosido (C3G) y cianidino 3 rutinosido (C3R) y en menor cantidad el peonidino rutinosido, en la cantidad de estas 2 antocianinas se encontró 35,8mg/100mg para el C3G y 58,7mg/100g para C3R, estas antocianinas son conocidas por tener alta capacidad antioxidante lo cual incide en la actividad del fruto (Gouvêa et al., 2012) (Lichtenthäler et al., 2011) (Neida and Elba, 2007) (Agawa et al., 2011) (Del Pozo-Insfran et al., 2004).

Aunque se ha encontrado bajos contenidos de vitamina C, muestra sin embargo un apreciable cantidad de tocoferoles, en mayor cantidad α -tocoferol (9 μ g/mL), β - γ -tocoferol (7,5 μ g/mL) y en menor cantidad δ -tocoferol 2,5 μ g/mL, esto le proporciona un valor adicional a su contenido nutricional (Darnet et al., 2011).

1.5.2.3 Capacidad antioxidante (definiciones)

Un antioxidante es una molécula capaz de prevenir o retardar la oxidación de otras moléculas, generalmente sustratos biológicos como lípidos, proteínas o ácidos nucleicos. A diferencia de la única medición del contenido de un antioxidante determinado, la actividad antioxidante de un alimento resulta de la capacidad que tendrían todos los compuestos antioxidantes presentes (vitaminas + polifenoles + carotenoides) para actuar simultáneamente como una mezcla de compuestos antioxidantes. La oxidación de tales sustratos podrá ser iniciada por especies reactivas como los radicales libres y aquellas que sin ser radicales libres, son suficientemente reactivas para inducir la oxidación de sustratos como los mencionados (Aldini et al., 2010).

Las especies reactivas derivadas del oxígeno (ROS) comprenden todas aquellas especies reactivas que, siendo o no radicales libres, centran su reactividad en un átomo de oxígeno. Las principales ROS son el superóxido (O_2^-), hidroxilo (OH^\cdot), alcoxi (RO^\cdot), peroxi (ROO^\cdot), carbonato (CO_3^-) y dióxido nítrico (NO_2^-). La capacidad antioxidante celular está dada por mecanismo a través de los cuales la célula afecta la reactividad y/o inhibe la generación de radicales libres. Estos mecanismos son adecuados a la corta vida media de los radicales libres y comprenden moléculas pequeñas, endógenas y exógenas con capacidad antioxidante (Morillas-Ruiz y Delgado-Alarcón, 2012).

Los daños al ADN pueden causar cáncer y mutaciones si no son revertidos por los mecanismos de reparación, mientras que los daños a proteínas causan su degradación y desnaturalización. Los ROS forman radicales libres, los cuales son

intermediarios inestables que pueden producir alteraciones genéticas sobre las células que se dividen continuamente, contribuyendo a aumentar el riesgo de enfermedades por mutaciones y la aparición de enfermedades asociadas con el proceso de envejecimiento tales como el Alzheimer, trastornos cardiovasculares, cataratas y otras alteraciones (Morillas-Ruiz y Delgado-Alarcón, 2012).

La capacidad antioxidante celular está dada por mecanismos (**tabla 1-5**) a través de los cuales la célula afecta la reactividad y/o inhibe la generación de radicales libres. Estos mecanismos son adecuados a la corta vida media de los radicales libres y comprenden moléculas pequeñas, endógenas y exógenas con capacidad antioxidante (Ruiz, 2010).

Mecanismos de reacción de los antioxidantes: en general pueden realizar su mecanismo de las siguientes formas:

Antioxidantes preventivos: inhiben la formación de especies de oxígeno reactivo. Dentro de ellos se encuentra el peróxido dismutasa, catalasa, peroxidasa y transferrin.

Antioxidantes de rompimiento de cadena: son compuestos que eliminan el oxígeno radical y por lo tanto rompen la secuencia en cadena del radical. Ellos incluyen Vitamina C, Vitamina E, ácido úrico, bilirrubina y polifenoles entre otros. Lo pueden hacer por transferencia del átomo de hidrógeno (TAH) o por transferencia de electrones (TE) (Beltran, 2009).

Quelantes de metales: actúan por remoción de iones orgánicos mediante un agente químico que capta los iones metálicos del complejo molecular a donde están adheridos. Estabilizan las formas oxidadas de los metales, es decir, reducen sus potenciales redox, evitando así la oxidación de los mismos.

En general los mecanismos de acción se pueden diferenciar de la siguiente forma:

Tabla 1-6. Mecanismo de acción de los antioxidantes

TIPO ANTIOXIDANTE	MECANISMO DE ACCION	EJEMPLO DE ANTIOXIDANTE
Antioxidante propiamente dichos	Inactivando radicales libres lipídicos	Compuestos Fenólicos
Estabilizadores de hidroperóxidos	Previendo la descomposición de hidroperóxidos en radicales libres	Compuestos Fenólicos
Sinergistas	Promoviendo la actividad de los antioxidantes propiamente dichos	Ácido cítrico, ácido ascórbico
Quelantes de metales	Ligando metales pesados a compuestos inactivos	Ácido fosfórico, compuestos de Maillard
Extinguidores de	Transformando oxígeno singulete	Carotenos

oxígeno singulete	en oxígeno triplete	
Sustancias que reducen hidroperóxidos	Reduciendo hidroperóxidos por vías no radicalarias	Proteínas, aminoácidos

Fuente: (Beltran, 2009)

Métodos de determinación de actividad antioxidante

No existe una técnica oficial para la determinación de la actividad antioxidante. Varios métodos son utilizados, cada uno basado en diferentes principios y condiciones experimentales, entre los cuales se encuentran el método FRAP (poder antioxidante por reducción del ión férrico), DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidracil) o TEAC (actividad antioxidante en equivalentes Trolox). Inclusive, cuando diferentes investigadores usan el mismo método se reportan modificaciones en este, así, los resultados de diversos estudios son difíciles de comparar (Fukumoto y Mazza, 2000).

En la práctica, se conoce como actividad antioxidante total (AAT) o capacidad antioxidante total (CAT) a la medición analítica de concentraciones de radicales de diferente naturaleza en un sistema oxidativo controlado (AAPH generador de radicales libres 2,2 azo bis-(2-amidino propano) dihidrocloruro), ABTS•+ catión radical 2,2-azino bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonato), DMPD• radical N,N-dimetil-p-fenilendiamina, DPPH• radical 2,2-difenilo-1-picril-hidrazilo). Sin embargo, no existe el análisis ideal para evaluar la actividad antioxidante; por ello, se emplean análisis combinados para asistir en la interpretación de los resultados. Inclusive se ha propuesto un índice electroquímico para evaluar la actividad antioxidante (Ávila, Crevillen et al., 2006).

Por otro lado, también se conoce el método ORAC, que consiste en medir la disminución en la fluorescencia de una proteína como resultado de la pérdida de su conformación cuando sufre daño oxidativo causado por una fuente de radicales peróxido (ROO). El método mide la capacidad de los antioxidantes en la muestra para proteger la proteína del daño oxidativo. El mecanismo de la reacción se basa en la transferencia de un átomo de hidrogeno del antioxidante al radical libre. Por esto, se utiliza el radical iniciador, el AAPH, para generar el radical peroxil ROO•. En presencia de un antioxidante, RRO• capta, preferiblemente, un átomo de hidrógeno del antioxidante estable. Como consecuencia, la disminución de la fluorescencia de por acción del radical peroxil es disminuida o inhibida (Ávila, Crevillen et al., 2006).

1.5.2.4 Capacidad antioxidante en el fruto asaí

La evaluación de la capacidad antioxidante en el fruto, en los diferentes estudios fue medida por diferentes métodos y comparada con otros frutos, por tanto se encontraron diferentes resultados (**Tabla 1-7**): el asaí se encuentra en general con capacidad antioxidante alta, con respecto a otros frutos. Se puede destacar inhibición del 80-90% del radical DPPH, así como actividades antioxidantes altas en el método de ABTS 10,0 $\mu\text{M/L}$, con método de betacaroteno 18,2 $\mu\text{M BHT/g}$, por método ORAC 0,7 $\mu\text{M/L}$. Además (Visotto et al., 2013) hizo un estudio más exhaustivo con el método de ORAC, con 3 radicales diferentes ROO^* 7498 $\mu\text{M}/100\text{g}$, midió la eficiencia de contrarrestar el radical por IC50 (medida que significa que un valor menor, tendría mayor capacidad antioxidante, con menos cantidad de la pulpa o fruta, inhibe el 50% del radical), para el peróxido de hidrogeno tuvo el segundo lugar con 259 $\mu\text{g/mL}$, después del limón y en radical hidroxilo obtuvo el primer lugar con 3 $\mu\text{g/mL}$, este autor realizó un análisis estadístico por componentes y jerarquía y concluyó que el asaí, fue un fruto con mayor capacidad antioxidante al ser el mejor atrapador de radicales libres de las 18 frutas evaluadas.

Tabla 1-7. Estudios de capacidad antioxidante en frutos exóticos

Método	Frutas	Mejores resultados	Referencia
DPPH	5 frutas exóticas del Brasil	Inhibición del 40% del radical (2do puesto)	(Duarte-Almeida y Genovese, 2006)
	1ra y 2da cosecha del Asaí	Inhibición del 83-88%	(Neida y Elba, 2007)
ABTS	15 frutas del Brasil	Acerola 12,1 $\mu\text{M/L}$ Asaí 10,0 $\mu\text{M/L}$ Buriti 5,4 $\mu\text{M/L}$	(Canuto et al., 2010)
ORAC	8 frutas del Brasil	Camu camu 2,7 $\mu\text{M/L}$ Asaí 0,7 $\mu\text{M/L}$ Murici 0,3 $\mu\text{M/L}$	(Neves et al., 2012)
Betacaroteno	7 frutas del Brasil	Asaí 18,2 $\mu\text{M BHT/g}$ Marañón 7,6 $\mu\text{M BHT/g}$	(Hassimotto et al., 2005)
ORAC	18 pulpas del Brasil	ROO^* Asaí 7498 $\mu\text{M}/100\text{g}$ Acerola 6733 $\mu\text{M}/100\text{g}$ Mandarina 1940 $\mu\text{M}/100\text{g}$	(Visotto et al., 2013)

		H ₂ O ₂ Limon 143 (IC ₅₀ =µg/mL) Asaí 259 (IC ₅₀ =µg/mL) Maracuya 390 (IC ₅₀ =µg/mL)	(Vissotto et al., 2013)
		OH [•] Asaí 3 (IC ₅₀ =µg/mL) Copoazú 37 (IC ₅₀ =µg/mL) Acerola 45 (IC ₅₀ =µg/mL)	(Vissotto et al., 2013)

Fuente: Recopilación por autor a partir de: (Duarte-Almeida y Genovese, 2006) (Neida y Elba, 2007) (Canuto et al., 2010) (Neves et al., 2012) (Hassimotto et al., 2005) (Vissotto et al., 2013).

Con estos importantes resultados los autores profundizaron en el tema de encontrar cual compuesto del asaí, es la fuente de esta capacidad antioxidante. El estudio de Kang et al 2012, identifico 7 flavonoides y midió su actividad antioxidante, agrupando los flavonoides en 4 grupos: grupo 1: orientin- baja actividad antioxidante por ORAC, y no penetra las células en vivo, el grupo 2: homorientino, vitexino y crisoeriol, tienen efecto antiinflamatorio excepcional y alta capacidad por ORAC pero no penetran la célula, grupo 3: luteolin, tiene efecto ligeramente antiinflamatorio, relativamente alta actividad antioxidante en ORAC, y penetra las células en vivo y el grupo 4: quercetino y dihidrokaemferol, efecto antiinflamatorio excepcional y habilidad para penetrar las células, además el quercetino tiene muy alta capacidad antioxidante en ORAC. Por lo que se puede concluir que la actividad antioxidante del asaí puede estar influenciada por los flavonoides quercetino y dihidrokaemferol (Kang et al., 2012), la relación entre capacidad antioxidante y compuesto antioxidante en antocianinas, carotenoides y compuestos fenólicos es lineal y positiva (Matias dos Santos et al., 2008), la capacidad antioxidante medida en sus estados de maduración, varía y se encontró mayor actividad en el estado inmaduro, lo cual corresponde también a la mayor cantidad de compuestos fenólicos en este estado (**Tabla 1-8**) (Gordon et al., 2012).

De lo anterior se puede concluir que el asaí tiene alta capacidad antioxidante en comparación con otros frutos amazónicos, debido principalmente al contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y a las antocianinas, ésta capacidad es alta para radicales peróxido e hidroxilo. Además esta capacidad depende del estado de maduración del fruto, debido a que los compuestos antioxidantes son sustrato para los procesos de respiración del fruto y por ende se degradan durante la maduración.

Tabla 1-8. Capacidad antioxidante del asaí *Euterpe oleracea* en 3 estados de madurez

Parámetro		Estado de madurez		
		Inmaduro	Intermedio	Maduro
Fenoles totales (mg GAE/100g B. seca)		12317	3039	3437
TEAC (μmol trolox/100g B. seca)		17,0	4,04	2,78
TOSC (mg/100mL) Base seca	Peroxido	12,1	15,0	24,0
	Peroxinitrito	46,4	60,3	87,2

TOSC = valor representa la concentración de la muestra que se necesita para inhibir el 50% del radical. Fuente: (Gordon et al., 2012)

1.5.2.5 Propiedades fitoquímicas del Asaí

Estudios *in vitro*

Respuesta Inmune

Matheus et al., en el año 2006, investigaron el efecto que tienen los extractos etanólicos, acetilicos y butilicos de asaí (flores, frutos y espinas) en tejidos de células macrófagos de ratones. Este efecto fue medido mediante la cuantificación de producción de óxido nítrico (NO), la detección de la expresión enzimática de la enzima óxido nítrico sintasa (iNOS). Encontrando que la mayor inhibición de producción de NO fue dada por el extracto etanólico del fruto, seguida por la fracción etanólica de las flores. Teniendo en cuenta que las fracciones desarrollan un efecto inhibitor mayor en las antocianinas puros, hay que recordar que las fracciones de *Euterpe oleracea* tienen otras sustancias que pueden ser sumadas para mejorar el efecto final. En conclusión, *Euterpe oleracea* mostró un efecto potente inhibitor sobre la producción de NO por la línea celular de macrófagos activados (Matheus et al., 2006). Este efecto también fue observado en otro estudio en tejidos de células de cerebro en ratas, en las cuales se disminuyó el NO y la iNOS de manera significativa. (Poulose et al., 2012). Esta inhibición es utilizada en farmacología como poder antiinflamatorio.

(Pacheco-Palencia et al., 2010) investigaron la composición química, propiedades antioxidantes, la actividad antiproliferativa, y la absorción *in vitro* de las fracciones monoméricas y poliméricas de antocianinas del Asaí. Los compuestos predominantes que se encuentran en las fracciones monoméricas fueron: Cianidina - 3 – rutinósido (58.5 ± 4.6 %) y cianidina - 3 - glucósido (41.5 ± 1.1 %), mientras que una mezcla de uniones

de antocianinas fueron encontrados en las fracciones poliméricas y se caracterizaron mediante análisis de HPLC. Las fracciones monoméricas inhibieron la proliferación de las células del cáncer de colon hasta en un 95,2 %, mientras que las fracciones poliméricas inhibieron la proliferación en un 92,3%.

En otro estudio (Holderness et al., 2011), aislaron 3 fracciones de polisacáridos del asaí compuestas principalmente por arabinosa, ácido galacturónico y galactosa. Se demostró potente actividad moduladora de células T y células mieloides, de tejidos bovinos, humanos y de ratones. De las interleucinas las de mayor incremento fueron: IL6, IL10 y TN α . En las células mieloides activaron la IL12. Esto demuestra que la respuesta inmune está dada por los polisacáridos y tienen implicaciones para el tratamiento de asma y de enfermedades infecciosas. Este estudio muestra que la actividad inmune de los polifenoles aislados del Asaí es casi nula, en comparación con las fracciones de polisacáridos. Por lo tanto, es probable que la actividad polifenol sea un resultado general de efectos antioxidantes y que los polisacáridos de Asaí son capaces de inducir una respuesta sistémica inmune. Sin embargo autores como Xie y Kang (2012), argumentan que los efectos inhibitorios pueden deberse a algunos flavonoides como el Velutin, inhibiendo la expresión de citoquinas proinflamatorias como el factor de necrosis tumoral TNF y las interleucinas IL6 (Xie et al., 2012) (Kang et al., 2011). Con respecto a este análisis, Del Pozo et al (2006), sugieren que las formas glucosídicas de los compuestos fenólicos tienen más actividad supresora por medio de apoptosis en células humanas de leucemia que las formas gluconídicas. (Hogan et al., 2010), estudiaron el efecto del extracto de Asai AEA (50-200 μ g/mL) en la proliferación de células de glioma de cerebro en ratas y se encontró que el tratamientos con AEA las suprime significativamente. En los experimentos de células, también se evaluó otros extractos ricos en antocianina, incluyendo arándano, fresa, frambuesa, moras y goji, contra las células de glioma del cerebro como una comparación. Sin embargo, ninguno de los extractos de bayas probadas, inhibieron la proliferación de células de glioma cerebral. Los resultados de la morfología celular sugieren que AEA redujo la proliferación de células glioma del cerebro de una manera dependiente de la dosis y que el efecto antiproliferativo es causado por la inducción de apoptosis de las células (Hogan, Chung et al. 2010).

En cuanto a la respuesta inmune, aún no es preciso el mecanismo por el cual el asaí tiene efecto antiinflamatorio, autores argumentan que se debe a la reducción de la expresión de iNOS, o a la actividad moduladora de células T llevada a cabo por las

fracciones de algunos polisacáridos, o a la actividad de algunos flavonoides presentes en el asaí, los cuales inhiben la expresión de las citoquinas proinflamatorias, pero estos estudios afirman una reducción en el proceso inflamatorio medido en estudios *in vitro*. En cuanto a la proliferación de células tumorales, se encontró que las fracciones monoméricas de antocianinas reducen la proliferación de cáncer de colon, así mismo se encontró supresión de proliferación de cáncer del cerebro, sin embargo no se encontró esta reducción en cáncer de mama en células humanas. Este efecto antiproliferativo puede deberse a la inducción de apoptosis de las células cancerígenas.

Actividad cardiovascular

Rocha et al en el 2007, realizaron estudios para determinar si el extracto del asaí, induce un efecto vasodilatador en la arteria vascular mesentérica de ratas precontraídas con norepinefrina (NE). El extracto de Asaí (ASE, 0,3-100µg) indujo una larga duración de vasodilatación dependiente del endotelio. Este estudio demuestra que el efecto vasodilatador de ASE es dependiente de la activación de la vía de (óxido nítrico) NO-GMPc y también puede implicar liberación derivada del factor hiperpolarizante del endotelio (EDHF). El efecto vasodilatador sugieren la posibilidad de utilizar ASE como una planta medicinal, en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares (Rocha et al., 2007).

En otro estudio se evaluó el tratamiento crónico con extracto Asaí (ASE) para producir efecto antihipertensivo asociado a la prevención de disfunción vascular. Para esto se midió los biomarcadores: SOD, CAT, glutatión GPx, y niveles de nitrito en arteria mesentérica de ratas. Después de 45 días de tratar con Asaí hubo disminución en la presión sistólica, la función vascular medida por ACh (acetilcolina) fue menor ($p < 0.05$). Pero en el biomarcador nitroglicerina no hubo cambios significativos. Por lo tanto, los autores sugieren que, en combinación con EDHF, la liberación de NO por el endotelio inducido por ASE, así como su antioxidantes puede contribuir a la mejora de la función endotelial mediante el aumento de la biodisponibilidad de NO (da Costa et al., 2012).

Estrés oxidativo y enfermedad neurodegenerativa

El cerebro es especialmente susceptible al estrés oxidativo. Es rico en ácidos grasos poliinsaturados que están sujetos a la peroxidación de lípidos debido a la utilización desproporcionada de oxígeno por el cerebro. Para proteger contra el daño oxidativo, algunas enzimas son utilizadas por el cerebro, tales como catalasa y superóxido

dismutasa (SOD). La catalasa convierte peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno molecular, mientras que la SOD convierte al superóxido en oxígeno molecular y peróxido de hidrógeno que se convierte catalasa en agua y oxígeno estable. Un estudio realizado en Brasil reportó evidencia de que la pulpa de asaí puede contener compuestos que podrían proteger al cerebro del daño de los radicales libres. El estudio tomó tejidos cerebrales de roedores y expusieron la corteza cerebral, el hipocampo y el cerebelo, al H₂O₂. El pre-tratamiento de estos tejidos cerebrales con Asaí disminuyó el daño inducido por el H₂O₂ de ambas proteínas y lípidos. Los autores sugirieron, que el asaí podría prevenir el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas relacionadas con la edad (Spada et al., 2009).

Estudios *in vivo*

Actividad anticancerígena

Fragoso et al. (2013). Investigaron el efecto anticancerígeno en ratas Wistar, se les administró el asaí en polvo (AP) en 7 grupos diferentes de 10 ratas cada uno en 14 semanas. En los resultados del estudio, no hubo ganancia de peso, ni cambios en el apetito. No hubo índices de toxicidad en estómago, riñón e hígado. En cuanto al desarrollo de focos celulares de cáncer, el grupo que tuvo menor desarrollo fue el grupo 3 con 5% de Asaí, seguido por el grupo 4 con 0,2% de NAC ($p=0,036$), lo cual indica un gran efecto inhibitorio, ya que este se compara con un potente anticancerígeno. La reducción fue significativa ($p=0,001$), en la multiplicidad del tumor. Los autores concluyen que el asaí tuvo un alto poder anticancerígeno, debido a la magnitud de inhibición con respecto al NAC, y un claro efecto antitumor, que se caracterizó por una reducción de la proliferación de células, multiplicidad e invasividad de tumores de colon.

Estrés oxidativo

(Guerra et al., 2011). Evaluaron los efectos del Asaí en la producción de ROS en ratas Fisher, en 4 grupos y se midió el efecto en los Biomarcadores glutatión Gt, catalasa CAT, proteína carbonil CP y el reactivo de ácido tiobarbiturico TBARS. La dieta con suplementación del 2% de Asaí incrementa los niveles de mRNA y disminuye la producción de ROS por neutrófilos. Sin embargo esta no fue efectiva en la expresión genética de enzimas antioxidantes en ratas diabéticas, pero muestra un efecto protector disminuyendo las sustancias reactivas del ácido tiobarbiturico. Estos resultados sugieren que el Asaí puede modular la producción de ROS y tiene un efecto favorable en el

sistema de defensa antioxidante del hígado y que revierte parcialmente los efectos de la diabetes en el mismo.

De Moura et al., 2011, evaluaron el efecto protector del asaí en ratones que fueron sometidos a condiciones de inhalación crónica de cigarrillos, se tomaron 3 grupos: C, grupo control, CS, grupo con inhalación y CSA grupo con inhalación de cigarrillos a los cuales se les adicionó 100mg/cigarrillo de extracto hidroalcoholico de Asaí (ASE). La exposición fue de 6 minutos por 4 cigarrillos, por 3 veces al día en total 72 minutos de exposición en el día, durante 60 días. Se evaluó los tejidos pulmonares, encontrando mayor número de leucocitos y espacios alveolares, así como las alteraciones en el parenquima en el grupo CS. El grupo CSA tuvo una reducción del 25% de alteraciones pero la diferencia no fue significativa con el grupo control. Se midieron los marcadores de estrés oxidativo, encontrando el SOD y CAT fue menor en un 50% y 28% respectivamente, en CSA ($p < 0,001$) comparado con el control, GPx fue 5 veces mayor en CSA ($p < 0,001$) comparado con el control y el biomarcador GSH también fue mayor en un 78% en CSA ($p < 0,01$). Por tanto, los autores sugieren que la adición del extracto de asaí disminuye significativamente la inflamación pulmonar, el estrés oxidativo y la generación de enfisemas pulmonares inducidos por la inhalación crónica de cigarrillos.

Actividad cardiovascular

Jensen et al., (2008) probó los antioxidantes y lípidos niveles de peroxidación en 12 voluntarios en un estudio aleatorizado, controlado con placebo, experimento cruzado. Después de una muestra de sangre basal, se le dio 120 ml de Mona Vie y se tomaron muestras de sangre. Se tomaron 1 y 2 h después de la ingestión. Los niveles séricos de antioxidante y los niveles de peroxidación de lípidos se analizaron mediante el ensayo de sustancias reactivas al ácido tiobarbiturico (TBARS). Muestras de suero antioxidantes mostraron un aumento en niveles séricos dentro de 2 horas después del consumo, en 11 de los 12 participantes. La diferencia en la capacidad antioxidante en suero entre la Mona Vie y los datos de placebo fueron estadísticamente significativo tanto 1 h ($p < 0,003$) y 2 horas ($p < 0,015$) después del consumo. Del mismo modo, el consumo de Mona Vie demostró una disminución de la peroxidación de lípidos *in vivo*. Además, una significativa reducción sólo se observó cuando se realizó el análisis pareado y llegó a la conclusión de que la reducción de la peroxidación lipídica fue considerable sólo después de 2h del consumo ($p < 0,001$).

(Oliveira et al., 2010), Investigo el efecto del asaí en la dieta de ratones, dentro de los resultados del estudio se evidencio que no hubo diferencias en la ingesta de alimentos ni en la presión sistólica, pero si en la grasa abdominal, la adición de asaí reduce casi el 50%, también disminuyo el biomarcador acetilcolina, pero no se evidencio diferencias significativas en el nitroglicerina. Disminuyó significativamente los triglicéridos y el colesterol en sangre, el nivel de glucosa y de insulina todo en dietas altas en grasa. La tolerancia a la glucosa se reduce en 20,8% con el asaí. La peroxidacion lipídica también disminuye significativamente con el asaí medidos con MDA.

(Xie et al., 2011), ensayaron con la bebida Monavie, la cual tiene un porcentaje alto de asaí, en ratones durante 20 semanas, formaron 2 grupos: CD, dieta control y AJ dieta + jugo de Asaí. Como resultado, estudiaron las lesiones en la aorta, la lesión en aorta en grupo AJ fue menor en 58% comparado con CD. Colesterol HDL fue más alto en AJ. Biomarcadores de peroxidación lipídica fueron significativamente más bajos en AJ. Expresión genética y niveles de 2 citoquinas proinflamatorias TNF α y IL6 fueron más bajas en ratones con AJ. El modelo *in vivo* propone el mecanismo del jugo de Asaí, como agente para reducción de la oxidación lipídica y la inhibición proinflamatoria.

(Udani et al., 2011) llevaron a cabo un estudio piloto para deducir la efectos de la asaí en sujetos en sobrepeso. Los sujetos fueron instruidos en tomar un batido de asaí (100g, 2 veces al día) durante 1 mes. La capacidad antioxidante *in vitro* fue de 46 mcM de TE/ml. Las medidas de resultado incluyeron la glucosa en sangre (capilar), insulina, colesterol (colesterol total, colesterol HDL, colesterol LDL, y triglicéridos) y la proteína C reactiva (hs-PCR). El tratamiento con asaí mostró reducción de glucosa en ayunas ($98,0 \pm 10,1$ mg/dl a $92,8 \pm 10,9$ mg/dl, $p=0,018$) y los niveles de insulina (línea de base: $8,92 \pm 5,4$ MCU/ml; final de Tratamiento: $6,68 \pm 3,3$ mcU/ml, $p=0,017$) desde el inicio. Una mejor postprandial. El colesterol total ($159,2 \pm 37,4$ mg/dl a $141,8 \pm 28,3$ mg/dl, $p=0.03$), colesterol LDL ($90,1 \pm 29,1$ mg/dl a $78,1 \pm 25,3$ mg/dl, $p=0,051$), y el colesterol total: HDL colesterol ($3,79 \pm 1,0$ a $3,42 \pm 0,9$, $p=0,051$) se redujeron. No hubo significación estadística para la presión arterial, colesterol HDL, hs-CRP, triglicéridos, y el colesterol VLDL. No se observaron efectos adversos. (De Souza et al., 2012) evaluaron 4 tipos de dieta en ratas Fisher, G1 dieta estándar, G2 dieta hipercolesterolemica G3 dieta estándar con 2% Asaí, G4 dieta hipercolesterolemica + 2% asaí, la dieta con asaí aumenta la ganancia de peso, peso del hígado, excreción fecal e ingesta de alimentos. El test de colesterol en sangre (14 días) dio como resultado que hay diferencia entre el grupo G2 y

G4, el nivel colesterol fue menor con el Asaí (G4). Las dietas con Asaí incrementan el HDL y disminuyen el no HDL. Además reduce en 31% el índice aterogénico e incrementa un 44% la excreción fecal de colesterol. El efecto hipocolesterolémico puede ser atribuido al aumento de la expresión de algunos transportadores genéticos específicos. Estas alteraciones incrementan directamente la tasa de excreción biliar de esterol por la vía de regulación del LDL-R (de Souza et al., 2012).

De los estudios se puede concluir que existe suficiente evidencia científica de las bondades funcionales del fruto, se ha comprobado que el Asaí, tiene propiedades antioxidantes, cardioprotectivas, antiinflamatorias y previene enfermedades degenerativas. Sin embargo la propiedad que más se ha estudiado es la actividad cardiovascular, la cual puede corresponder al perfil lipídico que posee el fruto, se encontró un efecto vasodilatador dependiente de la activación del óxido nítrico y disminución de las enzimas antioxidantes SOD, CAT y GPx. En estudios *in vivo* se encontró disminución de triglicéridos, colesterol total, colesterol no HDL, LDL, glucosa, insulina y citoquinas proinflamatorias tanto en ratones como en humanos. Aumentaron colesterol HDL y disminuyó la peroxidación lipídica. Así mismo, otra propiedad que hasta ahora es muy estudiada es la relación con estrés oxidativo, de la cual se puede concluir que el asaí, disminuye el daño por peróxido de hidrógeno, modula las especies reactivas del oxígeno y del ácido tiobarbitúrico, de esta manera tiene un efecto en la defensa antioxidante del hígado y disminuye la inflamación pulmonar. Se encontró un solo estudio con respecto a la actividad anticancerígena, en el cual se concluye que el asaí, inhibe la formación de focos de células de cáncer, reduce la proliferación de células y la multiplicidad e invasividad de tumores de colon.

De los anteriores estudios se concluye la importancia que tiene el fruto del Asaí en los beneficios que tiene para la salud, por estas razones, Kang (2012) estudio y comparó estas 2 especies *Euterpe oleracea EO* (proveniente del Brasil) y *Euterpe precatoria EP* (proveniente de Colombia), con respecto a los componentes bioactivos, debido principalmente a todas las propiedades que se le atribuyen y a que el *Euterpe precatoria*, es una especie muy inexplorada. Este autor encontró actividades antioxidantes superiores en el Asaí *Euterpe precatoria* que en el *Euterpe oleracea*, medidas con diferentes técnicas (Tabla 1-9 y 1-10). Lo cual sugiere seguir continuado con la exploración e investigación de este fruto, teniendo en cuenta su extraordinario contenido de antioxidantes y teniendo en cuenta todas las propiedades encontradas en la especie

semejante se podría evaluar su capacidad antioxidante y también tecnológica, con el objetivo de generar cadenas de productividad con miras a la sostenibilidad económica de la región.

Tabla 1-9. Comparación de capacidad antioxidante medida por ORAC de Euterpe oleracea y Euterpe precatoria (Kang et al., 2012)

Capacidad antioxidante	ORAC ($\mu\text{mol TE/g Base Seca}$)	
	Euterpe precatoria	Euterpe oleracea
ORAC	1828,4	1014,0
H-ORAC	1792,3 \pm 89,7	985,9 \pm 57,4
L-ORAC	36,1 \pm 2,6	28,1 \pm 2,1
HORAC	4113,8 \pm 312,9	1357,3 \pm 67,7
SORAC	1040,4 \pm 55,1	169,0 \pm 12,3
NORAC	86,7 \pm 5,9	37,2 \pm 2,6
SOAC	629,3 \pm 33,4	71,6 \pm 8,8
ORAC TOTAL	7698,6	2649,1

Tabla 1-10. Comparación actividad antioxidante medida por DPPH y TP de Euterpe Oleracea y Euterpe precatoria (Kang et al., 2012)

Método	<i>E. precatoria</i>	<i>E. oleracea</i>
DPPH	320,3 \pm 23,8	133,4 \pm 11,2
Fenoles totales		
Folin-Ciocalteu	73,0 \pm 4,8	31,2 \pm 2,6
FBBB	247,7 \pm 16,8	92,9 \pm 8,9

1.5.2.6 Propiedades tecnológicas del Asaí

A pesar de su óptima composición nutricional y su excelente contenido de antioxidantes, el fruto de Asaí tiene algunos inconvenientes para su consumo directo, por su alto contenido de agua y grasa, tiene una vida útil muy corta (12h) (Peña et al., 2012), además no es un fruto carnoso, y tiene un sabor astringente (Vidigal et al., 2011), lo cual puede perjudicar su consumo, por estas razones, para realizar o proponer un producto con base en este fruto, es necesario acompañarlo con un fruto con mayor intensidad de sabor y de sólidos solubles que puedan mejorar la obtención de la barra.

La elaboración de las barras de frutas es un proceso con técnicas relativamente sencillas, sin embargo el fruto de Asaí por su gran contenido de humedad (89-92%), su bajo contenido de sólidos solubles (4,8 \pm 0,2), su sabor astringente y característico y alto contenido de material graso, ofreció un reto tecnológico. Se utilizó un hidrocoloide para

propiciar la gelificación, además de una fruta en mezcla, Copoazú, que brinda mayor cantidad de sólidos solubles y aporta sabor y aroma agradable a la barra y el azúcar que fue el encargado de culminar la cantidad necesaria de sólidos solubles para que el proceso de gelificación fuera adecuado con un buen balance dulce ácido.

1.6 Copoazú *Theobroma glandiflorum*

Se conoce con el nombre de copoazú (Figura 1-3) y se menciona como cacao silvestre. Es específicamente una baya drupácea elipsoidea u oblonga, de extremos redondeados, con una longitud aproximada de 15-32 cms y de 10-15 cms de ancho; su peso promedio es de 1500 g; posee un epicarpio (cáscara) leñoso y quebrantable (Barrera y Hernández, 2004).

La pulpa (endocarpio) que envuelve la semilla es comestible, de coloración amarilla, cremosa, sabor ácido. La semilla contiene una grasa aromática parecida a la manteca de cacao con un punto de fusión de 32°C, índice de saponificación de 188 y un índice de yodo de 45 (Barrera y Hernández, 2004).



Figura 1-3. Copoazú en óptimo estado para procesamiento (Barrera y Hernández, 2004)

La pulpa que envuelve la semilla es comestible, de coloración amarilla, cremosa, sabor ácido. La semilla contiene una grasa aromática parecida a la manteca de cacao, sus características organolépticas como sabor, color y aroma son agradables, lo cual ofrece perspectivas favorables para la aceptación de nuevos productos mediante su transformación (Barrera y Hernández, 2004). En cuanto a la actividad antioxidante, se ha encontrado relación positiva con los compuestos fenólicos, pero no muestra una buena relación con carotenoides y Vitamina C (Yang et al., 2003) (Sousa et al., 2011).

Se ha demostrado que este fruto no cuenta con un alto poder antioxidante, en comparación de la actividad antioxidante con otros frutos amazónicos, pero muestra buenas fuentes de compuestos fenólicos, los estudios han identificado nuevos flavonoides como el Theogranadins I y II, los cuales se asocian con la prevención de cáncer de colon (Kuskoski et al., 2006b) (Yang et al., 2003). Así mismo se ha estudiado la influencia del procesamiento del grano de Copoazú sobre la actividad antioxidante, encontrando que los granos fermentados presentan el mayor contenido polifenólico y la mayor actividad antioxidante, mientras que en los granos secos y tostados se obtiene una pérdida entre el 39-45% (Galeano et al., 2012).

1.7 Efecto térmico sobre el contenido de antioxidantes

Varios estudios sugieren que los tratamientos térmicos destruyen la formación de compuestos bioactivos, por ejemplo en el ajo (Haruenkit et al., 2010), sin embargo el ajo y la cebolla al ser sometidos a blanqueo y calentamiento por microondas no redujeron significativamente las cantidades de compuestos bioactivos y el nivel de la actividad antioxidante. En fresas el comportamiento fue diferente, durante el proceso de pasteurización y a medida que se avanzaba en las etapas de proceso para llegar a la obtención de un néctar, se disminuyó la actividad antioxidante y los compuestos fenólicos (Klopotek et al, 2005). Otro estudio en puré de tomate manifestó que al ser sometido a pasteurización ($T=98^{\circ}\text{C}$, $t=40\text{s}$), los carotenoides fueron relativamente resistentes a la degradación térmica mientras que el contenido de compuestos fenólicos y ácido ascórbico si disminuyó (Pérez-Conesa et al., 2009).

Otros estudios han demostrado que la mayor parte de los zumos de verduras presentaban una actividad prooxidante. Esta actividad prooxidante era muy potente en el caso de la berenjena, el tomate y el pimiento. Se ha observado que la actividad antioxidante aumenta con la ebullición en el caso de la zanahoria, el apio, el ajo, el champiñón, el calabacín, el tomate y especialmente el zumo de berenjena, lo cual sugiere que la actividad prooxidante mencionada antes es debida a la presencia de peroxidasas, las cuales se inactivan a temperaturas elevadas (Hassimotto et al., 2005).

En la **tabla 1-11** se muestran diferentes estudios que demuestran que el procesamiento térmico afecta de forma negativa la capacidad antioxidante de frutas exóticas. Por lo cual

el final del presente estudio, se presenta un análisis del efecto del procesamiento en los componentes antioxidantes.

Tabla 1-11. Estudios sobre el efecto de la temperatura en los compuestos antioxidantes.

Fruta	Tipo	Condiciones	Parámetros afectados
Asaí	Puré	T 80°C por 1, 5, 10, 30 y 60 min	(=) Antocianina (-) Contenido fenólico
Asaí	Puré		(-) Antocianina
Copoazú	Néctar	Tratamiento térmico a 60-90°C por 0-240min	(-) Ácido ascórbico (-) Dehidro ácido ascórbico
Piña	Cubos	Blanqueamiento a 79, 85 y 100°C por 2, 4, 6, 8, 10 y 12 min. Secado a 65°C por 5-6h	(-) Carotenoides (-) Antocianinas
Guayaba	Rodajas	Secado a 30, 40 y 50°C	(-) Ácido ascórbico
Guayaba rosada	Puré	Secado a 43.79, 50, 65, 80, 86.21°C por 4-6 h	(-) Licopeno (-) Capacidad antioxidante lipofílica
Mango	Puré	Tratamiento a 85 y 93°C por 16 minutos	(-) Vitamina A (-) Polifenoles
Mora	Extracto	70°C por 10 h	(-) Antocianinas totales (-) Ácido ascórbico
Piña	Jugo	50-95°C por 80 min	(-) Carotenoides
Acerola	Jugo/pulpa	Pasteurización	(-) Quercetina (-) Kaempferol
Papaya	Fruta	Enlatada a 95°C por 45min	(-) Ácido ascórbico (-) Carotenos
Litchi	Fruta	Enlatada a 95°C por 20min	(-) Ácido ascórbico (-) Carotenos

(-) Disminución (=) No hubo cambio (+) Aumento Fuente: Efecto de procesos térmico y no térmicos en los componentes bioactivos de frutas exóticas y sus productos: Revisión de avances recientes. (Rawson et al., 2011).

La literatura científica reporta escasa información acerca de la magnitud de las pérdidas ocasionadas por el procesamiento en los alimentos y si éstas son significativas en relación al producto intacto. Las tecnologías particularmente las que involucran el procesamiento mínimo, no sólo deben asegurar que la calidad visual de los frutos y hortalizas no sea alterada, sino que además se asegure su calidad nutricional y potencial antioxidante (Podsdek, 2007).

2. OBJETIVOS

Objetivo general: Evaluar la elaboración de una barra de fruta a partir del fruto de Asaí *Euterpe precatoria*

Objetivos específicos:

1. Identificar las condiciones del proceso de elaboración de la barra de fruta de Asaí *Euterpe precatoria*
2. Caracterizar el producto obtenido por medio de análisis bromatológico, instrumental, sensorial y microbiológico
3. Determinar el contenido de micronutrientes, aporte calórico y capacidad antioxidante del producto final

3. Metodología

3.1 Materias primas

Se utilizó pulpa de Asaí *Euterpe precatoria* y pulpa de Copoazu *Theobroma Glandiflorum*, provenientes de la empresa Asoprocegua, organización de productores del Guaviare, San José del Guaviare, bajo protocolo de elaboración estandarizado por el Instituto SINCHI. Los hidrocoloides empleados fueron: goma guar, goma xantana, goma arábica, pectina lenta (gelifica a temperaturas menores de 75°C y tarda más en gelificar) y goma tara 1,5%. Para endulzar la barra se usó sacarosa en un porcentaje del 10%.

3.2 Estudios preliminares

Se realizó una etapa preliminar para determinar las condiciones de elaboración de la barra. En la cual se probaron las siguientes condiciones: asaí al 100%, asaí con banano, diferentes temperaturas (50°C, 60°C y 70°C) y asaí con copoazú.

Se tomaron las proporciones con variabilidad de las gomas a utilizar; goma guar, tara, arábica, xantana y pectina lenta al 1,5%.

La etapa de desarrollo de producto se analizó bajo un diseño completamente aleatorizado con 2 factores, el primer factor es la proporción en pulpas de Asaí-Copoazú con 3 niveles y el segundo con 5 diferentes hidrocoloides, para un total de 15 tratamientos (Tabla 3-1).

Tabla 3-1. Combinaciones de gomas y proporciones para el desarrollo del producto

Proporción Copoazú	asaí-	Hidrocoloides				
		Guar	Tara	Arábica	Xantana	Pectina lenta
30-70%		T1	T2	T3	T4	T5
50-50%		T6	T7	T8	T9	T10
70-30%		T11	T12	T13	T14	T15

3.3 Procesamiento de las barras de frutas

La obtención de la barra se realizó con el método reportado por (Ashaye et al., 2005) y (Vijayanand et al., 2000). Para realizar las barras de frutas de asaí y copoazú se partió desde la formulación de los pesos de cada ingredientes, pulpa, sacarosa, e hidrocoloide, se continuó, con la mezcla de cada formulación, y la mezcla se esparció en bandejas para el secado de aproximadamente 7mm de espesor. El secado se realizó a 60°C durante 10-12 horas y por último se empacaron (**Figura 3-1**).

Para el empaque se hizo de dos maneras:

1. Bolsas de polietileno de 1 capa
2. Bolsas de polietileno coextruida (5 capas), con permeabilidad intermedia marca Alico®, estas bolsas manejan barrera contra oxígeno, dióxido de carbono y agua, y se utilizó vacío al empacar.

Se realizó de estas dos maneras, para observar diferencias frente al crecimiento microbiano y establece un punto de partida para el tiempo de vida útil.



Figura 3-1. Diagrama de flujo para el procedimiento de la elaboración de la barra

3.4 Selección de producto (Análisis de perfil de textura)

En la etapa 2 de la experimentación, se seleccionaron las 3 mejores formulaciones de barras obtenidas, las cuales fueron escogidas de acuerdo con la respuesta de las barras en las variables del perfil de textura (dureza, masticabilidad, adhesividad y gomosidad). Debido a que la textura es el parámetro que define en mayor influencia, la calidad del producto, además que la medición se puede hacer de una manera objetiva (perfil de textura).

Dichas barras se evaluaron sus respuestas a las variables de calidad: composición bromatológica, calidad microbiológica y capacidad antioxidante medida como contenido de antocianinas, compuestos fenólicos libres.

Las variables de composición bromatológica se midieron por triplicado en las barras seleccionadas, así como la medición de compuestos antioxidantes y la capacidad antioxidante. Para la calidad microbiológica se realizaron las determinaciones indicadas en la **tabla 3-2** a continuación, por duplicado.

Con los valores obtenidos se realizó un análisis de variación y la determinación de pruebas de comparación múltiple, de encontrarse variación entre los tratamientos.

3.5 Curvas de secado

Para la realización de las curvas de secado se usaron las 3 formulaciones escogidas. En bandejas individuales cada formulación fue esparcida, se tomó el peso a tiempo 0, en el secador a 60°C, a continuación se pesó cada media hora, durante las primeras 4 horas, y luego se pesaba cada hora, hasta que el peso fue estable y la barra de fruta se despegara fácilmente de la bandeja.

Al final se elaboró una gráfica peso de la muestra vs tiempo. Los datos se pasaron a base seca, utilizando por balance de materia las humedades de cada pulpa y la mezcla total. Para finalizar se tomaron la diferencia de los pesos iniciales y finales, para conocer el rendimiento de cada una de las formulaciones.

3.6 Análisis fisicoquímico

Para el análisis de pH se utilizó el método de A.O.A.C. para alimentos ácidos 981.12 (1982), se diluyó la muestra de 1:10 con agua destilada, y se utilizó la técnica de inmersión del electrodo, utilizando potenciómetro calibrado a 20°C. Para la medición de grados brix, se utilizó un refractómetro portátil de 40-70°Brix, se trituró la muestra con un mortero y con ayuda de unas gotas de agua, cuando se obtuvo la muestra, se colocó en la prisma del refractómetro y se tomó la lectura, método A.O.A.C. 920.185 (1992). En cuanto a los ácidos orgánicos, se realizó mediante HPLC (*ver métodos espectrofotométricos apartado 3.9.2*).

3.7 Microscopia Electrónica de Barrido

El análisis de microscopia electrónica de barrido, se hizo con el objetivo de observar la estructura de las barras y comparar con los valores del perfil de textura, así como contrastar las diferencias con los hidrocoloides utilizados. Las muestras de las formulaciones escogidas de barras de fruta de asaí fueron cortadas de 3 a 5mm de largo y colocadas en un portaobjetos, se realizó en bajo vacío, 10kv y a temperatura ambiente, sin ningún recubrimiento ni tratamiento de la muestra, para no hacerle mayor daño. En un microscopio electrónico de barrido marca Quanta 200, en los laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia.

3.8 Análisis bromatológico, microbiológico y sensorial

Para las 3 formulaciones escogidas se procedió a realizar los siguientes análisis:

Tabla 3-2. Análisis bromatológico, microbiológico y sensorial (Metodología)

Análisis	Técnica
Bromatológico	Humedad. Método A.O.A.C. 934.06 Carbohidratos. Método A.O.C.S. 923.09 Proteínas. Método Kjeldahl A.O.C.S. 920.152 Grasa. Extracción con éter. NTC 1142 Fibra dietaria. Método enzimático gravimétrico, método oficial de A.O.A.C. 985.29 Cenizas. Método A.O.C.S. 923.02
Microbiológico	NTC 285 Frutas procesadas Recuento de bacterias aerobias mesófilas Recuento de mohos y levaduras Recuento de coliformes en placa Detección de <i>Salmonella</i> Recuento de <i>Bacillus cereus</i> Evaluación de condiciones de almacenamiento con diferentes empaques y temperaturas
Sensorial	1. Método descriptivo de puntajes con atributos de apariencia, color, textura y sabor. 2. Prueba afectiva de consumidores

3.8.1 Análisis sensorial

El análisis sensorial se llevó cabo de dos maneras:

El primero con un panel entrenado (7 personas) del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, con una prueba descriptiva de atributos y se

establecieron las variables de respuesta con su respectiva explicación para cada atributo: apariencia, aroma, color y textura. Se utilizó la prueba estadística de Kruskal wallis para determinar las diferencias entre los tratamientos analizados.

El segundo análisis se realizó con una prueba hedónica de 1 a 9, con panel no entrenado (73 personas), con el fin de evaluar la aceptación sensorial de las barras en consumidores. Se utilizó la prueba de ANOVA de una vía, como análisis estadístico.

3.8.2 Evaluación condiciones de almacenamiento

Debido al resultado inicial de la evaluación microbiológica, se pretendió usar esos resultados para verificar el crecimiento de los microorganismos que resultaron importantes en la elaboración del producto y ver cómo se comportan en diferentes empaques y temperaturas. Se evaluó aerobios mesófilos y mohos y levaduras, en 3 tiempos de almacenamiento, en punto 0, 2 meses y 12 meses, así como 4 tipos de almacenamiento de la siguiente manera, a la barra de asaí-copozú con mejor aceptabilidad.

1. A temperatura ambiente – Empaque al Vacío
2. A temperatura ambiente – Empaque polipropileno
3. A temperatura de refrigeración – Empaque al vacío
4. A temperatura de refrigeración – Empaque polipropileno

De esta manera se recogieron datos para tener una idea de la vida útil del producto y conocer la mejor forma de almacenamiento, teniendo en cuenta el crecimiento de microorganismos.

3.9 Capacidad antioxidante

3.9.1 Métodos espectrofotométricos para antocianinas totales, polifenoles totales y capacidad antioxidante

3.9.1.1 Extracción

Las muestras fueron codificadas y extraídas por triplicado, tomando 200mg de muestra, llevando a 10mL con agua destilada en un balón aforado y agitando en vortex hasta completa dilución. Las extracciones se realizaron en agua dado que los productos son completamente solubles en esta. El producto de cada extracción se centrifugó y el sobrenadante se llevó a tubos falcon de 15 mL protegidos de la luz con papel aluminio y se procedió a su análisis usando el método a micro escala con el objetivo de cumplir los principios de la química verde, de acuerdo a las siguientes metodologías:

3.9.1.2 Determinación de antocianinas totales por el método de pH diferencial

De acuerdo al método propuesto por (Lee et al., 2005) para determinar antocianinas totales en jugos de frutas, bebidas y colorantes naturales, es un método espectrofotométrico rápido y simple, que consiste aprovechar el cambio estructural que sufren las antocianinas a diferentes valores de pH, que resulta en un cambio de color reversible con cambios en el pH. La forma coloreada existe a pH 1.0 y la forma incolora predomina a pH 4.5. La diferencia en la absorbancia de los pigmentos a 520nm es proporcional a la concentración de pigmentos. Los resultados se expresan en base a cianidin 3-glucósido. Las antocianinas degradadas (forma polimérica) son resistentes al cambio de color sin importar el pH, por lo que no se incluyen en esta medida dado que la absorbancia no difiere con respecto al pH.

Se prepararon soluciones buffer a pH 1 (Cloruro de potasio 0,025M) y pH 4.5 (Acetato de sodio 0,4M). 400µL de muestra extraída se mezclaron con 1600µL de cada solución buffer por separado, se determinó la absorbancia de cada muestra a cada pH, a 520 y 700 nm, calculando la concentración de cianidin 3 glucósido de acuerdo a la siguiente ecuación

$$AT = \frac{A \times 449.2 \times DF \times 10^3}{26900}$$

Donde:

AT: antocianinas totales: mg cianidin 3-glucósido/L

A: diferencia de absorbancia, según:

$$A = (A_{520nm} - A_{700nm})pH1 - (A_{520nm} - A_{700nm})pH4.5$$

DF: factor de dilución.

Con el valor de AT y el peso de la muestra extraída se calcula la concentración de antocianinas en el producto sólido (en base húmeda) como mg de cianidin 3-glucósido por cada 100g de muestra.

3.9.1.3 Polifenoles totales: Folin-Ciocalteu

De acuerdo al método de (Ainsworth y Gillespie, 2007). 100µL de la solución de extracción fueron mezclados con 200µL del reactivo de Folin - Ciocalteu (diluido 1:10 en agua destilada) durante 2 min. Acto seguido se adicionaron 800µL de Na₂CO₃ 700mM y se dejó continuar la reacción en condiciones de oscuridad y temperatura ambiente durante 2 horas. 100µL de la mezcla de reacción fueron analizados espectrofotométricamente a 710nm y la absorbancia fue cotejada con la curva de calibración obtenida por la reacción del reactivo de Folin – Ciocalteu con diferentes concentraciones de ácido gallico (15 – 150 ppm), los resultados obtenidos se expresan en términos de gramos equivalentes de ácido gálico (GAE) por cada 100 gramos de muestra (base húmeda)

3.9.1.4 Actividad antioxidante:

Se determinó de acuerdo a los métodos propuestos por (Doroteo et al., 2012). Para cada repetición de la muestra extraída se realizaron diluciones con agua destilada a tres concentraciones diferentes, que reaccionaron con los radicales DPPH y ABTS como se describe a continuación. Se calculó el porcentaje de inhibición del radical (%I) en cada dilución de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\%I = \frac{A_{CR} - A_M - A_B}{A_{CR}} * 100$$

Donde:

A_{CR}: Absorbancia del control de reactivo

A_M: Absorbancia de la muestra

A_B: Absorbancia del blanco

Mediante regresión de la curva %inhibición vs. concentración se obtuvo para cada repetición de la muestra extraída, el parámetro EC50 (concentración efectiva media) que

refleja la concentración (g/L) de la muestra (en base húmeda) en el medio de reacción que inhibe el 50% de los radicales.

DPPH: 40µL de cada una de las tres diluciones de la muestra se mezclaron con 1960 µL de una solución metanólica de DPPH 60µM y se determinó la absorbancia a 515nm tras 30 minutos de reacción en oscuridad, tiempo en el que la reacción alcanza el equilibrio. Como blanco se utilizó agua destilada. Se determinó también la Absorbancia de un control de reactivo, compuesto de 1960 µL de solución metanólica de DPPH y 40 µL de agua destilada.

ABTS: Se obtuvo una solución del radical ABTS^{•+} mediante la reacción de una solución stock 7mM de ABTS con persulfato de potasio 2,45 mM en cantidades volumétricas equivalentes, esta mezcla se dejó reaccionar por 12 – 16h en oscuridad antes de su uso y se diluyó con metanol a una absorbancia de $0,70 \pm 0,02$ UA a 658 nm a temperatura ambiente. 3,9mL de esta solución se mezclaron con 100 µL de cada una de las tres diluciones y se leyó la Absorbancia a 658 nm luego de 30 min de reacción en oscuridad. El control de reactivo estuvo compuesto de 3,9 mL de la solución ABTS y 100 µL de agua destilada y el blanco fue agua destilada.

3.9.2 Método para determinación de azúcares y ácidos orgánicos

Mediante HPLC se cuantificó la concentración de sacarosa, fructosa, glucosa, ácidos ascórbico, málico, succínico, cítrico y oxálico por comparación de áreas y tiempos de retención con la curva de calibración obtenida para cada metabolito con estándares certificados, según método de (Chinnici et al., 2002).

Extracción: 100mg de la muestra se extrajeron adicionando 3 mL de solución ácida de H₂SO₄ 5 mM y agitando durante 10 minutos en un equipo vortex. Acto seguido se llevó a centrifugación a 10000 rpm y 4°C durante 25 min. El sobrenadante se retiró con jeringas evitando tomar la fase grasa y fue filtrado con membranas PTFE de 0,45 µm previo a la inyección en el equipo HPLC. Se prefirió la extracción con solución ácida debido a que niveles de pH bajos aseguran la estabilidad del extracto por la disminución de la velocidad de reacciones de oxidación para los ácidos cuantificados (Yuan and Chen, 1998).

Cuantificación: El análisis se llevó a cabo en un equipo Agilent 1200 series con automuestreador y software de análisis Agilent. Como fase móvil se empleó una solución de H_2SO_4 5 mM a un flujo de 0,5mL/min; la separación se realizó por medio de una columna Aminex® HPX-87H (Bio-Rad Laboratories®, California – USA) de intercambio iónico a una temperatura de 30°C (Chinnici et al., 2002, Hernández et al., 2007). El equipo tiene configurados en serie un detector de arreglo de diodos (DAD) y uno de índice de refracción (RID), lo cual permite la detección simultánea de ácido ascórbico a 245 nm y de los ácidos málico, succínico, cítrico y oxálico a 214 nm y por variaciones en el índice de refracción de la fructosa, glucosa y sacarosa en la muestra (Usenik et al., 2008, Chinnici et al., 2002).

3.10 Micronutrientes

Los micronutrientes que se analizaron en las barras seleccionadas fueron: Hierro, Calcio, Vitamina A y Vitamina C. De acuerdo a la resolución 288 del 2008, estos micronutrientes son de declaración obligatoria (Min Protección Social, 2008).

3.10.2 Método para determinación de Hierro

Se utilizó el método 968.09 de la A.O.A.C. (2011), para determinar el contenido de hierro elemental.

Se colocaron 2.00 g. del producto en un vaso de precipitado adecuado. Se agregaron 60 ml de la siguiente mezcla de ácido (1400 ml de $HN03$ y 240 ml de $HCL04$) y luego se colocaron en un vidrio de reloj en el vaso de precipitado y la muestra se digirió usando una plancha de calentamiento por 15 minutos. Se enfrió la solución y se le agregaron 15 ml de Cl y continuar hirviendo la solución hasta que aclare y emita humo blanco y denso. En ningún momento hervir hasta evaporación completa.

Una vez terminada la digestión, se enfrió la solución y se transfirió cuantitativamente a un matraz volumétrico de 500 ml. Posteriormente a 500 ml con agua destilada desionizada y se mezcló. Se tomó una alícuota de 0.3 ml de la solución diluida en un matraz volumétrico de 100 ml. Y se usó esta solución para el análisis de absorción atómica utilizando tres estándares y plotear la línea de regresión. El cálculo del hierro se hace de acuerdo a la ecuación descrita abajo y los valores aceptados para su liberación son de 20.0 – 22.0% de hierro elemental (100 – 110% según etiqueta).

$$\%Fe = \frac{\text{lectura del instrumento (mg)} * (0,5L)(100mL)(1g)(100)}{(L)(2,0g)(0,3mL)(1000mg)}$$

3.10.3 Método para la determinación del calcio

Se pesó 20g de la muestra con 100mL de HCl 0,1N en un balón de fondo plano de 250mL, se calentó a ebullición por 5 h y se mantuvo volumen constante, después se enfrió a temperatura ambiente. Luego se filtró la solución y se añadió 10mL de Cloruro de Lantano, para leer en el espectrofotómetro de absorción atómica. El equipo debe estar a longitud de onda 422nm, lámpara de cátodo hueco de Ca, Se pasó agua bidestilada a través del nebulizados y se leyó la muestra. Se realizó el análisis por duplicado.

3.10.4 Método para determinación de Vitamina A

La muestra fue saponificada, extraída con disolvente orgánico y separada de la matriz del alimento para posteriormente ser cuantificada por HPLC con un detector ultravioleta.

A partir de una solución madre de 500 ppm de vitamina A se prepararon los patrones de la recta de calibración cuyo intervalo de concentraciones está comprendido entre 1 y 50 ppm.

Procedimiento

Se pesaron 40 mL de la muestra en un matraz de saponificación, se añadieron 25 mL de la solución acuosa de KOH, 10 mL de la solución de ascorbato sódico y 50 mL de etanol. Se introdujo un imán y se tapó el matraz con papel de aluminio para evitar se exposición a la luz. Se colocó el matraz en una placa calefactora y se conectó a un sistema de refrigeración.

Cuando alcanzo la ebullición se mantuvo durante 30 minutos, posteriormente se enfrió, limpiando primero el refrigerante con unos 20 mL de agua destilada. Con ayuda de una varilla y un embudo se transfirió el contenido del matraz a un embudo de decantación de color ámbar. Se dejó reposar hasta que se separen las dos fases. Se recogió la parte acuosa (inferior) a un segundo embudo de decantación ámbar, dejando la fase etérea en el primer embudo.

Al embudo con la parte acuosa se le añadió 10 mL de etanol y 40 mL de éter de petróleo, se agitó y se dejó separar las dos fases. Se recogió la fase acuosa en un matraz de decantación y la fase etérea se transfirió junto con la fase etérea del primer embudo de

decantación. Se hizo una última extracción de la fase acuosa y se recogió la fase etérea, transfiriéndola junto a las otras fases etéreas. La fase etérea se lavó tres veces con 40 mL de la solución acuosa y alcohólica de KOH, agitando y descartando la fase acuosa. Posteriormente se lavó con agua destilada hasta alcanzar un pH neutro. La fase etérea se transfirió a un matraz seco. Se añadió 20 mg de BHT y se evaporó a sequedad en un rotavapor a una temperatura inferior a 40°C. Se disolvió en metanol y el volumen obtenido fue inyectado en el cromatógrafo.

Condiciones cromatográficas

- Flujo de 1.6 mL/min
- Eluyente: Metanol:Agua (92:8)
- Temperatura columna 40°C
- Detector UV: 325 nm
- Detector fluorescencia: excitación 295 nm y emisión 340 nm
- Tiempo de retención de la vitamina A (2-3 min.)

3.10.5 Método para determinación de vitamina C

El método empleado para la separación, identificación y cuantificación del ácido ascórbico (Vitamina C) ha sido descrito por Esteve (1995). Mediante HPLC.

Procedimiento

Se pesaron 10-12 g de la muestra en un matraz aforado de 50 mL y enrasar con ácido metafosfórico 1%. Se agitó durante 10 min. Después se filtro y a través de filtros de 0.45µm. El extracto obtenido se empleó para su posterior análisis.

Las condiciones del análisis, fueron:

- o Flujo de 1mL/min.
- o Volumen de inyección de 20 µL.
- o Longitud de onda de 245 nm.

3.11 Metodología del estudio de intervención para evaluar el potencial funcional y antioxidante de la barra de Asaí-copoazú en voluntarios sanos

✓ Sujetos y diseño del estudio

El estudio se realizó durante 13 días de consumo de barra de asaí-copoazú 13,7g/día aproximadamente, estudio de intervención sin asignación aleatoria, en el Hospital Militar Dr. Carlos Arvelo, Caracas-Venezuela. Este protocolo de investigación fue revisado y aprobado por el comité de Ética del Hospital.

El estudio consistió en lo siguiente: Ocho voluntarios sanos con edades entre 27 y 55 años, fueron relacionados en el estudio. Los criterios de exclusión fueron: mujeres que estuvieran embarazadas, lactancia materna, condición clínica significativa (enfermedad renal, hipertensión, cardiovascular, diabetes, enfermedad del hígado o riñón, alergia o sensibilidad a la prueba de ingredientes del producto, laboratorios clínicos anormales previos, cualquier otra condición que en el investigador pudiese afectar negativamente a la capacidad del participante para completar el estudio o que pueda plantear riesgo importante para su salud. El uso de medicamentos para el tratamiento de cualquiera de las siguientes condiciones: hipertensión, vasodilatación, disfunción eréctil, pérdida de peso, hipercolesterolemia, uso de anticoagulantes y uso de suplementos dietéticos que se sabe tienen actividad antioxidante fueron contraindicados para el estudio. Los participantes fueron instruidos para comenzar a tomar la barra y en qué forma y en qué momento se debe hacer, de preferencia a media mañana, se proporcionaron diarios de papel para el registro de uso del producto. Además los participantes firmaron consentimiento informado para la aceptación del estudio y la toma de muestras.

✓ Composición proximal, nutricional y de compuestos bioactivos de la barra de asaí-copoazú

La barra contiene 70% de pulpa de asaí, aporta 6,8g de carbohidratos, 0,5g de proteínas, 1,8g de grasa (70% insaturada), y 2,0 g de fibra (considerado como fuente de fibra). Además contiene 6,0mg de Cianidin 3 glucosido, 18,1mg de compuestos fenólicos y cuenta con un E50 de 11,6g para DPPH y 10,7g para ABTS. Aporta 48 calorías por porción.

✓ **Medidas antropométricas y toma de presión arterial**

La toma de peso, talla y circunferencias se tomaron en el tamizaje, línea de base y al segundo tiempo después de los 13 días. Se tomó la presión arterial en reposo y sentado. El peso se tomó con balanza TANITA calibrada con sensibilidad de 0,1kg, estadiómetro con sensibilidad de 0,1cm y para mediciones de circunferencia de cintura y cadera, se utilizó cinta métrica con sensibilidad de 0,1cm. Se tomaron 2 mediciones y se reportó el promedio. Se utilizó el mismo brazo para las 3 mediciones y los mismos equipos estandarizados.

✓ **Análisis de laboratorio**

A los voluntarios se les tomó sangre en ayunas de 14 horas a los participantes antes y después del consumo por 13 días de la barra de Asaí, a través de punción venosa en 3 tubos, 2 con de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y 1 sin anticoagulante, se centrifugo por 10 minutos a 3200 rpm, para la determinación de glucosa, perfil lipídico, creatinina e insulina, así como para el 8-isoprostano, Superóxido Dismutasa (SOD), óxido nítrico y IL6, en ayunas. También a los todos los participantes que entraron en el estudio se les realizo determinación de T3, T4, TSH, LH; FSH y un perfil 20 para saber si estaban metabólicamente sanos.

Las muestras de plasma y suero se recogieron al inicio y al final del estudio y se analizaron: glucosa, perfil lipídico, creatinina, insulina, 8-isoprostano, SOD, oxido nítrico y IL6. El 8-isoprostano se realizó por kits comercial de kit Cayman Elisa, el Óxido Nítrico y la enzima SOD se midieron por kits de Calbiochem Nitric Oxide y SOD Assay Kit Colorimétrico II y por último se midió la actividad de la interleucina 6 por kit Comercial de Cayman.

El Superóxido Dismutasa Assay Kit II (Cayman) utiliza una sal de tetrazolio (cloruro de 2,3,5-trifenil-2H-tetrazolio) para la detección de los radicales superóxido generada por la xantina oxidasa e hipoxantina. Una unidad de SOD se define como la cantidad de enzima necesaria para exhibir 50% del radical superóxido. El ensayo SOD mide los tres tipos de SOD (Cu / Zn, Mn, y Fe-SOD).

✓ **Análisis de la subfracciones de lipoproteínas**

Se realizó la separación de las lipoproteínas plasmáticas tomando 5µl de suero de cada paciente, mediante electroforesis vertical en geles de gradiente de poliacrilamida del 2-16%, bajo condiciones nativas, a 200 mvolts por 45 min y posteriormente se realizó la

tinción con sudan black (específica de lípidos), para ser analizados mediante el documentador de geles GelDoc XR de la casa comercial BioRad. Para la caracterización de las subfracciones de lipoproteínas presentes en cada paciente, se determinó el Rf, el cual es un índice de la migración de las proteínas en el gel con respecto al frente de colorante. Los valores de Rf se encuentran entre 0 y 1. Debido a que la electroforesis se realizó en ausencia de agentes reductores y desnaturalizantes, la separación de las lipoproteínas se hace basándose en su tamaño. Donde las proteínas que van a migrar más rápidas van a ser aquellas proteínas de menor tamaño. La separación se basa en la disociación de moléculas biológicas en función de las cargas (iones) aplicando una diferencia de potencial (campo eléctrico) en un soporte sólido impregnado en una solución buffer.

✓ **Cumplimiento de la dieta**

Los participantes acordaron evitar antioxidantes y alimentos ricos en antocianinas como uvas, vino, chocolate, etc. Durante al menos una semana antes del estudio. En la selección se les realizó registro de consumo de alimentos por recordatorio de 24h y se realizó el mismo registro al finalizar el estudio.

✓ **Métodos estadísticos**

El análisis estadístico se realizó con el programa Statix9, Los datos se muestran por el promedio y desviación estándar. Se realizó una prueba de ANOVA y para la prueba de datos pareado se realizó una prueba t pareada para distribución normal.

Metodología general de investigación

En la figura 3-2 se diagramó los pasos que se realizaron para el desarrollo y evaluación de la barra, se inició con la elaboración exploratoria con la prueba de 5 hidrocoloides y 3 proporciones, para de estas, seleccionar 3 formulaciones finales. A continuación se realizó las curvas de secado, para conocer el comportamiento de la humedad en la barras. Seguido de la caracterización fisicoquímica (pH, sólidos solubles y ácidos orgánicos), para la evaluación de calidad se realizó mediciones de composición nutricional, microbiológica y sensorial. Se enfatizó en el análisis de capacidad antioxidante y micronutrientes, debido al potencial funcional del fruto de Asaí. Y por último se escogió de estas 3, la mejor con respecto a su capacidad antioxidante, con el objetivo de evaluar su efecto en 8 voluntarios sanos.

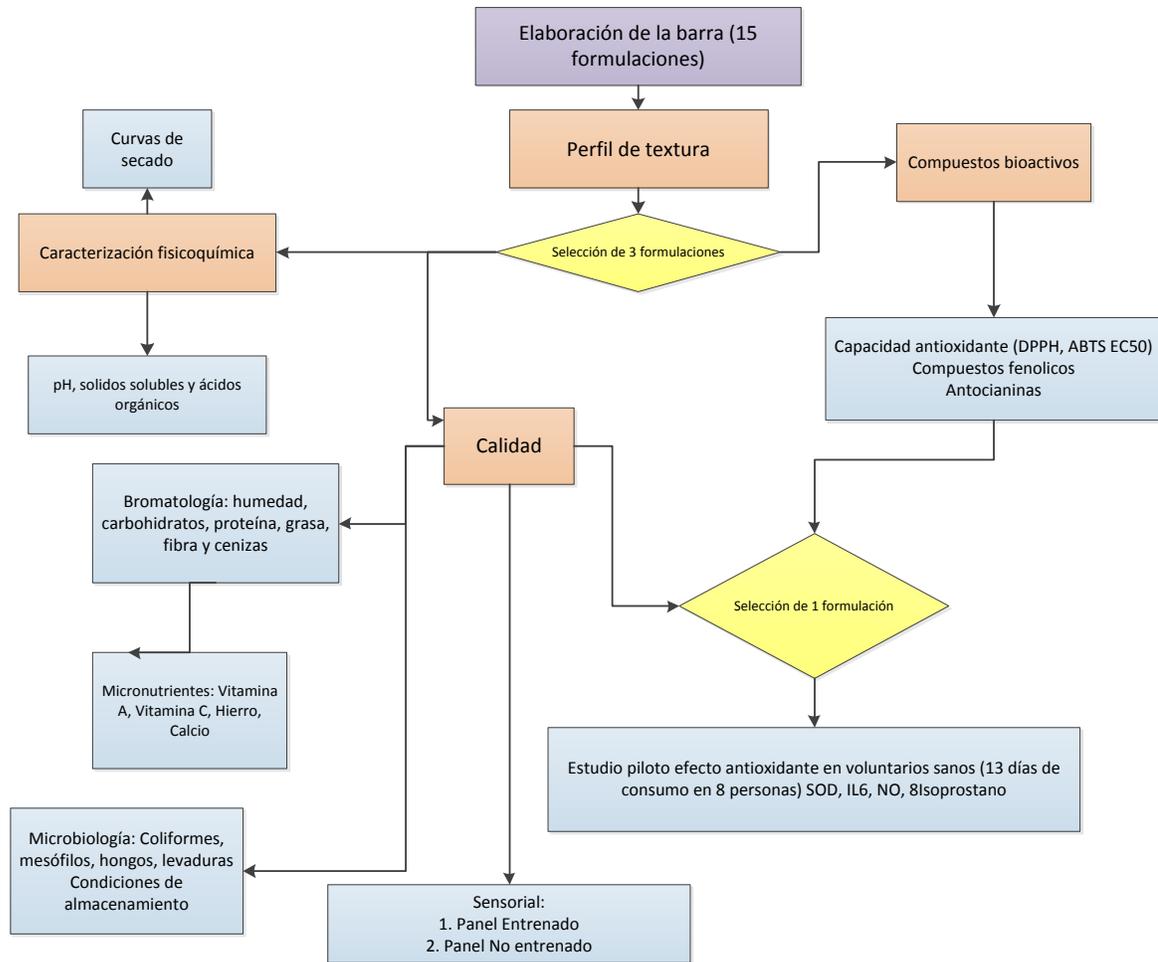


Figura 3-2 Etapas del desarrollo del estudio para la obtención y evaluación de barra de fruta de Asaí

3.12 Análisis estadístico

Todos los resultados se procesaron con el software Statistix 9.0. Para la primera fase, de desarrollo del producto se hizo un ANOVA de 1 vía para los datos de textura, y para comparación con el control se utilizó un análisis de Dunett con $\alpha=0,05$ para diferencias significativas.

En la segunda fase, para análisis de bromatología, microbiología y de micronutrientes se hizo ANOVA de 1 vía y se utilizó una prueba de Tukey, para separación de diferencias significativas. En cuanto al análisis de compuestos bioactivos también se realizó ANOVA

y para diferencias mínimas se separó con análisis LSD para determinar cuáles tratamientos diferían.

Para el análisis sensorial se llevó a cabo en análisis mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. En cuanto al análisis en las pruebas clínicas se realizó prueba de normalidad de Shapiro Wilk, y después prueba no paramétrica T student con un $\alpha=0,05$.

4. Resultados

4.1 Ensayos preliminares de barras comestibles de Asaí

Se tuvo en cuenta la composición bromatológica del Asaí para la elaboración de los ensayos preliminares, los resultados se muestran en orden cronológico y se fueron modificando con cada uno de los resultados obtenidos, se obtuvo lo referido en la tabla 4-1.

Tabla 4-1. Resultados ensayos preliminares obtención de la barra de asaí en mezcla con frutos tropicales

Ensayo	Condiciones	Resultado
Asaí 100%	Pulpa de asaí, con adición de azúcar	No mostro gelificación, se pegó en la bandeja
Asaí 90% - banano 10%	3 temperaturas de secado: 55, 60 y 65°C	Aunque gelificó, la muestra se pegó aún en la bandeja, y hubo caramelización. Las temperaturas no variaron el resultado.
Asaí 80% - banano 20%, con goma guar	Temperatura 60°C	Se observó un buen resultado, con algunas diferencias en color, apariencia general y textura, como se puede observar en la figura 4-1, además se identificaron los tiempos de secado. Sin embargo hubo pardeamiento y se evidenció un enmascaramiento de sabor por la intensidad de flavor del banano.
Asaí 70% - 30% copoazú, con guar, pectina lenta.	Temperatura 60°C	Se observó mejores resultados en cuanto a la gelificación, deduciendo que se necesitan otros componentes para la gelificación de la barra, además el copoazú acompañó muy bien al asaí, con un buen balance en el sabor, sin enmascararlo.

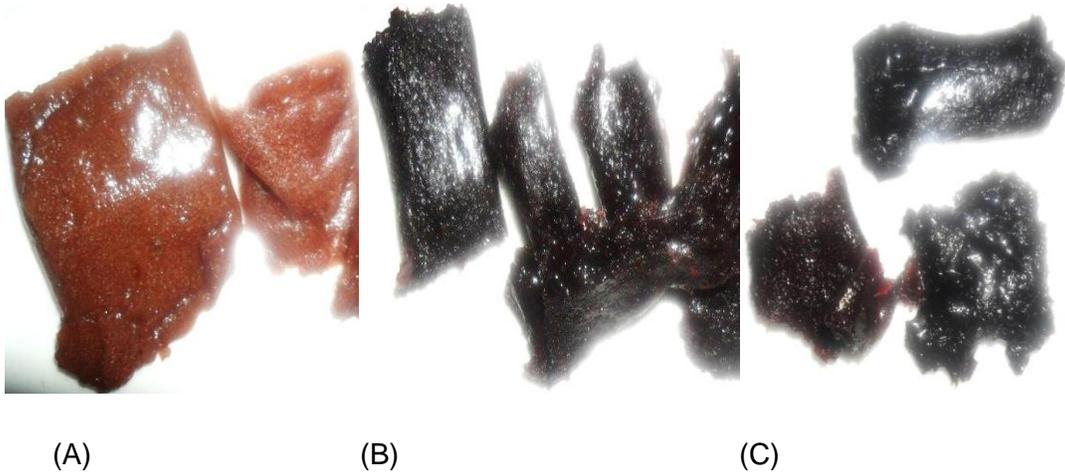


Figura 4-1. Ensayos preliminares de mezclas de frutos amazónicos y tropicales no amazónicos de barras Asaí-banano, (A) Asaí 20% - Banano 80%, (B) Asaí 50% - Banano 50%, (C) Asaí 80% - Banano 20%

De estos resultados se evidencia una mejor gelificación y textura en la proporción 80% banano y 20% Asaí, pero el objetivo del estudio fue aprovechar la funcionalidad de los compuestos bioactivos del Asaí, por lo cual se procedió a sugerir otra proporción e incluir una nueva fruta tropical amazónica, el Copoazú. Por otra parte, también se decidió ensayar diferentes hidrocoloides: pectina lenta, goma guar, goma tara, goma xantana y goma arábica, con el fin de identificar las diferencias en la gelificación y en la textura y conocer cuál de estas gomas proveía una mejor textura a la barra.

4.2 Análisis de textura del ensayo preliminar de la elaboración de barras de Asaí

Se realizó el perfil de textura a los 15 tratamientos planificados. En la tabla 4-2 se presentaron los resultados del promedio de 5 medidas de cada una de las muestras. El control utilizado fue una barra comercial de Asaí-Banano Bio2®, suponiendo que esta barra tiene un perfil de textura con bastante aceptación.

Tabla 4-2. Perfil de textura de las barras de asaí-copoazú con 5 hidrocoloides

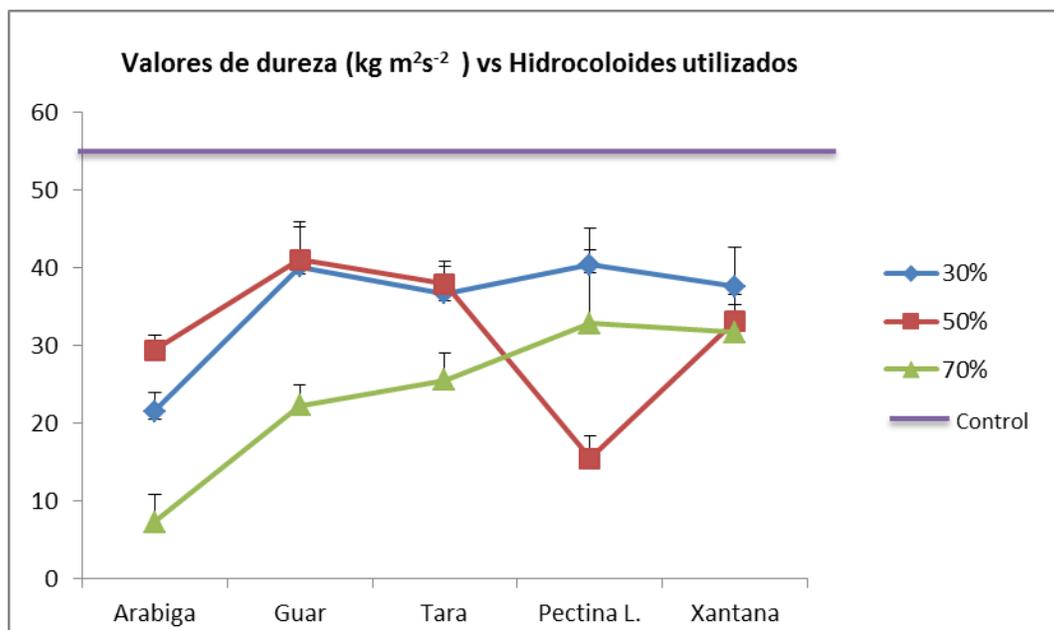
Tratamientos	Dureza kg m ² s ⁻²	Adhesividad kg m ² s ⁻²	Gomosidad Kg ms ⁻²	Elasticidad (adimensional)	Masticabilidad Kg
Control	56,46	-1,09	27,02	0,99	26,77
Guar Asaí 30%	40,21	-1,14	31,60	0,95	30,20
Guar Asaí 50%	41,05	-0,84	30,09	0,95	28,69
Guar Asaí 70%	22,29	-0,61	14,00	0,91	12,73
Pectina Asaí 30%	40,43	-0,61	32,81	0,98	32,15
Pectina Asaí 50%	15,52	-0,02	14,31	1,01	14,61
Pectina Asaí 70%	32,89	-0,18	28,23	0,92	25,78
Xantana Asaí 30%	37,66	-1,00	27,40	0,98	26,71
Xantana Asaí 50%	33,15	-3,46	31,15	0,92	28,49
Xantana Asaí 70%	31,75	-0,73	19,17	0,91	17,59
Tara Asaí 30%	36,75	-1,19	32,27	0,95	30,55
Tara Asaí 50%	37,98	-1,27	34,21	0,93	31,67
Tara Asaí 70%	25,62	-0,43	18,11	0,94	17,15
Arabiga Asaí 30%	21,54	-1,08	11,8	0,92	11,02
Arabiga Asaí 50%	29,46	-1,09	19,17	0,97	18,67
Arabiga Asaí 70%	7,34	-0,27	5,09	0,99	5,05
Valor Dunnet	10,198	1,25	9,01	1,00	8,87

Diferencia significativa $\alpha < 0.05$ Dunnet

Dureza

En la **figura 4-2** se observa la comparación de medias del parámetro de dureza con el control. Se puede observar que en el perfil de textura, la dureza de las barras fue el parámetro más alejado del control Bio2®, esto indicó que las barras elaboradas en mezcla de Asaí y copoazú fueron más flexibles, requiriendo menos fuerza para comprimirse en todos los tratamientos. Los tratamientos con Asaí 30% (color azul) fueron más duras que las otras combinaciones, esto pudo deberse a que el copoazú aportó más sólidos solubles y un porcentaje de pectina en su composición, que hizo que la barra

gelificará mejor con una mayor firmeza.



*Diferencias significativas con el control. Metodo Dunnett ($\alpha=0,05$)

Figura 4-2. Valor de dureza de las barras elaboradas con asaí en mezcla con copoazú y los 5 hidrocoloides seleccionados y el control comercial Bio2® (Azul: barras al 30% de Asaí, Rojo: barras al 50% de Asaí y Verde: barras al 70% de Asaí)

De los 15 tratamientos se puede ver en la **figura 4-2** que la barra con mayor dureza y semejante al control fue el tratamiento de Guar Asaí 50%. Este resultado, indica la capacidad de la goma guar como gelificante y estabilizante para ser usado en la elaboración de barras de frutas. Este mismo resultado se encontró en un estudio realizado con mango (Gujral y Brar, 2003), en la cual se evaluó el efecto de los hidrocoloides en su elaboración, encontrando una mayor dureza con la goma guar, seguida de pectina y de goma arábica, con un porcentaje del 2% de cada hidrocoloide.

También se observa que la proporción con menos dureza es la proporción al 70% de asaí (línea verde), que puede deberse principalmente a que el asaí se encuentra en mayor proporción que el copoazú, generando menor firmeza, por su menor contenido de solidos solubles. La figura 4-2, también deja ver que los valores de goma arábica, son menores en comparación con los demás hidrocoloides, en especial un valor muy pequeño en el tratamiento de goma arábica Asaí 70%, lo que pudo deberse a que la goma arábica, es uno de los emulsificantes más utilizados en la industria de alimentos,

está compuesto por β -galactopiranososa, ácido metil glucorónico y 2% de proteína, este también es llamado arabino-galacton-proteína AGP, esta molécula hace que su comportamiento sea diferente a los demás hidrocoloides ya que posee un parte polar y no polar, lo cual le provee un poder emulsificante pero no gelificante, esto significa que puede unir las moléculas de grasa y agua y formar una emulsión pero no tiene capacidad para formar gel (Dickinson, 2003).

Adhesividad

La adhesividad es una propiedad que da cuenta al trabajo requerido para quitar la muestra completamente del paladar o los dientes. De los 15 tratamientos el más adhesivo fue el que se formuló con la goma xantana Asaí 50%, seguido de la formulación con goma tara Asaí 50%; por su parte, los menos adhesivos resultaron las barras elaboradas con pectina asaí 50% y pectina asaí 70% (**Tabla 4-2**).

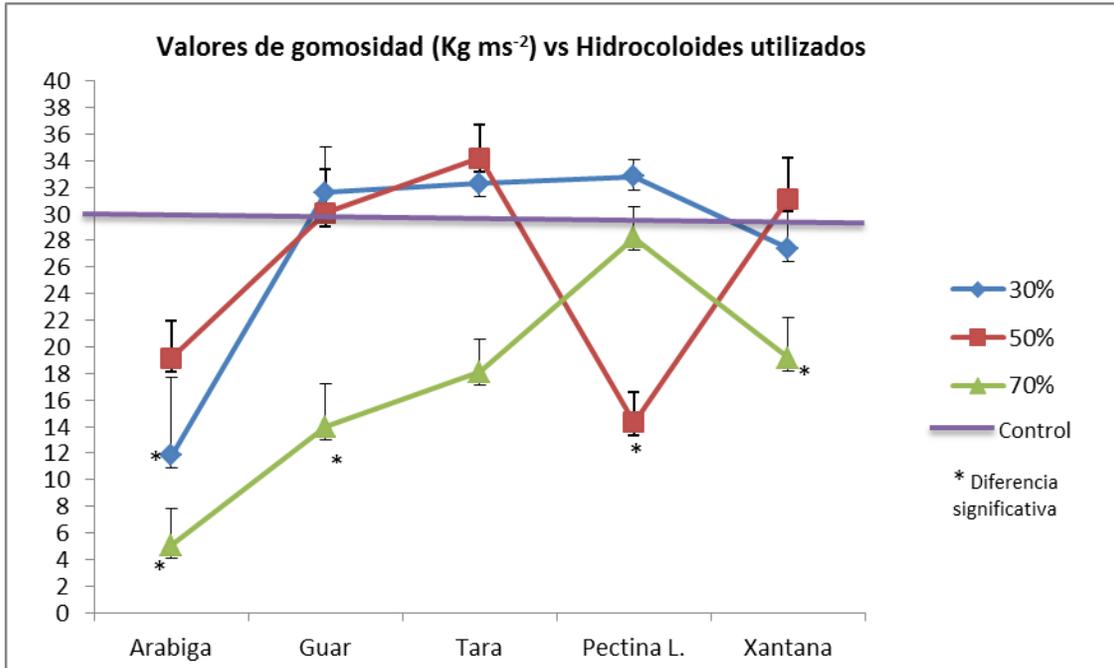
Este resultado puede indicar que la goma xantana tiene gran capacidad de adherir las moléculas, sin embargo este atributo debe ser tenido en cuenta en sus niveles intermedios, ya que un alto valor significa que es demasiado adhesivo, y un valor bajo es nada adhesivo, por tanto este resultado no sería deseable.

En cuanto a los mejores resultados frente a la cercanía con el control se pudo ver que resultaron los tratamientos goma arábica asaí 30% y goma arábica asaí 50% respectivamente, esto pudo deberse a la gran capacidad emulsificante que tiene esta goma, y se refleja en adherir de manera fuerte las moléculas de grasa del asaí y las moléculas hidrofílicas del copoazú y la cantidad de agua libre restante en la barra, sin embargo no se puede considerar un factor deseable ya que en dureza no correspondió a resultados positivos (21,54 y 29,46 respectivamente, se alejan mucho del control 56,13).

Gomosidad

La gomosidad simula la energía requerida para desintegrar un alimento semisólido, antes de digerir. En cuanto a este atributo no se encuentra una relación lineal directa entre la gomosidad y el porcentaje de Asaí, esto indica que la gomosidad no está relacionada directamente con los sólidos solubles o el nivel de grasa o composición de las pulpas para obtener la barra, como se observa en la **figura 4-3**. En la figura también se observa

que los valores con diferencia significativa con el control, son en su mayoría en la proporción 70% de Asaí (Línea verde).



*Diferencias significativas con el control. Metodo Dunnett ($\alpha=0,05$)

Figura 4-3. Gomosisidad de las barras elaboradas con Asaí en mezcla con Copozú y los 5 hidrocoloides seleccionados y el control Bio2® (Azul: barras al 30% de Asaí, Rojo: barras al 50% de Asaí y Verde: barras al 70% de Asaí).

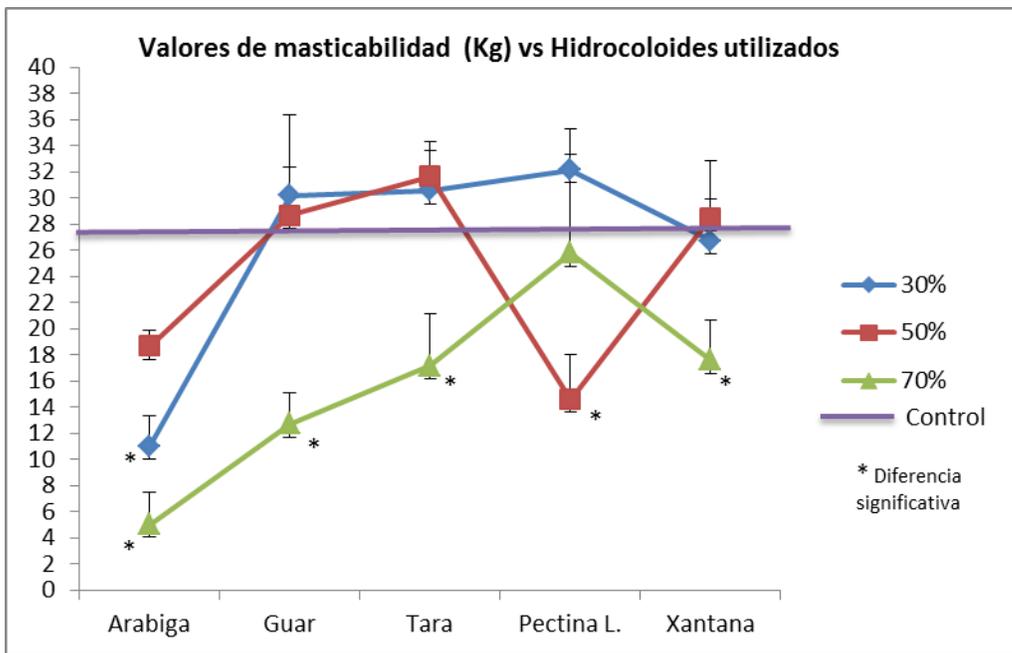
Se encontró una mayor cercanía con el control con los tratamientos goma xantana asaí 30% y pectina lenta Asaí 70%. En consecuencia estos dos tratamientos tuvieron un resultado de gomosisidad deseable en las barras de frutas, resultado de la alta viscosidad que provee la goma xantana y el alto poder gelificante de la pectina lenta.

Elasticidad

Las barras elaboradas presentaron valores de elasticidad de 0,91-1,01. Los valores más altos fueron para el uso del hidrocoloide pectina con asaí al 50% y el hidrocoloide goma arábica con asaí al 70% y los valores más bajos fueron para goma guar con asaí al 70% y para goma xantana con 70% de Asaí. No se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. La elasticidad esta alrededor de 1, lo que indica que toda la estructura original se rompe con la primera compresión.

Masticabilidad

Las barras elaboradas presentaron valores de masticabilidad entre 5,05-30,08. Se observaron diferencias entre los tratamientos. Se puede observar en la **figura 4-4**, que los tratamientos que se acercan más al control son el uso de hidrocoloide xantana Asaí 30%, xantana Asaí 50%, guar Asaí 50% y pectina Asaí 70%. Los anteriores tratamientos ya se habían evidenciado en los demás parámetros estudiados, esto confirma la capacidad tecnológica para formar gel de los hidrocoloides xantana, guar y pectina. También se observa en la figura 4-4, que la proporción 70% de asaí es la que más difiere del control (línea verde), el único tratamiento en esta proporción que se acerca al control y no tiene diferencias significativas es el de pectina lenta.



*Diferencias significativas con el control. Método Dunnett ($\alpha=0,05$)

Figura 4-4. Masticabilidad de las barras elaboradas con Asaí en mezcla con Copozú y los 5 hidrocoloides seleccionados y el control Bio2® (Azul: barras al 30% de Asaí, Rojo: barras al 50% de Asaí y Verde: barras al 70% de Asaí).

4.3 Selección de formulaciones

La selección de las tres formulaciones para continuar con la evaluación de las barras se hizo de acuerdo con el análisis estadístico, con respecto al control. Se hizo un ranking de tratamientos que se acercan más al control, eliminando aquellas que tienen diferencias significativas (Guar 70%, pectina 50%, xantana 70%, xantana 50%, Tara 70%, Arábiga 30% y Arábiga 70%), excepto en la dureza ya que en este atributo todos los tratamientos tuvieron diferencias significativas (**Figura 4-5**).

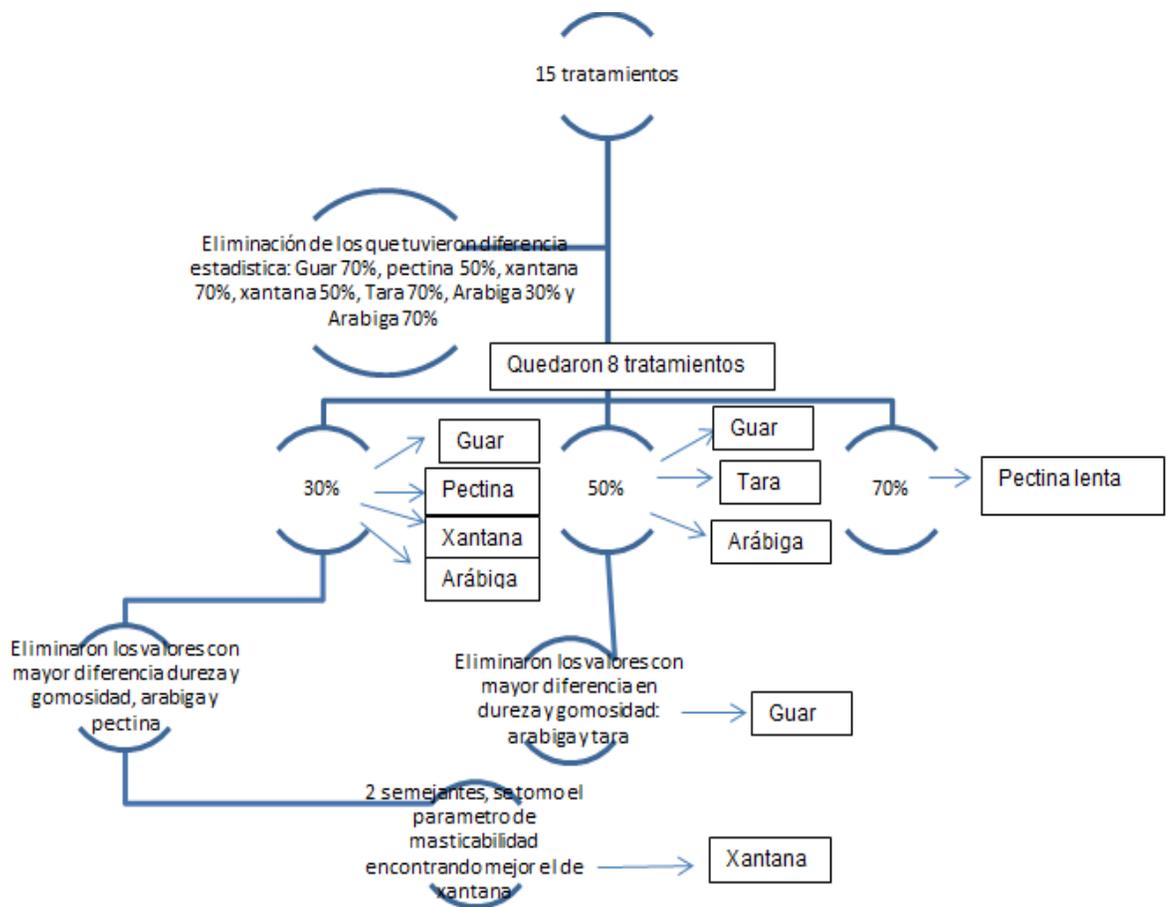


Figura 4-5. Selección final de las tres formulaciones de acuerdo con el perfil de textura

Después de la eliminación de los 7 tratamientos con diferencias significativas, se partieron en 3 grupos, dependiendo del tipo de proporción 30% asaí, 50% asaí y 70% de asaí, como indica la figura 4-6. En estos grupos se ubicaron los hidrocoloides que quedaron después de la eliminación, para el 30%: guar, pectina, xantana y arábica, para el 50%: guar, tara y arábica, y para el 70%: únicamente pectina; por tanto para el 70% ya se escogió el tratamiento que sería **barra al 70% de asaí con pectina lenta**.

A continuación se hizo un ranking para el 50% de asaí, con respecto a dureza y gomosidad, encontrando un mejor tratamiento con la goma guar, así que el segundo tratamiento escogido fue: **barra de asaí al 50% con goma guar**. Y para el porcentaje del 30%, primero se eliminó la goma arábica y pectina, por tener valores bajos de dureza y gomosidad, después como los dos tratamientos que quedaron fueron semejantes, se procedió a evaluar la masticabilidad encontrando un valor mucho más cercano con la goma xantana, por tanto se escogió este tratamiento: **barra de asaí al 30% con goma xantana**.

Entonces, de acuerdo al ranking se seleccionaron los tratamientos, Barra al 50% de asaí con goma guar, Barra al 30% de asaí con goma xantana y barra al 70% de asaí con pectina lenta.

4.3.1 Curvas de secado:

Para la realización de las curvas de secado se tomó el peso en las primeras 3 horas cada media hora, después cada hora y en las últimas 4 horas cada dos horas, evidenciando que la barra al 30% de Asaí con goma xantana, es la que mejor rendimiento produce, por menor pérdida de agua y mayor consistencia en su textura debido a la mayor presencia de sólidos solubles y al óptimo resultado de la goma xantana en la formación de red hidrocoloide. Para el tratamiento con pectina lenta hay una mayor pérdida de agua desde el inicio de secado, (2-5h) y se refleja en que la barra final queda con un menor grosor y consistencia **Figura 4-6**.

La barra con goma guar y al 50% asaí tuvo una mayor pérdida de humedad entre la 3ra y 5ta hora, y estabilizó su peso en la 9na hora de secado. En estos tratamientos se obtuvieron los siguientes rendimientos: Pectina (10,5%), Guar (15,8%) y Xantana (26,7%), lo cual también se evidencia en las gráficas y se obtiene un mayor rendimiento con la barra de Asaí al 30% con goma xantana, debido a que inicialmente presenta mayor cantidad de sólidos solubles y pierde menor cantidad de agua, debido

principalmente al óptimo desempeño de esta goma al formar una red y mantener las moléculas en suspensión sin que se salgan de la red y con una pérdida de menor de humedad, lo cual también se evidencio en peso.

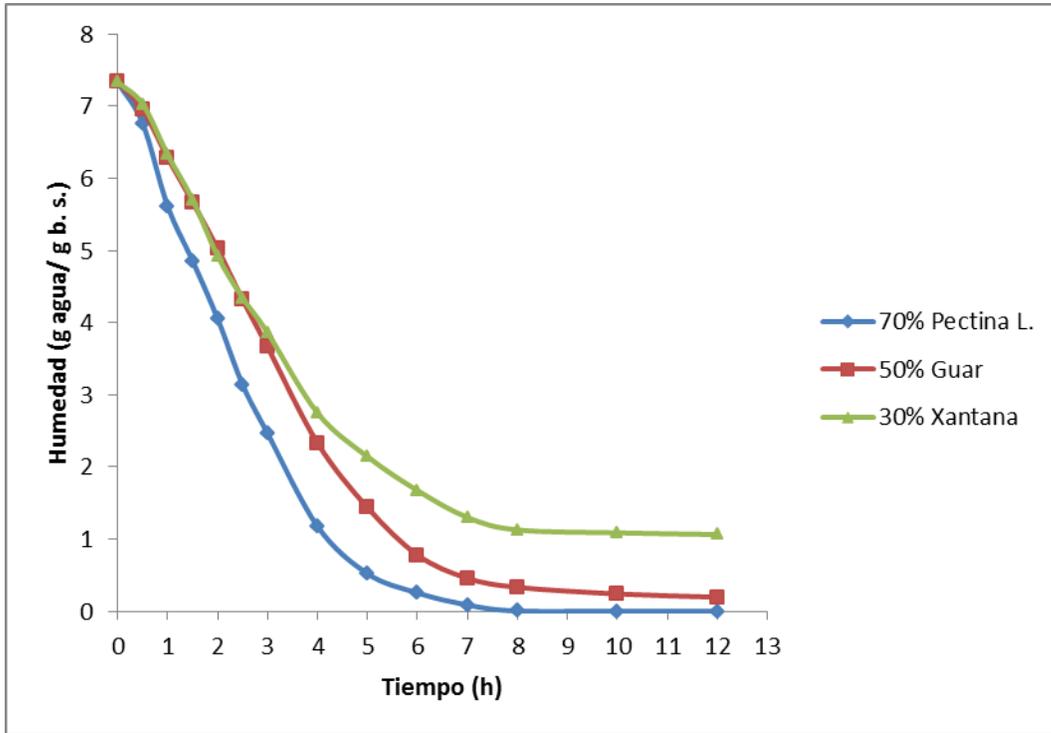


Figura 4.6. Curvas de secado de las 3 formulaciones seleccionados para barra de asaí con por su mejor desempeño en la prueba de textura. Base seca.

4.4 Caracterización fisicoquímica

Se realizó medición de pH, ácidos orgánicos y solidos solubles a las barras seleccionadas, los resultados se presentan a continuación:

Tabla 4-3. Caracterización fisicoquímica de las barras de asaí-copoazú seleccionadas de acuerdo al desempeño en la prueba de textura

Tratamiento	pH	Solidos solubles (°Bx)	Acido oxálico (mg/100g)	Ácido cítrico (mg/100g)	Ácido Málico (mg/100g)
Asaí 30% - xantana	3,7 ^b	66 ^a	22,28 ^b	20,83 ^a	3,8 ^a
Asaí 50% -	3,9 ^a	65 ^a	26,41 ^{ab}	37,12 ^b	2,4 ^b

guar					
Asaí 70% - pectina	4,0 ^a	61 ^b	29,23 ^a	26,83 ^c	0,0 ^c

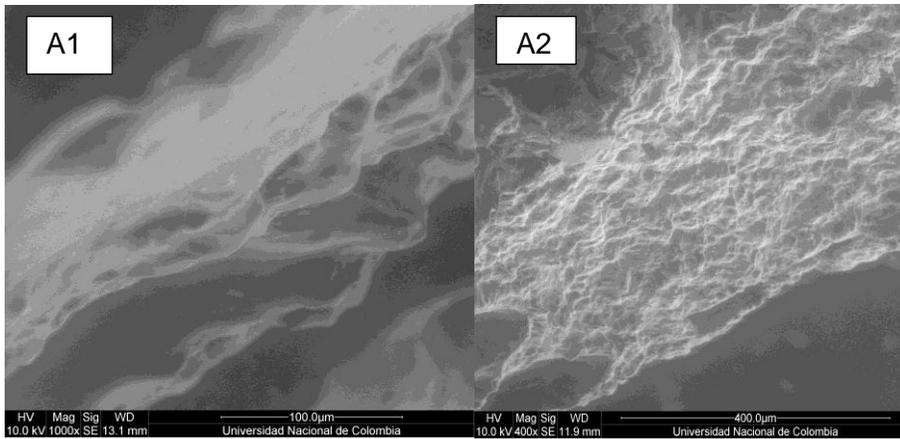
Tratamientos con letras iguales no presentaron diferencias estadísticas al $p=0,05$

En cuanto al pH, los valores estuvieron dentro de los requisitos de la resolución 3929 del 2013, para el bocado, la cual exige un pH mínimo de 3,4, además se observó que entre mayor proporción de Asaí el valor pH aumenta, y esto pudo deberse a la presencia mayoritaria de ácidos orgánicos en la pulpa de Copoazú, la cual le genera mayor acidez, no obstante este pH es un valor adecuado para disminuir el crecimiento de algunas bacterias patógenas y para que las antocianinas presentes en la barra puedan ser constantes y no se degraden con el tiempo. El valor de pH coincide con la mayoría de autores que investigan en barras de frutas: tomate y papaya (4,0), mango (3,6-3,8), piña (3,6-3,8), manzana (3,3) (Ahmad et al., 2005) (Azeredo et al., 2006) (Phimpharian et al., 2011) (Quintero Ruiz et al., 2012). En cuanto a los sólidos solubles hubo diferencias significativas en el último tratamiento Asaí al 70%, con menor sólidos solubles, esto puede deberse a la poca cantidad de sólidos solubles de la pulpa de asaí ($4,8 \pm 0,2$) a diferencia del copoazú, el cual aporta una cantidad considerable de sólidos solubles ($12,1 \pm 0,2$) y comparados con el requisito mínimo para el bocado, según la norma debe estar en 70°Bx como mínimo, no cumple, debido a que la barra presenta un diferente proceso y diferente humedad.

Se encontró que en los tres tratamientos los ácidos mayoritarios en las barras de Asaí son: oxálico y cítrico, los cuales pueden influir en el sabor y aroma de las barras, hay menor presencia del ácido málico.

4.3.2 Microscopia Electrónica de Barrido

A continuación se presenta las imágenes de las muestras con una adhesividad importante dada también en el Texturometro: arábica 70% (figura A1) y una adhesividad muy baja pectina lenta al 70% (figura A2).

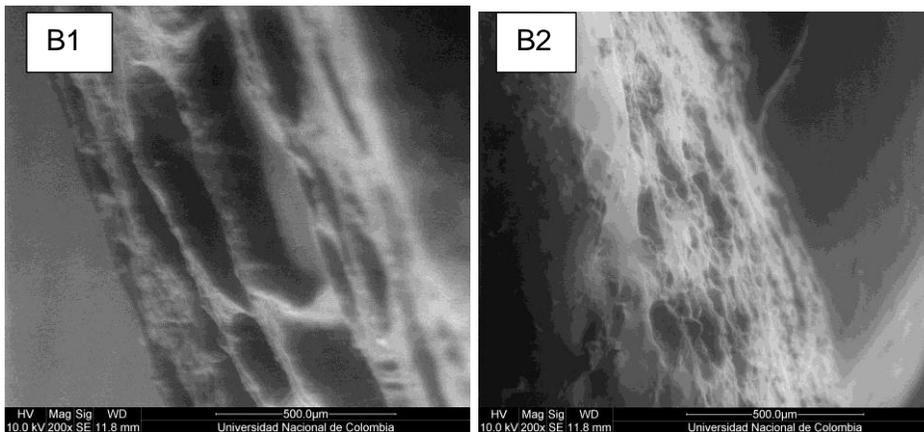


A1. Goma arábica con asaí al 70% A2. Pectina lenta con Asaí al 70%

Figura 4-7. Micrografías de barras de asaí-copoazú elaboradas con diferentes inclusiones de asaí-mezcla con copoazú e hidrocoloides

Las diferencias mostradas en la micrografía se pueden apreciar evidentemente, la figura A1 muestra una buena adhesión de todas las partículas haciéndola un poco más lisa, pero más blanda lo cual hace que no tenga firmeza, mientras que la figura A2 presenta una menor adhesividad de sus partículas dada por la pectina lenta, pero forma un gel más resistente dándole mayor dureza.

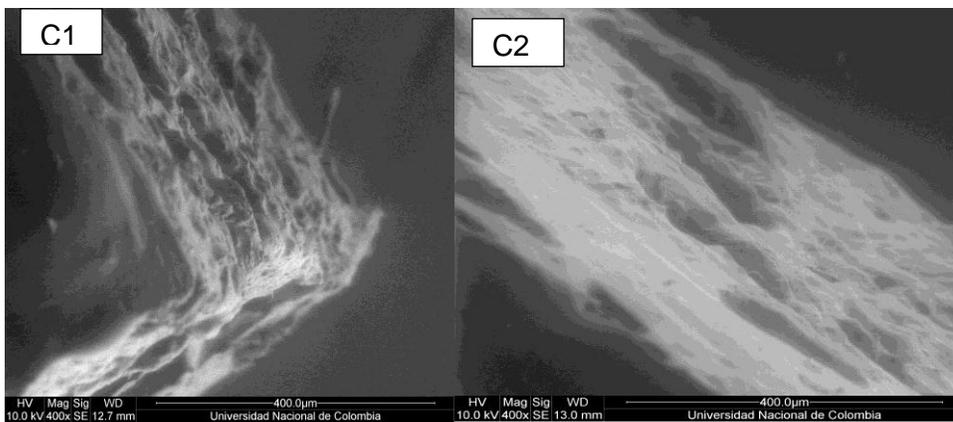
También se pueden observar a través de las micrografías las diferencias entre una textura muy gomosa B1 (xantana 30%) y otra que tiene una baja gomosidad B2 (tara 70%), en la imagen B1 se observan grandes cavidades, lo cual le da una mayor esponjosidad o gomosidad a la barra, mientras que en la B2 los huecos son más pequeños, haciendo de este más compacto y menos gomoso. Ratificando la capacidad de la goma xantana para formar un gel con una buena estructura y generando mayor volumen.



B1. Goma xantana con asaí al 30% B2. Goma Tara con Asaí al 30%

Figura 4-7. Micrografías de barras de asaí-copoazú elaboradas con diferentes inclusiones de asaí-mezcla con copoazú e hidrocoloides

A continuación se observan las micrografías del tratamiento guar 50% con mayor dureza y pectina lenta con 50% con menor dureza, la imagen C1 con mayor dureza dada por la goma guar la cual genera una mayor compactibilidad y mejor formación del gel, mientras que la pectina lenta C2, no tiene esa capacidad y se observa mayor espacios que le dan debilidad a la barra, menor compactibilidad y menor dureza, lo cual se observó en el perfil de textura.



C1. Goma guar con asaí al 50% C2. Pectina lenta con asaí al 50%

Figura 4-7. Micrografías de barras de asaí-copoazú elaboradas con diferentes inclusiones de asaí-mezcla con copoazú e hidrocoloides

4.4 Análisis Bromatológico, microbiológico y sensorial

4.4.1 Análisis Bromatológico

En la tabla 4-4, se presentan los resultados obtenidos por 100g de barra.

Tabla 4-4. Análisis bromatológico de las barras de asái con mejor desempeño en las pruebas de textura. Dato por 100g en base húmeda.

Tratamientos	Humedad	Carbohidratos (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Calorías
Asái 30% - xantana	21,4 ^a	43,34 ^a	4,14 ^a	6,12 ^a	10,3 ^b	244,92
Asái 50% - guar	20,5 ^a	43,73 ^a	3,65 ^b	8,53 ^b	11,3 ^b	254,98
Asái 70% - pectina	19,2 ^a	44,15 ^a	3,15 ^c	10,90 ^c	12,3 ^a	287,13
Comercial Asái-banano	ND	56,44	4,34	10,85	6,08	342,86

Letras iguales no tienen diferencia estadísticamente significativa. Prueba de Tukey $p=0,05$

Se realizó el análisis por porción, dado que para poder saber si el alimento es fuente de un nutriente, este debe ser analizado por porción diaria, que en este caso sería de 25g (Tabla 4-5). El gramaje de esta porción, se hizo, a través de:

1. Correspondencia de la porción con el control 25g (Barra de asái-banano Bio2®)
2. El producto se asemeja a un bocadillo de guayaba, el cual está diseñado para pesar 25g. (NTC 5856)
3. La resolución 033 del 2011, no cuenta con una cantidad de referencia para este tipo de productos, sin embargo se puede parecer a un manjar blanco (30g) (Min Protección Social, 2011).
4. Además este gramaje, es razonable para el consumo de una persona, en una sola ocasión.

Tabla 4-5. Análisis bromatológico de las barra de asái con mejor desempeño en las pruebas de textura por porción (25g) (Anexo D: Tabla Nutricional)

Tratamientos	Carbohidratos (g)	Proteína (g)	Grasa (g)	Fibra (g)	Calorías (Kcal)
Asái 30% - xantana (20g)	8,7 ^a	0,8 ^a	1,2 ^a	2,0 ^b	49,0
Asái 50% - guar (20g)	8,7 ^a	0,7 ^b	1,7 ^b	2,3 ^b	51,0
Asái 70% - pectina (20g)	8,8 ^a	0,6 ^c	2,2 ^c	2,5 ^a	57,4

Comercial Asaí-banano (23g)	13	1,0	2,5	1,4	79
-----------------------------	----	-----	-----	-----	----

Letras iguales no tienen diferencia estadísticamente significativa. Prueba de Tukey $p=0,05$

Humedad: la humedad es un parámetro fundamental en la obtención de este tipo de productos que se llevan a cabo por un método de secado. En los resultados obtenidos se observa que la humedad de las barras aumenta a medida que disminuyó el porcentaje de asaí. Esto también se refleja en los parámetros de textura y en la apariencia que se logró observar en el sensorial. La barra al 70% es mucho más delgada y de apariencia más dura o con menor consistencia que las demás, esto puede deberse a que en la formulación al 70% de asaí, la pulpa tiene menor sólidos solubles y más humedad que la pulpa de copoazú, esta agua libre se evapora o se va con el proceso de secado, dejando como resultado una barra más delgada y con menor consistencia por su menor contenido de sólidos solubles.

Proteínas: En los resultados se observa que el valor proteico de las barras aumentó cuando la proporción de asaí disminuye, esto se debió básicamente a que el copoazú aportó un mayor contenido proteico. Los resultados fueron comparables a estudios realizados anteriormente, (Ashaye et al., 2005) encontró para la lámina de guayaba 2,67g de proteína y para la lámina de papaya 2,10g, (Prasad et al., 2010) encontró en barras de banano un porcentaje de proteína del 3,2%, aunque a la misma barra se le realizó una fortificación a la pulpa con leche en polvo lo cual le agrego un valor proteico mayor a 4,2%, mientras que (Kaushal et al., 2013) encontró para la lámina de fruta de baya marítima en la India, un porcentaje de proteína del 5,1%. Por tanto se puede observar que las barras formuladas se encontraron dentro de los parámetros de valores de proteína, actualmente estudiadas, se observó que la barra de asaí-copoazú tiene un valor más alto que las de banano, papaya y guayaba, pero inferior que la baya marítima. En cuanto a la comparación con la barra comercial de Asaí brasileño-banano, no se observan diferencias significativas, sin embargo se encuentra un poco inferior (3,15-4,14g barra asaí-copoazú y 4,34 barra comercial asaí-banano), lo cual puede deberse a que a la barra comercial Bio2® se le adiciona nueces, entre sus ingredientes, lo cual aumenta considerablemente el contenido proteico en las barras.

Carbohidratos: el valor de carbohidratos fue el predominante en los macronutrientes de la barra, sin embargo se encontró en un nivel inferior a la barra comercial Bio2®. (Vidhya and Narain, 2011) encontró para láminas de manzana del bosque: 45,1g de azúcares

totales, mientras que (Sharma et al., 2011) halló en barras de durazno un porcentaje del 70% de azúcares totales. Por tanto las barras de asaí-copoazú se encuentran por debajo de las barras de manzana del bosque y de durazno, además de tener un porcentaje menor que las barras comerciales, lo cual genera un plus para los consumidores que deseen obtener un menor contenido de azúcares.

Grasa: el contenido de grasa presentó diferencias significativas entre las 3 formulaciones seleccionadas, y aumentó a medida de que el contenido de asaí aumenta, esto se debe a que el Asaí es un fruto oleaginoso, que proporciona un alto contenido de grasas. (Salim ur Rehman, 2012) desarrollo barras de durazno con adición de leche descremada en polvo, maní y harina de garbanzo, y obtuvo un porcentaje de 7,2% de grasa, Vanegas reportó 0,45% de grasa en láminas de mango deshidratadas (Vanegas M., 2013), de esta manera se puede concluir que las barras de asaí-copoazú tienen un buen aporte de grasa poliinsaturada. En comparación con las barras comerciales de Asaí brasileño-banano, tienen menor contenido de grasa, sin embargo esto puede deberse a que las comerciales cuentan con adición de aceite de palma, mientras que las de asaí-copoazú no tienen adición de grasa y se debe tener en cuenta que el 70% es grasa insaturada y en mayor proporción el ácido oleico u omega 9, por lo cual se puede evidenciar que la grasa que tiene la barra, se puede considerar un compuesto bioactivo que puede dar algún grado de beneficio para la salud

Además según la resolución 033 del 2011, que regula el rotulado nutricional en Colombia, se podría incluir el rotulado de “excelente fuente de grasas insaturadas” por contener más del 70% del total de las grasas como insaturado.

Fibra: en cuanto a la fibra se observó una diferencia bastante significativa con respecto a la barra comercial, casi dobla su contenido, lo cual puede deberse al gran contenido de fibra del asaí y que en los análisis se pudo incluir la goma como carbohidrato no digerible y haga parte de la fibra total. (Sun-Waterhouse et., 2010), evaluó la adición de fibra de manzana e inulina en barras de frutas y concluyó que la adición mejora el contenido de fibra, obteniendo porcentajes de 5,29% a 5,42%, y para este país (Nueva Zelanda) se podría incluir el claim de “buen contenido de fibra”. En el caso de Colombia, para ser “buena fuente de” debe tener más del 10% del valor de referencia que en este caso son 25g diarios, tomando el caso de la barra de asaí-copoazú al 70%, tiene 12,3g/100g, lo

cual llevándolo a una porción de 25g, representa 2,5g, lo cual equivale al 10%, por tanto también podría equivaler a la declaración de “buena fuente de fibra”.

Teniendo en cuenta la resolución en mención, se podría realizar la siguiente declaración:

“El cáncer es una enfermedad asociada con diversos factores, las dietas bajas en grasa saturada y ricas en cereales, leguminosas, frutas y verduras que contienen fibra pueden reducir el riesgo de algunos tipos de cáncer. Este alimento es bajo en grasa saturada y buena fuente de fibra dietaria”. Lo cual puede darle un plus adicional a la barra de fruta, en el sentido del valor comercial.

Cenizas

Tabla 4-6. Contenido de cenizas en las barras de asaí-copoazú en las 3 formulaciones con mejor desempeño en las pruebas de textura

Tratamiento	g/100g barra B. Humeda
Barra de asaí 30% - goma xantana	0,83 ^a
Barra de asaí 50% - goma guar	0,91 ^a
Barra de asaí 70% - pectina lenta	0,94 ^a

Por lo que se refiere a las cenizas se encontró que no hubo una relación proporcional al contenido de asaí en la barra, las tres muestras no tuvieron diferencia significativa, esto puede indicar que el copoazú puede aportar minerales a la barra, diferentes a los que se midió en la presente investigación, tales como el potasio, fósforo, magnesio, ya que por referencia de la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos, el copoazú tiene un buen aporte de estos minerales (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2005).

4.4.2 Análisis microbiológico

Los resultados se muestran en la **tabla 4-7**, se pudo observar de manera general que los resultados no varían entre tratamientos esto se debe a que las evaluaciones de microbiología muestran el proceso de elaboración de la barra, y las buenas prácticas de manufactura, y que no depende del porcentaje de pulpa o el tipo de hidrocoloide que se usa.

Tabla 4-7. Análisis microbiológicos de las tres (3) barras de Asaí seleccionadas por su mejor desempeño en las pruebas de textura

Método		Asaí 30%	Asaí 50%	Asaí 70%	Referencia	
					m	M
NMP totales	Coliformes	<3	<3	<3	<3	-
NMP fecales	Coliformes	<3	<3	<3	<3	-
Recuento de mesófilos aerobios		30 ^a	25 ^a	30 ^a	500	800
Detección de <i>Salmonella</i>		0	0	0	0	0
Recuento de <i>Bacillus cereus</i>		0	0	0	0	0
Recuento de mohos y levaduras		20 ^a	18 ^a	22 ^a	100	200

m= buena calidad, M= calidad aceptable

Además se puede ver que todo los tratamiento cumplen con los requerimientos de calidad de la norma de comparación, en este caso, se usó la Resolución 3929 de 2013 en su apartado de concentrados de frutas, el cual es el término que más se acerca a la normatividad. Según la norma utilizada cumplen con el índice de buena calidad (m) en todas las mediciones, también se puede decir que la ausencia de microorganismos en la mayoría de los parámetros evaluados, muestra que el producto fue elaborado bajo condiciones adecuadas de higiene y que puede ser un producto apto para el consumo humano, así como muestra que el proceso de secado inhibe el crecimiento de la mayoría de los coliformes, mesófilos y *Bacillus*, sin embargo queda un número reducido de mohos y levaduras, lo cual puede deberse al porcentaje de humedad final de la barra (20%) y al pH (3,6) que puede ser un buen medio para el crecimiento de este tipo de microorganismos. Los resultados obtenidos fueron coherentes con trabajos realizados en barras de pera, en el cual los autores encontraron <50 UFC de mohos y levaduras (Huang y Hsieh, 2005), así como también en láminas de mango, en el cual se encontró <3 coliformes totales, salmonella ausente y <10 mesofilos aerobios (Azeredo et al., 2006), y en barra de manzana, en la cual se encontró por debajo de 10 UFC (Quintero Ruiz et al., 2012).

Calidad microbiológica durante el almacenamiento

Según la **figura 4-8** el crecimiento de los mesófilos aerobios reportó cambios en todos los tratamientos tanto en el transcurso del tiempo, como en cada tratamiento. Se puede observar que hubo un crecimiento de estos microorganismos en todos los tratamientos durante el tiempo, pero el que tuvo un menor cambio fue el tratamiento de temperatura de refrigeración y empaque al vacío, teniendo en 1 año de almacenamiento 50UFC de mesófilos, lo cual aún le provee una calidad aceptable microbiológica del producto. Así mismo en el tiempo de 1 año, los demás tratamientos no cumplen con este requisito, ya que el crecimiento fue mayor a 100. En el tiempo de 2 meses, todos los tratamientos cumplen con el requisito exceptuando el tratamiento de temperatura ambiente y empaque de polipropileno. También se evidencia que el mejor tratamiento fue el de temperatura de refrigeración y empaque al vacío, seguido de refrigeración y empaque de polipropileno, seguido de temperatura ambiente y empaque al vacío. El último tratamiento se debe desechar debido a que no cumple a los dos meses con los requisitos de calidad microbiológica, es decir que las barras se debe recomendar un almacenamiento refrigerado con cualquier tipo de empaque o a temperatura ambiente pero con empaque al vacío. El estudio también refleja de forma adecuada las barreras que puede proporcionar tanto el empaque como la temperatura de refrigeración para el crecimiento microbiano, sin embargo debe evaluarse el costo de cada empaque y de forma de almacenamiento. En cuanto a la evaluación de mohos y levaduras se pudo observar que no hubo mayor crecimiento de mohos y levaduras en el transcurso del tiempo evaluado (<10UFC), por lo cual todos los tratamientos cumplen con los requisitos microbiológicos de la resolución 3929, la cual especifica los valores sanitarios para frutas procesadas y para el bocadillo veleño, siendo este el alimento que se asemeja tiene un valor 1000 UFC/g y no especifica valores para mesófilos aerobios. De la misma manera, también se evaluó la calidad frente a la NTC 5856, para el bocadillo de guayaba, la cual especifica un valor de 300UFC de mohos y levaduras y 110 UFC/g para mesófilos aerobios.

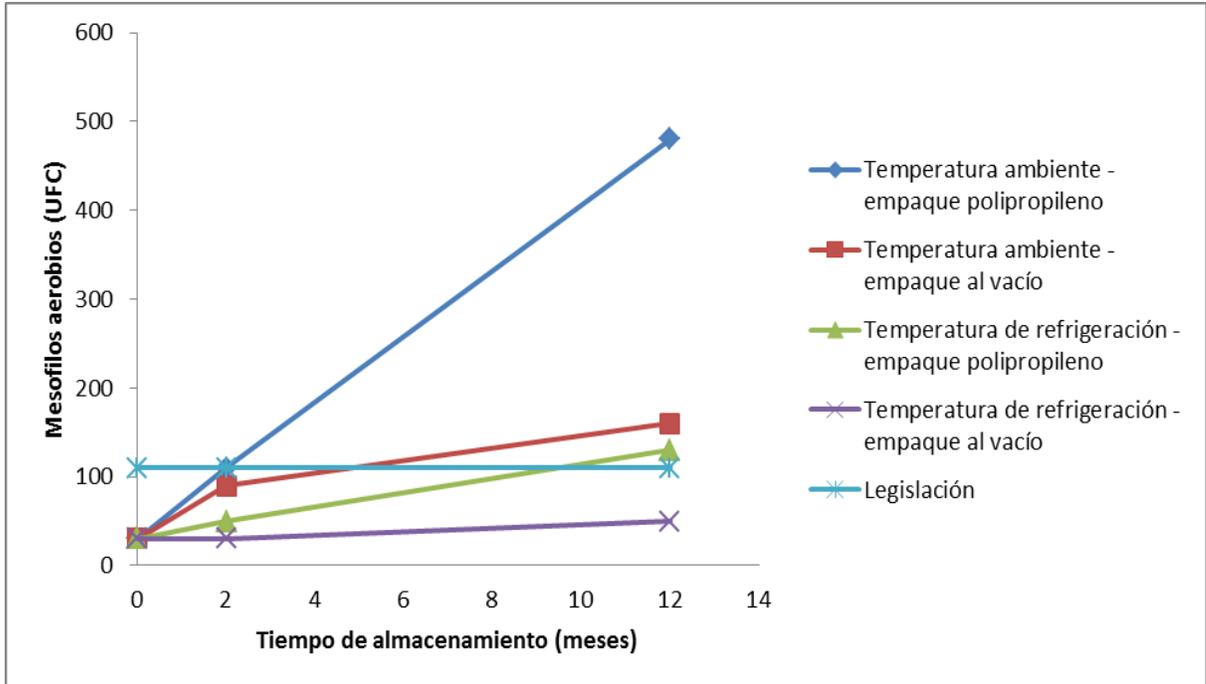


Figura 4-8. Crecimiento de microorganismos mesófilos aerobios en diferentes condiciones de almacenamiento en barra de asaí-copoazú, formulaciones seleccionadas por desempeño en la prueba de textura. Legislación NTC 5856 para el bocadillo veleño, mesófilos <110UFC.

4.4.3 Análisis sensorial

4.4.3.1 Panel entrenado

Se realizó una prueba de método descriptivo de puntajes (**Anexo B**) con el panel experto de la Facultad de química de la Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), fueron 7 panelistas y los resultados se resumen en la tabla 4-8:

Tabla 4-8. Análisis de la prueba sensorial para panel entrenado en las tres (3) barras seleccionadas por mejor desempeño en la prueba de textura

	Asaí 50%	Asaí 30%	Asaí 70%	Puntaje mayor
Apariencia	3,6 ^a	4,6 ^a	4,1 ^a	5
Aroma	1,3 ^a	1,4 ^a	1,1 ^a	2
Sabor	7,5 ^a	7,4 ^a	6,4 ^a	10
Textura	2,3 ^a	2,6 ^a	2,5 ^a	3
Total	14,7 ^a	16 ^a	14,1 ^a	20
Observaciones	Brillante, predomina el sabor del asaí	Predomina sabor a copoazú Muy acido	Insípido, pegajosa, sabor residual	

Promedios con diferentes letras corresponden a diferencias estadísticamente significativas

($p=0,05$)

En los atributos: sabor, textura, aroma y apariencia, los resultados no mostraron diferencias significativas en el análisis hecho por Kruskal Wallis,. Sin embargo subjetivamente, los valores más altos en puntaje se obtuvieron en la proporción de Asaí al 30%, es decir la barra que tenía más copoazú. Esto debido a que el copoazú mejora en forma considerable la textura de la barra, así como también tiene un sabor acido muy agradable, lo cual se refleja en los resultados obtenidos.

En cuanto a la apariencia general, en donde se evalúa brillo, color, la presencia de grumos y la homogeneidad, tiene una máxima puntuación de 5, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Se pudo observar un mayor puntaje del tratamiento de Asaí-30%, esto pudo deberse a que la presencia mayoritaria del Copoazú le da un mayor volumen y consistencia, por la cantidad de solidos solubles mucho más altos que los del Asaí, además la goma xantana ayudó a que se incorporaran mejor los ingredientes y no tuviesen presencia de grumos y por lo tanto que la barra se vea más homogénea. El color de estas barras, se reflejó en diferencias debido a que el fruto del Copoazú, tiene una pulpa blanca crema, y la del asaí que tiene un color morado profundo, cuando se combinan resultan en una tonalidad rosada o morado menos intenso, lo cual puede ser de mayor agrado para los catadores, que un color más oscuro, cercano al negro.

En el atributo de aroma, su máximo puntaje fue 2, no hubo diferencias significativas, se observó que el puntaje aumentó a medida que aumentó el porcentaje de Copoazú, esto

lo cual pudo deberse a que con el intenso sabor y aroma del copoazú, el balance se mejora al mezclarlo en mayores proporciones con el asaí y se potencia el aroma de ambos y por ende, entre mayor proporción de copoazú tenga la barra más compuestos volátiles se siente o se alcanzan a percibir. Sin embargo, los puntajes dan aceptabilidad en los porcentajes de 30 y 50% de asaí, lo cual puede ratificar que el proceso de secado, conserva las propiedades organolépticas del fruto de Asaí.

En cuanto al sabor, el puntaje máximo que se le asignó fue 10, y tenía como parámetros medir el balance ácido-dulce, el sabor característico de la fruta, sabores astringentes y residuales, y la presencia de sabores rancios o pútridos. En este atributo tuvieron aceptabilidad los 3 tratamientos sin diferencias significativas, aunque se apreció que el tratamiento de la barra al 70% de Asaí tuvo un menor puntaje que los demás tratamientos, que se debe básicamente en esta barra hay una mayor cantidad de asaí y menor cantidad de copoazú, y este fruto fue el elemento que aportó un sabor más fuerte, por ende con mayor percepción, entonces cuando esté se encontró en menor cantidad la barra en general perdió el flavor y por tanto disminuyó su aceptación en el sabor.

La textura siendo el último atributo en la evaluación sensorial, tuvo un puntaje máximo de 3, y se evalúa la suavidad, masticabilidad, adhesividad, pegajosidad, flexible, que no sea tan dura no tan blanda. Los valores obtenidos no presentaron diferencias significativas, el mayor puntaje lo tuvo el asaí al 30%, seguida del 70%, sin embargo son valores muy cercanos y los panelistas manifestaron no encontrar mayor diferencia en la textura. Esto puede deberse al papel que tuvo el hidrocoloide, ya que este se encarga de formar el gel y darle la consistencia adecuada a la barra.

4.4.3.2 Prueba de consumidores

Se aplicó la prueba con 73 funcionarios del Hospital Chapinero, 43 personas de género femenino y 30 personas de género masculino, la edad estuvo comprendida entre 21 a 50 años, con un promedio de 31 años.

Se evaluó mediante una escala hedónica (**Anexo C**), de 1 a 9, siendo 1: me disgusta extremadamente, 5: ni me gusta ni me disgusta y 9: me gusta extremadamente.

A continuación se presentan los resultados de las 3 muestras:

Tabla 4-9. Resultados prueba sensorial para consumidores (panel no entrenado) de las tres (3) barras seleccionadas por su desempeño en la prueba de textura

Tratamiento	Atributos sensoriales				
	Apariencia	Aroma	Color	Sabor	Textura
Barra 30%	6,23 ^{ab}	6,19 ^a	6,64 ^a	5,04 ^b	5,78 ^b
Barra 50%	6,61 ^a	6,60 ^a	6,67 ^a	6,51 ^a	6,71 ^a
Barra 70%	5,82 ^b	6,28 ^a	6,04 ^b	6,06 ^a	6,43 ^a

*Diferencias significativas prueba de Tukey ($\alpha:0,05$). Letras iguales no tienen diferencia estadísticamente significativa.

Los resultados del panel de consumidores (panel no entrenado), resulto diferente al panel entrenado, todos los atributos presentaron diferencias significativas, con excepción del aroma, y se encuentran en rangos de 5 y 6, los cuales equivalen a 5: ni me gusta ni me disgusta y 6: me gusta. Este resultado se esperaba, ya que el producto al consumidor se muestra como un producto nuevo, o desconocido, además las frutas no se conocen, por tanto no se puede hacer comparación del sabor de la fruta con el producto, encontrando cierto rechazo a los productos nuevos, o la neofobia alimentaria, la cual ya ha sido documentada, y se percibe como rechazo a consumir productos o alimentos nuevos (Menezes et al., 2011b). Estos resultados se relacionan con los encontrados por (Vidigal et al., 2011), quienes estudiaron la aceptabilidad de productos con frutas exóticas como camu camu, asaí, cajá y umbu, encontrando que los consumidores encuentran estas frutas con sabor desagradable y que se puede mejorar la aceptabilidad incluyendo la información de salud en los productos, en el caso del asaí, paso de una puntuación de 5,4 a 5,8, comparando con estos resultados, la aceptación de las muestras estudiadas se puede considerar buena. En otro estudio (Sabbe et al., 2009) evaluó la aceptación sensorial de bebidas con asaí, variando la información de “claims” con 13 participantes, encontró una relación negativa frente a la adición de asaí en bebidas, es decir que entre más asaí tienen las bebidas (40% frente a 4%) es menor su aceptación sensorial, lo mismo pasó en el presente estudio con relación a la apariencia y color, sin embargo cuando a los participantes se les informaba sobre sus beneficios nutricionales o para la salud esta aceptación aumentó considerablemente.

Apariencia

De estos porcentajes **tabla 4-10** se puede concluir que la barra con mayor aceptación en apariencia es la barra al 50%, esto puede ser debido a que la barra al 50% tiene una mayor firmeza y uniformidad, lo cual ratifica el análisis de textura, y se puede deber a la goma guar, la cual evidentemente mejora la formación del gel y logra una apariencia sin rugosidades, a diferencia de las otras dos muestras, que presentan algunas interferencias en la superficie.

Tabla 4-10. Apariencia en la prueba de consumidores de las tres (3) barras de asaí con mejor desempeño en las pruebas de textura

	Aceptación	Observaciones de los panelistas
Barra al 30%	69,4%	Opaca, homogénea
Barra al 50%	81,9%	Brillante, homogénea
Barra al 70%	61,1%	–

Aroma

Aunque se esperaba que la barra al 30% tuviera más aceptabilidad en aroma, debido a que el copoazú tiene muchos compuestos volátiles, que son conocidos por brindarle una agradable fragancia, entre los cuales, están en mayor proporción: el butanoato de etilo, acetato de hexanoato, linalol y algunos terpenos (Quijano y Pino, 2007) que pudiera preferir el consumidor, pero esto no se vio reflejado en los resultados, ya que la de mayor aceptabilidad fue la muestra al 50% de asaí. Esto puede deberse a la falta de familiaridad con el fruto, y por tanto se puede preferir una menor percepción del aroma. No obstante, en el análisis estadístico no se observaron diferencias en los tres tratamientos.

Tabla 4-11. Aroma en la prueba de consumidores de las 3 barras de asaí con mejor desempeño en las pruebas de textura

	Aceptación	Observaciones de los panelistas
Barra al 30%	69,4%	Muy acido
Barra al 50%	83,3%	Dulce, olor agradable
Barra al 70%	78,1%	Dulce, olor agradable

Color:

Hay buena aceptabilidad del color **tabla 4-12** en los primero tratamientos y concuerda con el panel entrenado, lo cual puede deberse a que al consumidor le podría gustar un color más claro o más rosado, que un color oscuro, estos mismos resultados, se encontraron en Norteamérica, cuando se evaluaron la aceptabilidad de productos de asaí, (Menezes et al., 2011a), encontraron que los consumidores preferían bebidas con colores rojos, rosados claros, y no gustaban de colores oscuros o marrones, lo cual lo relacionaban con una mayor concentración de asaí. Sin embargo, el mayor puntaje y la mayor aceptación fueron dadas para la muestra del asaí al 50%. Cabe destacar que en los tres tratamientos evaluados, no se observaron grandes porcentajes de rechazo de las muestras (1-5%), lo cual indica una buena aceptación del color de las barras en los consumidores.

Tabla 4-12. Color en la prueba de consumidores de las tres (3) barras de asaí con mejor desempeño en las pruebas de textura

	Aceptación	Observaciones de los panelistas
Barra al 30%	88,9%	Rosado, agradable, atractivo
Barra al 50%	79,2%	Muy oscuro
Barra al 70%	68,1%	Demasiado oscuro, color marrón

Sabor:

Los resultados coinciden con lo visto en el panel entrenado, el cual obtuvo una mayor puntuación de sabor al tratamiento con 50% de asaí. Sin embargo, no se esperaba el resultado de la baja aceptación de la barra al 30%, ya que por lo general el copoazú tiene una buena aceptabilidad en sus productos, y en otros estudios se ha encontrado el copoazú tiene un sabor ácido agradable y apetecido, por lo cual puede mejorar los productos con asaí (Freitas y Mattietto, 2013), empero, en el presente estudio, los consumidores manifestaron que esta muestra tenía un sabor demasiado fuerte y ácido, lo cual no fue agradable a sus sentidos. Por tanto, en cuanto al sabor tiene una mayor aceptabilidad la barra al 50% de asaí.

Aunque el asaí es cada vez más apreciado por su valor nutricional, aún se percibe un sabor amargo causado por los compuestos fenólicos y taninos, estos taninos causan astringencia en la boca, y se percibe por los mecanorreceptores por el mecanismo proteína-tanino. La sensación de astringencia producida por alimentos ricos en polifenoles está bien comprendida. La saliva contiene una cantidad considerable de proteínas que proporcionan lubricidad en la boca (proteínas ricas en prolina y posiblemente también mucinas). Cuando se ingieren los polifenoles, las proteínas salivales reticulares, forman complejos insolubles (tamaño coloidal y posiblemente más grande). La formación de complejos insolubles de proteínas se retira de la solución y disminuye la lubricación salival entre varias superficies orales (lengua, labios, lo que resulta en la sensación táctil de astringencia (Siebert y Chassy, 2004). Por esta razón los componentes que suscitan dulzura, como algunos polisacáridos poliméricos se pueden utilizar para enmascarar la astringencia de los compuestos fenólicos, en este caso la sacarosa y los polisacáridos del copoazú (Vriesmann y de Oliveira Petkowicz, 2009), enmascaran un poco el sabor astringente del asaí.

Tabla 4-13. Sabor en la prueba de consumidores de las tres (3) barras de asaí con mejor desempeño en las pruebas de textura

	Aceptación	Observaciones de los panelistas
Barra al 30%	43,1%	Muy acido, muy fuerte
Barra al 50%	76,4%	Agradable, dulce, sabor suave, frutal
Barra al 70%	56,9%	-

Textura:

La calificación en textura no concuerda con el panel entrenado quien le dio un mayor puntaje a la barra del 30%. Pero si es concordante con la evaluación instrumental de textura, la cual dio un mejor resultado con la goma guar.

Tabla 4-14. Textura sensorial en la prueba de consumidores de las 3 barras de asaí con mejor desempeño en las pruebas de textura

	Aceptación	Observaciones de los panelistas
Barra al 30%	58,3%	Gomosa

Barra al 50%	79,2%	Flexible, masticable, mejor textura
Barra al 70%	75,0%	Flexible, masticable

Preferencia

Frente a la muestra que más gusto entre los 72 participantes, se encontró que el 57% prefirió la muestra de la barra al 50% de asaí, un 28% la barra al 70% y un 11,1% la barra al 30%, además un pequeño porcentaje no le gusto ninguna muestra, lo cual equivale al 4%, es decir, que el 4% de la población rechazó el producto (Figura 4-9), este pequeño porcentaje es relativamente bueno, teniendo en cuenta la neofobia alimentaria, y teniendo en cuenta que tanto el producto como el fruto, es nuevo, y que por lo general, los consumidores son renuentes a probar y consumir alimentos nuevos. La mayoría prefirió la barra al 50%, lo cual concuerda con la evaluación de cada uno de los atributos (aparencia, sabor, textura, aroma y color), en los cuales, la mayor puntuación se observó para este tratamiento y por tanto, se puede concluir que la muestra con mayor aceptación sensorial es la barra al 50% de asaí con goma guar.

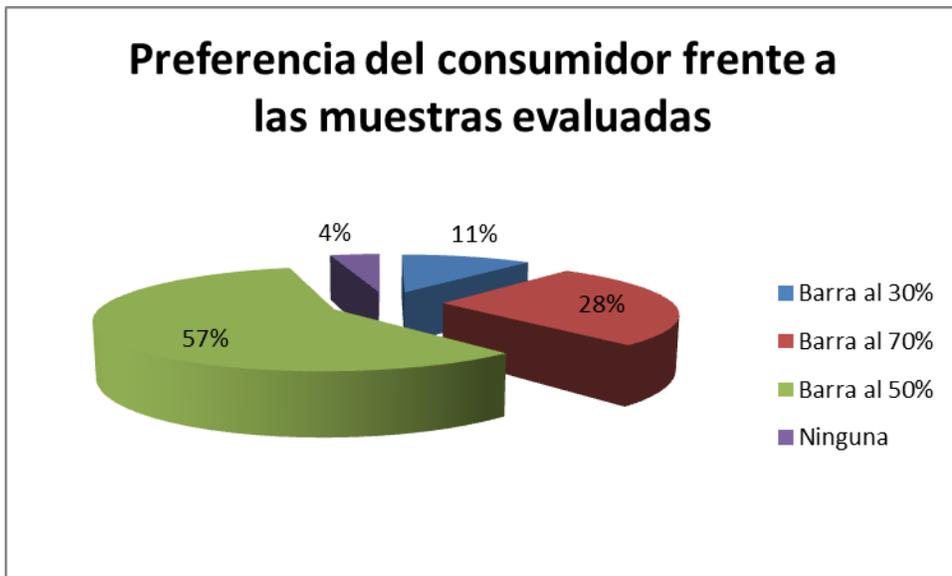


Figura 4-9. Preferencia del consumidor frente a las barras seleccionadas con mejor desempeño en la prueba de textura

4.5 Análisis de capacidad antioxidante y micronutrientes

4.5.1 Compuestos fenólicos

De acuerdo a la **tabla 4-15** se observa diferencias significativas entre la barra del 30%, con respecto a los otros dos tratamientos, además se observa que el contenido de compuestos fenólicos incrementa a medida de que aumenta el contenido de asaí, confirmando que éste fruto le aporta la mayoría de compuestos bioactivos al producto. Realizando comparación con otras barras de fruta se observa que Hernández-Varela, encontró en láminas de mango un contenido de $76,8 \pm 2$ mg GAE/100g, este valor es comparable con las barras seleccionadas pero en menor cantidad (Hernández-Varela et al., 2013), (Salim ur Rehman, 2012), encontró en barras de durazno, un contenido de 220mg GAE/100g encontrando un mayor contenido de estos compuestos, (Yildiz, 2013), encontró en láminas de mulberry *Morus alba* 32mg GAE/100g de barra por lo cual se puede deducir que las barras tienen un contenido adecuado con respecto a otros productos como barras y láminas de fruta.

Tabla 4-15. Compuestos fenólicos en las tres (3) barras de Asaí seleccionadas por su desempeño en la prueba de textura

Tratamiento	mg GAE/100g de barra
Barra de asaí 30% - goma xantana	83 ^b
Barra de asaí 50% - goma guar	116 ^a
Barra de asaí 70% - pectina lenta	124 ^a

*Diferencias significativas prueba de LSD ($\alpha:0,05$)

Se realizó una comparación teórica con respecto a la cantidad de éstos compuestos antes del secado, realizado con un balance de materia con los compuestos bioactivos de las pulpas:

Asaí *E. precatória* (251mg GAE/100g) y Copoazú *T. grandiflorum* (31,9mg GAE/100g)

De acuerdo a la **figura 4-10** se observa también un orden ascendente según la proporción de asaí añadida a la barra, tanto de manera antes del secado como después del secado, también se observa que la barra que presentó mayor pérdida de compuestos fenólicos es la barra de asaí al 70% con un porcentaje del 21,3%, esto pudo deberse a que en esta barra existe mayor cantidad de antocianinas, las cuales son mucho más

inestables que otros compuestos fenólicos, lo cual coincide con estudios de Pacheco-Palencia, sobre la estabilidad de las antocianinas y otros compuestos fenólicos, encontró que ácidos fenólicos, glucósidos de flavona y derivados de flavanoles del asaí no fueron afectados por la exposición térmica a diferencia de las antocianinas, las cuales si tienen una pérdida mayor (Pacheco-Palencia et al., 2009). Sin embargo se puede deducir que los porcentajes de pérdida son relativamente bajos, y que a la temperatura que se realiza el secado, se pueden proteger la mayoría de estos compuestos.

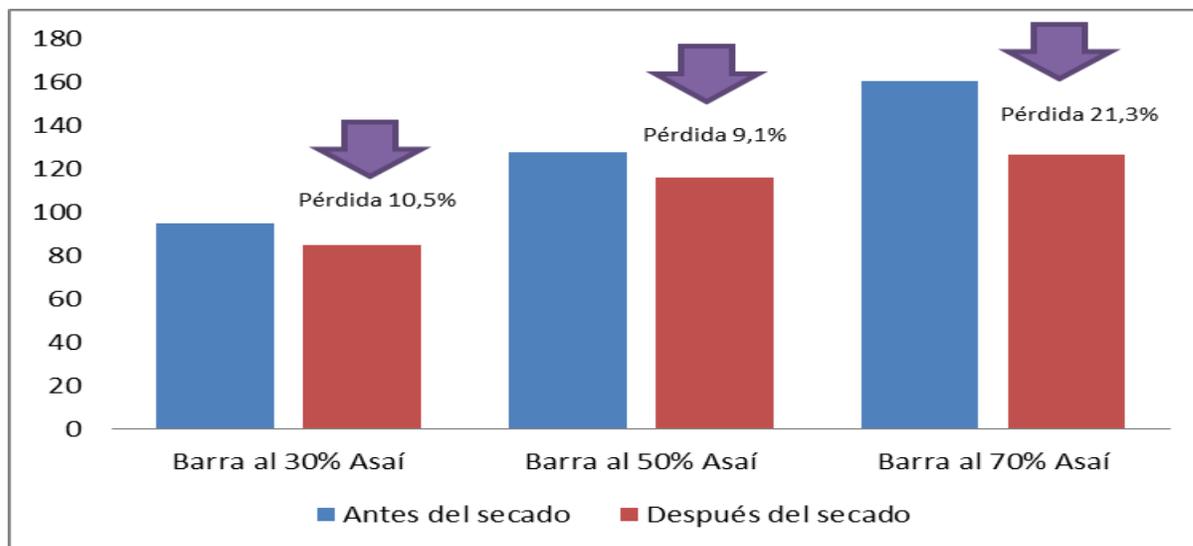


Figura 4-10. Contenido de compuestos fenólicos antes y después del secado de las tres (3) barras de asaí seleccionadas por su mejor desempeño en la prueba de textura

4.5.2 Antocianinas

A continuación se presentan los resultados del contenido de antocianinas de las barras seleccionadas, expresado como mg de cianidin-3-glucosido/100g de barra en base húmeda.

En cuanto al contenido de antocianinas **tabla 4-16** en las barras seleccionadas se encontró diferencias significativas en los tres tratamientos, y que aumenta su cantidad en proporción a la cantidad de asaí en la barra. No se encontraron medición de antocianinas en las barras o láminas de frutos en la literatura, esto puede deberse a que las barras estudiadas o desarrollas no son de frutos con fuente de estos compuestos, y por esta razón no se ha podido comparar su cantidad. No obstante, puede compararse con los resultados de Lee et al, autores que proponen el método realizado, y los resultados se comparan con el valor de vinos rojos el cual obtuvo 20,06mg/100g y 33,67mg/100g de

jugo de frambuesa, y de acuerdo a estos valores se puede concluir que tiene un valor semejante a los valores estudiados como fuente de antocianinas (Lee et al., 2005).

Tabla 4-16. Contenido de antocianinas en las tres (3) barras de Asaí seleccionadas por su desempeño en la prueba de textura

Tratamiento	mg C3G/100g barra
Barra de asaí 30% - goma xantana	16.68 ± 0.11 ^c
Barra de asaí 50% - goma guar	27.85 ± 2.60 ^b
Barra de asaí 70% - pectina lenta	35.02 ± 2.60 ^a

*Diferencias significativas prueba de LSD ($\alpha:0,05$)

Se realizó un análisis con la cantidad de antocianinas de las pulpas en la materia prima, asaí *E. precatória* 113,6mg/100g y copoazú *T. glandiflorum* (no se detectaron antocianinas) y se encontró la siguiente relación:

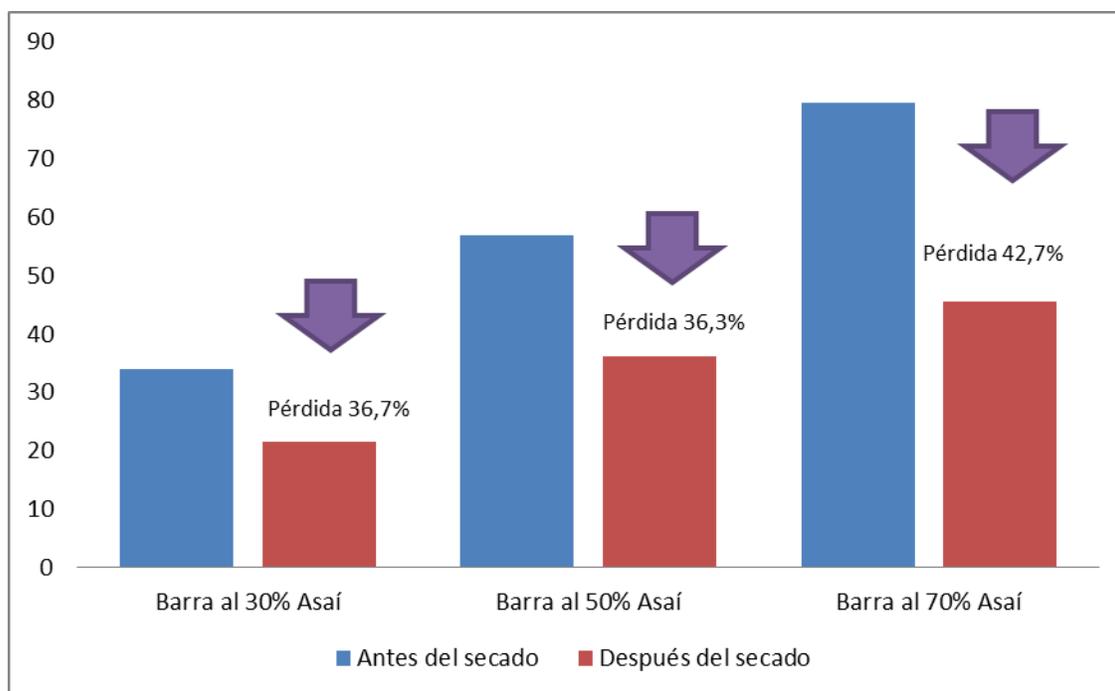


Figura 4-11. Contenido de antocianinas antes y después del secado de las tres (3) barras de asaí seleccionadas por su mejor desempeño en la prueba de textura.

De acuerdo a la gráfica anterior, se aprecia unos porcentajes mucho más altos que en los compuestos fenólicos, las pérdidas en los tres tratamientos están entre 30 y 42,7%, lo

cual corresponde a una pérdida significativa de estos compuestos. La estabilidad de las antocianinas ha sido bastante documentada, y se ha visto afectada por el pH, temperatura, oxígeno y luz. La mayoría de la documentación afirma que las antocianinas se ven muy afectadas por temperaturas mayores a 100°C (Hellström et al., 2013) (Jiménez et al., 2012) (Tonon et al., 2010), sin embargo, no se ha estudiado la estabilidad a bajas temperaturas por tiempos prolongados, como lo es en el caso del presente estudio (60°C a 12h), Kirca estudio el efecto de la temperatura, °Brix y pH en jugos a temperaturas de 70, 80 y 90°C, encontrando pérdidas del 40-50% durante 8 horas, lo cual se puede corroborar en la presente investigación (Kirca et al., 2007). Sui, estudió el efecto de la temperatura y pH en las antocianinas C3G y C3R, encontrando una mayor estabilidad en la C3R y también encontró que la temperatura tuvo un efecto mayor que el efecto del pH (Sui et al., 2014), de lo cual se puede explicar las pérdidas importantes de esta antocianina (C3G) en el secado de las barras, ya que el asaí *E. precatória* tiene en su gran mayoría la antocianina Cianidin-3-glucosido (C3G), los autores refieren que la estabilidad mayor en el C3R a la glucosilación adicional de esta antocianina, en general los derivados de glucosidos son más estables que los monoglucosidos, debido al efecto protector de los azúcares limitados a través de la inhibición de formación de compuestos intermedios inestables que se degradan más como los aldehídos.

Varios estudios han evaluado la mejoría del color y la estabilidad de antocianinas presentes en los vinos, zumos y frutas debidas a la interacción de estos cofactores fenólicos. (Pacheco-Palencia y Talcott, 2010) investigaron la influencia de cofactores polifenólicos en la estabilidad fitoquímica y el color de las antocianinas en el asaí cuyos resultados indicaron que flavona-C-glicósido es un potenciador del color y agente estabilizante y que los mejores cofactores se derivan de flavonoides que contienen muchos grupos hidroxilo este fenómeno se conoce como copigmentación; lo cual puede explicar la menor pérdida en la barra al 30 y 50% ya que en estas contienen una mayor cantidad del fruto de copoazú, siendo este fruto el que contiene otros compuestos fenólicos que realizarían la copigmentación y de esta manera no se presentaría tanta pérdida durante el secado.

4.5.3 Capacidad Antioxidante

De acuerdo con la **tabla 4-17** se obtuvo diferencia significativa del tratamiento con asaí al 70% siendo mayor que los otros dos tratamientos, es decir que con 14,94g de barra de asaí, se inhibiría el 50% del radical DPPH. En los estudios de barras de referencia, no se investigó la capacidad antioxidante por este método, por tanto se comparó con los resultados de (Gramza-Michałowska and Człapka-Matyasik, 2011), los cuales identificaron la EC50 por DPPH y ABTS de varios chips de frutas, en especial de mezclas de muchas berries, y encontraron una mayor capacidad antioxidante de la Aronia berrie (10,04g), seguido de frambuesa (11,23g) y la mezcla de naranja-manzana (12,67g), de lo cual se puede decir que se encontraron resultados semejantes pero con menor capacidad antioxidante. De la misma manera (Mishra et al., 2012) evaluaron la capacidad antioxidante por este método, encontrando que la mayor capacidad está dada por el ácido gálico (4,2g), y entre los antioxidantes encontrados, se evaluó el BHT (18,9g) y el otocoferol (12,7g) y según estos resultados las barras de asaí-copoazú se asemejan en su capacidad antioxidante al otocoferol y al BHT, lo cual significa que tiene una actividad relativamente alta.

Tabla 4-17. Capacidad antioxidante DPPH de las tres (3) barras de Asaí seleccionadas en la prueba de textura

Tratamiento	EC50 g/L
Barra de asaí 30% - goma xantana	19,63 ^a
Barra de asaí 50% - goma guar	18,74 ^a
Barra de asaí 70% - pectina lenta	14,94 ^b

*Diferencias significativas prueba de LSD ($\alpha:0,05$)

ABTS: de manera similar se midió la misma concentración efectiva media para el radical ABTS, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4-18. Capacidad antioxidante ABTS de las 3 barras de Asaí seleccionadas en la prueba de textura

Tratamiento	EC50 g/L
Barra de asaí 30% - goma xantana	19.33 ^a
Barra de asaí 50% - goma guar	17.00 ^a

Barra de asaí 70% - pectina lenta	16.71 ^b
-----------------------------------	--------------------

*Diferencias significativas prueba de LSD ($\alpha:0,05$)

Con respecto a los dos métodos evaluados no se encontraron diferencias significativas entre los dos, además se puede ver que existe diferencia significativa del tratamiento con asaí al 70%, el cual tiene una mayor capacidad antioxidante que los otros dos, con 16,71g de barra inhibe el 50% del radical ABTS. De la misma manera se evaluó con los resultados de (Gramza-Michałowska and Człapka-Matyasik, 2011), encontrando una mayor capacidad antioxidante con la Aronia Berrie (20,11g), seguido de la grosella negra (38,92g) y de frambuesa (46,28g), con este radical si se observan que la capacidad antioxidante de las barras asaí-copoazú es mucho mayor que los chips evaluados por Gramza, y se puede deducir que tiene una buena capacidad de inhibir este radical.

4.5.4 Micronutrientes

Los micronutrientes evaluados para los tratamientos seleccionados fueron: vitamina A, vitamina C, hierro y calcio.

4.5.2.1 Hierro:

Según la tabla **4-19** se observa que el contenido de hierro aumentó a medida que aumentó el contenido de asaí en la muestra, siendo mayor en la barra del 70% de asaí, si se compara con la cantidad reportada para el control, el cual es una barra comercial de asaí-banano Bio2®, el cual reporta 0,6mg/100g de barra, se observa que los tratamientos se encuentran en mediciones comparables, y que las barras del 50 y 70% aportan una mayor cantidad de este mineral. Además estas barras (50 y 70%) por porción aportarían el 2% del valor diario de referencia, lo cual lo hace representativo, siendo éste un alimento tipo snack, aunque se debe tener en cuenta que hierro de alimentos de origen vegetal, hierro no hem, por lo general tiene una biodisponibilidad menor que los de origen animal y que depende de la cantidad, combinación con otros alimentos, del estado nutricional, entre otros factores (Gatian et al., 2006).

(Salim ur Rehman, 2012), encontró en barras de durazno 5mg/100g, lo cual es un valor muy alto, en comparación con la presente investigación, pero se debe tener en cuenta que el autor, adiciono, leche en polvo, maní, y harina de trigo fortificada, lo cual genera el aumento de hierro en la barra.

Tabla 4-19. Contenido de hierro de las 3 barras de Asaí seleccionadas en la prueba de textura

Tratamiento	mg/100g barra B. Húmeda
Barra de asaí 30% - goma xantana	0,28 ^a
Barra de asaí 50% - goma guar	0,78 ^b
Barra de asaí 70% - pectina lenta	1,31 ^c

*Diferencias significativas prueba de LSD (α :0,05)

4.5.2.2 Calcio:

Según la **tabla 4-20** se observa que el contenido de calcio aumenta a medida que aumenta el contenido de asaí en la muestra, siendo mayor en la barra del 70% de asaí, haciendo comparación con el control, el cual es una barra comercial de asaí-banano Bio2®, el cual reporta 0% de calcio, se observa que el asaí *E. precatória* puede proporcionar más calcio que el asaí *E. oleracea*, del cual está hecho el control. Sin embargo no puede considerarse fuente de este mineral, ya que por porción alcanzaría 16mg, lo cual equivale al 0,05% del valor diario de referencia, para la población colombiana. En los estudios encontrados sobre barras de fruta, (Vidhya and Narain, 2011), encontró en barras de manzana del bosque 18,1mg/100g, este resultado es semejante a la barra de asaí al 50%.

Tabla 4-20. Contenido de calcio de las tres (3) barras de Asaí seleccionadas en la prueba de textura

Tratamiento	mg/100g barra B. Húmeda
Barra de asaí 30% - goma xantana	5,81 ^a
Barra de asaí 50% - goma guar	19,43 ^b
Barra de asaí 70% - pectina lenta	40,34 ^c

*Diferencias significativas prueba de LSD (α :0,05)

4.5.2.3 Vitamina A:

Para el caso de la barra de asaí-copoazú, la vitamina A, es realmente un precursor de la misma, dado principalmente por los carotenos presentes en el asaí. Coincidiendo con los demás micronutrientes, el contenido de provitamina A aumenta a medida de que aumenta la proporción de Asaí en las barras **tabla 4-21**, siendo la más alta en la barra de asaí al 70% con 42,59 ER/100g de barra, y para una porción de 25g se cuenta con 10,65 ER, lo cual equivale al 2% del valor de referencia (650 ER), y haciendo la comparación

con el control, la barra de asaí-banano, o Bio2®, el cual reporta 0% de vitamina A, se observa que el asaí *E. precatória* puede proporcionar más Vitamina A que el asaí *E. oleracea*, del cual está hecho el control. Aun así, no se puede considerar fuente de esta vitamina, ya que sólo alcanza el 2% del valor diario de referencia. No se encuentran muchos resultados de vitamina A en los diferentes estudios de barras de frutas, (Kaushal et al., 2013) encontró para las barras de bayas marítimas una proporción de 70-80mg de carotenoides, pero no se especifica qué tipo de carotenoides, para realizar la comparación con la vitamina A.

Tabla 4-21. Contenido de provitamina A de las tres (3) barras de Asaí seleccionadas en la prueba de textura

Tratamiento	UI/100g barra B. Humeda	ER/100g B. humeda
Barra de asaí 30% - goma xantana	ND	ND
Barra de asaí 50% - goma guar	70,71 ^a	21,23 ^a
Barra de asaí 70% - pectina lenta	141,85 ^b	42,59 ^b

*Diferencias significativas prueba de LSD ($\alpha:0,05$)

4.5.2.4 Vitamina C:

Para la vitamina C, no se encontraron valores detectables en ninguno de los tratamientos, esto se debe a que la vitamina C es muy susceptible a tratamientos con calor, al ser una vitamina hidrosoluble, además de procesos de oxidación, también se debe tener en cuenta que el contenido de Vitamina C en la pulpa, es muy bajo (0,048mg/100g) y no se puede esperar que con el tratamiento con calor se pueda preservar este valor.

Selección para realizar el estudio clínico

Como propuesta final de formulación de la barra de asaí-copoazú, se escogió la barra al 70% de asaí con pectina lenta, esto teniendo en cuenta su mayor aporte de fibra, grasa, micronutrientes y compuestos bioactivos. Además en la calidad microbiológica, no se observó diferencias con respecto a las demás formulaciones y en la parte sensorial, aunque no fue la mejor, tuvo un porcentaje aceptable de textura, aroma, color y sabor.

4.6 Estudio de intervención para evaluar el potencial funcional y antioxidante de la barra de Asaí-copoazú en voluntarios sanos

Resultados

En la tabla 4-22 se muestran las edades y sexo de cada individuo, se observa una edad promedio de 43,3 años y sexo en proporción igualitaria, 4 hombres, 4 mujeres.

Tabla 4-22. Edad y sexo participantes estudio clínico con consumo de barra de asaí

	Edad	Sexo
1	48	M
2	53	F
3	53	M
4	55	F
5	48	F
6	27	F
7	26	M
8	36	M
Promedio edad	43,3	

En cuanto a las medidas antropométricas evaluadas en los dos tiempos, se les aplico una prueba de normalidad de Shapiro Wilk, y tuvieron un comportamiento normal; Peso: $p=0,696$; Talla: $p=0,6873$; IMC: $p=0,4862$, Circunferencia Cintura $p=0,7695$; Circunferencia de cadera $p=0,5726$. A continuación se aplicó la prueba t paramétrica, la cual mostro que no hubo diferencias significativas en ninguna de las medidas realizadas.

Tabla 4-23. Medidas antropométricas de los sujetos evaluados

Indicador Antropométrico	Antes del consumo de barra	Después del consumo de la barra	P	Tcal

Peso	72,45 ± 17,03	72,43 ± 17,06	0,9492	0,08
Talla	1,66 ± 0,10	1,66 ± 0,10	NA	NA
IMC	25,95 ± 4,50	25,95 ± 4,52	0,9828	0,02
Circunferencia de cintura	89,75 ± 13,24	90,02 ± 13,13	0,7318	-0,36
Circunferencia de Cadera	98,62 ± 6,98	97,93 ± 7,57	0,9028	-0,12

Los resultados están expresados como la media ± DS

También se realizó prueba de normalidad para los análisis bioquímicos, los cuales arrojaron como resultado un comportamiento normal: Glicemia $p=0,9373$; Insulina $p=0,2268$, Colesterol total $p=0,2608$, Colesterol HDL $p=0,1023$, Colesterol LDL $p=0,8780$, Colesterol VLDL $p=0,3407$, TGC $p=0,3773$, Ácido úrico $p=0,6074$, Creatinina $p=0,3739$. Posteriormente se realizaron las pruebas paramétricas, encontrando los siguientes resultados:

Tabla 4-24. Medidas bioquímicas antes y después del consumo de la barra de asaí

	Antes del consumo de la barra	Después de 13 días del consumo de la barra	P	Tcal
Glicemia	83,12 ± 10,53	91,75 ± 9,67	0,0219	-2,93
Triglicéridos	123,4 ± 59,86	132,6 ± 42,21	0,4261	-0,84
Colesterol total	188,75 ± 43,24	195,63 ± 52,29	0,6101	-0,53
Colesterol HDL	53,01 ± 20,22	54,87 ± 16,34	0,6032	-0,54
Colesterol LDL	107,5 ± 31,57	104,25 ± 46,70	0,8242	0,23
Colesterol VLDL	24,75 ± 12,11	26,75 ± 8,73	0,3876	-0,92
Ácido Úrico	4,62 ± 1,49	5,05 ± 1,38	0,0052	-3,99
Creatinina	0,6 ± 0,2	0,57 ± 0,26	0,8357	0,22

Los resultados están expresados como la media ± DS

Según la tabla anterior, se puede observar que todos los datos se encuentran dentro de los rangos clínicos normales, aunque el colesterol HDL aumentó y el LDL disminuyó después de la toma, estos cambios no tuvieron significancia estadística. Sin embargo se observaron cambios en la glicemia, esto se puede deber al azúcar añadido a la barra, sumado a los azúcares naturales del asaí y del copoazú, se debe hacer un ajuste o

precaución de consumo para pacientes diabéticos, aun así los datos se encuentran dentro de los parámetros para una persona sana.

De la misma manera, se observó un cambio significativo en el ácido úrico aumentando de 4,6 a 5,05. Varios autores argumentan que en ciertas condiciones el ácido úrico posee una fuerte actividad antioxidante, disminuyendo la oxidación de xantina y la formación de anión superóxido y de peróxido de hidrogeno. Otras teorías plantean que el ácido úrico, estabiliza al ácido ascórbico, de hecho se ha propuesto que el ácido úrico, podría ser una adaptación evolutiva a nuestra incapacidad de sintetizar ácido ascórbico, permitiendo la actividad del ascorbato en la vasculatura. Esta actividad antioxidante depende de la temporalidad (corta es buena, larga se convierte en prooxidante), de la solubilidad del medio (hidrosoluble es antioxidante), entre otras (Alcalino et al., 2011). Por tanto, si estas teorías resultaran ciertas, se puede considerar un efecto antioxidante en plasma, sin embargo, se recomienda estudiar con mayor profundidad este efecto.

Además según los resultados del recordatorio de 24h se puede comprobar que los sujetos en estudio no cambiaron su patrón de consumo, ningún atributo tuvo cambio a nivel estadístico, con excepción de las proteínas, que tuvo un ligero aumento, empero, este nutriente no afecta los resultados de los niveles oxidativos. Por otra parte, se controló adecuadamente el consumo de alimentos que pudiesen alterar los resultados, como el vino, chocolates oscuros y frutos rojos.

Tabla 4-25. Resultados del recordatorio de 24h en los sujetos evaluados

	Antes del consumo de la barra	Después de 13 días del consumo de la barra	P	Tcal
Calorías	2181,7 ± 513,4	2208,1 ± 611,3	0,8309	-0,22
Proteína	92,9 ± 24,7	106,9 ± 26,9	0,0479	-2,39
Proteína animal	64,9 ± 9,8	74,5 ± 13,55	0,0790	-2,05
Proteína vegetal	27,9 ± 19,5	32,3 ± 19,9	0,3966	-0,90
Grasa	76,7 ± 31,3	81,6 ± 22,7	0,4544	0,79
Grasa animal	45,0 ± 16,9	39,6 ± 13,5	0,4744	0,76
Grasa vegetal	31,6 ± 18,3	42,1 ± 24,3	0,1776	-1,50
Carbohidratos	325,6 ± 104,3	309,1 ± 169,1	0,5753	0,59

Fibra	21,3 ± 16,6	25,5 ± 21,34	0,5266	-0,67
--------------	-------------	--------------	--------	-------

Los resultados están expresados como la media ± DS

El 8-isoprostano es una prostaglandina, perteneciente a la clase isoprostano F2 que se produce en vivo por la peroxidación catalizada por radicales libres de ácido araquidónico (Kromer et al., 1998, Devalaraja et al., 2011). Las cantidades de 8-isoprostano en el plasma son consideradas como uno de los mejores índices de peroxidación lipídica y estrés oxidativo corrientemente evaluable, 8-OHdG. Las fuentes de radicales libres que pueden contribuir a la formación de isoprostano incluyen la cadena de transporte de electrones en la mitocondria, oxidasas, óxido nítrico sintetasa y reacciones de transición de metales catalizados por iones (Liu et al., 2010). Los isoprostanos son bioactivos y están presentes en lesiones ateroscleróticas y se forman cada vez más en personas con enfermedad coronaria independiente de otros factores de riesgo, además los F2 isoprostanos son considerados uno de los más importantes marcadores de estrés oxidativo, y de estos el 8isoprostano ha sido el más estudiado, y los niveles incrementados se han relacionado con asma, enfermedad cardiovascular, hipertensión, entre otras (Benozzi y Coniglio, 2010) (Obregón et al., 2011, Barocas et al., 2011).

Para la medición de 8-isoprostano, también se le aplicó una prueba de normalidad $p=0,4065$ y se realizó una prueba pareada con el antes y después del consumo de la barra de Asaí, encontrando una diferencia significativa en cuanto a su reducción.

Tabla 4-26. Indicadores de estrés oxidativo medidos antes y después del consumo de la barra

	Antes del consumo de la barra	Después de 13 días del consumo de la barra	P	Tcal	Cambio
8-isoprostano (pg/mL)	223,19 ± 117,55	118,83 ± 32,77	0,0191	3,03	47% ↓
Óxido Nítrico (mM)	6,84 ± 0,56	7,25 ± 0,64	0,0022	-4,70	5,4% ↑
SOD (U/mL)	0,0789 ± 0,0338	0,0743 ± 0,0307	0,335	1,04	5,8% ↓
IL6 (pg/mL)	7,49 ± 0,80	7,37 ± 0,89	0,7244	0,37	1,6% ↓

La anterior tabla muestra una evidente reducción del nivel de estrés oxidativo, lo cual se puede comparar con otros resultados, medido por el indicador 8-isoprostano, (Evans et al., 2014), realizaron un estudio controlado con un extracto de uvas con alto poder antioxidante y midieron el 8-isoprostano antes y después de 27 días de consumo diario de 350mg del extracto, y no encontraron diferencia significativa en el antes y después (reducción 9,2%) en el grupo de estudio, en el grupo control (el cual consistía en 12 personas a las cuales se les brindó capsulas del mismo color y forma sin el extracto) este indicador aumento y al realizar comparación entre grupos si hubo diferencia significativa. (Alvarez-Suarez et al., 2014), evaluaron el consumo de 500g de frambuesa durante 1 mes de estudio en 23 sujetos, encontrando una reducción del 28% en los niveles de isoprostanos con diferencia significativa estadística en cuanto a los estudios con asaí *E. oleracea* en humanos se encontró una diferencia significativa en la reducción de niveles séricos de colesterol y glucosa en 10 sujetos con sobrepeso después del consumo diario de 100g de pulpa (Udani et al., 2011a), y por último en cuanto el Asaí *E. precatória* se evaluó el consumo de una bebida en 10 sujetos sanos durante 1 semana, encontrando una reducción del 11% en el nivel de isoprostano (Castillo, 2014), por tanto se puede deducir que la barra de asaí efectivamente tiene un nivel alto de reducción de estrés oxidativo medido por el biomarcador 8-isoprostano, ya que en el presente estudio se alcanzó una reducción del 47%.

Por lo que se refiere a la enzima SOD, aunque hubo una disminución, esta no representó diferencia significativa entre el antes y después del consumo, esto puede deberse a que puede representar un equilibrio entre oxidante y antioxidante, es decir, después del consumo de la barra el nivel de oxidantes disminuye y por tanto, el nivel de antioxidantes también, intentando un equilibrio, sin embargo esta disminución no fue significativa para el presente estudio. No obstante, estudios realizados con el Asaí *E. oleracea*, si encontraron diferencias significativas en la reducción de estas enzimas, la diferencia entre el presente estudio y los que presentaron estas diferencias radica principalmente, en el tiempo de consumo (mayor a 45 días) y además que los estudios fueron realizado en animales (de Moura et al., 2012) o *in vitro* con tejidos cerebrales de ratones (Spada et al., 2009).

De la misma manera hubo una reducción de la interleucina 6 (IL6), pero esta tampoco fue significativa estadísticamente, la IL6 es una interleucina proinflamatoria y es un biomarcador tanto de inflamación como de respuesta inmune, de los estudios realizados

con el Asaí *E. oleracea*, se encontró una reducción de producción de esta interleucina, que se alude al compuesto Velutin (Xie et al., 2012), un flavonoide presente en el fruto, y se demostró una reducción significativa *in vitro* en células macrófagos de ratones, el mismo autor midió la actividad *in vivo* pero con la pulpa del Asaí, encontrando el mismo resultado una disminución de las interleucinas IL6 y TNF. El autor sugiere que el poder ateroprotector de la pulpa de Asaí se debe a la inhibición de las citoquinas inflamatorias en conjunto con los antioxidantes presentes en el fruto (Xie et al., 2011).

Óxido nítrico y función endotelial

El óxido nítrico es un gas de vida media ultracorta (seis milisegundos) que se produce en el endotelio; es el principal responsable de mantener un estado de vasodilatación regulado. El óxido nítrico se forma a partir del grupo guanidilo que se encuentra en la L-arginina en el endotelio vascular, por medio de un grupo de enzimas óxido-nítrico-sintetasa, de las que a la fecha se han encontrado tres tipos: constitucional (eNOS), neuronal (nNOS) que es dependiente del calcio, e inducible (iNOS) que es independiente del calcio y estimulada, principalmente, por el factor de necrosis tumoral (FNT) y diferentes interleucinas. Después que se forma el óxido nítrico, se difunde a través del endotelio y principalmente se une al grupo Hemo de la guanilato ciclasa, favoreciendo la conversión de guanosintrifosfato (GTP) a guanosinmonofosfato cíclico (GMPc) que finalmente favorece la relajación vascular. La síntesis de óxido nítrico depende de la familia de las NOS cuyos cofactores de función son, principalmente, enzimas como tetrahidrobiopterina (BH4), nicotinaminoducleótido reducido (NADH), flavinadenindinucleótido (FAD), además de la participación del grupo Hem y la calmodulina. En la síntesis de óxido nítrico influyen otros factores. La ingestión importante de grasas saturadas en los alimentos disminuye la síntesis de óxido nítrico. Las concentraciones elevadas de colesterol pero, sobre todo, la mayor coexistencia en las LDL oxidadas, alteran de forma importante el metabolismo del óxido nítrico. El óxido nítrico previene la agregación plaquetaria, la proliferación de la célula muscular lisa y la adhesión de los leucocitos al endotelio y de esta manera previene la hipertensión y enfermedad cardiovascular. En el estudio se observó que después de 13 días de consumo de la barra de asaí hubo un cambio significativo de óxido nítrico, aumentando su producción, y por ende, podría mejorar la función endotelial. Estos resultados se evidenciaron en estudios con ratas en el 2008, Rocha mostró que el efecto vasodilatador del extracto de Asaí (*E. oleracea*) es dependiente de la activación de la vía NO-GMPc y

también puede implicar liberación derivada del factor hiperpolarizante del endotelio, estos autores sugirieron utilizar el extracto de Asaí como planta medicinal para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, después (Da Costa et al., 2012), midieron el efecto antihipertensivo después de 45 días con ratas, encontrando una disminución de la presión sistólica, SOD y otros biomarcadores, el autor confirmó la teoría de que en combinación con EDHF, la liberación del óxido nítrico por el endotelio inducido por el extracto de Asaí, así como sus antioxidantes pueden contribuir a la mejora endotelial mediante el aumento de la biodisponibilidad del óxido nítrico.

Para el análisis estadístico de la presión sistólica y diastólica, se le realizaron pruebas de normalidad encontrando datos normales ($p=0,28$ y $p=0,32$), después se aplicó la prueba pareada para medir diferencias significativas. Los resultados indican que a pesar de haber una reducción, esto no fue diferente significativo estadísticamente, no obstante estos resultados coinciden con autores que encontraron que no hay diferencias significativas en cambios en la presión (Udani et al., 2011b).

Tabla 4-27. Medidas de presión en sujetos evaluados antes y después del consumo de la barra

	Antes del consumo de la barra	Después de 13 días del consumo de la barra	P	Tcal
Presión sistólica	115,0 ± 13,09	113,8 ± 9,2	0,7627	0,31
Presión diastólica	76,2 ± 9,2	73,8 ± 10,6	0,3506	1,00

Clasificación de LDL

Las lipoproteínas de baja densidad, son una población de heterogénea de partículas, que varían en tamaño, densidad, composición y metabolismo. El tamaño de la molécula y el contenido de colesterol libre decrecen, mientras que la densidad y cantidad de proteína incrementa. Las LDL han sido clasificadas en diferentes subfracciones que van de las partículas grandes ricas en ésteres de colesterol (LDL I) caracteriza a el patrón normolipémico o patrón A, hasta partículas pequeñas densas, pobres en ésteres de colesterol (LDL IV) que corresponde al patrón B.

Las LDL son hidrolizadas en la superficie arterial, a partículas más pequeñas y densa, que son más aterogénicas, debido a que penetran más fácilmente la intima, donde ocurre la modificación química de estas moléculas que son más susceptibles a la oxidación por radicales libres, por presentar una baja cantidad de antioxidante y un alto contenido de ácidos grasos polinsaturados. La modificación oxidativa de las LDL, conlleva a un incremento en la toma de estas partículas modificadas, por los macrófagos, y a la formación de células espumosas (Witztum et al., 1991; Esterbauer et al., 1992).

Se pudo evidenciar de la separación de lipoproteínas por electroforesis en gel de poliacrilamida, que las lipoproteínas de los sujetos de estudios presentaron el patrón característico normolipémico, caracterizado por partículas de lipoproteínas de baja densidad de tamaño grande (patrón A) y ausencia de lipoproteínas pequeñas y densas (Patrón B). Asimismo, este patrón no fue modificado en la segunda toma de muestra sanguínea, y el tamaño de las lipoproteínas no se ven modificados antes y después, por lo que se puede inferir que no hubo una modificación de las moléculas de lipoproteínas en el tiempo. Correlacionando estos resultados con los valores de colesterol y triglicérido observado en cada toma de muestra, se puede establecer que no hubo modificación en el patrón lipídico (número de partículas, tamaño y composición), durante el tiempo evaluado, esto es importante ya que la disminución de los valores de 8-isoprostano observada, al efecto protector de la peroxidación lipídica del asaí y no a una disminución de partículas de lipoproteínas o modificación de la estructura molecular de las mismas.

Consideraciones frente a la inclusión del alimento desarrollado en la dieta

Después de lo que se pudo observar en los resultados presentados, se confirma que la inclusión de frutas y verduras en la dieta, para un adulto sano puede modificar sus indicadores de estrés oxidativo, que se han asociado a diversas enfermedades como las crónicas no transmisibles. Incrementar el consumo de frutas y verduras a 600g por día, podría reducir el riesgo de enfermedades isquémicas, cáncer de estómago, hígado y colorrectal (Lock et al., 2005). De la misma manera, estudios indican que la inclusión de alimentos fuentes de compuestos bioactivos, como los polifenoles, flavonoides y antocianinas, puede contrarrestar el daño oxidativo y de esta manera prevenir las enfermedades mencionadas (Kruger et al., 2014), (Wotton-Beard y Ryan, 2011), (Sun-Waterhouse, 2010). Aunque el asaí tenga bondades en cuanto al alto contenido de compuestos bioactivos, tiene un bajo consumo en Colombia, que se debe principalmente al desconocimiento de su existencia y a su carácter perecedero, por estas razones en la

región amazónica (origen), no se consume fresco, siendo esta la principal razón para el desarrollo de este producto y como inclusión en una dieta para la población. Las barras de fruta aumentan la vida útil de la fruta y concentran sus propiedades organolépticas y nutricionales, por tanto, para una dieta normal, se puede considerar incluirla entre comidas como un snack.

A continuación se presenta un ejemplo de la inclusión de la barra en un refrigerio o tiempo de comida en la media tarde, compuesta por: yogurt, galletas y uvas *Vitis vinifera*, y un cambio de las uvas por la barra de fruta, presentando el análisis químico del menú propuesto (Tabla 4-28). Se puede destacar el mayor aporte de fibra y grasa (insaturada) del menú con la barra, lo cual es un aporte benéfico, como se observó en el estudio de intervención realizado, de la misma manera la mayoría de nutrientes se encuentran en mayor proporción como: proteína, carbohidrato, calcio, hierro y vitamina A, sin embargo se debe dar precaución, ya que los micronutrientes calcio, hierro, y proteína de origen vegetal tienen baja biodisponibilidad. En cuanto a los polifenoles, en el menú con uvas, se encuentra una mayor cantidad, debida principalmente a que las uvas por lo general son fuente de este compuesto y que en la barra, aunque hay una cantidad apreciable el efecto térmico disminuye su cantidad. Con respecto a la capacidad antioxidante medida por ORAC, se encontró una mayor cantidad en la barra de asaí-copoazú, que con las uvas, lo cual se debe a que el asaí posee un fuerte potencial como antioxidante, que es debido no sólo a los polifenoles, sino también a la vitamina A, vitamina E, entre otros factores que pueden aumentar esta capacidad.

Tabla 4-28. Comparación de un menú propuesto con o sin la barra de asaí-copoazú

	Yogurt + galletas + uvas (5 o 6 uvas - 40g)	Yogurt + galletas + barra de asaí-copoazú (1 porción)
Calorías (kcal)	216	260
Proteína (g)	5,8	6,4
Grasa (g)	6,2	8,0
Carbohidratos (g)	36	38,8
Fibra (g)	0,3	2,6
Calcio (mg)	172	182
Hierro (mg)	1,0	1,3
Vitamina A (ER)	0	10,6

Polifenoles (mg GAE)	45*	38
ORAC ($\mu\text{mol ET}$)	379*	511**

Análisis del menú realizado con la tabla de composición de alimentos colombianos, ICBF-2005

*Fuente: Base de datos Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos (INTA)

**Fuente: Medición con balance de materia tomado de (Kang et al., 2012)

Por tanto, se podría enfatizar su consumo en adultos sanos, que pretendan tener una alimentación con inclusión de alimentos fuentes de compuestos bioactivos, teniendo en cuenta que es un alimento fácil de llevar, que le aportaría carbohidratos, fibra y en especial antioxidantes. Por otra parte, el consumo de la barra, resulta conveniente en niños, debido a su aporte de energía y fibra, además su textura flexible resulta divertida y fácil de llevar (Vatthanakul et al., 2010), para su consumo en la alimentación escolar. No sería recomendable, en personas con problemas de exceso de peso y diabetes.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Debido a que este fue un estudio exploratorio para determinar la aptitud tecnológica del asaí para el desarrollo de barras alimentarias, las conclusiones que se reportan son numerosas y dan cuenta de algunos aspectos sobresalientes del estudio.

1. El fruto Asaí *Euterpe precatoria*, es un fruto oleaginoso, con alto contenido de humedad y bajo contenido de sólidos solubles, por tanto es necesario agregar otros componentes para la formación de gel requerida en la barra de fruta. Las condiciones del proceso para la obtención de la barra fueron: adición de hidrocoloide, fruta con mayor contenido de sólidos solubles (Copoazú) y temperatura de secado: 60°C, durante 10-12h.
2. Las barras no tuvieron diferencia significativa en los carbohidratos analizados, mientras que la barra con mayor contenido de proteínas fue la barra al 30% con goma xantana, de la misma manera la barra al 70% tuvo mayor contenido de grasa, fibra y valor calórico, estos valores se esperaban, teniendo en cuenta, que el asaí tiene un mayor contenido de ácidos grasos y fibra. Se destaca que el porcentaje de ácidos grasos insaturados son mayores al 70%, esto le da un plus al valor nutricional a la barra, y se puede usar los claims apropiados para valorizar este aporte.
3. La ausencia de microorganismos en la mayoría de los parámetros evaluados y cumplimiento de parámetros de calidad microbiológica, muestra que el producto fue elaborado bajo condiciones adecuadas de higiene y que puede ser un producto apto para el consumo humano. Además, se debe tener en cuenta las condiciones de empaque y almacenamiento para prolongar su vida útil. El mejor tratamiento fue el empaque al vacío y a temperatura de refrigeración.
4. La evaluación del panel entrenado no mostro diferencias significativas en los parámetros sensoriales evaluados. Mientras que el panel no entrenado (prueba de consumidores), resulto en diferencias significativas de todos los parámetros a excepción del aroma, y evaluaron con mayor puntaje a la barra al 50% de asaí con goma guar, manifestando que la barra al 30% tiene un sabor demasiado ácido y la barra al 70% no tuvo una apariencia agradable. Las barras tuvieron aceptación del 60-80% de los consumidores con preferencia de la barra al 50% de asaí con goma guar.

5. El contenido de micronutrientes y compuestos bioactivos aumentaron en proporción directa al contenido de asaí en la barra, asumiendo que el copoazú no aporta mayor cantidad de los mismos. La capacidad antioxidante fue mayor en la barra de asaí al 70% con pectina lenta, medida por EC50 DPPH y ABTS, que se puede deducir a la mayor cantidad de compuestos bioactivos en este tratamiento. Y en comparación con otros autores esta barra tiene una mayor capacidad antioxidante que otros snacks de berries.
6. El estudio piloto con 8 sujetos sanos, demostró cambios en cuanto a los indicadores de estrés oxidativo en sangre (8-isoprostano) hubo una reducción del 47% después de 13 días de consumo, confirmando el alto poder antioxidante del asaí y de la barra. Se encontró un aumento del óxido nítrico biodisponible, este compuesto es un agente vasodilatador, lo cual provee a la barra este mismo efecto en el organismo, logrando mejorar la función endotelial y de esta manera mejorar la actividad cardiovascular. No hubo diferencias significativas para la IL6, ni para la enzima SOD.
7. La barra de fruta de asaí-copoazú es una alternativa de consumo saludable y con un buen aporte de fibra y grasa insaturada, además de un excelente aporte de capacidad antioxidante. Asimismo, puede ser una recomendable opción comercial para el aprovechamiento del fruto a nivel regional, con miras a sostenibilidad económica de la región amazónica, debido a su calidad microbiológica, sensorial y nutricional.

5.2 Recomendaciones

Las principales recomendaciones que se desprenden del estudio son:

- ✓ Determinar la vida útil sensorial, para establecer el horizonte comercial del producto.
- ✓ Evaluar el procesamiento de las barras de fruta a nivel industrial para conocer a nivel comercial los rendimientos y tiempos de producción, realizando estudios de marketing, y rentabilidad comercial, y procesos continuos en la operación.
- ✓ Evaluar el comportamiento antioxidante de la barra en sujetos sanos con un control y más prolongado, además de estudiar más a fondo el efecto en el ácido úrico, con el objetivo de realizar una investigación más robusta sobre el valor de compuestos bioactivos de la barra y alegar una nueva calidad nutricional de las mismas.

-
- ✓ Optimizar el desarrollo de las barras de Asaí-copoazú evaluando diferentes niveles de hidrocoloides basados en el estudio económico y de rentabilidad del proceso.

A. Anexo: Producción académica

Artículos:

Publicado: Vallejo P., Hernández M., Lares M. Perfil de textura de barra de Asaí y Copoazú con hidrocoloides. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 67 (2). 432-434.

En proceso: Vallejo P., Hernández M., Lares M. Estudio piloto efecto antioxidante del consumo de barra de Asaí *Euterpe precatoria* en sujetos sanos.

Ponencias:

Nutraceutical Potential of Fruit Bars obtained from Asaí (*Euterpe precatoria*) and Copoazú (*Theobroma grandiflorum*). Expuesto en: 29th International Horticultural Congress. 17 al 22 de agosto 2014. Brisbane - Australia.

Efecto antioxidante de consumo de barra de Asaí *Euterpe precatoria* en sujetos sanos. Aceptado: XVII Congreso Latinoamericano de Nutrición. 8 al 12 de noviembre 2015. Punta Cana – Republica Dominicana.

B. Anexo: Formato sensorial panel entrenado

ANALISIS SENSORIAL BARRA DE FRUTA DE ASAÍ – COPOAZU

Fecha: _____

Nombre catador: _____

Instrucciones:

Pruebe cada una de las muestras y evalúe los atributos presentados a continuación, de acuerdo al puntaje establecido califique en la tabla que se encuentra al final del formato. Puede colocar un número intermedio.

APARIENCIA

- 5 Brillante, color marrón oscuro, homogéneo, sin presencia de grumos
- 3 Color no uniforme, ligera presencia de grumos, no homogéneo, muy claro
- 1 Opaco o artificial, grumos, partículas extrañas, muy oscuro, manchado

AROMA

- 2 Característico a la fruta (asaí y copoazu)
- 1 Aroma débil, quemado
- 0 Rancio, pútrido, aroma residual, mohoso

SABOR

- 10 Característico a la fruta, buen balance de ácido-dulce
- 5 Insípido, muy dulce, muy acido, a plástico, residual, astringente
- 1 Rancio, pútrido, sabor extraño, metálico, mohoso

TEXTURA

- 3 Suave, pegajosa, gel, uniformemente distribuido, flexible, poco adhesiva, fácil masticabilidad
- 2 Dura, muy blanda, sinéresis, no homogénea, cristalización, muy pegajosa
- 1 Muy dura, no forma gel, no es uniforme

ATRIBUTO	CALIFICACIÓN			OBSERVACIONES
	Muestra	Muestra	Muestra	
Apariencia				

Aroma				
Sabor				
Textura				

C. Anexo: Formato sensorial panel no entrenado

FORMATO SENSORIAL PRUEBA DE CONSUMIDORES – BARRA DE ASAÍ-COPOAZÚ

Fecha: _____ **Género:** _____ **Edad:** _____

A continuación recibirá 3 muestras de barra de asaí – copoazú, después de observar y probar, por favor responda, de acuerdo a la siguiente escala:

1. Me disgusta extremadamente
2. Me disgusta mucho
3. Me disgusta moderadamente
4. Me disgusta
5. Ni me gusta ni me disgusta
6. Me gusta
7. Me gusta moderadamente
8. Me gusta mucho
9. Me gusta extremadamente

Muestra x:

Apariencia _____
Apariencia _____

Color _____

Aroma _____

Sabor _____

Textura _____

Muestra x:

Apariencia _____

Color _____

Aroma _____

Sabor _____

Textura _____

Muestra x:

Color _____

Aroma _____

Sabor _____

Textura _____

¿Cuál de las muestras le gustó más? _____

Observaciones _____

Muchas gracias por su colaboración!!!!

D. Anexo: Tabla nutricional

Información nutricional			
Tamaño por porción: 1 paquete (25g)			
Porciones por envase: 1 (25g)			
Cantidad por porción: 25g			
Calorías: 57		Calorías desde la grasa: 20	
Valor diario*			
Grasa total 2,2g		3%	
Grasa saturada: 0,7g		0%	
Colesterol 0mg		0%	
Carbohidrato total: 8,8g		3%	
Fibra dietaria: 2,5g		10%	
Proteínas: 1g		2%	
Vitamina A: 1%		Vitamina C: 0%	
Calcio: 4%		Hierro: 2%	
*Los porcentajes de valores diarios están basados en una dieta de 2000 calorías. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades calóricas.			
	Calorías	2000	2500
Grasa total	Menos de	65 g	80 g
Grasa saturada	Menos de	20 g	25 g
Colesterol	Menos de	300 mg	300 mg
Carb. Total		300 g	375 g
Fibra dietaria		25g	30g
Calorías por gramo:			
Grasa:	9	Proteína:	4
		Carbohidratos:	4



Propuesta preliminar de empaque comercial para la barra de asaí

Bibliografía

- Agawa, S., Sakakibara, H., Iwata, R., Shimoi, K., Hergesheimer, A. y Kumazawa, S. (2011) 'Anthocyanins in mesocarp/epicarp and endocarp of fresh açai (*Euterpe oleracea* Mart.) and their antioxidant activities and bioavailability', *Food Science and Technology Research*, 17(4), pag. 327-334.
- Ahmad, S., Vashney, A. K. y Srivasta, P. K. (2005) 'Quality attributes of fruit bar made from papaya and tomato by incorporating hydrocolloids', *International Journal of Food Properties*, 8(1), pag. 89-99.
- Ainsworth, E. A. y Gillespie, K. M. (2007) 'Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent.', *Natural Protocols*, 2(4), pag. 875-877.
- Alcaíno, H., Greig, D., Castro, P., Verdejo, H., Mellado, R., García, L., Diaz-Araya, G., Quiroga, C., Chiong, M. y Lavandero, S. (2011) 'Ácido úrico: una molécula con acciones paradójicas en la insuficiencia cardiaca. Artículo de revisión'. *Rev Med Chile*. 139. Pag. 505-515.
- Al-Hinai, K. Z., Guizani, N., Singh, V., Rahman, M. S. y Al-Subhi, L. (2013) 'Instrumental texture profile analysis of date-tamarind fruit leather with different types of hydrocolloids', *Food Science and Technology Research*, 19(4), pag. 531-538.
- Aldini, G., Yeum, K.-J., Niki, E. y Russell, R. (2010) *Biomarkers for Antioxidant Defense and Oxidative Damage*. Iowa, USA: Blackwell Publishing.
- Almeida, M. M. B., de Sousa, P. H. M., Arriaga, Â. M. C., do Prado, G. M., Magalhães, C. E. D. C., Maia, G. A. y de Lemos, T. L. G. (2011) 'Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil', *Food Research International*, 44(7), pag. 2155-2159.
- Alvarez C., C. O. 2012. Estudio de la variación del color en láminas de mango (*Mangifera indica* L.) variedad hilacha, en tres estadios, durante a diferentes condiciones. Saber: Universidad de Oriente, Venezuela.
- Alvarez-Suarez, J. M., Giampieri, F., Tulipani, S., Casoli, T., Di Stefano, G., González-Paramás, A. M., Santos-Buelga, C., Busco, F., Quiles, J. L., Cordero, M. D., Bompadre, S., Mezzetti, B. y Battino, M. (2014) 'One-month strawberry-rich anthocyanin supplementation ameliorates cardiovascular risk, oxidative stress markers and platelet activation in humans', *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 25(3), pag. 289-294.
- Aranguren, C. I., Garcés, G. G. y González, R. B. (2014) 'Manejo actual del Asaí (*Euterpe precatoria* Mart.) para la producción de frutos en el sur de la Amazonía Colombiana', 2014, 17(1), pag. 23.
- Aruna, K., Vimala, V., Dhanalakshmi, K. y Reddy, V. (1999) 'Physico-Chemical Changes During Storage of Papaya Fruit (*Carica papaya* L.) Bar (Thandra)', *Journal of Food Science and Technology*, 36(5), pag. 428-433.
- Ashaye, O., Babalola, O., Babalola, A., Aina, J. y Fasoyiro, F. (2005) 'Chemical and Organoleptic Characterization of Pawpaw and Guava Leathers', *World Journal of Agricultural Sciences*, 1(1), pag. 50-51.
- Ávila, M., A. G. Crevillen, M. C. González, A. Escarpa, H. L.V. y C. C.D. (2006). Electroanalytical approach to evaluate antioxidant capacity in honeys: Proposal of an antioxidant index. *Electroanalysis* 18: 1821-1826.
- Azeredo, H. M. C., Brito, E. S., Moreira, G. E. G., Farias, V. L. y Bruno, L. M. (2006) 'Effect of drying and storage time on the physico-chemical properties of mango leathers', *International Journal of Food Science and Technology*, 41(6), pag. 635-638.

- Barocas, D. A., Motley, S., Cookson, M. S., Chang, S. S., Penson, D. F., Dai, Q., Milne, G., Roberts li, L. J., Morrow, J., Concepcion, R. S., Smith Jr, J. A. y Fowke, J. H. (2011) 'Oxidative Stress Measured by Urine F2-Isoprostane Level is Associated With Prostate Cancer', *The Journal of Urology*, 185(6), pag. 2102-2107.
- Barrera, J. A. y Hernández, M. S. (2004) *Bases Técnicas para el Aprovechamiento Agro industrial de Especies Nativas de la Amazonia*. 1era ed. edn.: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI.
- Beltran, A. P. A. (2009) *Evaluación de la capacidad antioxidante en guatila fresca y sometida a tratamientos termicos*. Universidad Nacional de Colombia.
- BeMiller, J. N. (2011) 'Pasting, paste, and gel properties of starch–hydrocolloid combinations', *Carbohydrate Polymers*, 86(2), pag. 386-423.
- Benozzi, S. y Coniglio, R. 2010. Aterosclerosis: biomarcadores plasmáticos emergentes. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana: Redalyc*.
- Caicedo, E. (2009) Elaboración de una barra de fruta de piña nativa amazónica (*Ananas Comosus L merrill*) con incorporación de fibra. Tesis. Universidad Nacional de Colombia.
- Calvo, M. (2000). *Bioquímica de los alimentos*. Acribia Zaragoza.
- Canuto, G. A. B., Xavier, A. A. O., Leandro, C. N. y de Benassi, M. T. (2010) 'Physical and chemical characterization of fruit pulps from Amazonia and their correlation to free radical scavenger activity', *Caracterização físico-química de polpas de frutos da amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre*, 32(4), pag. 1196-1205.
- Castaño, N., Cárdenas, D. y Otavo, E. (2007) *Ecología, aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas del departamentodel Amazonas, generadoras de productos maderables y no maderables*.: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI.
- Castillo, Y. (2014). Evaluación de la inclusión del Asaí (*Euterpe precatoria*) en el desarrollo de una bebida funcional. SINAB: Universidad Nacional de Colombia (Tesis Maestría).
- Castillo, Y., Lares, M. y Hernandez, M. S. (2012) 'Caracterización Bromatológica y Fisicoquímica del fruto amazónico Asaí *Euterpe precatoria*', *Vitae*, pag. 309-312.
- Cevoli, C., Balestra, F., Ragni, L. y Fabbri, A. (2013) 'Rheological characterisation of selected food hydrocolloids by traditional and simplified techniques', *Food Hydrocolloids*, 33(1), pag. 142-150.
- Chen, L. y Opara, U. L. (2013) 'Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods – A review', *Journal of Food Engineering*, 119(3), pag. 497-507.
- Chinnici, F., Spinabelli, U. y Amati, A. (2002) 'Simultaneous determination of organic acids, sugars, and alcohols in musts and wines by an improved ion-exclusion HPLC method', *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 25(16), pag. 2551 - 2560.
- Cicco, N., Lanorte, M. T., Paraggio, M., Viggiano, M. y Lattanzio, V. (2009) 'A reproducible, rapid and inexpensive Folin–Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts', *Microchemical Journal*, 91(1), pag. 107-110.
- Clementz, A. y Delmore, J. (2011) 'Snacks Frutales', *Redalyc*, 14, Available: Universidad del Centro Educativo Latinoamericano - Argentina.
- Cubero, N., Monferrer, A. y Villalta, J. (2002) *Aditivos alimentarios*. Mundi-Prensa.
- da Costa, C. A., de Oliveira, P. R., de Bem, G. F., de Cavalho, L. C., Ognibene, D. T., da Silva, A. F., Dos Santos Valença, S., Pires, K. M., da Cunha Sousa, P. J., de Moura, R. S. y Resende, A. C. (2012) 'Euterpe oleracea Mart.-derived polyphenols prevent endothelial dysfunction and vascular structural changes in renovascular

- hypertensive rats: role of oxidative stress', *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol*, 385(12), pag. 1199-209.
- Darnet, S., Serra, J. L., da Cruz Rodrigues, A. M. y Meller da Silva, L. H. (2011) 'A high-performance liquid chromatography method to measure tocopherols in assai pulp (Euterpe oleracea)', *Food Research International*, 44(7), pag. 2107-2111.
- de Moura, R. S., Ferreira, T. S., Lopes, A. A., Pires, K. M. P., Nesi, R. T., Resende, A. C., Souza, P. J. C., da Silva, A. J. R., Borges, R. M., Porto, L. C. y Valenca, S. S. (2012) 'Effects of Euterpe oleracea Mart. (AÇAÍ) extract in acute lung inflammation induced by cigarette smoke in the mouse', *Phytomedicine*, 19(3-4), pag. 262-269.
- de Moura, R. S., Pires, K. M. P., Ferreira, T. S., Lopes, A. A., Nesi, R. T., Resende, A. C., Sousa, P. J. C., da Silva, A. J. R., Porto, L. C. y Valenca, S. S. (2011) 'Addition of açai (Euterpe oleracea) to cigarettes has a protective effect against emphysema in mice', *Food and Chemical Toxicology*, 49(4), pag. 855-863.
- de Souza, M. O., Souza e Silva, L., de Brito Magalhães, C. L., de Figueiredo, B. B., Costa, D. C., Silva, M. E. y Pedrosa, M. L. (2012) 'The hypocholesterolemic activity of açai (Euterpe oleracea Mart.) is mediated by the enhanced expression of the ATP-binding cassette, subfamily G transporters 5 and 8 and low-density lipoprotein receptor genes in the rat', *Nutrition Research*, 32(12), pag. 976-984.
- Del Pozo-Insfran, D., Brenes, C. H. y Talcott, S. T. (2004) 'Phytochemical composition and pigment stability of Açai (Euterpe oleracea Mart.)', *J Agric Food Chem*, 52(6), pag. 1539-45.
- Del Pozo-Insfran, D., Percival, S. S. y Talcott, S. T. (2006) 'Açai (Euterpe oleracea Mart.) polyphenolics in their glycoside and aglycone forms induce apoptosis of HL-60 leukemia cells', *J Agric Food Chem*, 54(4), pag. 1222-9.
- Desplanques, S., Renou, F., Grisel, M. y Malhiac, C. (2012) 'Impact of chemical composition of xanthan and acacia gums on the emulsification and stability of oil-in-water emulsions', *Food Hydrocolloids*, 27(2), pag. 401-410.
- Devalaraja, S., Jain, S. y Yadav, H. (2011) 'Exotic fruits as therapeutic complements for diabetes, obesity and metabolic syndrome', *Food Research International*, 44(7), pag. 1856-1865.
- Dickinson, E. (2003) 'Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems', *Food Hydrocolloids*, 17(1), pag. 25-39.
- Doroteo, V. H., Terry, C., Díaz, C., Vaisberg, A. y Rojas, R. (2012) 'Compuestos fenólicos y actividades antioxidante, antielastasa, anticologenasa y fotoprotectora in vitro de Myrciaria dubia (camu camu) y Caesalpinia spinosa (tara)', *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 78, pag. 254-263.
- Duarte-Almeida, R. J. d. S. y Genovese F. M. L. (2006). Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoleico e método de sequestro de radicais DPPH. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas.
- Evans, M., Wilson, D. y Guthrie, N. (2014) 'A randomized, double-blind, placebo-controlled, pilot study to evaluate the effect of whole grape extract on antioxidant status and lipid profile', *Journal of Functional Foods*, 7(0), pag. 680-691.
- Fragoso, M. F., Romualdo, G. R., Ribeiro, D. A. y Barbisan, L. F. (2013) 'Açai (Euterpe oleracea Mart.) feeding attenuates dimethylhydrazine-induced rat colon carcinogenesis', *Food Chem Toxicol*, 58, pag. 68-76.
- Fregonesi, B. M., Yokosawa, C. E., Okada, I. A., Massafera, G., Braga Costa, T. M. y Prado, S. d. P. T. (2010) 'Polpa de açai congelada: características nutricionais, físico-químicas, microscópicas e avaliação da rotulagem frozen açai pulp. Study on the nutritional and physical-chemical characteristics, and microscopic and product labelling analyses', *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, 69(3), pag. 387-395.

- Freitas, D. D. G. C. y Mattietto, R. d. A. (2013) 'Ideal sweetness of mixed juices from Amazon fruits', *Food Science and Technology (Campinas)*, 33, pag. 148-154.
- Fukumoto, L. y G. Mazza (2000). 'Assesing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds'. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 3597-3604.
- Funami, T. (2011) 'Next target for food hydrocolloid studies: Texture design of foods using hydrocolloid technology', *Food Hydrocolloids*, 25(8), pag. 1904-1914.
- Gaitan, C., Olivares, M., Arredondo, M., y Pizarro, A. (2006) 'Biodisponibilidad de hierro en humanos'. *Revista chilena de nutrición*, 33(2), pag. 142-148.
- Galeano, P., Cuellar, L. y Schinella, G. (2012) 'Influencia del procesamiento del grano del Copoazu, sobre la actividad antioxidante y el contenido fenolico', 19, Available: Vitae.
- Gordon, A., Cruz, A. P. G., Cabral, L. M. C., De Freitas, S. C., Taxi, C. M. A. D., Donangelo, C. M., De Andrade Mattietto, R., Friedrich, M., Da Matta, V. M. y Marx, F. (2012) 'Chemical characterization and evaluation of antioxidant properties of Açai fruits (*Euterpe oleraceae* Mart.) during ripening', *Food Chemistry*, 133(2), pag. 256-263.
- Gouvêa, A. C. M. S., Araujo, M. C. P. d., Schulz, D. F., Pacheco, S., Godoy, R. L. d. O. y Cabral, L. M. C. (2012) 'Anthocyanins standards (cyanidin-3-O-glucoside and cyanidin-3-O-rutinoside) isolation from freeze-dried açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) by HPLC', *Food Science and Technology (Campinas)*, 32, pag. 43-46.
- Gramza-Michałowska, A. y Czapka-Matysik, M. (2011) 'Evaluation of the antiradical potential of fruit and vegetable snacks', *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 10(1), pag. 61-72.
- Guerra, J. F., Magalhães, C. L., Costa, D. C., Silva, M. E. y Pedrosa, M. L. (2011) 'Dietary açai modulates ROS production by neutrophils and gene expression of liver antioxidant enzymes in rats', *J Clin Biochem Nutr*, 49(3), pag. 188-94.
- Gujral, H. S. y Brar, S. S. (2003) 'Effect of hydrocolloids on the dehydration kinetics, color, and texture of mango leather', *International Journal of Food Properties*, 6(2), pag. 269-279.
- Gujral, H. S. y Khanna, G. (2002) 'Effect of skim milk powder, soy protein concentrate and sucrose on the dehydration behaviour, texture, color and acceptability of mango leather', *Journal of Food Engineering*, 55(4), pag. 343-348.
- Gujral, H. S., Oberoi, D. P. S., Singh, R. y Gera, M. (2013) 'Moisture diffusivity during drying of pineapple and mango leather as affected by sucrose, pectin, and maltodextrin', *International Journal of Food Properties*, 16(2), pag. 359-368.
- Haruenkit, R., Poovarodom, S., Vearasilp, S., Namiesnik, J., Sliwka-Kaszynska, M., Park, Y.-S., y Gorinstein, S. (2010). 'Comparison of bioactive compounds, antioxidant and antiproliferative activities of Mon Thong durian during ripening'. *Food Chemistry*, 118(3), 540-547.
- Hassimotto, N. M. A., Genovese, M. I. y Lajolo, F. M. (2005) 'Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8), pag. 2928-2935.
- Hellström, J., Mattila, P. y Karjalainen, R. (2013) 'Stability of anthocyanins in berry juices stored at different temperatures', *Journal of Food Composition and Analysis*, 31(1), pag. 12-19.
- Hernández, M. S., Martínez, O. y Fernández-Trujillo, J. P. (2007) 'Behavior of arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) fruit quality traits during growth, development and ripening', *Scientia Horticulturae*, 111(3), pag. 220-227.
- Hernández-Varela, J., Moncayo, A., Fernández, V. y Sulbarán, B. (2013). Actividad antioxidante de lámina flexible de mango (*Mangifera indica*). *Rev Soc Quím Perú*.

- Hleap, J. I. y Velasco, V. A. (2010) 'Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja.' (*Oreochromis sp.*), *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8, pag. 46-56.
- Hogan, S., Chung, H., Zhang, L., Li, J., Lee, Y., Dai, Y., Zhou, K. (2010) 'Antiproliferative and antioxidant properties of anthocyanin-rich extract from açai', *Food Chemistry*, 118(2), pag. 208-214.
- Holderness, J., Schepetkin, I. A., Freedman, B., Kirpotina, L. N., Quinn, M. T., Hedges, J. F. y Jutila, M. A. (2011) 'Polysaccharides isolated from Açai fruit induce innate immune responses', *Plos One*, 6(2), pag. e17301-e17301.
- Huang, X. y Hsieh, F. H. (2005) 'Physical properties, sensory attributes, and consumer preference of pear fruit leather', *Journal of Food Science*, 70(3), pag. E177-E186.
- Infocenter (2009) *Análisis de Benchmarking. Tendencias de mercado y modelos de negocio*. Ministerio de Agricultura - Gobierno de Chile.
- Instituto Amazonico de Investigaciones Cientificas - SINCHI (2011) Fichas Técnicas de especies de uso forestal y agroforestal en la Amazonia Colombiana. *Asaí Euterpe precatoria*, pag 2.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, I. 2005. Tabla de Composición de Alimentos Colombianos.
http://alimentoscolombianos.icbf.gov.co/alimentos_colombianos/consulta_alimento.asp: www.icbf.gov.co.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar – ICBF (2010). 'Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia' Capitulo 5. Prácticas de Alimentación de interes en Nutrición y Salud Publica, pag. 145, 268.
- Instituto Colombiano de Normas Tecnicas – ICONTEC (2011). Norma tecnica Elaboración de bocadillo de guayaba. NTC 5856
- Instituto de Nutrición y de Tecnología de Alimentos – INTA (2012). Base de datos de actividad antioxidante y contenido de polifenoles totales de frutas (actualizada enero 2015). Acceso el 13 de junio de 2015: <http://www.portalantioxidantes.com/orac-base-de-datos-actividad-antioxidante-y-contenido-de-polifenoles-totales-en-frutas-4/>
- Jaswir, I., Che Man, Y. B., Selamat, J., Ahmad, F. y Sugisawa, H. (2008) 'Retention of volatile components of durian fruit leather during processing and storage', *Journal of Food Processing and Preservation*, 32(5), pag. 740-750.
- Jensen, G. S., Wu, X., Patterson, K. M., Barnes, J., Carter, S. G., Scherwitz, L., Beaman, R., Endres, J. R. y Schauss, A. G. (2008) 'In vitro and in vivo antioxidant and anti-inflammatory capacities of an antioxidant-rich fruit and berry juice blend. Results of a pilot and randomized, double-blinded, placebo-controlled, crossover study', *J Agric Food Chem*, 56(18), pag. 8326-33.
- Jiménez, N., Bohuon, P., Dornier, M., Bonazzi, C., Pérez, A. M. y Vaillant, F. (2012) 'Effect of water activity on anthocyanin degradation and browning kinetics at high temperatures (100–140;°C)', *Food Research International*, 47(1), pag. 106-115.
- Kang, J., Thakali, K. M., Xie, C., Kondo, M., Tong, Y., Ou, B., Jensen, G., Medina, M. B., Schauss, A. G. y Wu, X. (2012) 'Bioactivities of açai (*Euterpe precatoria* Mart.) fruit pulp, superior antioxidant and anti-inflammatory properties to *Euterpe oleracea* Mart', *Food Chemistry*, 133(3), pag. 671-677.
- Kang, J., Xie, C., Li, Z., Nagarajan, S., Schauss, A. G., Wu, T. y Wu, X. (2011) 'Flavonoids from acai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp and their antioxidant and anti-inflammatory activities', *Food Chemistry*, 128(1), pag. 152-157.
- Kaushal, M., Sharma, P. C. y Sharma, R. (2013) 'Formulation and acceptability of foam mat dried seabuckthorn (*Hippophae salicifolia*) leather', *Journal of Food Science and Technology*, 50(1), pag. 78-85.

- Kırca, A., Özkan, M. y Cemeroğlu, B. (2007) 'Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins', *Food Chemistry*, 101(1), pag. 212-218.
- Klopotek, Y., Otto, K., y Bohm, V. (2005). 'Processing Strawberries to Different Products Alters Contents of Vitamin C, Total Phenolics, Total Anthocyanins, and Antioxidant Capacity'. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(14), 5640-5646.
- Kromer, B. M., Kaski, J. C., Murday, A., Madden, B. y Tippins, J. R. (1998) 'Isoprostano, 8-Epi prostaglandin Fillegibleα, in the pathogenesis of ischaemic heart disease', *Journal of the American College of Cardiology*, 31, Supplement 2(0), pag. 468.
- Kruger, M. J., Davies, N., Myburgh, K. H. y Lecour, S. (2014) 'Proanthocyanidins, anthocyanins and cardiovascular diseases', *Food Research International*, 59(0), pag. 41-52.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Morales, M. T. y Fett, R. (2006a) 'Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas wild fruits and pulps of frozen fruits: antioxidant activity, polyphenols and anthocyanins', *Ciênc. rural*, 36(4), pag. 1283-1287.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Morales, M. T. y Fett, R. (2006b) 'Wild fruits and pulps of frozen fruits: Antioxidant activity, polyphenols and anthocyanins', *Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: Atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas*, 36(4), pag. 1283-1287.
- Lee, J., Durst, R. W. y Wrolstad, R. E. (2005) 'Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants and wines by th pH differential method: Collaborative study', *Journal of AOAC international*, 88(5), pag. 1269-1279.
- Lichtenthäler, R., Rodrigues, R. B., Maia, J. G., Papagiannopoulos, M., Fabricius, H. y Marx, F. (2011) 'Total oxidant scavenging capacities of Euterpe oleracea Mart. (Açaí) fruits', *Int J Food Sci Nutr*, 56(1), pag. 53-64.
- Liu, X., Whitefield, P. D. y Ma, Y. (2010) 'Quantification of F2-isoprostane isomers in cultured human lung epithelial cells after silica oxide and metal oxide nanoparticle treatment by liquid chromatography/tandem mass spectrometry', *Talanta*, 81(4-5), pag. 1599-1606.
- Lock, K., Pomerleau, J., Causer, L., Altmann, D. R. and McKee, M. (2005). 'The global burden of disease attributable to low consumption of fruit and vegetables: Implications for the global strategy on diet'. *Bull. W.H.O.* pag. 84.
- Manimegalai, G., Krishnaveni, A. y Kumar, R. S. (2001) 'Processing and preservation of jack fruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) Bar (thandra)', *Journal of Food Science and Technology*, 38(5), pag. 529-531.
- Mantovani, I. S. B., Fernandes, S. B. O. y Menezes, F. S. (2003) 'Constituintes apolares do fruto do açaí (*Euterpe oleracea* M. - *Arecaceae*)', *Rev. bras. farmacogn*, 13(supl.1), pag. 41-42.
- Matheus, M. E., Fernandes, S. B. d. O., Silveira, C. S., Rodrigues, V. P., Menezes, F. d. S. y Fernandes, P. D. (2006) 'Inhibitory effects of Euterpe oleracea Mart. on nitric oxide production and iNOS expression', *Journal of Ethnopharmacology*, 107(2), pag. 291-296.
- Matias dos Santos, G., Arraes Maia, G., Machado de Sousa, P. H., Correia da Costa, J. M., Wilane de Figueiredo, R. y Matias do Prado, G. (2008) 'Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart)', *Arch. latinoam. nutr*, 58(2), pag. 187-192.
- Menezes, E., Deliza, R., Chan, H. L. y Guinard, J.-X. (2011a) 'Preferences and attitudes towards açaí-based products among North American consumers', *Food Research International*, 44(7), pag. 1997-2008.

- Menezes, E. M. d. S., Torres, A. T. y Sabaa Srur, A. U. (2008) 'Valor nutricional da polpa de açaí (Euterpe oleracea Mart) liofilizada lyophilized açaí pulp (Euterpe oleracea, Mart) nutritional value', *Acta amaz*, 38(2), pag. 311-316.
- Ministerio de Salud (1999). Guías Alimentarias para la población colombiana, mayor de dos años.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2013). Resolución 3929 del 2013. Requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas, jugos, concentrados, nectares, pulpas, y refrescos de frutas, en el territorio nacional.
- Mishra, K., Ojha, H. y Chaudhury, N. K. (2012) 'Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results', *Food Chemistry*, 130(4), pag. 1036-1043.
- Monasterios C., C. O. (1998). Elaboración de laminas deshidratadas a partir de Lechosa Carica Papaya sobremadurada. Saber: Saber.
- Morillas-Ruiz, J. M. y Delgado-Alarcón, J. M. (2012) 'Nutritional analysis of vegetable food with different origins: Evaluation of antioxidant capacity and phenolic total compounds', *Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales*, 32(2), pag. 8-20.
- Nascimento, R. J. S. d., Couri, S., Antoniassi, R. y Freitas, S. P. (2008) 'Composição em ácidos graxos do óleo da polpa de açaí extraído com enzimas e com hexano Fatty acids composition of açaí pulp oil obtained by enzymatic technology and hexane', pag. 498-502.
- Neida, S. y Elba, S. (2007) 'Caracterización del acai o manaca (Euterpe oleracea Mart.): un fruto del Amazonas Characterization of the acai or manaca (Euterpe oleracea Mart.): a fruit of the Amazon', *Arch. latinoam. nutr*, 57(1), pag. 94-98.
- Netherlands Nutrition Centre (2011): Richtlijnen voedselkeuze 2011 (nutrition guidelines). Acceso el 3 de febrero del 2012 en http://www.voedingscentrum.nl/Assets/Uploads/Documents/Voedingscentrum/Actueel/00_Richtlijnen%20voedselkeuze%202011.pdf.
- Neves, L. C., Campos, A. J. d., Benedette, R. M., Tosin, J. M. y Chagas, E. A. (2012) 'Characterization of the antioxidant capacity of natives fruits from the Brazilian Amazon Region', *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34, pag. 1165-1173.
- Nielsen 2004. Mercados en crecimiento alrededor del mundo. Alimentos y bebidas. *Informe Ejecutivo de Noticias de ACNielsen Global Services*.
- Obregón, O., Gestne, A., Lares, M., Castro, J., Stulin, I., Martínez, J., Rivas, K., Margarita Martínez, O. y Aponte, A. (2011) 'Efectos tempranos de las estatinas: inflamación y oxidación', *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis*, 23(6), pag. 269-274.
- Ochoa, C. y Ayala, A. (2004) 'Flavonoides: Apuntes generales y usos en la industria de alimentos.', 6, pag. 93-104, Available: Universidad del Valle.
- Okilya, S., Mukisa, I. M. y Kaaya, A. N. (2010) 'Effect of solar drying on the quality and acceptability of jackfruit leather', *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 9(1), pag. 101-111.
- Oliveira de Souza, M., Silva, M., Silva, M. E., de Paula Oliveira, R. y Pedrosa, M. L. (2010) 'Diet supplementation with acai (Euterpe oleracea Mart.) pulp improves biomarkers of oxidative stress and the serum lipid profile in rats', *Nutrition*, 26(7-8), pag. 804-810.
- Organización Mundial de la Salud (2007). 'Alimentos, nutrición, actividad física y la prevención del cancer: una perspectiva mundial'. Red global del fondo mundial para la investigación del cáncer.
- Orrego, C. (2012). Estudio para producir barras de frutas saludables. Universidad Nacional de Colombia: Agenda de Noticias Periodico UN.

- Orrego, C. E., Salgado, N. y Botero, C. A. (2014) 'Developments and Trends in Fruit Bar Production and Characterization', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(1), pag. 84-97.
- Pacheco-Palencia, L. A., Duncan, C. E. y Talcott, S. T. (2009) 'Phytochemical composition and thermal stability of two commercial açai species, *Euterpe oleracea* and *Euterpe precatoria*', *Food Chemistry*, 115(4), pag. 1199-1205.
- Pacheco-Palencia, L. A., Mertens-Talcott, S. U. y Talcott, S. T. (2010) 'In vitro absorption and antiproliferative activities of monomeric and polymeric anthocyanin fractions from açai fruit (*Euterpe oleracea* Mart.)', *Food Chemistry*, 119(3), pag. 1071-1078.
- Pacheco-Palencia, L. A. y Talcott, S. T. (2010) 'Chemical stability of açai fruit (*Euterpe oleracea* Mart.) anthocyanins as influenced by naturally occurring and externally added polyphenolic cofactors in model systems', *Food Chemistry*, 118(1), pag. 17-25.
- Peña, L., Barrera, J. y Hernández, M. S. (2012). Obtención de la pulpa de Asaí en la Amazonia Norte Colombiana. Vitae.
- Peña, N. E. C. (2006) *Determinación de Variables de Secado y diseño de un prototipo para deshidratación de pulpa de fruta en lamina*. Universidad Nacional de Colombia. Tesis Maestria.
- Pérez-Conesa, D., García-Alonso, J., García-Valverde, V., Iniesta, M.-D., Jacob, K., Sánchez-Siles, L. M., y Periago, M. J. (2009). 'Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during homogenization and thermal processing of tomato puree'. *Innovative Food Science y amp; Emerging Technologies*, 10(2), 179-188
- Phimpharian, C., Jangchud, A., Jangchud, K., Therdthai, N., Prinyawiwatkul, W. y No, H. K. (2011) 'Physicochemical characteristics and sensory optimisation of pineapple leather snack as affected by glucose syrup and pectin concentrations', *International Journal of Food Science and Technology*, 46(5), pag. 972-981.
- Planeación, D. N. d. 2008. Política Nacional Fitosanitaria y de inocuidad para las cadenas de frutas y de otros vegetales - CONPES 3514. Consejo Nacional de Política Económica y Social.
- Podsędek, A. (2007). 'Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review'. *LWT - Food Science and Technology*, 40(1), 1-11.
- Poulose, S. M., Fisher, D. R., Larson, J., Bielinski, D. F., Rimando, A. M., Carey, A. N., Schauss, A. G. y Shukitt-Hale, B. (2012) 'Anthocyanin-rich açai (*Euterpe oleracea* Mart.) fruit pulp fractions attenuate inflammatory stress signaling in mouse brain BV-2 microglial cells', *J Agric Food Chem*, 60(4), pag. 1084-93.
- Prasad. (2010). Dehydration behavior of plain and fortified banana pulps in the preparation of bars www.arccjournals.com: J. Dairying, Foods & H.S.
- Proexport (2007) *Oportunidades de negocio en el sector agroindustria. Alimentos procesados*. Proexport Colombia. Available at: <http://www.proexport.com.co/node/1759> (Accessed: 29 de Septiembre de 2012 2012).
- Quijano, C. E. y Pino, J. A. (2007) 'Volatile compounds of copoazú (*Theobroma grandiflorum* Schumann) fruit', *Food Chemistry*, 104(3), pag. 1123-1126.
- Quintero Ruiz, N. A., Demarchi, S. M., Massolo, J. F., Rodoni, L. M. y Giner, S. A. (2012) 'Evaluation of quality during storage of apple leather', *LWT - Food Science and Technology*, 47(2), pag. 485-492.
- Rawson, A., Patras, A., Tiwari, B. K., Noci, F., Koutchma, T., y Brunton, N. (2011). 'Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances'. *Food Research International*, 44(7), 1875-1887.

- Rocha, A. P. M., Carvalho, L. C. R. M., Sousa, M. A. V., Madeira, S. V. F., Sousa, P. J. C., Tano, T., Schini-Kerth, V. B., Resende, A. C. y Soares de Moura, R. (2007) 'Endothelium-dependent vasodilator effect of Euterpe oleracea Mart. (Açaí) extracts in mesenteric vascular bed of the rat', *Vascular Pharmacology*, 46(2), pag. 97-104.
- Rocha, E. y Viana, V. M. (2004) 'Management of euterpe precatoria mart. (Açaí) in seringal caquetá, acre, Brazil', *Manejo de Euterpe precatoria Mart. (Açaí) no Seringal Caquetá, Acre, Brasil*, (65), pag. 59-69.
- Rufino, M. d. S. M., Alves, R. E., de Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F. y Mancini-Filho, J. (2010) 'Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil', *Food Chemistry*, 121(4), pag. 996-1002.
- Rufino, M. D. S. M., Pérez-Jiménez, J., Arranz, S., Alves, R. E., de Brito, E. S., Oliveira, M. S. P. y Saura-Calixto, F. (2011a) 'Açaí (Euterpe oleraceae) 'BRS Pará': A tropical fruit source of antioxidant dietary fiber and high antioxidant capacity oil', *Food Research International*, 44(7), pag. 2100-2106.
- Ruiz, M. E. (2010) *Capacidad Antioxidante y Ablandamiento de la guayaba Palmira ICA*. Universidad Nacional de Colombia. Tesis Maestria.
- Sabbe, S., Verbeke, W., Deliza, R., Matta, V. y Van Damme, P. (2009) 'Effect of a health claim and personal characteristics on consumer acceptance of fruit juices with different concentrations of açaí (Euterpe oleracea Mart.)', *Appetite*, 53(1), pag. 84-92.
- Salim ur Rehman, M. N., Muhammad Haseeb, Javaid Aziz Awan (2012). Development and physico-chemical characterization of apricot-date bars. *J. Agric. Res.: J. Agric. Res.*
- Sandoval E. R., Aldana A. S. y Aponte A. A. (2003). Hidrocoloides naturales de origen vegetal. Investigaciones recientes y aplicaciones en la industria de alimentos. *Rev. Tecnura: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas*.
- Santos, C. B. (2008) *Los aditivos en la alimentación de los españoles y la legislación que regula su autorización y uso*. Vision Libros.
- Schauss, A. G., Wu, X., Prior, R. L., Ou, B., Patel, D., Huang, D. y Kababick, J. P. (2006) 'Phytochemical and nutrient composition of the freeze-dried amazonian palm berry, Euterpe oleraceae mart. (acai)', *J Agric Food Chem*, 54(22), pag. 8598-603.
- Sharma, S. K., Chaudhary, S. P., Rao, V. K., Yadav, V. K. y Bisht, T. S. (2011) 'Standardization of technology for preparation and storage of wild apricot fruit bar', *Journal of Food Science and Technology*, pag. 1-7.
- Siebert, K. J. y Chassy, A. W. (2004) 'An alternate mechanism for the astringent sensation of acids', *Food Quality and Preference*, 15(1), pag. 13-18.
- Singh, V., Guizani, N., Al-Alawi, A., Claereboudt, M. y Rahman, M. S. (2013) 'Instrumental texture profile analysis (TPA) of date fruits as a function of its physico-chemical properties', *Industrial Crops and Products*, 50(0), pag. 866-873.
- Sousa, M. S. B., Vieira, L. M., da Silva, M. J. M. y de Lima, A. (2011) 'Nutritional characterization and antioxidant compounds in pulp residues of tropical fruits', *Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais*, 35(3), pag. 554-559.
- Spada, P. D., Dani, C., Bortolini, G. V., Funchal, C., Henriques, J. A. y Salvador, M. (2009) 'Frozen fruit pulp of Euterpe oleraceae Mart. (Acai) prevents hydrogen peroxide-induced damage in the cerebral cortex, cerebellum, and hippocampus of rats', *J Med Food*, 12(5), pag. 1084-8.
- Sui, X., Dong, X. y Zhou, W. (2014) 'Combined effect of pH and high temperature on the stability and antioxidant capacity of two anthocyanins in aqueous solution', *Food Chemistry*, 163(0), pag. 163-170.

- Sun-Waterhouse, D., Teoh, A., Massarotto, C., Wibisono, R. y Wadhwa, S. (2010) 'Comparative analysis of fruit-based functional snack bars', *Food Chemistry*, 119(4), pag. 1369-1379.
- Tonon, R. V., Brabet, C. y Hubinger, M. D. (2010) 'Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents', *Food Research International*, 43(3), pag. 907-914.
- Torres, A. (2011). 'Snacks saludables' en Estilo de vida saludables. Ministerio de Salud de Guatemala. Dirección de Salud y Bienestar. http://munisalud.muniguat.com/2011/09oct/estilos_saludables03.php
- Udani, J. K., Singh, B. B., Singh, V. J. y Barrett, M. L. (2011) 'Effects of Acai (*Euterpe oleracea* Mart.) berry preparation on metabolic parameters in a healthy overweight population: a pilot study', *Nutr J. England*, pag. 45.
- Usenik, V., Fabcic, J. y Stampar, F. (2008) 'Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.)', *Food Chemistry*, 107(1), pag. 185-192.
- Vanegas M., A. P. C. (2012). Producción de láminas de mango (*Mangifera indica* L.) usando deshidratación dinámica Vitae: Universidad de Antioquia, Colombia.
- Vatthanakul, S., Jangchud, A., Jangchud, K., Therdthai, N. y Wilkinson, B. (2010) 'Gold kiwifruit leather product development using Quality function deployment approach', *Food Quality and Preference*, 21(3), pag. 339-345.
- Vidhya, R. y Narain, A. (2011) 'Development of preserved products using under exploited fruit, wood apple (*limonia acidissima*)', *American Journal of Food Technology*, 6(4), pag. 279-288.
- Vidigal, M. C. T. R., Minim, V. P. R., Carvalho, N. B., Milagres, M. P. y Gonçalves, A. C. A. (2011) 'Effect of a health claim on consumer acceptance of exotic Brazilian fruit juices: Açai (*Euterpe oleracea* Mart.), Camu-camu (*Myrciaria dubia*), Cajá (*Spondias lutea* L.) and Umbu (*Spondias tuberosa* Arruda)', *Food Research International*, 44(7), pag. 1988-1996.
- Vijayanand, P., Yadav, A. R., Balasubramanyam, N. y Narasimham, P. (2000) 'Storage Stability of Guava Fruit Bar Prepared Using a New Process', *LWT - Food Science and Technology*, 33(2), pag. 132-137.
- Vissotto, L. C., Rodrigues, E., Chiste, R. C., Benassi, M. d. T. y Mercadante, A. Z. (2013) 'Correlation, by multivariate statistical analysis, between the scavenging capacity against reactive oxygen species and the bioactive compounds from frozen fruit pulps', 33 Supl. (1), pag. 57-65, Available: University of Campinas.
- Vriesmann, L. C. y de Oliveira Petkowicz, C. L. (2009) 'Polysaccharides from the pulp of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*): Structural characterization of a pectic fraction', *Carbohydrate Polymers*, 77(1), pag. 72-79.
- Wood, M. (2007). 'Barras orgánicas a base de fruta muestran el valor de un proceso desarrollado por ARS'. USDA. Available at: <http://www.ars.usda.gov/is/espanol/pr/2007/070917.es.htm> (Accessed: 29 de septiembre del 2012 2012).
- Wootton-Beard, y Ryan L. (2011). 'Improving public health?: The role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. *Food Research International*. 44. Pag. 3135-3148.
- Xie, C., Kang, J., Burris, R., Ferguson, M. E., Schauss, A. G., Nagarajan, S. y Wu, X. (2011) 'Açai juice attenuates atherosclerosis in ApoE deficient mice through antioxidant and anti-inflammatory activities', *Atherosclerosis*, 216(2), pag. 327-333.
- Xie, C., Kang, J., Li, Z., Schauss, A. G., Badger, T. M., Nagarajan, S., Wu, T. y Wu, X. (2012) 'The açai flavonoid velutin is a potent anti-inflammatory agent: blockade of

- LPS-mediated TNF- α and IL-6 production through inhibiting NF- κ B activation and MAPK pathway', *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 23(9), pag. 1184-1191.
- Yang, H., Protiva, P., Cui, B., Ma, C., Baggett, S., Hequet, V., Mori, S., Weinstein, I. B. y Kennelly, E. J. (2003) 'New Bioactive Polyphenols from *Theobroma grandiflorum* ("Cupuaç u")', *Journal of Natural Products*, 66(11), pag. 1501-1504.
- Yildiz, O. (2013). Physicochemical and sensory properties of mulberry products: Gümüşhane pestil and köme Turkish Journal of Agriculture and Forestry: <http://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/>.
- Yuan, J.-P. y Chen, F. (1998) 'Degradation of Ascorbic Acid in Aqueous Solution', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(12), pag. 5078-5082.
- Yuyama, L. K. O., Aguiar, J. P. L., Filho, D. F. S., Yuyama, K., de Jesus Varejão, M., Fávaro, D. I. T., Vasconcellos, M. B. A., Pimentel, S. A. y Caruso, M. S. F. (2011) 'Physicochemical characterization of acai juice of *Euterpe precatoria* Mart. from different amazonian ecosystems', *Caracterização físico-química do suco de açaí de euterpe precatoria mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos*, 41(4), pag. 545-552.