


**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y  
ARTES DE CHIAPAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y  
ALIMENTOS**

**TESIS PROFESIONAL**

**BEBIDA FERMENTADA  
FUNCIONAL A PARTIR DE LA  
PULPA DE *ARTOCARPUS A.***

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**PRESENTAN**

**HERRERA ESCOBAR HARALT DE JESÚS  
SALVADOR ALBORES ELOÍSA RAQUEL**

**DIRECTOR DE TESIS**

**M.C. ARTURO ALBERTO VELÁZQUEZ LÓPEZ**



**TUXTLA GUTIÉRREZ CHIAPAS**

**OCTUBRE 2019**

## *AGRADECIMIENTOS*

### *A dios:*

Quien me ha dado la vida, y me guiado en todo momento hasta esta etapa donde concluyo satisfactoriamente mis estudios, por permitirme siempre luchar por mis sueños y nunca abandonarme en momentos en los cuales le pedía sabiduría y muchas bendiciones para poder seguir adelante, dándome siempre fortaleza para cumplir cada uno de los objetivos durante esta etapa de mi vida, además de haber puesto en mi camino aquellas personas que siempre tuvieron el tiempo de poder darme un consejo y siempre motivarme a ser mejor persona cada día.

### *A mis padres:*

Por toda la confianza que depositaron en mí, y al mismo tiempo por siempre guiarme en el camino bueno, por ser tan comprensivos y estar cada día apoyándome y dándome todas las bendiciones. Esta etapa de mi vida está ya concluida y decirles que el resultado también es de ustedes. Sus consejos y la buena educación que me permitieron salir adelante hoy se encuentra reflejado en la satisfacción más grande que pude haberles dado. Estoy seguro de que siempre estarán para cuando los necesite, de igual manera yo siempre estaré para cuando ustedes me necesiten. Dios los bendice siempre.

### *A mis hermanas:*

Le doy gracias a Dios por tener a dos grandes personas a mi lado, ustedes que fueron mi ejemplo a seguir de toda la vida, por ser tan responsables e únicas, hoy les doy las gracias por apoyarme en todo momento ya que sin su ayuda no hubiese logrado mi más grande proyecto de vida, pero hoy puedo decir que estoy muy orgulloso de ustedes, porque se lo grandiosas que son y se todo el amor que me tienen, nunca tendré las palabras suficientes para agradecerles todo lo que han hecho por mí, pero de algo estoy muy seguro que siempre estaremos unidos y siempre yo estaré para cuando me necesiten, las quiero demasiado y espero en Dios, nos permita pasar mucho tiempo juntos y ser siempre los mejores.

### *A mi director de tesis:*

M.C. Arturo Alberto Velázquez López. Agradecerle todo su apoyo incondicional que nos brindó, todo el tiempo que nos proporcionó para poder llevar a cabo este proyecto de tesis, por confiar en mí y saber que las cosas iban a salir de la mejor manera posible. Espero Dios le gratifique con muchas bendiciones. Lo aprecio mucho.

***HARALT DE JESUS HERRERA ESCOBAR***

## *Agradecimientos*

### *A dios:*

Primeramente le doy Gracias a Dios por que el me dio las fuerzas para salir adelante, porque sin su presencia en mi vida, yo no sería la persona que soy, por que puso en mi camino a personas extraordinarias y excepcionales, que me acompañaron en mi andar por esta etapa maravillosa, también a las que quitó de alguna u otra manera sé que dejaron enseñanzas a mi vida.

### *A mis padres:*

A mis padres por el apoyo incondicional que me dieron durante toda mi etapa académica, por tenerme la confianza y permitir que emigrara de mi hogar. Gracias por los consejos, el amor, esfuerzo y todo el sacrificio que han dado para conmigo y mis hermanos, pronto les devolveré todo lo que me han dado, infinitas gracias, los amo.

### *A mis hermanos:*

A mis hermanos porque son los acompañantes de mi vida, y juntos hemos sacrificado muchas cosas para salir adelante, los amo de igual manera.

### *A mi familia:*

A mi familia, Abuelita Elena, mis tías, prima y primos, en especial a mi primo Francisco Castañeda que fue la persona que me ayudo en el inicio de esta aventura.

### *A mi asesor:*

A nuestro asesor el MC. Arturo Velázquez López, por el apoyo, la confianza y paciencia que tuvo para con nosotros, por todo el conocimiento que nos compartió, muchas Gracias.

Y por último pero no menos importarte a mi Compañero de tesis, Haralt Herrera Escobar, por el apoyo y paciencia que tuvo, porque sé que no es fácil lidiar conmigo, Muchas Gracias.

“puede que no sepas a dónde vas, pero siempre que eleves tus alas, el viento te llevará”.

Eloísa Raquel Salvador Albores



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS  
DIRECCION DE SERVICIOS ESCOLARES  
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR



Autorización de Impresión

Lugar y Fecha: TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS A 18 DE OCTUBRE DEL 2019

C. HARALT DE JESÚS HERRERA ESCOBAR

Pasante del Programa Educativo de: LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

BEBIDA FERMENTADA FUNCIONAL APARTIR DE LA PULPA DE ARTOCARPUS A.

En la modalidad de: TESIS PROFESIONAL.

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Firmas

MAN. OSCAR AARÓN AGUILAR NÁJERA

DR. GILBER VELA GUTIÉRREZ

MTRD. ARTURO ALBERTO VELAZQUEZ LÓPEZ



COORD. DE TITULACIÓN



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS  
DIRECCION DE SERVICIOS ESCOLARES  
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR



Autorización de Impresión

Lugar y Fecha: TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS A 18 DE OCTUBRE DEL 2019

C. ELOÍSA RAQUEL SALVADOR ALBORES

Pasante del Programa Educativo de: LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

BEBIDA FERMENTADA FUNCIONAL APARTIR DE LA PULPA DE ARTOCARPUS A.

En la modalidad de: TESIS PROFESIONAL.

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Firmas

MAN. OSCAR AARÓN AGUILAR NÁJERA

DR. GILBER VELA GUTIÉRREZ

MTRO. ARTURO ALBERTO VELAZQUEZ LÓPEZ

COORD. DE TITULACIÓN



# CONTENIDO

Introducción.....	1
Justificación .....	3
Planteamiento del problema .....	5
Objetivos.....	6
Hipótesis.....	7
Marco teorico.....	<b>8</b>
<i>Artocarpus altilis forsborg</i> (árbol de pan).....	8
Descripción taxonómica y morfológica.....	9
Características del cultivo.....	10
Cosecha y rendimiento.....	13
Usos como alimento.....	14
Definición de malanga.....	15
Clasificación de la malanga.....	16
Propiedades de la malanga.....	16
Composición nutrimental.....	16
Fructanos.....	20
Bebidas fermentadas.....	22
Fermentación.....	24
Fermentación acética.....	27
La fermentación alcohólica.....	28
Fermentación láctica.....	29
Microorganismos empleados en las fermentaciones.....	30
Cinética microbiana.....	31
Tiempo de generación (td):.....	33
Velocidad de crecimiento ( $\mu_{max}$ ):.....	34
Influencia de los factores físicos, químicos y ambientales sobre el crecimiento microbiano.....	34
Metodología .....	36
Diseño experimental.....	37

Estrategías metodológicas.....	38
Descripción del proceso de obtención de inulina.....	40
Cinética microbiana.....	41
Técnica para la determinación de la actividad antioxidante .....	42
Composición químico proximal .....	42
Resultados.....	44
Resultado de cinética microbiana.....	44
Extracción de inulina de harina de malanga.....	46
Tratamiento térmico sobre la toxicidad de la pulpa árbol de pan.....	50
Fermentación de la bebida.....	51
Prueba de alcohol.....	54
Análisis sensorial.....	55
Análisis estadístico.....	56
Prueba de análisis sensorial aplicado a 20 jueces no entrenados.....	58
Determinación de antioxidantes a la bebida árbol de pan.....	60
Caracterización fisicoquímica de la bebida árbol de pan.....	61
Conclusiones.....	64
Recomendaciones.....	65
Bibliografía.....	66
Anexo 1.....	70
Anexo 2.....	73
Anexo 3.....	76
Anexo 4.....	77
Anexo 5.....	79
Anexo 6.....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plantación del árbol. ....	8
Figura 2: Fruta del árbol.....	10
Figura 3: Semillas de la fruta.....	10
Figura 4: Hojas del pan de árbol.....	11
Figura 5: Flor femenina.....	11
Figura 6: Flor masculina .....	12
Figura 7: Obtención de harina de malanga.....	18
Figura 8: Fructano.....	21
Figura 9: Requerimientos generales de un proceso fermentativo.....	25
Figura 10: Producción de etanol vía fermentativa.....	27
Figura 11: Proceso químico fermentación alcohólica.....	28
Figura 12: Cinética microbiana.....	32
Figura 13: Crecimiento de <i>Sacharomyces ellipsoideus</i> .....	45
Figura 14: Inoculación de microorganismo.....	46
Figura 15: Reactivación de la cepa.....	46
Figura 16. Proceso de obtención de fructanos (inulina).....	39
Figura 17: Homogeneización de la harina.....	47
Figura 18: Filtrado de la harina.....	47
Figura 19: Agitación del jugo filtrado.....	48
Figura 20: Medición del pH del jugo.....	48
Figura 21: Adición de etanol.....	48
Figura 22: Baño maría del concentrado.....	49
Figura 23: Precipitado obtenido de la precipitación.....	49
Figura 24: Obtención de inulina.....	50
Figura 25: Tratamiento térmico de toxicidad.....	51
Figura 26: Concentración de espectrofotometría.....	51
Figura 27: Pelado y retirado de la pulpa.....	51
Figura 28: Pelado y desinfectado.....	51

Figura 29: Pesado de pulpa y manzana.....	50
Figura 30: Filtrado del jugo.....	50
Figura 31: Bebidas fermentadas.....	52
Figura 32: Inoculación de la cepa.....	53
Figura 33: Fermentación anaerobia.....	53
Figura 34: Medición de alcohol.....	54
Figura 35: Analisis estadistico concentración 1 g de inulina.....	56
Figura 36: Analisis estadistico concentración 1.5 g de inulina.....	56
Figura 37: Analisis estadistico concentración 2.5 g de inulina.....	57
Figura 38: Bebida fermentada con concentración de 1 g de inulina.....	58
Figura 39: Bebida fermentada con concentración de 1.5 g de inulina.....	59
Figura 40: Bebida fermentada con concentración de 1 g de inulina.....	59
Figura 41: Análisis proximal de proteína.....	77
Figura 42: Análisis proximal de humedad.....	78
Figura 43: Preparación del reactivo ABTS.....	79
Figura 44: Preparación de extractos.....	79
Figura 45: Agitación de extractos.....	79
Figura 46: Dilución de radical ABTS.....	79
Figura 47: Lectura de extractos.....	79
Figura 48: Gráfica de curva estándar antioxidantes.....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Orden taxonómico de <i>Artocarpus altilis fosberg</i> .....	9
Tabla 2: Composición química de la malanga.....	16
Tabla 3: Diseño experimental .....	37
Tabla 4: Alicuotas durante el proceso de fermentación.....	41
Tabla 5: Porcentaje en volumen de alcohol destilada.....	72
Tabla 6: Crecimiento de la levadura <i>Sacharomyces ellipsoideus</i> .....	44
Tabla 7: Grados de alcohol.....	55
Tabla 8: Grado de preferencia de la prueba sensorial.....	58
Tabla 9: Resultados de antioxidantes.....	61
Tabla 10: Valores químicos proximales de la bebida terminada.....	61
Tabla 11: Composición química de la bebida.....	63
Tabla 12: Composición del vino en comparación a la bebida fermentada.....	63





# INTRODUCCIÓN

Los procesos de fermentación relacionados con la producción de pan y bebidas alcohólicas, como el vino y la cerveza, están entre las técnicas químicas más antiguas. Por miles de años, bebidas fermentadas, se han producido de enzimas y levaduras de origen natural presentes en los cereales y las frutas. Se cree que la civilización de la antigua China fue la primera en producir una bebida alcohólica destilada. Los hombres utilizan las fermentaciones para su provecho desde la prehistoria. El pan fermentado se conoce desde hace varios miles de años, al preparar el pan, vino o la cerveza, los hombres empleaban sin saberlo, y de una manera empírica, unos microorganismos muy útiles: las levaduras. En la época de Luis Pasteur, las teorías científicas reconocían la presencia de levaduras en la fermentación alcohólica, pero estas levaduras eran consideradas como un producto de la fermentación (Quintero, 2010).

La fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis fosberg*) se considera una de las más carnosas y más energéticas debido a su alta cantidades de agua e hidratos de carbono (en forma de almidón), además de las proteínas y lípidos que se presentan en cantidades superiores a otros frutos. El árbol de pan ofrece valioso sustento, sus frutos pueden prepararse de diversas formas y tienen un mayor contenido proteínico que otros alimentos como la yuca, la papa o el plátano. El fruto es feculoso y puede comerse crudo o frito, en consistencia y sabor se parece a la papa y en algunos sitios sustituye a la yuca y a la papa, la fruta pan de palo es un cultivo no convencional por lo cual existe poco conocimiento acerca del fruto (Arguiñano, 2000).

Además los productos funcionales contienen ciertos minerales, vitaminas o sustancias antioxidantes haciendo que contenga mayor cantidad del compuesto benéfico, estos nos ayudan a poseer un valor nutritivo que aportara un beneficio extra al organismo. (Natura, 2006). La malanga es un tubérculo rico en nutrientes, contiene entre un 15 y un 39 % de carbohidratos, de 2 a 3 % de proteína, de un 70 a 77 % de agua con un valor nutritivo comparable a las papas de mayor digestibilidad siendo así considerada con características funcionales (Escandón, 2013). En ciertas investigaciones se menciona que la malanga podría ser una fuente prebiótica para el crecimiento de organismos benéficos (Ríos, 2014). De las cuales destacan los fructanos, debido al alto contenido de almidón que esta posee así como

también propiedades funcionales las cuales destacan por su alto contenido de nutrientes (Ríos, 2014).

Los fructanos son sustancias a los que se les han asociado una serie de funciones en pro de la salud, dentro de las cuales destacan su efecto benéfico como prebiótico, en la disponibilidad de minerales, el fortalecimiento de los mecanismos de defensa, el mejoramiento del metabolismo de lípidos, así como la prevención de ciertas enfermedades (Ramirez, 2010).

La realización de la bebida a base del fruto árbol de pan, se realizara por etapas, las cuales comprende una series de experimentos, como los análisis fisicoquímicos, antioxidantes, grado de alcohol y análisis sensorial, cabe mencionar que la pulpa árbol de pan contiene muchas propiedades las cuales son de gran utilidad para la realización de esta bebida, ya que dentro de las características las cuales destacan a este fruto es la cantidad de hidratos de carbono y azucares que son esenciales para una buena fermentación.

La presente investigación propone solucionar el nulo aprovechamiento que presenta el fruto árbol de pan, mediante la implementación de un proceso tecnológico para la obtención de etanol a partir de la pulpa y elaborar una bebida alcohólica fermentada.

# JUSTIFICACIÓN

Una de las actividades que le abren grandes expectativas al Tecnólogo de Alimentos se relaciona con la producción e innovación de alimentos, ya sea en grande o pequeña escala, Un aspecto inherente a la actividad del tecnólogo es la permanente preocupación por la calidad del producto, siendo esta una variable determinante de los productos frente a las exigencias de la competitividad en los mercados globalizados. (Díaz, 2012).

El aprovechamiento de la pulpa de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus altilis fofsberg*) mediante la producción de una tecnología alimentaria, puede ser en la actualidad una alternativa sustentable para la elaboración de un aprovechamiento tecnológico. El fruto es poco conocido en México debido a que es un cultivo que generalmente crece en la zona costera del estado de Chiapas, además este es un cultivo no convencional. La tecnología de la fermentación es uno de los sectores donde se puede apreciar los beneficios aplicados a ámbitos hasta ahora considerados como tradicionales, el proceso de fermentación y conservación. Además, la fruta se considera una de las más carnosas, más energéticas debido a su alta cantidad de agua e hidratos de carbono (en forma de almidón) además de tener una buena fuente de vitaminas, calcio, hierro, zinc, sodio, potasio y ser considerada una fruta muy completa. Debido a que pertenece a la familia moraceae tiene propiedades funcionales, como actividad antioxidante, polifenoles totales entre otras. Es importante evaluar a los antioxidantes en la pulpa árbol de pan ya que tienen la capacidad de evitar o reducir la intensidad de las reacciones de oxidación, y puntualiza en grupos fotoquímicos como los tocoferoles y las isoflavonas (Coba, 2007).

Dentro de la clasificación de los fructanos encontramos a la inulina, esta es de gran importancia para la agregación a la bebida, ya que actúa como un prebiótico, y estimula el crecimiento de bacterias benéficas para el organismo. La inulina será extraída de la harina de la malanga puesto que este tubérculo posee características funcionales, así como también un alto valor nutritivo. Actualmente los productos funcionales están en auge ya que satisfacen necesidades nutricionales básicas, además los alimentos funcionales están evolucionando como estrategia potencial en la prevención de enfermedades crónicas (Ordoñez, 2015). Por lo anterior el objetivo es obtener etanol a partir de la pulpa de árbol de pan y elaborar una bebida alcohólica fermentada con características funcionales.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a que el cultivo de la fruta del árbol de pan en México no es convencional, no se cultiva intensamente, además se desconocen datos estadísticos acerca de la producción del fruto, teniendo en cuenta que en lugares como el sur de la India, cuya producción normal es de 150 a 200 frutos por año, y en el pacífico sur los árboles producen de 50 a 150 frutos por año, además de que el fruto de árbol de pan presenta propiedades altamente nutritivas y funcionales, es por ello que es necesario desarrollar innovaciones tecnológicas para el aprovechamiento de esta fruta como una alternativa sustentable para la elaboración de una bebida fermentada (Ragone, 2008).

Además la principal problemática del sector alimentario, el cual está relacionado principalmente con el manejo de frutos, indicando la necesidad de un impulso mayor a la investigación y desarrollo de alimentos hortícolas, a la introducción de nuevas tecnologías y difusión de las existentes y el establecimiento de una innovación tecnológica. (Ortega, 2005). Dentro de los tubérculos destaca en investigación la malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), del cual se puede obtener inulina, esto funciona como prebiótico las cuales poseen propiedades funcionales ya que estimulan el crecimiento de bacterias benéficas para el organismo (Reyes, 2016).

Por lo anterior, la presente investigación propone solucionar el nulo aprovechamiento que presenta el fruto árbol de pan, mediante la implementación de un proceso tecnológico para la obtención de una bebida fermentada a partir de la fruta del árbol de pan, con características funcionales proporcionada por la adición de la inulina de la malanga, así como de las propiedades intrínsecas del fruto del árbol de pan.

# OBJETIVOS

## GENERAL

Elaborar y evaluar fisicoquímicamente y sensorialmente una bebida fermentada funcional a partir del fruto árbol de pan (*Artocarpus altilis forsborg*), adicionada con inulina, con la finalidad de obtener un producto funcional.

## ESPECÍFICOS

Determinar las condiciones óptimas de crecimiento de la levadura y la producción de alcohol, durante la fermentación del fruto de pan.

Evaluar características fisicoquímicas de la bebida fermentada para determinar su calidad nutricional.

Evaluar la aceptabilidad del producto terminado mediante una escala hedónica.

## **HIPÓTESIS**

A partir de la pulpa de la fruta del árbol de pan es posible producir una bebida funcional con carácter simbiótico y actividad antioxidante.

# MARCO TEÓRICO

## FRUTOS EXÓTICOS

En los últimos años, los cambios en la alimentación mundial se orientan a una conciencia por alimentos saludables y con mayor valor nutricional. Solo en Estados Unidos, este mercado representa más de 450 mil millones de dólares.

SAGARPA define cultivos “exóticos” como productos no tradicionales, o aquellos productos agropecuarios nativos o de orígenes lejanos, sus características principales son:

- Mantienen volúmenes de producción relativamente modestos.
- Producción circunscrita a ciertas regiones o microclimas.
- Poco conocidos en los mercados y por los consumidores.

Especies exóticas de frutas y hortalizas tienen alto potencial de comercialización, pero es necesario introducirlas en ciertos sectores de la población que no los conoce, asistiendo a congresos o demostraciones de productos. recordando que los exóticos tienen demanda, pero no están disponibles en ciertas regiones fuera de México, y el potencial comercial que representan grupos étnicos minoritarios que viven en el exterior y anhelan acceso a productos criollos. (Uribe, 2008).

## ARBOL DE PAN (*ARTOCARPUS ALTILIS FOSBERG*)

En la actualidad, utilizar materias primas locales en la alimentación animal para disminuir las importaciones y la competitividad con respecto a la alimentación humana constituye una prioridad, siempre que se logre buena productividad y sostenibilidad (Perez, 2008).

El árbol de pan ofrece valioso sustento, sus frutos pueden prepararse de diversas formas y tienen un mayor contenido proteínico que otros alimentos como la yuca, la papa o el plátano. El fruto es feculoso y puede comerse crudo o frito, en consistencia y sabor se parece a la papa y en algunos sitios sustituye a la yuca y a la papa (Anónimo, 2008). El árbol del pan es erguido y de rápido crecimiento, llegando a 85 pies (26 m) de altura, a menudo con un tronco de 20 pies

(6 m), y de 2 a 6 pies (0.6-1.8 m) de ancho en ocasiones ampliado en la base, Tiene muchas ramas, algunas gruesas, con mucho follaje, otras largas y delgadas con el follaje agrupado sólo en las puntas. (Ragone, 2008).

### **DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA Y MORFOLÓGICA**

El árbol del pan debe tener un suelo profundo (figura 1), fértil y bien drenado. En Nueva Guinea, el árbol del pan se produce silvestre a lo largo de las vías fluviales y en los márgenes de los bosques de las llanuras inundadas, y, a menudo, en los pantanos de agua dulce. Se cree que hay una gran variación en la capacidad de adaptación de diferentes cepas a las condiciones climáticas y edafológicas, y que cada una debe ir acompañada de su propio medio ambiente.



**FIGURA 1. Plantación del árbol (Fosberg, 2009).**

Los nombres comunes son: Árbol del pan, fruta de pan, ñame de pan, pan de palo y pan de año son los nombres que recibe el árbol de nombre científico *Artocarpus Altilis fosberg*, de la familia morácea. Su nombre popular se debe a que la pulpa de su fruto tiene un aspecto y un sabor similares al del pan. El orden taxonómico se muestra en la tabla 1 (Arteaga, 2011).

**TABLA 1: ORDEN TAXONÓMICO DE *ARTOCARPUS ALTILIS FOSBERG***

Reino	<i>Plantae phylum</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Urticales</i>
Familia	<i>Morácea</i>
Genero	<i>Artocarpus</i>
Especie	<i>Altilis</i>

**(Arteaga, 2011).**

### **CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO**

*Artocarpus Altilis* es una especie tropical de tierras bajas y montañas bajas adaptada a los suelos profundos y bien drenados. En su área de introducción se ha naturalizado a unas elevaciones de hasta 700 m y ocasionalmente de hasta 1,000 m. Crece de manera pobre en los suelos inundados de manera periódica, pero puede sobrevivir en los suelos muy superficiales tales como aquellos que se desarrollan en material paterno calcáreo en las costas de muchas de las islas del Pacífico y el Caribe. Sin embargo, las tasas de crecimiento en tales sitios son bajas (Fosberg, 2009).

En el cultivo los árboles jóvenes de pan se plantan en agujeros enriquecidos de 40 cm de profundidad y 0.9 m de ancho que son primeramente elaborados quemando desechos en ellos para esterilizar el suelo, y luego se mezcla la tierra con insecticidas para proteger las raíces y brotes de gusanos. Los árboles se separan de 7.5-12 m en las plantaciones (Perez, 2013).

Su propagación es mediante semillas sexuales, hijos, estacas de tallo y raíz. A las semillas hay que cubrirlas con tierra para su germinación que se presenta a los diez días. El trasplante se realiza aproximadamente a los seis meses de la siembra, cuando la planta alcanza una altura de cuarenta cm (Fosberg, 2009).

Las frutas del árbol de pan son oblongas o globosas, como se observa en la figura 2, con una cáscara de color verde amarillenta y con marcas hexagonales y cubierta de púas carnosas. Miden de diez a treinta cm de diámetro y pesan aproximadamente entre uno y dos kg (Fosberg, 2009).



**FIGURA 2. Fruta del árbol de pan  
(Arango, Quijano, 2002).**

El interior de la fruta tiene muy poca pulpa comestible y consiste en una masa de semillas de color marrón, redondeadas y aplanadas de manera irregular debido a la compresión. Del peso total del fruto, el 49% es semilla, 21% cáscara, 21% pulpa y el 9% es corazón. Las frutas individuales contienen entre 12 y 151 semillas, aunque el número promedio de semillas para las frutas de un árbol individual es por lo usual de entre 50 y 100. (Arango, 2008).

Las semillas tienen una forma plana curvada y un tamaño de 3.5 cm (figura 3); posee dos cutículas o cascarillas protectoras, una externa leñosa y una interna apergaminada y delgada. El peso promedio por semilla es de 8.5 g. Del peso total de la semilla, el 75% es parte comestible y el 25% restante es cáscara o cutícula. El número de semillas por kilo es de 120 aproximadamente (Arango, 2008).



**FIGURA 3. Semillas de la fruta  
(Arango, Quijano, 2008).**

En el árbol de pan, las frutas maduras por lo usual se abren al caer del árbol, poniendo al descubierto una masa de semillas, muchas de las cuales comienzan a germinar antes de la caída de la fruta. Las semillas constituyen entre el 30 y el 50 por ciento del peso total de la fruta. Las semillas del árbol de pan tienen aproximadamente un tamaño de 3.5 cm (Arteaga, 2011).

Las hojas (figura 4) tienen lóbulos que llegan hasta la parte media comprendida entre el borde de la hoja y el nervio medio. Su tamaño es de 35 a 55 cm de largo. Las hojas presentan vellosidad en los nervios por su parte superior. (Ragone, 2008).



**FIGURA 4. Hojas del árbol de pan  
(Ragone, 2006).**

La flor femenina (figura 5) es redonda de cinco cm de diámetro que dura veintisiete días para formarse totalmente, pero permanece apta para fecundar sólo 16 días. (Ragone, 2008).



**FIGURA 5. Flor femenina  
(Ragone, 2006).**

La flor masculina (figura 6) es una vaina alargada de aproximadamente 12 a 30 cm, el cual necesita treinta y cinco días para formarse y caer del árbol, pero presenta una madurez sexual de sólo setenta y dos horas.



**FIGURA 6. FLOR MASCULINA  
(Ragone, 2006).**

Las flores masculinas y femeninas no son fértiles al mismo tiempo, ya que surge la polinización cruzada, que es cuando las flores son polinizadas por el viento y no por los insectos (Ragone, 2008).

## **COSECHA Y RENDIMIENTO**

### **Recolección:**

Es difícil de cosechar por su altura. El árbol produce en todo el año, pero hay dos o tres periodos de alta producción. Se pueden cosechar en distintos estados de madurez, dependiendo del uso que se le va a dar. Generalmente se cosechan cuando maduran, pero todavía están firmes. Se sabe que están maduras porque aparecen pequeñas gotas de látex en la superficie del fruto. Su cosecha se realiza manualmente, con un palo de horqueta, una segadora afilada o un cuchillo curvo, preferiblemente, el fruto no debe caer al suelo para evitar daños. Las semillas son recolectadas en frutos maduros y separadas de la pulpa, se considera mejor que la captura de los frutos a mano (Zerega, 2003).

En el Pacífico Sur, el rendimiento de los árboles es de 50 a 150 frutos por año. En el sur de la India, la producción normal es de 150 a 200 frutos por año. La productividad varía entre las zonas húmedas y secas. En las Antillas, una estimación conservadora es de 25 frutos por árbol (Zerega, 2003).

## **USOS COMO ALIMENTO**

Se le atribuye como alimento para cerdo, cociendo la fruta, o también transformando la fruta para una harina. Las semillas pueden ser hervidas, tratadas al vapor, asadas o cocidas en brasas para comerlas con sal (FAO, 2003).

**Fruta fresca:** se consume madura como fruta y verde como verdura. Nunca se debe consumir cruda. Como fruta se cocina, entera, en ensaladas, pelada y sin semillas, descorazonada con azúcar y mantequilla o sal y pimienta.

La pulpa se puede rebanar y asar en jarabe hasta que esta tostada y de color café. Se hacen pudines caseros de la pulpa cocinada, combinada con leche de coco, sal y azúcar; también postres endulzados y se preparan condimentos. Como verdura se consume sola, en ensaladas o en sopas cocinada, hervida, horneada o frita (FAO, 2003).

**Fruta procesada:** se hacen pulpas, dulces y postres, se deshidrata, se puede fermentar naturalmente o se hacen encurtidos, fermentándolas en salmuera, enteras, rebanadas en trozos o molidas en forma de pasta, y envasadas en vidrio o enlatadas. Se elabora harina de la fruta de pan y se utiliza como base para comidas instantáneas y para la industria panadera (FAO, 2003).

**Medicinal:** se cree que la cocción de las hojas baja la presión sanguínea y alivia el asma. El jugo de las hojas es utilizado como gotas ópticas. El látex se utiliza para heridas de la piel y diluido para la diarrea y dolores estomacales. Las flores secas se utilizan como repelente de mosquitos (FAO, 2003).

En Hawái, los frutos se cortan en trozos y se cuecen, para servirlos con mantequilla, azúcar o sal y pimienta, o cocinado con otras verduras, agregando tocino y leche como una sopa (Carrasco, 2010).

En las Bahamas, una sopa de fruta de pan se hace por ebullición de pedazos de fruta de pan inmadura en agua hasta que el líquido comience a espesar y, a continuación, añaden carne de

cerdo salada cocida, cebolla picada, pimienta blanca y sal, remueven hasta que espese, y agregan leche y mantequilla. El caldo resultante se cuele, se añade un poco de jerez y se vuelve a cocer a fuego lento hasta que esté listo para servir (Carrasco, 2010).

Muchos frutos en su composición nutricional presentan ciertas sustancias que permiten darles un valor agregado, principalmente fructanos, ya que estos estimulan el crecimiento de bacterias benéficas para el organismo y aportar minerales, fortalecimiento de mecanismos de defensa, el mejoramiento del metabolismo de lípidos.

## **MALANGA**

La malanga es un tubérculo rico en nutrientes y valioso en los países de clima tropical y subtropical. Los valores nutricionales y su fácil cocción unida a sus cualidades digestivas hacen de este cultivo un producto a tomar en cuenta en la dieta. Es una planta perteneciente a la familia Araceae, teniendo según algunos estudios de tubérculos, dos géneros por motivos geográficos. El género Colocasia originario del sureste de Asia que después se introdujo a América y el género Xanthosoma, cuyo origen son las Antillas en el continente americano. La duración del ciclo de crecimiento es de 270 a 330 días, durante los seis primeros meses se desarrollan cormos y hojas (Escandón, 2013).

## **CLASIFICACIÓN DE LA MALANGA**

La malanga pertenece a la familia de las Araceae teniendo dos géneros por motivos geográficos:

Género Colocasia originario del sureste de Asia, llegando hasta las Islas Canarias, para luego introducirse en el continente americano.

Género Xanthosoma originario de las Antillas desde antes del descubrimiento del continente americano. Entre los nombres comunes que recibe en algunos países se encuentra: Yautía, tania (Puerto Rico, Trinidad- Tobago), macal (México), quiscamote (Honduras), tiquizque (Costa Rica), otó 7 (Panamá), okumo (Venezuela), uncucha (Perú), mangarito, mangareto (Brasil), galuza (Bolivia), malangay (Colombia), malanga, sango (Ecuador) (Velazques, 2013).

## **PROPIEDADES**

La malanga contiene entre su composición un 15 y un 39 % de carbohidratos, de 2 a 3 % de proteína, de un 70 a 77 % de agua, además de tener un alto contenido de tiamina, rivotlamina, vitamina C, hierro, fibra, y niacina, tiene un valor nutritivo comparable a las papas de mayor digestibilidad. (Escandón, 2013).

## **COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL**

La composición de la química de los cormos es alta en nutrientes disponibles, carbohidratos y proteína, además de ser altamente digestivo, por lo que se le considera un excelente alimento. Se consume cocido y como harina para diversos usos como frituras. El cormo es color blanco y de excelente consistencia para poder preparar una gran variedad de platillos. Las partes esencialmente comestibles de la malanga, son el cormo y sus hojas, pero para poder ser consumido debe tener la precaución de que están bien cocidos o bien fritos, con el objeto de degradar los cristales de oxalato que contiene. Las hojas de la malanga, debido a su alto contenido vitamina A, son recomendadas para evitar las deficiencias de esta.

La malanga contiene una importante fuente de vitaminas y minerales como la tiamina, rivotlamina, hierro, fósforo, vitamina B6, vitamina C, niacina, potasio, cobre y magnesio, con un alto grado de fibra dietética y almidón, lo que lo hace un producto apetecido por Estados Unidos, la Unión Europea y Centroamérica (Escandón, 2013).

En relación a las vitaminas, la malanga es alta en unas pocas vitaminas que son importantes para el cuerpo. La vitamina C es un antioxidante que es importante para los sistemas y funciones corporales múltiples por otro lado la malanga tiene mucho que ofrecer en lo que respecta a los minerales: una ración tiene un 10% del valor diario de magnesio y fósforo aunque también ofrece un 13% de cobre. La malanga es una fuente excelente de potasio y magnesio, con un 18% de potasio y un 30% de manganeso. La composición química se muestra en la tabla 2 (Escandón, 2013).

**TABLA 2: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE 100 GR DE MALANGA DE PORCIÓN COMESTIBLE.**

Composición	crudo	Cocido
Humedad	71.9 gr	71 gr
Grasa	1.7 gr	1 gr
Proteínas	0.8 gr	0.2 gr
Carbohidratos	23.8 gr	25.7 gr
Fibras	0.6 gr	0.4 gr
Cenizas	1.2 gr	0.7 gr
Calcio	22 mg	26.0 mg
Fosforo	72 mg	32 mg
Hierro	0.9 mg	0.6 mg
Vitamina A	3 mg	
Tiamina	0.12 mg	0.08 mg
Riboflavina	0.02 mg	0.01 mg
Niacina	0.6 mg	04 mg
Ácido ascórbico	6 mg	
Energía	3808 Kcal/kg	3892 Kcal/kg

## **CORMO**

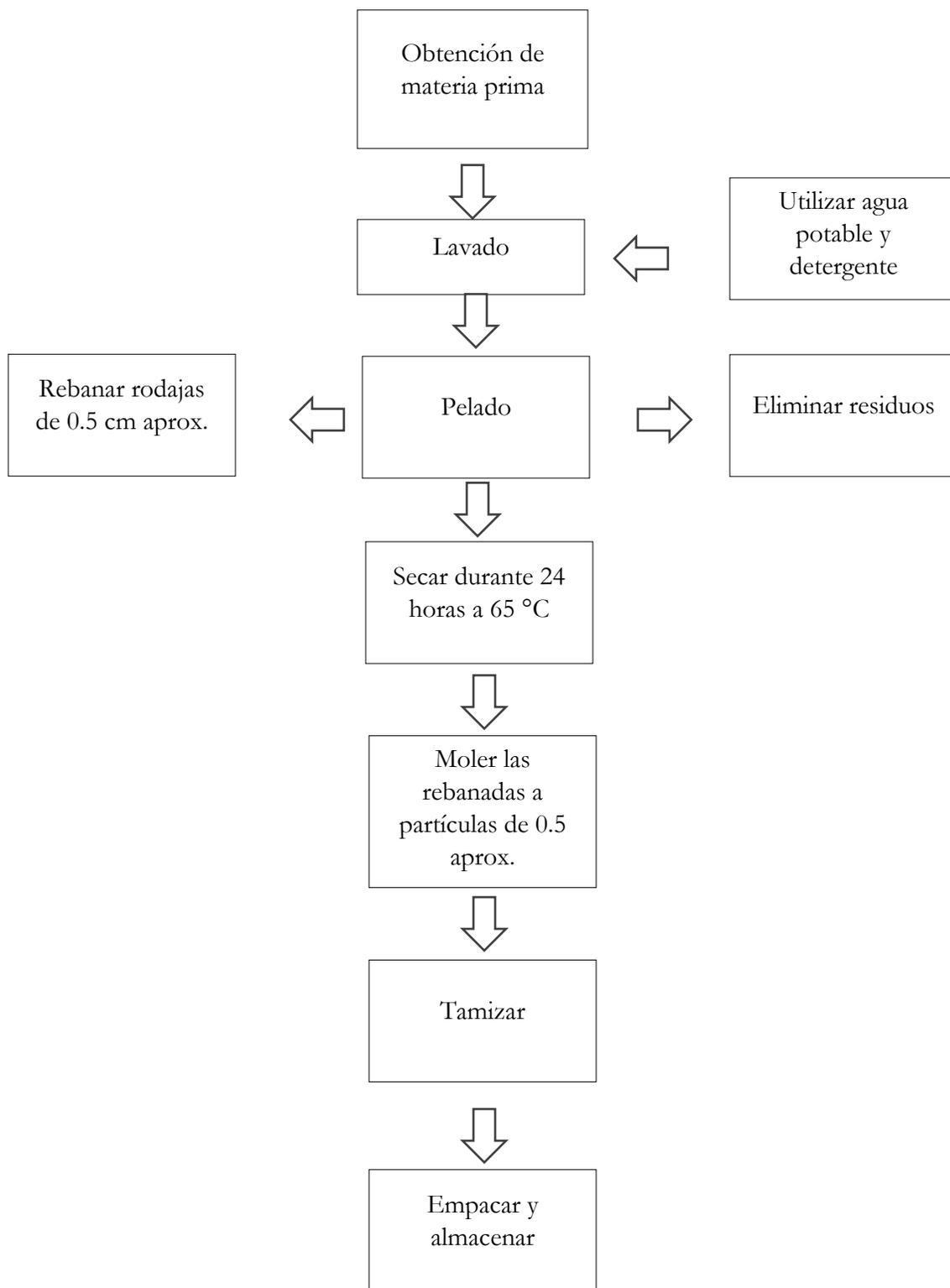
La malanga es una plántula cuyo órgano de interés agronómico está en la raíz comúnmente conocido como camote (botánicamente se le llama cormo), el cual es un tallo subterráneo modificado que se desarrolla muy rápidamente, tomando una forma cilíndrica: ahí es donde se almacenan gran cantidad de sustancias nutritivas, como carbohidratos. Del cormo central se desarrollan cormelos laterales recubiertos con escamas fibrosas. El color de la pulpa por lo general es blanco, pero también se presentan clones coloreados hasta llegar al violáceo (Escandón, 2013).

Internamente el cormo se divide en la zona cortical y el cilindro central. La primera es angosta, de apariencia compacta, está formada por parénquima de células isodiamétricas con alto contenido de almidón. En el cilindro central el tejido básico es parénquima, pero de células más irregulares y con paredes delgadas, constituidas principalmente por almidón. (Escandón, 2013).

En relación a su composición química, los cormos tienen una alta disposición en nutrientes, carbohidratos y proteína, además de ser altamente digestivo, por lo que se le considera un

excelente alimento. Los valores nutricionales y su fácil cocción unida a sus cualidades digestivas, los valores nutricionales hacen que sea un excelente producto, agregado su bajo costo en el mercado. (Escandón, 2013).

En general, las harinas de cereales, leguminosas, tubérculos o frutos secos, pueden ser utilizadas en la industria de alimentos como ingrediente en botanas, salsas, cremas, fideos, pastas, entre otros alimentos. Sin embargo la aplicación de estas harinas está relacionada directamente a su composición y propiedades funcionales que dependen de la fuente y condiciones del cultivo (Escandón, 2013).



**Figura 7. Diagrama de flujo de obtención de harina de malanga** (Martínez, 2013).

# FRUCTANOS

Los fructanos son polímeros de fructosa derivados de la molécula de sacarosa, la cual es un disacárido de fructosa y glucosa. Los fructanos que son sintetizados en la naturaleza son solubles en agua y son azúcares no reductores. Los fructanos de distinto origen pueden diferir por el grado de polimerización, la presencia de ramificaciones, el tipo de enlace entre las unidades de fructosa adyacentes y la posición de los residuos de glucosa. En la naturaleza se distinguen principalmente cinco clases estructurales de fructanos: inulina, levana, mezclas de fructanos ramificados, neo series de inulina y neo series de levana (Ramírez, 2010).

Los fructanos se encuentran en un amplio espectro de bacterias de diferentes fisiologías, en un número limitado de hongos y en aproximadamente el 15 % de especies de plantas de floración pertenecientes a las familias monocotiledóneas y dicotiledóneas, especialmente de climas templados y áridos.

## FUNCIONES FISIOLÓGICA DE LOS FRUCTANOS

Los fructanos son sustancias a los que se les han asociado una serie de funciones en pro de la salud, dentro de las cuales destacan su efecto benéfico como prebiótico, en la disponibilidad de minerales, el fortalecimiento de los mecanismos de defensa, el mejoramiento del metabolismo de lípidos, así como la prevención de ciertas enfermedades. A continuación se describen brevemente dichas funciones de los fructanos.

**Efecto prebiótico:** Se entiende por prebiótico a los componentes alimentarios no digeribles que benefician a la salud del huésped por estimulación selectiva del crecimiento y/o actividad de una o un número limitado de bacterias del colon. Dentro de las bacterias que son promovidas por la presencia de fructanos en el colon se encuentran las identificadas como bifidobacterias, las cuales realizan la fermentación de tales materiales. Durante el proceso de fermentación de ciertos fructanos del tipo oligofructosa o inulina se forman ácidos grasos de cadena corta y ácido láctico. Los ácidos grasos de cadena corta estimulan el crecimiento de las células de la mucosa colorrectal, retarda la atrofia de la mucosa y disminuye el riesgo de transformación maligna del colon.

Disponibilidad de minerales: Algunos constituyentes de los alimentos se consideran promotores potenciales de la absorción mineral, dentro de los que destacan los oligosacáridos no digeribles, especialmente los fructanos tipo inulina. Dentro de los minerales que se absorben de mejor manera en presencia de fructanos destacan el calcio y el magnesio. Ello a su vez tiene una consecuencia benéfica en la salud de los huesos, especialmente en lo relativo a su mineralización, densidad y reabsorción.

Mecanismos de defensa: Los fructanos afectan benéficamente una serie de funciones gastrointestinales, gracias a la modulación de su estructura, de la composición y de varias actividades de la mucosa y de la microflora. Se sabe también que afectan el epitelio intestinal mejorando la morfología de su mucosa, la composición de las mucinas, así como la resistencia a la colonización y las funciones químicas y enzimáticas del tracto gastrointestinal, reduciendo el riesgo de enfermedades relacionadas a la disfunción de la defensa gastrointestinal.

Metabolismo de lípidos: Diversos estudios han demostrado que los fructanos tipo inulina afectan el metabolismo de lípidos, particularmente a través de la disminución de la trigliceridemia y colesterolemia.

Prevención de enfermedades: Las principales enfermedades que se previenen por los fructanos tipo inulinas son: mitigación de estreñimiento, supresión de diarreas, especialmente las asociadas a infecciones intestinales, reducción del riesgo de osteoporosis, reducción de riesgo a la arterosclerosis cardiovascular asociada a dislipidemias, especialmente a hipertrigliceridemia y a la resistencia de insulina., reducción de riesgo a la obesidad y a la posibilidad de contraer diabetes tipo 2, ambas enfermedades asociadas a la resistencia de insulina, síndrome del intestino irritable, cáncer de colon inducido químicamente (Ramirez, 2010).

## **INULINA**

La inulina es un polisacárido no digerible que ha sido vinculado con la disminución de riesgo de diversas enfermedades tales como enfermedades cardiovasculares, cáncer de colon y osteoporosis. Posee importantes beneficios, principalmente en las industrias alimenticia y farmacéutica, en formulaciones de alimentos mejora las propiedades organolépticas, además de

ser un buen sustituto de grasas sin modificar las texturas, mencionando algunos como lácteos fermentados, confites, chocolates, bebidas, postres congelados, cereales, barras energéticas, cárnicos, productos de baja cantidad en grasas o azúcares debido a la baja cantidad de calorías que proporciona, preparaciones de frutas y jarabe de fructosa (Cortes, 2017).



**FIGURA 8: Fructano inulina** (Cortes, 2017).

#### **FUENTES DE OBTENCIÓN:**

Se han identificado alrededor de 36 000 especies vegetales que poseen cierto contenido de inulina, entre las plantas más representativas que producen fructanos se identifican las del grupo Liliaceae (ajo, cebolla, espárrago, ajo porro) y Compositae (achicoria, patata o tupinambo y yacon). Las especies con mayor contenido de inulina la almacenan en la parte subterránea de la planta. Otras especies (por ejemplo, en la familia Gramineae) presentan altos contenidos de fructanos en sus partes aéreas, pero con bajo rendimiento de extracción a nivel industrial. Se ha producido inulina en menor escala por medios microbianos orientados a la conversión enzimática de hongos (Cortes, 2017).

# BEBIDAS FERMENTADAS

## DEFINICIÓN

Las bebidas fermentadas son aquellas cuyo origen proviene de la fermentación. Este proceso químico se produce cuando se dejan reposar determinados vegetales y frutas de gran contenido en glucosa durante un periodo de tiempo largo y a una temperatura apropiada. En estas circunstancias algunos microorganismos que se encuentran en el aire y en la superficie de la fruta transforman la sacarosa en alcohol (Díaz, 2012).

## ANTECEDENTES

Las bebidas fermentadas tienen su origen en las culturas clásicas mediterráneas. Muchos expertos afirman que nacieron al mismo tiempo que la agricultura, probablemente por fermentación espontánea y casual de granos húmedos (cebada, trigo, uvas, dátiles).

La mayor parte de los historiadores sitúan el nacimiento del vino y la cerveza en Mesopotamia y aseguran que fueron un elemento importante en la alimentación habitual de los pueblos que configuraron la cuenca del Mediterráneo.

En la Edad Media las bebidas fermentadas ya eran consideradas alimentos, y se ofrecían como reconstituyentes de enfermos en hospitales y conventos. En esta época, en la que la seguridad microbiológica del agua no estaba garantizada, el consumo de bebidas fermentadas permitía una hidratación y alimentación más seguras. La razón se debe al propio proceso fermentativo, durante el cual la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) utilizada en la fermentación del vino y la cerveza, producía sustancias con acción antimicrobiana (Díaz, 2012).

## CLASIFICACIÓN

Las bebidas fermentadas pueden ser divididas en dos grupos, los vinos y las cervezas, en su contenido más amplio. Los vinos son fermentados de jugos de diversas frutas que contienen azúcares fermentables. Las especies de levaduras empleadas en la elaboración del vino suelen ser por regla general *Saccharomyces cerevisiae* aunque a veces también se emplean la *S. bayanus* y la *S. oviformis*, aunque en muchas variedades de vides la *Kloeckera apiculata* y la *Metschnikowia*

*pulcherrima* son levaduras endógenas capaces de participar en las primeras fases de la fermentación.

Mientras que las cervezas provienen de productos que contienen almidón, que se someten a la división enzimática por la diastasa, malteado, maceración y, a partir de los azúcares fermentables disponibles en las levaduras y las bacterias. La cerveza es una bebida alcohólica producida por la fermentación alcohólica mezcla de algunos cereales (en forma de malta) mezclados con agua. Los cereales empleados son por regla general: cebada, centeno, trigo, etc (Díaz, 2012).

El vino debido a la naturaleza de su obtención, se cree que los fermentadores fueron los primeros en aparecer en la historia del hombre, ya que cualquier jugo de fruta que quede expuesto por algunos días se puede fermentar debido a la temperatura y las levaduras naturales que hay en el ambiente, además de las que la fruta pueda traer consigo. En el caso del vino, es el resultado de la fermentación del jugo de la uva por acción de levaduras (Díaz, 2012)

La cerveza también es una bebida muy antigua que para su proceso de elaboración se requieren cereales malteados (germinados), ya que el almidón contenido en los cereales debe transformarse en azúcar para que se pueda fermentar por medio de levaduras y, de ese modo, obtener alcohol. El modo de obtener dicha azúcar es germinando el cereal, suele utilizarse cebada, pero también se pueden emplear otros granos como trigo o avena.

En cuanto a su tipo de fermentación se divide en:

Baja fermentación: se le llama así por la baja temperatura en que fermenta (de 0 a 4 °C), además de que la fermentación es en el fondo; la cerveza Lager tiene este tipo de fermentación.

Alta fermentación: aquí la fermentación sucede en la superficie y las temperaturas van de los 4 a los 24 °C para las Ale, Stout y Porter (Díaz, 2012)

La sidra es el resultado de la fermentación del jugo de manzana; aquí, las manzanas para sidra deben cumplir con tres características importantes: dulzor, acidez y tanino. Esta bebida fermentada alcanza entre 6° y 7° de alcohol, puede ser dulce o seca y también se puede encontrar gasificada (Díaz, 2012).

## FERMENTACIÓN

La fermentación es un proceso anaeróbico o parcialmente anaeróbico donde carbohidratos o compuestos relacionados son oxidados para producir energía. Aunque los microorganismos no se identificaron como agentes de contaminación de alimentos hasta el siglo XIX, la fabricación de vinos, panes, quesos han sido practicados por más de 4000 años. Es probable que los alimentos producidos por actividad microbiana fueran descubiertos por accidente (Vega, 2010).

Pasteur reconoció la importancia de los microorganismos en la contaminación de los vinos y Appert fue el primero en utilizar calor para destruir organismos en la industria de enlatados. Conocemos que microorganismos específicos pueden producir cambios en la materia prima por la acción de enzimas microbianas en el substrato orgánico (alimento) (Vega, 2010).

Estos mismos microorganismos inhiben a su vez el crecimiento no deseado de otros organismos, debido principalmente a la producción de productos como resultado de la acción metabólica en la materia prima. Sustancias producidas por microorganismos como ácido láctico, etanol y ácido acético, entre otras, tienen características reconocidas como preservativos inhibiendo el crecimiento de otros microorganismos (Vega, 2010).

Otros efectos benéficos obtenidos por los procesos de fermentación para la producción de alimentos son: duración del producto terminado es mayor que la materia prima; cambio en aroma y sabor y aumento en contenido de vitaminas y digestibilidad (Vega, 2010).

Los organismos que se utilizan para procesos de fermentación industrialmente deben tener las siguientes características:

1. Debe ser capaz de crecer rápidamente en el sustrato y ambiente adecuado, y de cultivarse fácilmente en grandes cantidades.
2. Capaz de mantener constancia fisiológica bajo las condiciones de cultivo y producir abundantemente las enzimas esenciales para que ocurran los cambios deseados.
3. Condiciones requeridas para crecimiento máximo y producción de alimento deben ser simples.

## TÉCNICA PARA OBTENER ETANOL

El proceso típico de producción de alcohol por lotes a partir de la sacarosa se denomina el proceso Melle Boinot. Comprende la esterilización de la materia prima seguida del ajuste del PH con  $H_2SO_4$ , el mosto obtenido se somete a fermentación. El producto resultante se decanta y centrifuga para recuperar el etanol, mientras que la levadura se recircula a los fermentadores.

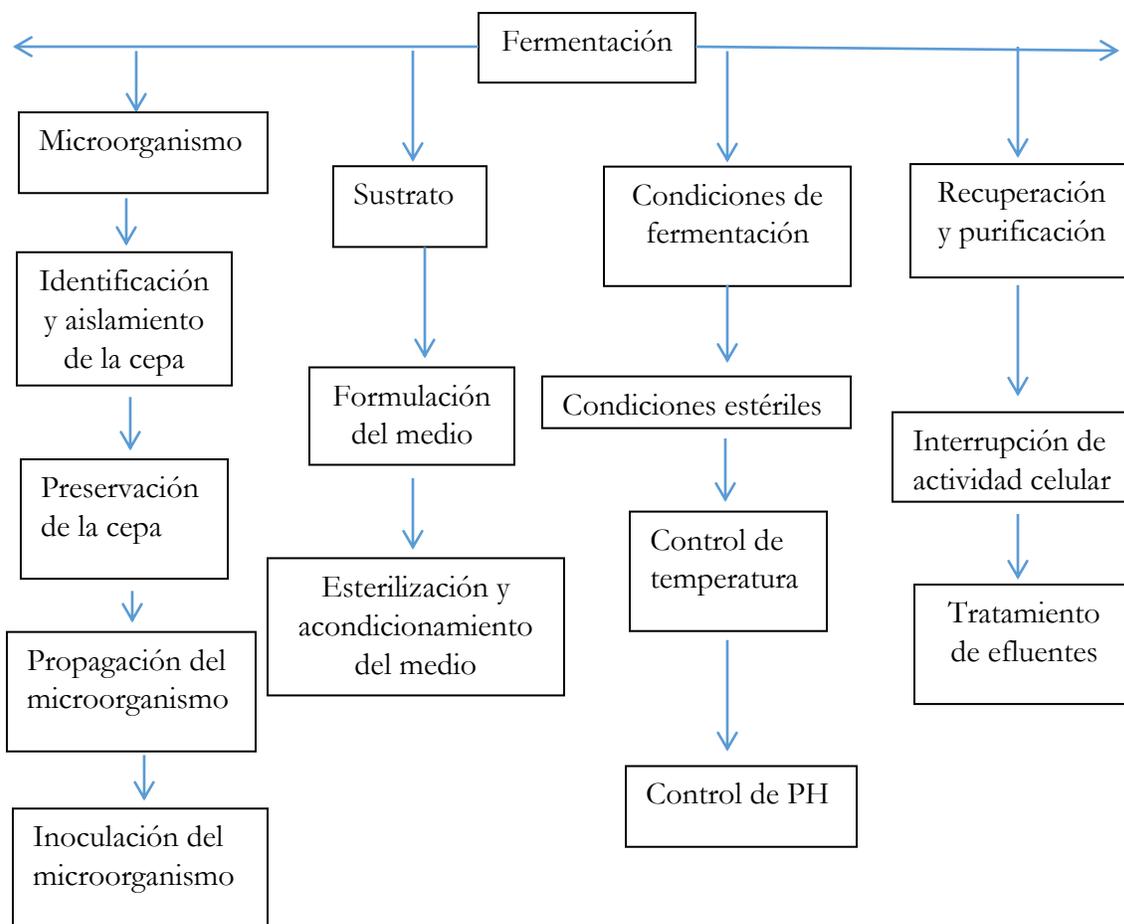


Figura 9. Requerimientos generales de un proceso fermentativo (Vega, 2010).

# TIPOS DE FERMENTACIONES

## Fermentación acética

La fermentación acética es uno de los tres tipos principales de fermentación que son capaces de llevar a cabo las bacterias y otros microorganismos. Estrictamente hablando la fermentación acética no es una fermentación, sino que metabólicamente es una oxidación y las fermentaciones, tanto la alcohólica como la láctica, se caracterizan por llevarse a cabo en condiciones de anabólica o al menos de baja presión parcial de oxígeno. La transformación del alcohol etílico en ácido acético se lleva a cabo en la bacteria mediante una cadena de 3 enzimas. Estequiométricamente hablando estas bacterias son capaces de producir una mol de ácido acético por cada mol de etanol presente en el medio, por lo que su eficiencia es enorme (Vega, 2010).

La primera enzima:

Llamada alcohol deshidrogenasa tiene como sustrato el alcohol etílico y lo transforma en acetaldehído. Durante este paso del metabolismo del etanol se elimina un hidrógeno del etanol que pasa a reducir al NAD, una molécula de almacenamiento de energía. De esta manera el alcohol, al perder un hidrógeno se oxida, es decir, el balance oxígeno/ hidrógeno de la molécula tiende al oxígeno. En este proceso el NAD queda reducido a NADH. Este paso supone una “vuelta atrás” pues el paso de acetaldehído a etanol forma parte de la fermentación etílica que llevan a cabo otras bacterias (Contreras, 2014).

Segunda enzima:

El acetaldehído es hidratado, para ello la bacteria emplea una molécula de agua. Convirtiendo el acetaldehído en acetaldehído hidratado.

La tercera enzima:

La obtención de ácido acético es una segunda oxidación ésta se lleva a cabo mediante la enzima acetaldehído deshidrogenasa que libera otra molécula de hidrógeno que será captada por otro NAD y producirá una molécula de ácido acético (Contreras, 2014).

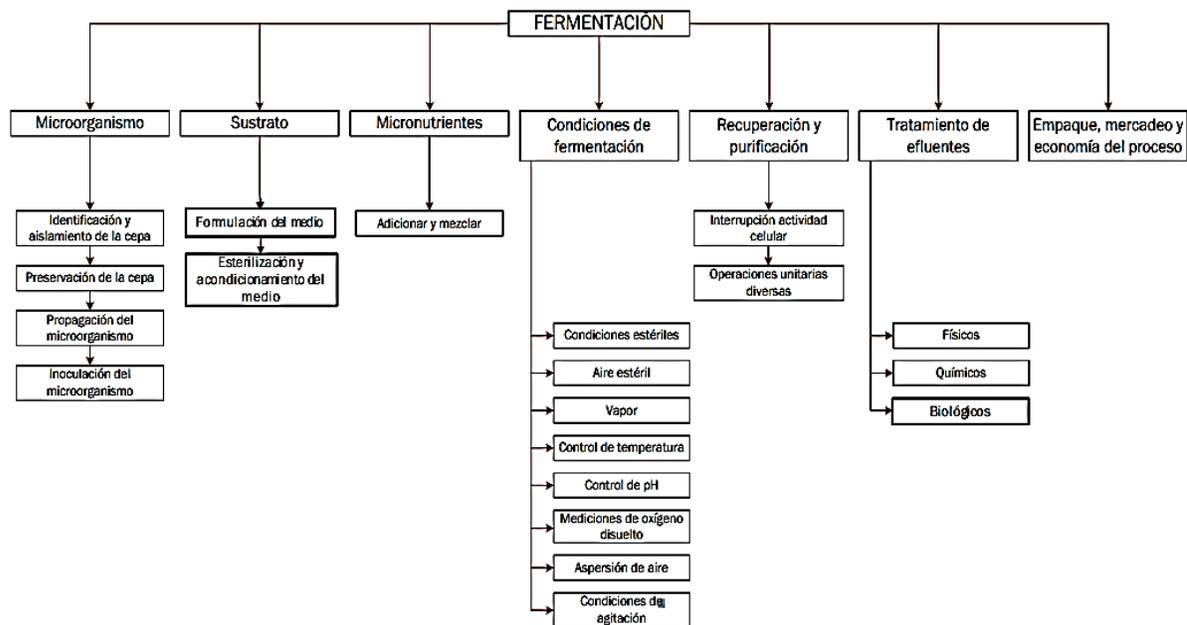


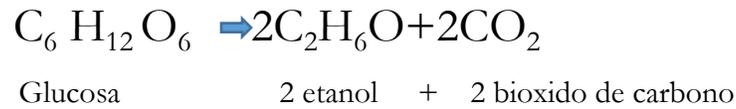
Figura 10. Producción de Etanol vía Fermentativa (Mariscal, 2011).

## LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

La fermentación alcohólica es una bioreacción, un proceso anaeróbico que permite degradar azúcares en alcohol y dióxido de carbono. Las principales responsables de esta transformación son las levaduras. A través de la fermentación alcohólica es posible generar bebidas con un contenido de etanol de 12% (aunque se pueden obtener de hasta 20%), pudiendo fermentarse tanto sustancias dulces como glucosa o sacarosa, como sustancias amiláceas obtenidas de distintos granos (Anda y Saitz, 2011). La *Saccharomyces cerevisiae*, es la especie de levadura usada con más frecuencia. Por supuesto que existen estudios para producir alcohol con otros hongos y bacterias, como la *Zymomonas mobilis*, pero la explotación a nivel industrial es mínima (Vazquez, 2007).

El ATP se produce en las fermentaciones en un proceso que se llama fosforilización a nivel de sustrato, en la que el ATP se sintetiza durante etapas enzimáticas específicas en el catabolismo

del compuesto orgánico. Un ejemplo de fermentación es el catabolismo de la glucosa por levaduras en ausencia de oxígeno.



**Figura 11. Proceso química de fermentación alcohólica**

En esta reacción parte de los átomos de carbono terminan en  $\text{CO}_2$ , una forma más oxidada que la de los átomos de carbono de la molécula que partió, mientras que los otros átomos de carbono terminan en etanol, que es más reducido que la glucosa.

La energía liberada en la reducción de la glucosa a etanol es  $-238.8 \text{ KJ/mol}$  se conserva por fosforilaciones a nivel de sustrato en forma de enlaces fosfato de alta energía en el ATP, con una producción neta de dos de estos enlaces (Nieto, 2009).

## **FERMENTACIÓN LÁCTICA**

La fermentación láctica es un proceso celular anaeróbico donde se utiliza glucosa para obtener energía y donde el producto de desecho es el ácido láctico. Este proceso lo realizan muchas bacterias (llamadas bacterias lácticas), hongos, algunos protozoos y en los tejidos animales. En efecto, la fermentación láctica también se verifica en el tejido muscular cuando, a causa de una intensa actividad motora, no se produce una aportación adecuada de oxígeno que permita el desarrollo de la respiración aeróbica (Vázquez, 2007).

Cuando el ácido láctico se acumula en las células musculares produce síntomas asociados con la fatiga muscular. Algunas células, como los eritrocitos, carecen de mitocondrias de manera que se ven obligadas a obtener energía por medio de la fermentación láctica; por contra, las neuronas mueren rápidamente ya que no fermentan, y su única fuente de energía es la respiración (Vázquez, 2007).

En condiciones de ausencia de oxígeno (anaerobias), la fermentación responde a la necesidad de la célula de generar la molécula de NAD<sup>+</sup>, que ha sido consumida en el proceso energético de la glucólisis. En la glucólisis la célula transforma y oxida la glucosa en un compuesto de tres átomos de carbono, el ácido pirúvico, obteniendo dos moléculas de ATP; sin embargo, en este proceso se emplean dos moléculas de NAD<sup>+</sup> que actúan como aceptores de electrones y se reducen a NADH. Para que puedan tener lugar las reacciones de la glucólisis productora de energía es necesario reoxidar el NADH; esto se consigue mediante la cesión de dos electrones del NADH al ácido pirúvico, que se reduce a ácido láctico. (Vázquez, 2007).

Desde hace muchos años la humanidad ha encontrado diferentes descubrimientos y sobre todo mayor comprensión sobre sí misma y el medio que lo rodea. Uno de los grandes descubrimientos fue la existencia de microorganismos que no son visibles a simple vista que, a pesar de ser tan diminutos, son seres vivos. Así pues, descubrieron que algunos de ellos son los causantes de procesos naturales, como la descomposición de materia orgánica, al igual causantes del efecto de esponjar el pan, de crear el yogurt, y por supuesto la fermentación en algunas bebidas, entre otras (Montaño, 2010).

## **MICROORGANISMOS EMPLEADOS EN LAS FERMENTACIONES**

### **1. Sacaromicetos**

- *Saccharomyces ellipsoideus*. Es una de las levaduras más activas en la vinificación. Fermenta glucosa, sacarosa y maltosa.
- *Saccharomyces apiculatus*. Tiene mucha importancia en la fermentación del vino y de la sidra. Sólo fermenta la glucosa. Deja de reproducirse cuando la concentración alcohólica de un líquido alcanza un 3-4 %.
- *Saccharomyces cerevisiae*. Se desarrolla en el mosto de la cerveza.
- *Saccharomyces carlsbergensis*. Se desarrolla en el mosto de la cerveza. Fermenta glucosa, maltosa y sacarosa.
- *Saccharomyces pastorianus*. Hay 3 variedades, una de ellas produce vinos secos de sabor áspero. Las otras actúan sobre la cerveza produciendo líquidos turbios y de sabor amargo. (Casado, 2014).

## 2. No sacaromicetos

- *Torula*. Forma velo en los líquidos fermentados comunicando sabores amargos y desagradables.
- *Mycoderma vini* y *M. cerevisiae*. Producen también velo en la superficie de los líquidos. El primero es aerobio, transformando el alcohol en CO<sub>2</sub> y agua (flores del vino) (Casado, 2014).

## CINÉTICA MICROBIANA

La cinética de crecimiento microbiano constituye una de las operaciones más utilizadas por la ingeniería alimentaria y la biotecnología, por lo tanto, es menester conocer los diferentes mecanismos de crecimiento, así como, la forma de cuantificación de los mismos, sus formas de aplicación, las ventajas y desventajas de los diferentes métodos, y sobre todo el monto económico de cada uno de ellos (Santos, 2007).

El crecimiento microbiano hace referencia al aumento del número de microorganismos a lo largo del tiempo y no al aumento de tamaño de un microorganismo. El aumento del número de microorganismos permite la formación de colonias o de poblaciones. Es por eso que en microbiología el crecimiento se estudia por poblaciones y no en microorganismos individuales. Las bacterias se reproducen generalmente por fisión binaria. El resultado de la fisión binaria son dos células hijas por cada célula madre, así, una célula se divide en dos, dos en cuatro y cuatro en ocho y así sucesivamente (Santos, 2007).

El intervalo de tiempo que transcurre para la formación de dos células a partir de la célula madre se llama tiempo de generación o tiempo generacional y al igual que la tasa de crecimiento o cambio en el número de células por unidad de tiempo, varía en dependencia de las condiciones genéticas de las bacterias y de los factores nutricionales (Santos, 2007).

## **FASE DE LATENCIA**

La fase de latencia, es el periodo de ajuste que las células experimentan al ser transferidas de un medio al otro antes de iniciar su crecimiento. En esta fase se producen las enzimas necesarias para que ellos puedan crecer en un nuevo medio ambiente. En esta fase no hay incremento en el número de células, pero hay gran actividad metabólica, aumento en el tamaño individual de las células, en el contenido proteico, ADN y peso seco de las células (González, 2015).

## **FASE EXPONENCIAL O FASE LOGARÍTMICA**

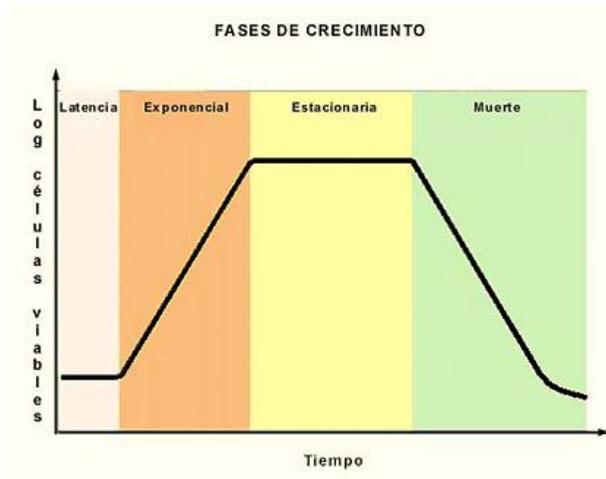
La fase exponencial o logarítmica es aquella durante la cual los microorganismos crecen y se dividen hasta el nivel máximo posible, en función de su potencial genético, tipo de medio y condiciones en que crece. En este periodo hay una relación lineal entre el logaritmo del número de células (o cualquier otra propiedad medible de la población) y el tiempo. Los microorganismos se dividen y duplican en número en intervalos regulares. Como cada célula se divide en un momento ligeramente diferente del resto, la curva de crecimiento aumenta suavemente, en lugar de realizar discretos saltos (Gonzales, 2015).

## **FASE ESTACIONARIA**

La fase estacionaria es resultado del agotamiento de los nutrientes disponibles o del efecto de acumulación de productos tóxicos de metabolismo que tienen como consecuencia la disminución de la velocidad del crecimiento. La transición entre la fase exponencial y la fase estacionaria se caracteriza por un crecimiento desequilibrado, durante el cual los diversos componentes celulares son sintetizados a diferentes velocidades (Gonzales, 2015).

## **FASE DE MUERTE**

La fase de muerte es consecuencia de diversos factores: uno importante es el agotamiento de las reservas celulares de energía. Al igual que el crecimiento, la muerte también asume una fusión exponencial que puede ser representada por una disminución lineal del número de las células viables a lo largo del tiempo como se observa en el ejemplo de la figura 12 (Gonzales, 2015).



**Figura 12. Cinética microbiana (Jennifer, 2012).**

El proceso de adaptación de los microorganismos a las condiciones del medio en que se encuentran depende de varios factores como es el caso de la composición del medio mismo o del estado fisiológico de manera distinta en la predicción de la cinética de los microorganismos. Dichas respuestas de los microorganismos a las condiciones de crecimiento pueden ser evidenciadas a través de sus parámetros de crecimiento como son el tiempo de generación y la velocidad de crecimiento.

### **TIEMPO DE GENERACIÓN (TD):**

El tiempo de generación es el tiempo necesario para duplicar la población microbiana. Se define como el tiempo requerido para que todos los componentes del cultivo aumenten en un factor de 2.

Durante este periodo de generación el número de células y la masa celular se duplica. El tiempo de generación varía entre los distintos microorganismos. Muchas bacterias tienen tiempos de generación de 1-3 horas, conociéndose pocos microorganismos que crezcan muy rápidamente dividiéndose en menos de 10 minutos. Otras tienen tiempos de generación de varias horas o incluso días. El tiempo de generación es útil como indicador del estado fisiológico de una población celular, y es usado con frecuencia para comprobar el efecto negativo o positivo de un determinado tratamiento sobre un cultivo microbiano (Madigan, 2015).

## **VELOCIDAD DE CRECIMIENTO ( $\mu$ MAX)**

Como ya se ha indicado anteriormente, el crecimiento se define como un incremento en el número de células microbianas en una población, lo cual también puede ser medido como un incremento en masa microbiana en este contexto, la velocidad de crecimiento se define como el cambio en número de células o masa celular por unidad de tiempo.

Un cultivo microbiano creciendo en equilibrio imita una reacción auto catalítica de primer orden, es decir, la velocidad del aumento de bacterias en un tiempo dado es proporcional al número o masa de bacterias presentes durante ese tiempo.

La tasa del crecimiento exponencial se ve influenciada por las condiciones ambientales (temperatura, composición del medio), así como por las características genéticas del microorganismo (Madigan, 2010).

## **FACTORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y AMBIENTALES SOBRE EL CRECIMIENTO MICROBIANO**

### **TEMPERATURA**

El control de la temperatura se encuentra entre los factores más críticos precisos para el logro de un suministro alimentario que reúna las propiedades sanitarias y organolépticas correctas. Probablemente sea la temperatura la más importante de los factores ambientales que afectan a la viabilidad y el desarrollo microbiano. El factor que más influye sobre el efecto de la temperatura en el crecimiento es la sensibilidad de las reacciones catalizadas por enzimas a determinadas temperaturas.

En condiciones de baja temperatura, un aumento eleva la velocidad de crecimiento, porque la velocidad de una reacción catalizada por enzimas, como de cualquier reacción química casi se duplicará por cada incremento de 10 °C. Como la velocidad de cada reacción aumenta, el metabolismo en general es más activo a temperaturas altas, y el microorganismo crece más rápidamente. A partir de cierto punto, un mayor incremento de la temperatura disminuye la

velocidad de crecimiento ocasionan daños a los microorganismos al desnaturalizar las enzimas, las proteínas transportadoras y otras proteínas.

Cada microorganismo tiene una temperatura de crecimiento adecuada. Si consideramos la variación de la velocidad de crecimiento en función de la temperatura de cultivo, podemos observar una temperatura mínima Por debajo de la cual no hay crecimiento; a temperaturas mayores se produce un incremento lineal de la velocidad de crecimiento con la temperatura de cultivo hasta que se alcanza la temperatura óptima a la que la velocidad es máxima. Por encima de esta temperatura óptima, la velocidad de crecimiento decae bruscamente y se produce la muerte celular (Madigan, 2010).

## **POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)**

El pH es una medida de la actividad de los iones de hidrógeno de una solución que se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno (expresado en moles). Es decir, cambio de una unidad de pH representa un cambio de 10 veces en la concentración de iones de hidrógeno. Por eso, por ejemplo, el vinagre (con un pH aproximado a 2) y el amoníaco doméstico (con un pH aproximado a 11) tienen una diferencia de concentración de iones de hidrógeno aproximada a un billón de veces.

Cada especie tiene un intervalo definido de pH óptimo para su crecimiento. Aunque los microorganismos crecen a menudo en medios en un amplio de intervalo pH, su tolerancia tiene un límite. Variaciones intensas en el pH pueden dañar a los microorganismos alterando la membrana plasmática o inhibiendo la actividad de las enzimas y proteínas transportadoras. Los cambios en el pH externo pueden modificarse también la ionización de las moléculas de nutrientes, disminuyendo, por ello, su disponibilidad para el organismo (Madigan, 2015).

## **NUTRIENTES:**

Los microorganismos requieren para su desarrollo los siguientes elementos: agua, fuentes de energía, fuente de nitrógeno, vitaminas y otros factores de crecimiento y minerales. Los hongos tienen las necesidades de agua más reducidas, seguidos de las levaduras, bacterias Gram negativas y bacterias Gram positivas. Los microorganismos pueden utilizar azúcares, alcoholes y aminoácidos como fuente de energía. Algunos de ellos son capaces de emplear la energía de carbohidratos complejos, como almidones y celulosa, ya que tienen la capacidad de degradar estos compuestos hasta azúcares sencillos. También las grasas son utilizadas como fuentes de energía, aunque sólo un número relativamente pequeño de los microorganismos de los alimentos son capaces de degradarlos.

Los aminoácidos constituyen la fuente primaria de nitrógeno para los organismos heterotróficos. Un gran número de otros compuestos nitrogenados también pueden cumplir esta función con relación a las diversas clases de organismos.

Por ejemplo, ciertos microorganismos son capaces de utilizar nucleótidos y aminoácidos libres, mientras que otros emplean péptidos y proteínas (Madigan, 2015).

# METODOLOGÍA

## DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

**Tipo de diseño:** Experimental

La presente investigación es de tipo experimental con enfoque cuantitativo, se llevará a cabo por etapas; evaluar la cinética microbiana, de la levadura *Sacharomyces ellipsuideo*, elaboración de la bebida funcional, evaluar la supervivencia de la levadura e inulina como potencial simbiótico y realizar análisis fisicoquímicos.

## Materia prima

Para la obtención de la fruta del árbol de pan será recolectada en el municipio de Tapachula Chiapas Se utilizará 2 kilos en fresco de la pulpa de árbol de pan, para la elaboración de una formulación establecidas en este proyecto, la cual es 1º nivel (mezcla de pulpa árbol de pan y manzana verde) se usaran 3 variables las cuales son, 50% de la mezcla y 50% de agua + 1 g de inulina, 80% de la mezcla y 20% de agua + 1.5 g de inulina y 100% de la mezcla + 2.5 g de inulina.

## DISEÑO EXPERIMENTAL

Un diseño aleatorizado de 1x3 donde los niveles y las variables son las siguientes.

Para la extracción de etanol a partir de la fruta *Artocarpus altilis forsborg* (árbol de pan) se utilizará un diseño factorial de  $1 \times 3^3$  con 1 nivel y tres variables por nivel, Para el caso del 1º nivel (mezcla de árbol de pan con manzana) se usaran 3 variables las cuales son, 50% de la mezcla y 50% de agua + 1 g de inulina, 80% de la mezcla y 20% de agua + 1.5 g de inulina y 100% de la mezcla + 2.5 g de inulina, como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3. Diseño de experimentos**

Niveles	Variables
Mezcla de pulpa de árbol de pan y manzana	50% mezcla y 50% de agua + 1 g de inulina
	80% mezcla y 20 % de agua+ 1.5 g de inulina
	100% mezcla + 2.5 g de inulina

### **ELABORACIÓN DE LA BEBIDA**

Previo a la elaboración de la bebida, se pasteurizará la mezcla del fruto de árbol de pan y manzana, al igual que la inulina. Una vez homogenizadas las mezclas estas se inocularán con *Sacharomyces ellipsoideus* para su fermentación durante 48 horas a 37°C. Durante la fermentación se cuantificará el crecimiento microbiano, la producción de etanol, mencionado arriba. Una vez obtenidas las bebidas, se embotellarán y se evaluarán sensorialmente.

### **EQUIPOS:**

- Balanza Analítica (TE601,sartotius®, EUA)
- Refrigerador (RM44W04,mabe ®,México)
- Autoclave (CV300,aesa®, México)
- Potenciómetro (pH 209, HANNA®, México)

### **SITIO EXPERIMENTAL**

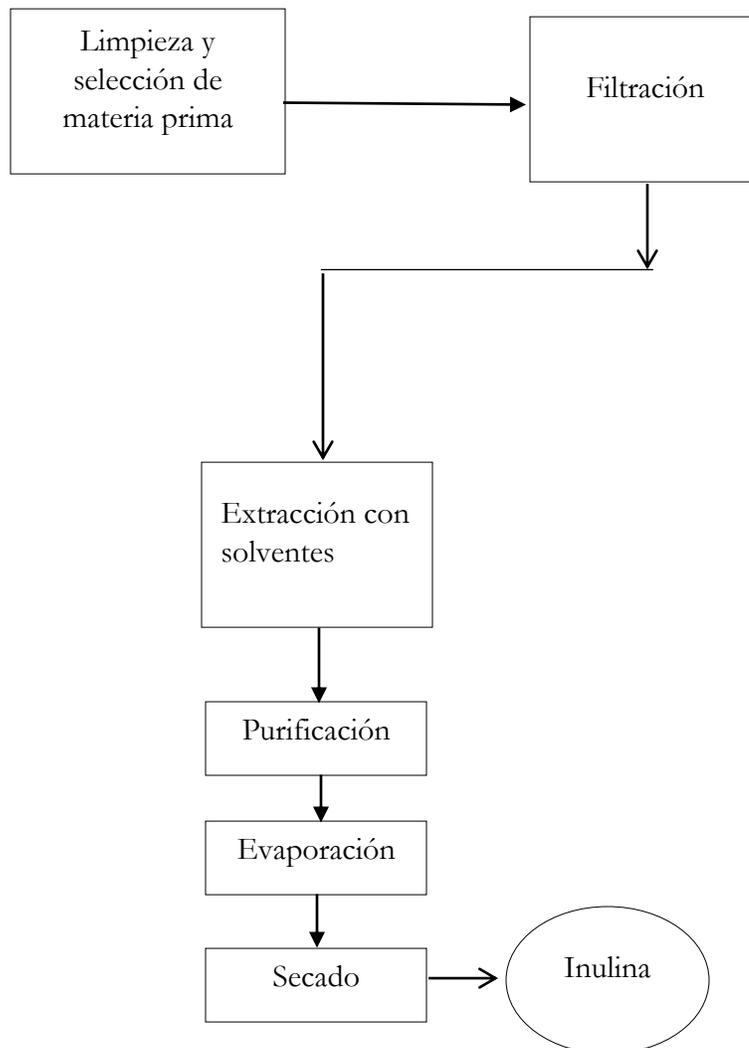
El presente trabajo se realizará en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Funcionales (LIDPF), de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas ubicado Libramiento Norte Poniente 1150, Colonia Lajas Maciel, en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

### **MATERIAL BIOLÓGICO**

El microorganismo utilizado *Sacharomyces ellipsoideus*, se aisló en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas a partir de muestras obtenidas en el Laboratorio de Microbiología de la Unidad de Investigación y Desarrollo.

## **ESTRATEGÍAS METODOLÓGICAS**

En la actualidad, se han propuesto métodos adicionales para la extracción de inulina, el método convencional de la extracción, secado y cristalización y un método nuevo empleando CO<sub>2</sub> supercrítico en una cámara de extracción a elevada temperatura y presión, este se destaca por ser una de las tecnologías de última generación con gran selectividad de componentes. Cabe destacar que un proceso básico de obtención de inulina se basa principalmente en 6 etapas como se muestra en la Figura 12 (Cortez, 2017).



**Figura 16. Proceso de obtención de fructanos (inulina).**

## **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE INULINA**

### **Limpieza y selección de materia prima**

Primero se selecciona el tubérculo de la malanga, que esté libre de daños físicos, y en buen estado, se lava previamente a su troceo y se deja secar durante 20 minutos.

### **Filtración**

Una vez troceado en pequeños pedazos el tubérculo de la malanga, se procede a licuar con agua destilada, se filtra mediante una malla y se obtiene el filtrado final en un vaso de precipitado.

### **Extracción con solventes**

Al filtrado final se le agrega etanol al 90 %, a una proporción de 237 ml de etanol por cada 100 ml de filtrado del tubérculo de la malanga. Se deja en refrigerador por 24 horas para luego recoger el sobrenadante.

### **Purificación**

Una vez pasadas las 24 horas de reposo, se retira el sobrenadante, y se mete a refrigeración durante 3 horas.

### **Evaporación**

Una vez pasadas las 3 horas, se procede a meter a baño maría la muestra, hasta evaporar el etanol presente.

### **Secado**

El precipitado obtenido es separado por centrifugación a 10,000 rpm durante 20 minutos el precipitado es secado a 45° C por un lapso de 12 horas, donde se obtiene finalmente la inulina.

## CINÉTICA MICROBIANA

### REACTIVACIÓN DE LA CEPA *SACHAROMYCES ELLIPSOIDEUS*

Para la reactivación, primero se inoculó 50 µl de la cepa en 5 ml de medio papa-dextrosa (pH 4). Posteriormente, pasadas 48 horas, se inoculó 1 mL del medio de la cepa reactiva en agar papa-dextrosa (PDA) por técnica de vaciado, igual que en el paso anterior esperar 48 horas. Pasadas las 48 horas, se realizó una observación microscópica para corroborar la cepa, se inocula en estría en tubos inclinados (8mL de PDA). Se guardarán estos tubos para llevar a cabo la fermentación.

### FERMENTACIÓN ANAEROBIA

TABLA 4: ALÍCUOTAS DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN

Tiempo (Horas)	Tubos	Cantidad de muestra por tubo (ml)
0	2	1
2	2	1
4	2	1
6	2	1
8	2	1
10	2	1
12	2	1
14	2	1
16	2	1

Una vez obtenidas las muestras de la cinética, estas se inocularán por técnica de vaciado en placa para la obtención de las UFC/mL de la hora de crecimiento en específico, al igual que la cantidad de alcohol producido a las 16 horas.

## **TÉCNICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE**

Para determinar la actividad antioxidante del fruto árbol de pan se realizó mediante el método ABTS (Ácido 2,2'-azinobis (3- etilbenzotiazolín)-6- sulfónico). (Anexo 1).

## **DETERMINAR EL PORCENTAJE DE ALCOHOL DE LA BEBIDA TERMINADA**

### **Destilación**

Fundamento:

El grado alcohólico de una bebida es el contenido de alcohol etílico expresado en volumen de alcohol por 100 ml de bebida, o en gramos de alcohol por 100 ml de bebida si se expresa como grado alcohólico en peso. Los métodos de determinación se basan en la destilación del alcohol etílico y otros componentes volátiles (metanol, alcohol isopropílico, aldehídos, ésteres) el enrase a un volumen determinado y la medida de la densidad o el índice de refracción (Medina, 2002).

El método se realizó mediante una destilación y se pudo leer mediante el porcentaje en volumen de alcohol destilado (anexo 1).

## **COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL**

Los análisis proximales son necesarios para saber el contenido de proteínas, cenizas y humedad de la pulpa del árbol de pan. De acuerdo a los métodos oficiales que la AOAC (1998) señala.

Proteína cruda se desarrollará mediante el método AOAC (1980) (anexo 2). Su análisis se efectúa mediante el método de Kjeldahl, mismo que evalúa el contenido de nitrógeno total en la muestra, después de ser digerida con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador de mercurio o selenio.

Humedad se desarrollará a través de la metodología AOAC (1984) (anexo2). El método se basa en el secado de una muestra en un horno y su determinación por diferencia de peso entre el material seco y húmedo.

Cenizas se desarrollará por el método AOAC (1984) (anexo 2). Se considera como el contenido de minerales totales o material inorgánico en la muestra.

### **ANÁLISIS SENSORIAL**

Se evaluará el grado de aceptabilidad de las bebidas realizadas por medio de 20 jueces no entrenados de la facultad de ciencias de la nutrición y alimentos, utilizando una escala hedónica estructurada (anexo 3).

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Mediante la estrategia de análisis de varianza (ANOVA) el cual es un procedimiento de prueba para comparar dos o más medias, compararemos las distintas variables, las cuales son PH y estado de madurez con un nivel de probabilidad del 95%. Que se desarrolló en el programa Minitab 2017 y la prueba de Tuckey ( $p=0.05$ ).

## PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### CINÉTICA MICROBIANA DE *SACHAROMYCES ELLIPSOIDEUS*.

La cuantificación de la cinética microbiana de la levadura *Sacharomyces ellipsoideus* se llevó a cabo en un lapso de 16 horas para el cual se utilizaron 30 tubos en total, tomando lectura en el espectrofotómetro por cada hora. La cantidad por cada tubo fue de 1 ml de muestra inoculada con dicha levadura, Dejando al final un tubo (blanco) como referencia para iniciar las lecturas (Tabla 6.)

**Tabla 6: Crecimiento de la levadura *Sacharomyces ellipsoideus***

Tiempo (Horas)	Tubos	lectura	Cantidad de muestra por tubo (ml)
0	2	0.067	1
1	2	0.097	1
2	2	0.168	1
3	2	0.209	1
4	2	0.220	1
5	2	0.311	1
6	2	0.410	1
7	2	0.530	1
8	2	0.573	1
9	2	0.576	1
10	2	0.660	1
11	2	0.723	1
12	2	0.838	1
13	2	0.905	1
14	2	0.826	1
15	2	0.760	1
16	2	0.720	1

Se obtuvo la fase exponencial en un rango de la hora 2 a la hora 13, alcanzando su mayor crecimiento con una lectura de 0.905, esto se debió a que el microorganismo se dividió hasta su nivel máximo posible, en función de su potencial genético, tipo de medio y condiciones en las cuales se desarrolló.

Por otro lado la fase de muerte de el microorganismo comenzó a notarse desde la hora 14 disminuyendo notablemente las lecturas la cual fue de 0.826 esto se debió a el agotamiento de las reservas celulares de energía del sustrato. La fase exponencial ya mencionada nos sirvió para añadir dicha levadura en su mayor rango de crecimiento y así poder obtener mayor rendimiento de fermentación (alcohol) a las bebidas.

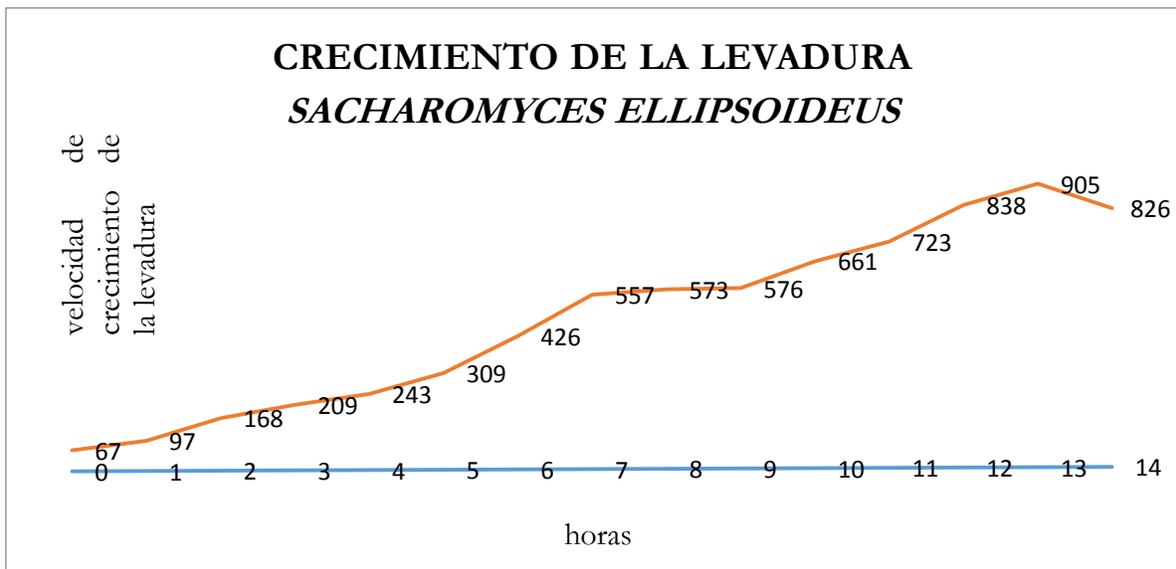


Figura 13. Crecimiento de *Sacharomyces ellipsoideus*.

Para la inoculación del microorganismo Se procedió a tomar 100 µl micro litros de la levadura *Sacharomyces ellipsoideus* en tubos con medio, previamente esterilizados para después comenzar con el crecimiento microbiano a una temperatura de 60° C. (figura 14).

Para la reactivación de la cepa, se inoculó 50 µl de la cepa en 5 ml de medio papa-dextrosa (pH 4). Posteriormente, pasadas 48 horas, se inoculó 1 mL del medio de la cepa reactiva en agar papa-dextrosa (PDA) por técnica de vaciado, se esperaron 48 horas para poder inocular y observar el crecimiento. (Figura 15).



**Figura 14. Inoculación de microorganismo.**



**Figura 15. Reactivación de cepa.**

## **EXTRACCIÓN DE INULINA DE HARINA DE MALANGA**

El procedimiento para la extracción de la inulina se llevó a cabo mediante solventes, los cuales fueron etanol al 90% V/V y una solución de hidróxido de sodio. Esta extracción se hizo en dos fases, fase de clarificación y precipitación alcohólica.

### **Clarificación**

Se pesó 100 gramos de muestra sólida, fue molido con 700 ml de agua a una temperatura de 85° C (figura 17).

Este jugo se mantuvo a 85°C y con agitación por 30 minutos para la extracción de los fructanos. Posteriormente se filtró con manta cielo para eliminar las partículas gruesas (Figura 18).



**Figura 17. Homogeneización de la harina.**



**Figura 18. Filtrado del jugo obtenido.**

Fueron tomados 300 ml del jugo filtrado y se colocó en una parrilla con un agitador magnético a 500 rpm durante 5 minutos (Figura 19).

Se procedió a calentar la muestra a 75°C con agitación constante y una vez alcanzada la temperatura se añadió 1.5 ml de una solución de hidróxido de sodio y se verificó que el pH alcanzara 6.5, registrado en un pHmetro DHAUS, ST2100 (Figura 20).



**Figura 19. Agitación del jugo filtrado.**



**Figura 20. Medición de PH del jugo.**

Se procedió a calentar la muestra a 80°C durante un minuto, posteriormente se transfirió el vaso de precipitado a una parrilla sin calentamiento y con agitación a 100 rpm después se adicionó 0.2 ml de hidróxido de sodio y se mantuvo en agitación durante 5 minutos, para después reposar durante un lapso de 2 horas.

### **Precipitación alcohólica**

Se tomó una muestra de 250 ml del jugo el cual se le adicionó un volumen igual de etanol al 90% v/v, para después reposar el jugo durante 2 horas a una temperatura de refrigeración 4° C. como se ve en la (figura 21).



**Figura 21. Adición de etanol al 90%.**

Posteriormente este volumen es concentrado por evaporación a baño maría a 75°C hasta obtener la mitad del volumen original del jugo. Esto con la finalidad de poder evaporar el etanol como una primera fase al término de la evaporación se adiciona nuevamente etanol al 90 % v/v a la muestra y se deja reposar durante 3 horas a una temperatura de 4°C (figura 22).



**Figura 22. Baño maría del concentrado.**

El precipitado obtenido es separado por centrifugación a 10,000 rpm durante 20 minutos (figura 22) el precipitado es secado a 45° C por un lapso de 12 horas, donde se obtuvo finalmente la inulina (Figura 23).



**Figura 23. Precipitado obtenido de la centrifugación.**

El proceso de obtención de la inulina se realizó en un lapso de 9 horas dando como resultado final un rendimiento de 1 gramo de inulina/100 g de harina de malanga para dichas bebidas se utilizó una cantidad de 700 g de harina de malanga y pudimos obtener una cantidad de 7 g de inulina como rendimiento final obteniendo resultados favorables para la agregación a la bebida fermentada (figura 24). Ya que se ha comprobado que la inulina estimula el crecimiento de la microbiota intestinal (microorganismos pobladores del intestino). Ello se debe a que atraviesa el estómago y el duodeno prácticamente sin sufrir cambios y alcanza el intestino delgado casi sin digerirse. Aquí está disponible para ser metabolizada por algunos de los microorganismos intestinales, como las bifidobacterias y los lactobacilos, promoviendo su asentamiento y desarrollo, la inulina puede ser considerada un prebiótico (Gordillo, 2017).



**Figura 24. Obtención de inulina.**

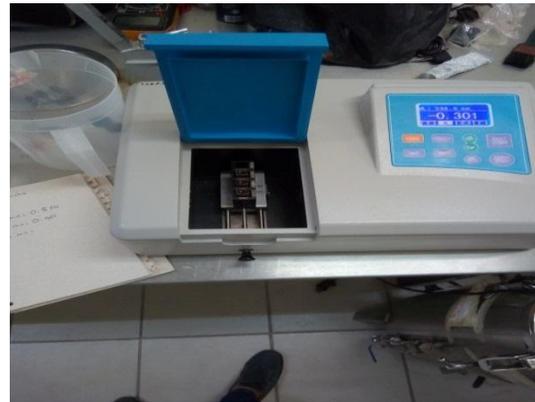
### **EFEECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE LA TOXICIDAD DE LA PULPA ÁRBOL DE PAN (*ARTOCARPUS ALTILIS FORBERG*).**

Se evaluó la toxicidad de la pulpa de árbol de pan esto con la finalidad de analizar si era necesario aplicar antes de la fermentación un tratamiento donde lográramos disminuir el posible efecto de toxicidad que pudiera estar presente. Se obtuvieron muestra de la fruta donde se le aplicó un tratamiento térmico, se utilizaron muestras de 15 gramos de pulpa, estas se colocaron en vasos de precipitado con 100 ml de agua destilada. Donde al tratamiento térmico se aplicó a tres diferentes tiempos las cuales fueron 20 minutos, 40 minutos y 60 minutos a una temperatura de 93°C. (fig. 25). Una vez alcanzado el tiempo de el tratamiento térmico se

centrifugó el sobrenadante, para después tomar muestras de 2 ml y añadirle una solución de HCl con agua destilada, se agitó durante 20 minutos, pasado el tiempo se utilizó una solución de reacción indol-butírico y ácido sulfúrico, posteriormente mediante espectrofotometría se obtuvo la concentración (fig.26).



**Figura 25. Tratamiento térmico**



**figura 26. Lecturas en espectrofotómetro**

## **FERMENTACIÓN DE LA BEBIDA**

Se procedió a la realización de las tres bebidas fermentadas las cuales tuvieron diferentes concentraciones de inulina, también se le adicionó como saborizante manzana verde, lo cual ayudó a alcanzar el nivel adecuado de grados brix para poder llevar a cabo la fermentación anaerobia. Para iniciar el proceso se peló la fruta árbol de pan, se retiró la semilla presente en esta y se separó la pulpa (fig. 27) también se procedió a lavar y desinfectar las manzanas para luego pelar y trocearlas (fig. 28).



**Figura. 27 Pelado y retirado de pulpa.**



**Figura 28. Pelado y desinfectado.**

Se pesaron 187 g de pulpa de árbol de pan y 200 g de manzana verde para cada una de las bebidas (fig. 29), para la bebida 1 se le adicionó 1g de inulina, para la bebida 2 se le adicionó 1.5g de inulina y para la bebida 3 se le adicionó 2.5g de inulina. Se licuó la pulpa y manzana con 50 ml de agua para después filtrar la mezcla (fig. 30).



**Figura 29. Pesado de pulpa y manzana.**



**Figura 30. Filtrado del jugo.**

Una vez que obtuvimos las tres mezclas de las diferentes bebidas se procedió a medir los grados °Brix de cada una de ellas. En las 3 bebidas se logró obtener una concentración de 7 °Brix lo cual permitió tener el nivel óptimo para poder iniciar la fermentación. Se transfirieron las diferentes mezclas filtradas a matraces de 1 litro, se embonaron con manta cielo, algodón, aluminio y se sellaron con cinta, no permitiendo el paso de CO<sub>2</sub> (figura 31).



**Figura 31. Bebidas a fermentar.**

Se esterilizaron los tres matraces en una autoclave a 15 libras, a una temperatura de 121 grados centígrados. Esto con la finalidad de eliminar bacterias y microorganismos que pudiesen estar presentes en los matraces y no tener una contaminación de los mismos. La esterilización se llevó a cabo durante 15 minutos. Una vez que se esterilizaron se dejaron enfriar durante hora y media para no afectar el crecimiento de la levadura *Sacharomyces ellipsoidens*.

Se procedió a inocular con la levadura *Sacharomyces ellipsoidens* en condiciones de esterilidad, por cada bebida se inoculo 1% de la levadura (fig. 32). Se dejó en reposo 48 horas para que se pudiera llevar acabo la fermentación (fig. 33).



**Figura 32. Inoculación de la cepa.**



**Figura 33. Fermentación anaerobia.**

Pasadas las 48 horas se logró obtener finalmente la bebida fermentada, se retiró el aluminio, manta cielo y algodón de cada una de las bebidas. Para poder parar la fermentación se metieron las bebidas a refrigeración a una temperatura de 4°C. Finalmente se evaluó sensorialmente mediante una escala hedónica donde se evaluaron los atributos de la bebida.

## PRUEBA DE ALCOHOL

Posteriormente de la fermentación, se tomaron 3 ml de cada una de las muestras con las diferentes concentraciones de inulina para medir el grado alcohólico de cada una de ellas, la prueba se realizó mediante un refractómetro alcoholímetro, modelo CVQ 4012-A.

Para la primer muestra con concentración de 1 g de inulina se obtuvo 2.5 % de Alcohol.

Para la segunda muestra con concentración de 1.5 g de inulina se obtuvo 2.5% de Alcohol.

Para la tercer muestra con concentración de 2.5 g de inulina se obtuvo 2.5% de Alcohol (Figura 34).



**Figura 34. Medición de alcohol**

Las tres muestras obtuvieron el mismo porcentaje de alcohol lo cual pudimos concluir que el grado de inulina en cada una de ellas, no fue un factor clave en el grado final de alcohol, para tres bebidas se utilizaron el mismo gramaje de pulpa de árbol de pan lo cual gracias a la cantidad de azúcares presentes en la pulpa pudimos obtener el mismo nivel de grado de alcohol para las tres bebidas, así como también se usó tanto tiempo, levadura, cantidad de agua para las tres muestras finales (Tabla 7).

**Tabla 7: Grados de alcohol**

Concentración	% de alcohol
Bebida 1 ( 1 g inulina)	2.5
Bebida 2 (1.5 g inulina)	2.5
Bebida 3 (2.5 g inulina)	2.5

De acuerdo al porcentaje de alcohol final, es clasificada una bebida fermentada como lo menciona la NORMA oficial mexicana NOM-199-SCFI-2017, bebidas alcohólicas, denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.

### **ANÁLISIS SENSORIAL**

Se registraron los resultados obtenidos del análisis sensorial, se utilizó una escala hedónica con 20 jueces no entrenados. Cabe destacar que las muestras se presentaron en tres diferentes concentraciones, 1 g de inulina, 1.5 g de inulina y 2.5 g de inulina. Evaluando también características de sabor, olor, apariencia y consistencia de la bebida terminada (Tabla 8).

La prueba sensorial se realizó en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Funcionales, de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas ubicado Libramiento Norte Poniente 1150, Colonia Lajas Maciel, en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Con 20 jueces no entrenados de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos.

# ANÁLISIS ESTADÍSTICO APLICADO A LAS 3 BEBIDAS FERMENTADAS

1 g de inulina (A) no hay diferencia estadística

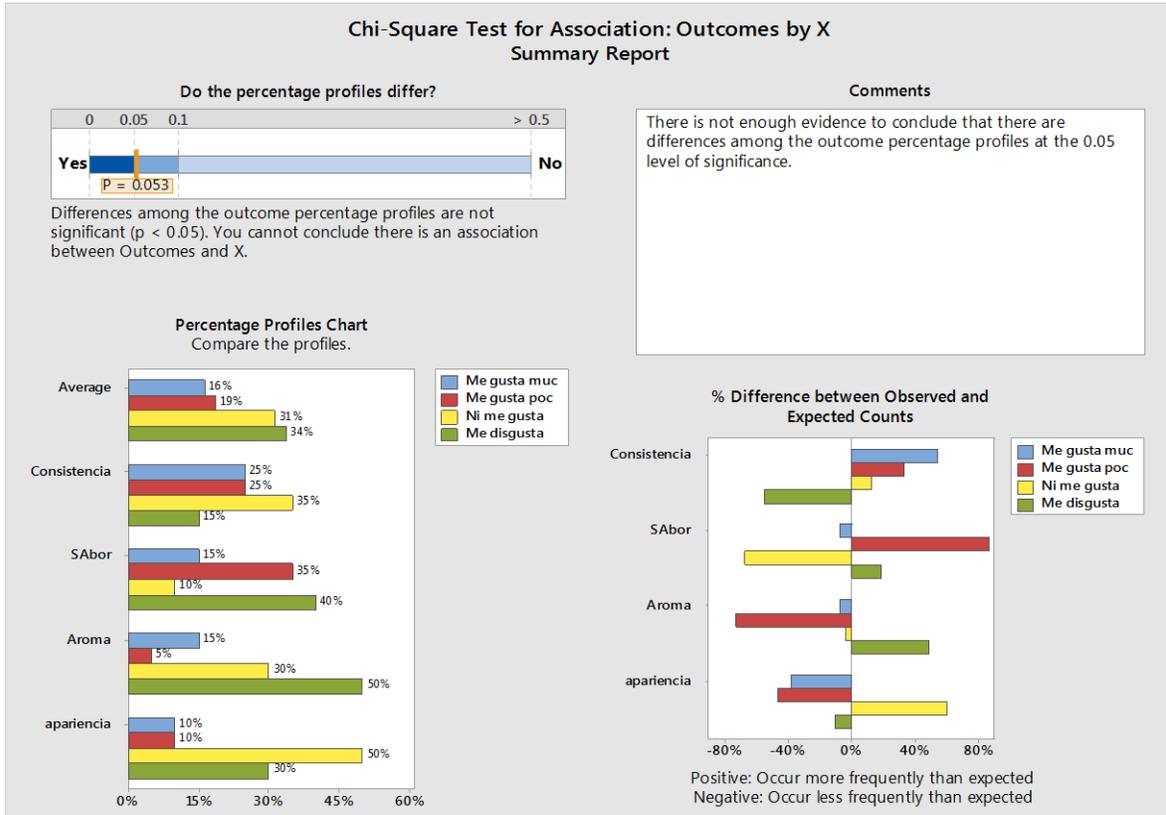


Figura 35. Analisis estadístico concentración 1 g de inulina

1.5 g de inulina (B) si hay diferencia estadística

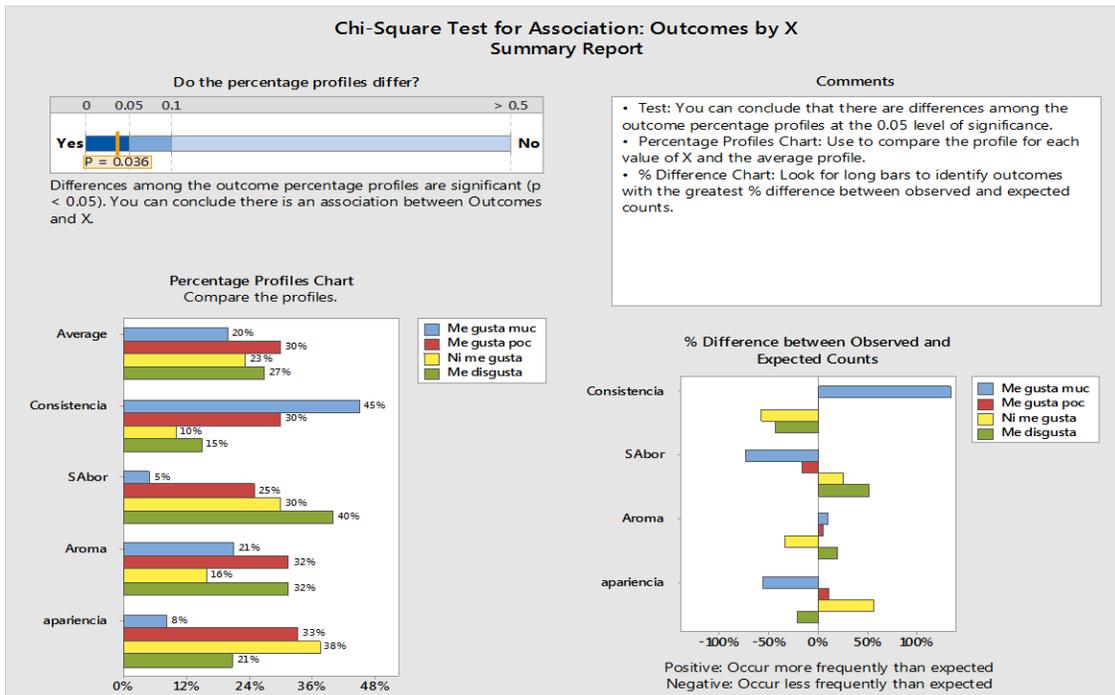


Figura 36. Análisis estadístico con concentración 1.5 g de inulina

2.5 gramos de inulina (A) no hay diferencia estadística

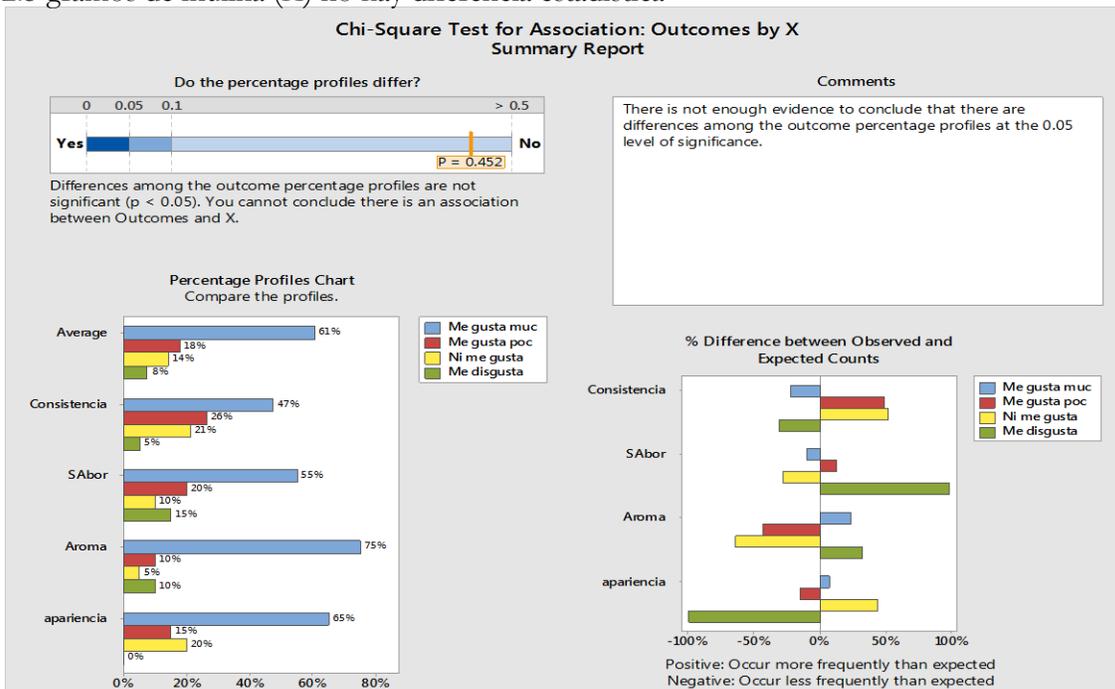
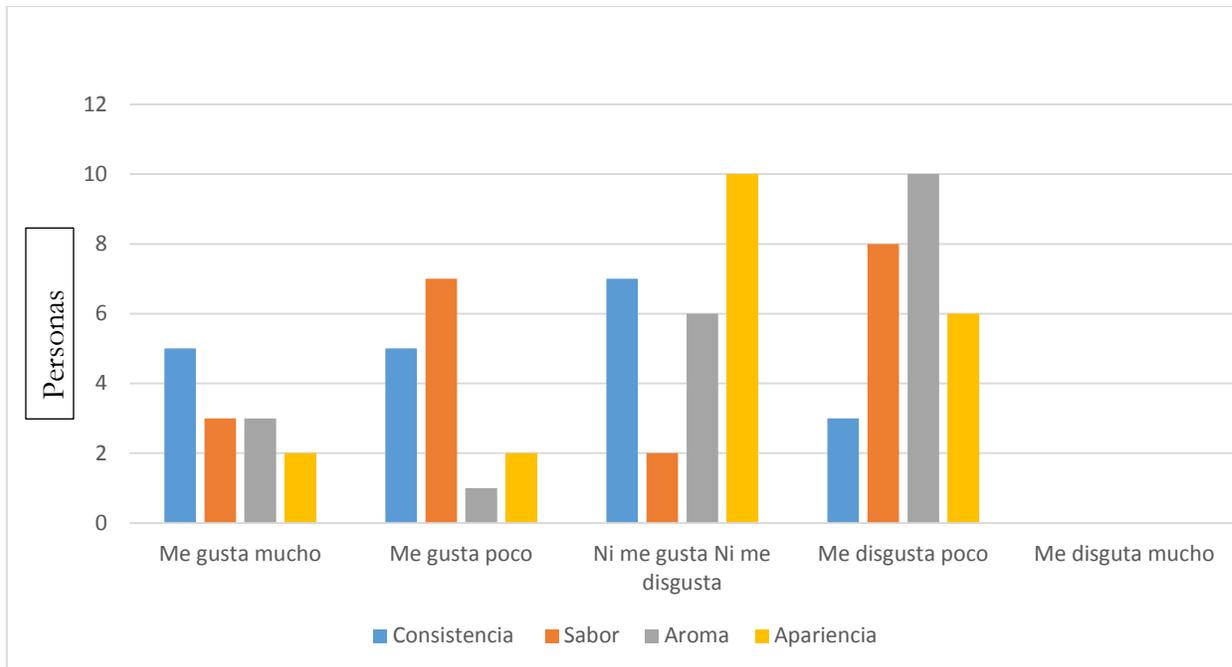


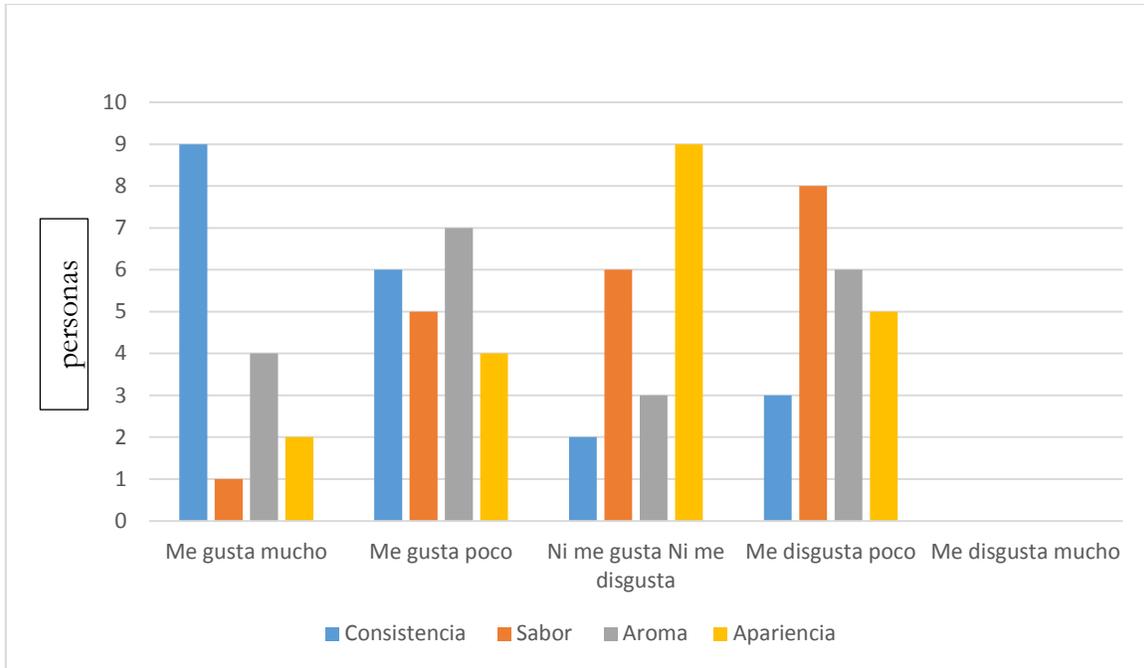
Figura 37. Análisis estadístico con concentración 2.5 g de inulina

**Tabla 8. Grado de preferencia de las bebidas.**

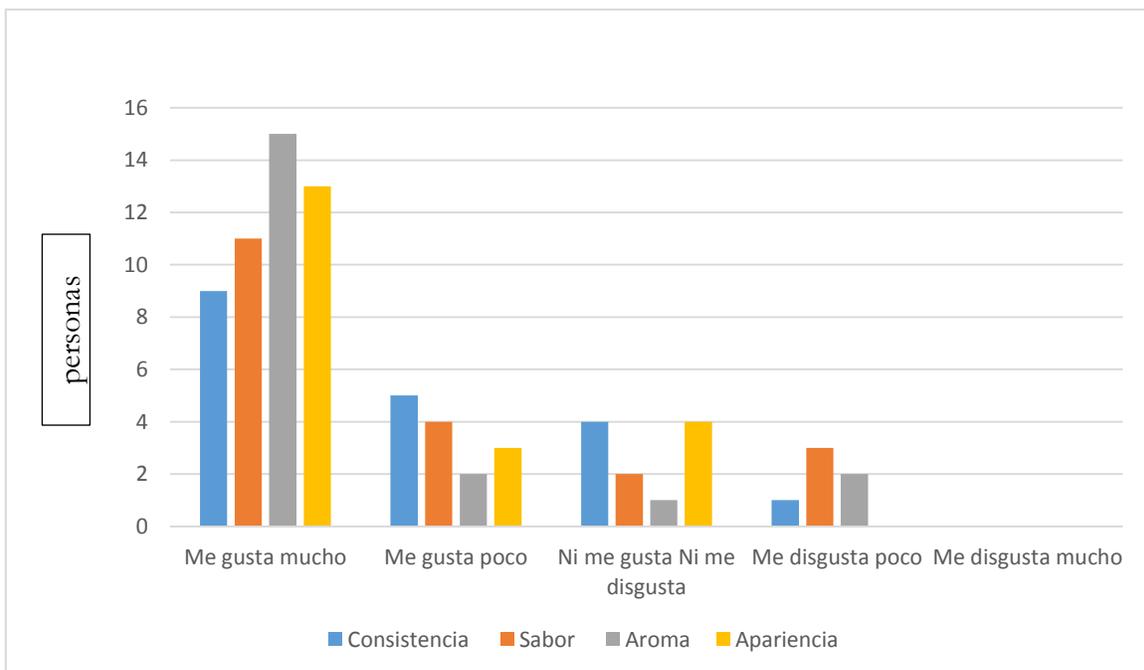
	Atributos evaluados	Grado de aceptación de personas
Bebida 1 (1 g de inulina)	Sabor	3 personas
	Aroma	3 personas
	Apariencia	2 personas
	Consistencia	5 personas
Bebida 2 (1.5 g de inulina)	Sabor	1 personas
	Aroma	4 personas
	Apariencia	2 personas
	Consistencia	9 personas
Bebida 3 (2.5 g de inulina)	Sabor	11 personas
	Aroma	13 personas
	Apariencia	15 personas
	Consistencia	9 personas



**Figura 38. Bebida fermentada con concentración de 1 g de inulina**



**Figura 39. Bebida fermentada concentración de 1.5 g de inulina**



**Figura 40. Bebida fermentada concentración de 2.5 g de inulina**

De las tres bebidas que se presentaron la que tuvo mayor aceptación fue la bebida 3, la cual consta de una concentración de 100% jugo y 2.5 g de inulina, teniendo resultados favorables, ya que la inulina en mayor concentración favoreció a una mejor fermentación, consistencia, sabor y sobre todo apariencia al producto final, siendo una bebida altamente benéfica para el organismo, ya que proporciona las características nutritivas de la pulpa Árbol de pan como lo son, proteína, vitaminas, minerales, agregamos cualidades y propiedades de la inulina destacando su efecto como prebiótico, en la disponibilidad de minerales, el fortalecimiento de los mecanismos de defensa y el mejoramiento del metabolismo de los lípidos, siendo esta una bebida funcional y fermentada.

### **Determinación de antioxidantes**

Para la determinación de antioxidantes de la bebida a base de la pulpa árbol de pan, se utilizó el método ABTS el cual se basa en la reacción de una solución de ABTS 7 mm con persulfato potásico. (Anexo 5)

Para la preparación del reactivo se utilizó una mezcla de reactivo ABTS y persulfato potásico ambos en proporción 1:1, la mezcla se dejó en reposo durante un tiempo de 16 horas antes de comenzar con las evaluaciones. (Anexo 5)

Para la preparación de los extractos se utilizaron 3 matraces los cuales cada matraz tenía una mezcla de metanol y la bebida árbol de pan, la segunda contenía etanol y la bebida árbol de pan y la tercera contenía solo la bebida. Una vez obtenidas las mezclas se agito durante 1 hora para después centrifugar a 12 000 rpm durante 20 minutos. Una vez obtenido el centrifugado se tomó el sobrenadante y se colocó en envases ámbar dejando durante 24 horas en completa obscuridad. (Anexo 5).

Una vez formado el radical ABTS se diluyó correctamente con etanol hasta obtener una absorbancia de 0.6 ( $\pm 0.02$ ) a 750 nm. Los extractos obtenidos fueron mezclados con el radical ABTS para su posterior lectura en el espectrofotómetro.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se realizó una curva estándar (anexo 5) para conocer los resultados de la absorbancia de las muestras las cuales fueron las siguientes.

**Tabla 9: Resultados de antioxidantes**

	Antioxidantes
Extracto bebida simple	0.338636 g/mL
Extracto bebida etanol	0.408939 g/mL
Extracto bebida metanol	0.298333 g/mL

Los resultados obtenidos de los tres extractos arrojaron que la bebida contiene niveles de antioxidantes muy favorables, lo cual ayuda a que la bebida tenga un mayor potencial dentro de sus características, además de ayudar a prevenir las enfermedades o padecimientos ayuda a neutralizar la actividad oxidativa que el organismo presenta, haciendo de esta una bebida funcional la cual contiene muchas propiedades que son benéficas para el organismo.

### **Caracterización fisicoquímica de la bebida a base de la fruta árbol de pan (*Artocarpus altilis fosberg*).**

El análisis químico proximal se llevó a cabo mediante las técnicas de la AOAC, los resultados obtenidos nos indican que la bebida obtuvo niveles aceptables, teniendo en cuenta que presentó un alto contenido de humedad, presentó un contenido de proteína considerable.

**Tabla 10: Resultados del análisis proximal de la bebida**

Humedad	97.33333 $\pm$ 0.57
Proteína	0.4069 $\pm$ 0.07
Cenizas	2.0633 $\pm$ 0.51
Alcohol	2.5

Las muestras presentadas en la tabla anterior se realizaron por triplicado, teniendo como concentración 2.5 g de inulina presente y un porcentaje de 2.5% de alcohol.

Comparando la bebida fermentada a base de la pulpa árbol de pan con una bebida similar la cual también proviene de un proceso de fermentación y la más común, el vino a base de la uva *Vitis vinífera*, tienen características muy similares ya que el vino presenta entre sus propiedades vitaminas, proteína y minerales, así como también lo presenta la bebida fermentada de la pulpa de árbol de pan.

Estudios realizados demuestran que el extracto de semilla de uva tiene una alta actividad antioxidante y propiedades antimicrobianas, beneficiosas para la salud, puesto que coadyuvan en la prevención de enfermedades crónicas asociadas al envejecimiento, estrés oxidativo y al cáncer (Vidal, 2018).

De acuerdo a su composición química la bebida fermentada presenta una cantidad considerable de proteína muy parecida al vino a base de la uva *Vitis vinífera*, la comparación del porcentaje de alcohol en ambas es muy notorio, ya que se encuentra en mayor porcentaje la cantidad de alcohol en el vino, al tener mucho más fructosa presente en las propiedades y esto ayudar a tener una fermentación la cual produzca mucho más porcentaje de alcohol, destacan también el vino sus propiedades medicinales como lo son, proteger al organismo, coadyuvar el problemas cardiacos, mejorar las enfermedades con procesos inflamatorios, problemas de la piel, prevenir el cáncer, prevenir enfermedades pulmonares y reforzar las defensas (Vidal, 2018).

**Tabla 11: Composición química de la bebida**

Bebida fermentada ( <i>Artocarpus altilis</i> f)	
Humedad	97.33333 ± 0.57
Proteína	0.4069 ± 0.07
Cenizas	2.0633 ± 0.51
Alcohol	2.5

**Tabla 12: Composición del vino**

Vino de uva ( <i>Vitis vinífera</i> )	
Humedad	85-95
Proteína	0.6
Cenizas	3
Alcohol	12

Al comparar las propiedades de ambas bebidas se observó que uno de los principales beneficios que tiene la semilla de uva para la salud es que tiene gran cantidad de antioxidantes OPC (complejos oligo-méricos y poliméricos), los cuales protegen al organismo de los radicales libres, evitando así el envejecimiento y deterioro prematuro de órganos, tejidos y células. Así también, contiene vitaminas C, E y betacaroteno, aparte de bioflavonoides (guzman, 2017).

Los resultados son muy parecidos, lo que hace a la bebida fermentada comparable con un vino, gracias a las propiedades químicas que la pulpa árbol de pan presenta, así como también el gran aporte nutricional que se presenta en la bebida fermentada, gracias a la agregación de la inulina que le da un potencial simbiótico haciendo de esta funcional.

## CONCLUSIONES

En la presente investigación se logró obtener una bebida fermentada a base de la pulpa de la fruta árbol de pan (*Artocarpus altilis fosberg*), con niveles de alcohol y propiedades organolépticas aceptables. Se observó que la característica del grado °brix de la pulpa eran bajas para iniciar la fermentación, es por ello que se adiciono la manzana verde para ayudar a alcanzar un nivel óptimo de azúcares y así poder tener una buena fermentación y al mismo tiempo darle un sabor a la bebida final.

El ° Brix que se obtuvo de la pulpa fue de 4, pero no fue suficiente ya que para lograr una buena fermentación se requiere mínimo 5 o 6 °Brix, entonces se adicionó manzana como saborizante y complementó a las 3 muestras para alcanzar los 6°Brix. El rango de concentración de alcohol que se obtuvo en las 3 muestras realizadas fue de 2.5 % haciendo énfasis que lo único que las diferenció fue la concentración de inulina.

Uno de los factores más importantes en la elaboración de una fermentación son los °Brix y las condiciones estériles en las que se realiza la elaboración de la bebida fermentada, que la levadura se haya activado correctamente y el tiempo que se requiere para la fermentación que para este caso se mantuvo fermentando 24 hrs. Obteniendo resultados con un nivel de aceptación favorable, haciendo de esta una bebida funcional, gracias a la cantidad de antioxidantes que presentó, apta para el consumo gracias a las características que le brinda la inulina extraída de la harina de malanga, de acuerdo a las investigaciones realizadas la inulina promueve el asentamiento y desarrollo de la micro biota intestinal, considerado como un prebiótico, además de darle cualidades como, color, sabor, y olor. El valor nutricional que presenta la pulpa árbol de pan se basa principalmente en nutrientes como lo son, vitaminas, minerales, carbohidratos y proteína haciendo así una bebida fermentada funcional.

## RECOMENDACIONES

Realizar una nueva serie de fermentaciones, elaborando otros experimentos con frutas no tradicionales, con base a la disponibilidad de las frutas en el mercado y a las características deseables de las frutas para la producción de una bebida fermentada descritas en este trabajo, con el fin de aprovechar la gran cantidad de frutas existentes en el estado de Chiapas, aquellas que no son explotadas nutricionalmente y que se desconocen, aplicando tecnologías alimentarias lo cual puede ser en la actualidad una alternativa sustentable para la elaboración de un aprovechamiento tecnológico. Probar otras especies de frutas como saborizantes dándole a la bebida otro tipo de giro. Aplicar una nueva tecnología para aprovechar la semilla presente en la fruta árbol de pan, incluir dentro del proceso de fermentación nuevas levaduras del tipo *Sacharomyces* para así poder alcanzar mayor grado de alcohol.

## REFERENCIAS DOCUMENTALES

- Alvites. 2004. <https://es.scribd.com/doc/267432029/Cinetica-Del-Crecimiento-Microbiano>.  
<https://es.scribd.com/doc/267432029/Cinetica-Del-Crecimiento-Microbiano>. [En línea] 2004.
- Anda y Saitz. 2011. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.  
<http://www.ccb-sur.unam.mx/guias/experimentales/bioIII.pdf>. [En línea] junio de 2011.
- Anónimo. 2008. EL ÁRBOL DEL PAN, MANÁ CELESTIAL. [En línea] 28 de 12 de 2008.  
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-812080>.
- Arango. 2008. Estudio Químico Analítico de los frutos del árbol del pan. [En línea] 07 de Enero de 2008. [Citado el: 24 de septiembre de 2017.]  
<http://matematicas.udea.edu.co/~actubiol/actualidadesbiologicas/rada1977v6n19art2.pdf>.
- Arteaga. 2011. Árbol del pan, Fruta de pan, Arbopán. [En línea] 2011. [Citado el: 23 de septiembre de 2017.] <http://articulos.infojardin.com/Frutales/fichas/arb-del-pan-fruta-de-pan-arbopan-artocarpus-altilis.htm>.
- Bravo. 2011. <https://es.scribd.com/doc/265667084/CINETICA-MICROBIANA-pdf>.  
<https://es.scribd.com/doc/265667084/CINETICA-MICROBIANA-pdf>. [En línea] 2011.
- Carrasco. 2010. Elaboración y evaluación nutritiva de la harina de fruta de pan (artocarpus altilis) obtenida por el proceso de deshidratación. [En línea] 2010.
- . 2010. Elaboración y evaluación nutritiva de la harina de fruta de pan (*Artocarpus altilis*) obtenida por el proceso de deshidratación. [En línea] 2010.
- Casado. 2014. [http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4867/03\\_Memoria.pdf?sequence=4](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4867/03_Memoria.pdf?sequence=4).  
[http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4867/03\\_Memoria.pdf?sequence=4](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4867/03_Memoria.pdf?sequence=4). [En línea] 2014.
- . 2014. Proceso de fabricación de bebidas alcohólicas . [En línea] 2014. [Citado el: 26 de septiembre de 2017.]

- Coba. 2007. Importancia de la actividad antioxidante y evaluación de análisis proximales. [En línea] 01 de julio de 2007. [Citado el: 18 de septiembre de 2017.] <http://www.redalyc.org/pdf/4760/476047395004.pdf>.
- Contreras. 2014. Fermentación acética. [En línea] 29 de septiembre de 2014. [Citado el: 26 de septiembre de 2017.] <https://biologia.laguia2000.com/bioquimica/fermentacion-acetica>.
- cortes. 2017. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v37n2/rtq16217.pdf>.  
*<http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v37n2/rtq16217.pdf>*. [En línea] 2017.
- Díaz. 2012. Bebidas Fermentadas. [En línea] 4 de febrero de 2012. [Citado el: 17 de septiembre de 2017.] [http://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/9636/1/306598\\_Modulo\\_Bebidas%20Fermentadas.pdf](http://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/9636/1/306598_Modulo_Bebidas%20Fermentadas.pdf).
- FAO. 2003. General presentation on French Polynesia. [En línea] Marzo de 2003. [Citado el: 25 de septiembre de 2017.] <http://www.fao.org/docrep/005/AC848E/ac848e01.htm>.
- Fosberg. 2009. Artocarpus altilis. [En línea] 22 de 07 de 2009. [Citado el: 18 de septiembre de 2017.] [http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Artocarpus\\_altilis.PDF](http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Artocarpus_altilis.PDF).
- Gonzales. 2015. cinética del crecimiento microbiano. [En línea] 2015. [Citado el: 27 de septiembre de 2017.] <https://es.scribd.com/doc/267432029/Cinetica-Del-Crecimiento-Microbiano>.
- . 2015. <https://es.scribd.com/doc/267432029/Cinética-Del-Crecimiento-Microbiano>.  
*<https://es.scribd.com/doc/267432029/Cinetica-Del-Crecimiento-Microbiano>*. [En línea] 2015.
2007. <http://www.redalyc.org/pdf/4760/476047395004.pdf>. [En línea] 2007.
- Madigan. 2015. cinética del crecimiento microbiano. [En línea] 2015. [Citado el: 27 de septiembre de 2017.] <https://es.scribd.com/doc/267432029/Cinetica-Del-Crecimiento-Microbiano>.
- . 2010. <https://es.scribd.com/doc/267432029/Cinética-Del-Crecimiento-Microbiano>.  
*<https://es.scribd.com/doc/267432029/Cinetica-Del-Crecimiento-Microbiano>*. [En línea] 2010.

Medina.2002.[http://www.anpebadajoz.es/autodidacta/autodidacta\\_archivos/numero\\_9\\_archivos/1\\_a\\_medina.pdf](http://www.anpebadajoz.es/autodidacta/autodidacta_archivos/numero_9_archivos/1_a_medina.pdf). [En línea] 2002.

Montaño. 2010. Los microorganismos: pequeños gigantes. [En línea] 2010. [Citado el: 26 de septiembre de 2017.] <http://www.elementos.buap.mx/num77/pdf/15.pdf>.

Natura. 2006. <http://www.vidasostenible.org/informes/alimentos-funcionales-beneficios/>. [En línea] 2006.

Nieto. 2009. Evaluación de las condiciones de la fermentación alcohólica utilizando *Saccharomyces cerevisiae* y jugo de caña de azúcar como sustrato para obtener etanol. [En línea] Diciembre de 2009. [Citado el: 27 de septiembre de 2017.] <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/990/1/T-ESPE-026782.pdf>.

Ortega. 2005. El sector alimentario y la Formación de recursos Humanos . [En línea] 13 de mayo de 2005. [Citado el: 14 de septiembre de 2017.] <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/4610/indice.htm>.

Quintero. 2010. Fundamento del proceso de fermentacion en el beneficio del café. [En línea] Diciembre de 2010. [Citado el: 17 de septiembre de 2017.] <http://www.cenicafe.org/es/publications/avt0402.pdf>.

—. 2006. Artocarpus altilis (breadfruit). [En línea] abril de 2006. [Citado el: 24 de septiembre de 2017.] [http://www.guamsustainableag.org/fruittrees/A.altilis-breadfruit%20\(8\).pdf](http://www.guamsustainableag.org/fruittrees/A.altilis-breadfruit%20(8).pdf).

Ramírez. 2010. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/02-05/7.pdf>.  
<http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/02-05/7.pdf>. [En línea] 2010.

Reyes.2016.<http://www.omniascience.com/monographs/index.php/monograficos/article/viewFile/357/253>.  
<http://www.omniascience.com/monographs/index.php/monograficos/article/viewFile/357/253>. [En línea] 2016.

sanchez. 2012.

<http://www.um.es/lafem/Actividades/OtrasActividades/CursoAntioxidantes/MaterialAuxiliar/2012-03-06-ProbióticosPrebióticosSimbióticos.pdf>.

*<http://www.um.es/lafem/Actividades/OtrasActividades/CursoAntioxidantes/MaterialAuxiliar/2012-03-06-ProbioticosPrebioticosSimbioticos.pdf>*. [En línea] 2012.

Santos. 2007. Estudio del comportamiento cinético de microorganismos de interés en seguridad alimentaria con modelos matemáticos. [En línea] 2007. [Citado el: 28 de septiembre de 2017.] <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5691/ajse1de1.pdf>.

Vázquez. 2007. Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía. [En línea] mayo de 2007. [Citado el: 26 de septiembre de 2017.] <http://www.ejournal.unam.mx/ict/vol0804/ICT000800404.pdf>.

—. 2007. Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía. [En línea] 2007. [Citado el: 25 de septiembre de 2017.]

Vázquez. 2007. <http://www.ejournal.unam.mx/ict/vol0804/ICT000800404.pdf>.  
*<http://www.ejournal.unam.mx/ict/vol0804/ICT000800404.pdf>*. [En línea] 2007.

Vázquez. 2007. <http://www.ejournal.unam.mx/ict/vol0804/ICT000800404.pdf>.  
*<http://www.ejournal.unam.mx/ict/vol0804/ICT000800404.pdf>*. [En línea] 2007.

Vega. 2010. Producción de Alimentos por Actividad Bacteriana – Fermentación. [En línea] 2010. [Citado el: 25 de septiembre de 2017.] [https://laboratoriomicroaplicada.files.wordpress.com/2008/11/alimentos\\_fermentados.pdf](https://laboratoriomicroaplicada.files.wordpress.com/2008/11/alimentos_fermentados.pdf).

# ANEXO 1

## TÉCNICAS APLICABLES

### REACTIVACIÓN DE LA CEPA *SACHAROMYCES ELLIPSOIDEUS*.

Para la reactivación, primero se inoculará 50 µl de la cepa en 5 ml de medio papa-dextrosa (pH 4). Posteriormente, pasadas 48 horas, se inoculará 1 mL del medio de la cepa reactiva en agar papa-dextrosa (PDA) por técnica de vaciado, igual que en el paso anterior esperar 48 horas. Pasadas las 48 horas, se realizará una observación microscópica para corroborar la cepa, se inocula en estría en tubos inclinados (8mL de PDA). Se guardarán estos tubos para llevar a cabo la fermentación.

### FERMENTACIÓN ANAEROBIA

**TABLA 3: ALÍCUOTAS DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN**

Tiempo (Horas)	Tubos	Cantidad de muestra por tubo (ml)
0	2	1
2	2	1
4	2	1
6	2	1
8	2	1
10	2	1
12	2	1
14	2	1
16	2	1

Una vez obtenidas las muestras de la cinética, estas se inocularan por técnica de vaciado en placa para la obtención de las UFC/mL de la hora de crecimiento en específico, al igual que la cantidad de alcohol producido a las 16 horas.

# TÉCNICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

**Método del ABTS (Ácido 2,2'-azinobis (3- etilbenzotiazolín)-6- sulfónico).**

**PREPARACIÓN DE REACTIVOS:**

- ABTS 7mM. Para 10 ml se disolverá 0,0384 g de sal amónica cristalizada de ABTS en 10 ml de agua destilada.
- Solución persulfato potásico 2,45mM. Para 100 se disolverá 0,0662 g del reactivo en 100 ml de agua destilada.
- Etanol al 96 % v/v.
- Preparación radical ABTS\*. Se mezclará en partes iguales la solución de ABTS 7mM y la de persulfato pototásico 2,45mM. La mezcla se mantendrá en oscuridad a temperatura ambiente durante 16 horas para la formación del radical. Esta solución es estable durante dos días. La solución de ABTS\* se diluirá con etanol para obtener una absorbancia de 0,8 730 nm. Esto se consigue mezclando 2,5 ml de la solución del radical con aproximadamente 100 ml de etanol.

Curva de calibración con la solución de TROLOX. La solución madre se preparará disolviendo 0,01gr de TROLOX en 5 ml de metanol y 5ml de agua destilada. A partir de esta solución se hacen las diluciones que serán los distintos puntos de la recta, con concentraciones de 19, 39, 59, 79, 99, 119, 159 y 199  $\mu$ M. (Medina, 2002).

## DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ALCOHOL DE LA BEBIDA TERMINADA

### Técnica:

Se transferirán 100 ml de la bebida alcohólica eliminándose previamente el CO<sub>2</sub> libre, se diluirá a 150 ml con agua desionizada. Se añadirán unas perlas de vidrio o unos trozos de porcelana porosa, para evitar que la ebullición se realice a borbotones.

Montar el equipo de destilación

La calefacción debe mantenerse de tal modo que la destilación sea lenta, pero sin interrupciones.

Se observará a qué temperatura comienza a destilar el alcohol. El destilado se recogerá en un matraz aforado de 100 ml, hasta las proximidades del cuello, se enrasará con agua destilada y se agita.

Se determina el grado alcohólico con la siguiente formula:

$$\frac{\text{ml de jugo} - \text{ml obtenido del destilado}}{\text{ml del jugo}} * 100$$

Leer en la tabla el porcentaje en volumen de alcohol en el destilado correspondiente a su peso específico.

**Tabla 5: Porcentaje en volumen de alcohol destilado**

Porcentaje	Grado alcohólico (v/v)	Acidez total (g/L acido tartárico)	Calidad sensorial
1%	6.60	4.52	3
5%	7.60	4.77	3
10%	8.10	5.33	3
25%	8.0	5.85	3
50%	9.0	6.52	4
75%	10.60	6.92	4
90%	11.40	7.56	4
95%	11.99	8.11	5
99%	12.39	8.79	5

## ANEXO 2

### METODOLOGÍA DE ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

#### **PROTEÍNA CRUDA MÉTODO AOAC (1980)**

Realizar la muestra en duplicado.

- Efectuar un ensayo en blanco usando una sustancia orgánica sin nitrógeno (sacarosa) que sea capaz de provocar la reducción de los derivados nítricos y nitrosos eventualmente presentes en los reactivos.

- Pesar al 0.1 mg. alrededor de 1 g de muestra homogeneizada (m) en un matraz de digestión Kjeldahl.

- Agregar 3 perlas de vidrio, 10 g de sulfato de potasio o sulfato de sodio, 0.5 g de sulfato cúprico y 20 mL de ácido sulfúrico conc.

- Conectar el matraz a la trampa de absorción que contiene 250 mL de hidróxido de sodio al 15 %. El disco poroso produce la división de los humos en finas burbujas con el fin de facilitar la absorción y para que tenga una duración prolongada debe ser limpiado con regularidad antes del uso. Los depósitos de sulfito sódico se eliminan con ácido clorhídrico. Cuando la solución de hidróxido de sodio al 15 % adicionada de fenolftaleína contenida en la trampa de absorción permanece incolora debe ser cambiada (aprox. 3 análisis).

- Calentar en manta calefactora y una vez que la solución esté transparente, dejar en ebullición 15 a 20 min. más. Si la muestra tiende a formar espuma agregar ácido esteárico o gotas de silicona antiespumante y comenzar el calentamiento lentamente.

- Enfriar y agregar 200 mL de agua. 7.8.- Conectar el matraz al aparato de destilación, agregar lentamente 100 mL de NaOH al 30 % por el embudo, y cerrar la llave.

- Destilar no menos de 150 mL en un matraz que lleve sumergido el extremo del refrigerante o tubo colector en:

a) 50 mL de una solución de ácido sulfúrico 0.1 N, 4 a 5 gotas de rojo de metilo y 50 mL de agua destilada. Asegurar un exceso de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para que se pueda realizar la retrotitulación. Titular el exceso de ácido con NaOH 0.1 N hasta color amarillo o

b) 50 mL de ácido bórico al 3 %. Titular con ácido clorhídrico 0.1 N hasta pH 4.6 mediante un medidor de pH calibrado con soluciones tampón pH 4 y pH 7, o en presencia del indicador de Tashiro hasta pH 4.6

Cada cierto tiempo es necesario verificar la hermeticidad del equipo de destilación usando 10 mL de una solución de sulfato de amonio 0.1 N (6.6077 g/L), 100 mL de agua destilada y 1 a 2 gotas de hidróxido de sodio al 30 % para liberar el amoníaco, así como también verificar la recuperación destruyendo la materia orgánica de 0.25 g de L(-)-Tirosina. El contenido teórico en nitrógeno de este producto es de 7.73 %. Debe recuperarse un 99.7 %.

## **HUMEDAD MÉTODO AOAC (1984)**

### Procedimiento

1. Pese alrededor de 5–10 g de la muestra previamente molida.
2. Coloque la muestra en un horno a 105°C por un mínimo de 12 h.
3. Deje enfriar la muestra en un desecador.
4. Pese nuevamente cuidando de que el material no este expuesto al medio ambiente.

### Cálculos

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = 100(((B-A) - (C-A))/(B-A))$$

Dónde:

A = Peso de la charolilla seca y limpia (g)

B = Peso de la charolilla + muestra húmeda (g)

C = Peso de la charolilla + muestra seca (g)

## **CENIZAS MÉTODO AOAC (1984)**

### Procedimiento

1. En un crisol de porcelana que previamente se calcinó y se llevó a peso constante, coloque de 2.5 a 5g de muestra seca.
2. Coloque el crisol en una mufla y calcínelo a 550°C por 12 horas, deje enfriar y páselo a un desecador.
3. Cuidadosamente pese nuevamente el crisol conteniendo la ceniza.

### Cálculos

A = Peso del crisol con muestra (g)

B = Peso del crisol con ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

Contenido de ceniza (%) =  $100((A - B)/C)$ .



## ANEXO 3

### Universidad de Ciencias y artes de Chiapas

Facultad de ciencias de la Nutrición y Alimentos  
Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos

#### Escala hedónica

Nombre: \_\_\_\_\_

Género: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

#### Bebida fermentada funcional a base de la fruta árbol de pan (*Artocarpus altilis fosberg*)

Instrucciones: A continuación se le presentará 3 vasos con 3 muestras de bebida fermentada, obsérvela, perciba su aroma y deguste, posteriormente se le solicitará que marque con una X, la opción que mejor describa el atributo evaluado.

1g de inulina	Me gusta mucho	Me gusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta poco	Me disgusta mucho
Consistencia					
Sabor					
Aroma					
Apariencia					

1.5 g de inulina	Me gusta mucho	Me gusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta poco	Me disgusta mucho
Consistencia					
Sabor					
Aroma					
Apariencia					

2.5 g de inulina	Me gusta mucho	Me gusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta poco	Me disgusta mucho
Consistencia					
Sabor					
Aroma					
Apariencia					

Comentarios:

---



---

## ANEXO 4

### DETERMINACIÓN DE ANÁLISIS PROXIMALES



Figura 41. Análisis de proteína



Figura 42. Análisis de humedad en horno

## ANEXO 5

### DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES



Figura 43. Preparación de reactivo ABTS



Figura 44. Preparación de extractos



Figura 45. Agitación de extractos

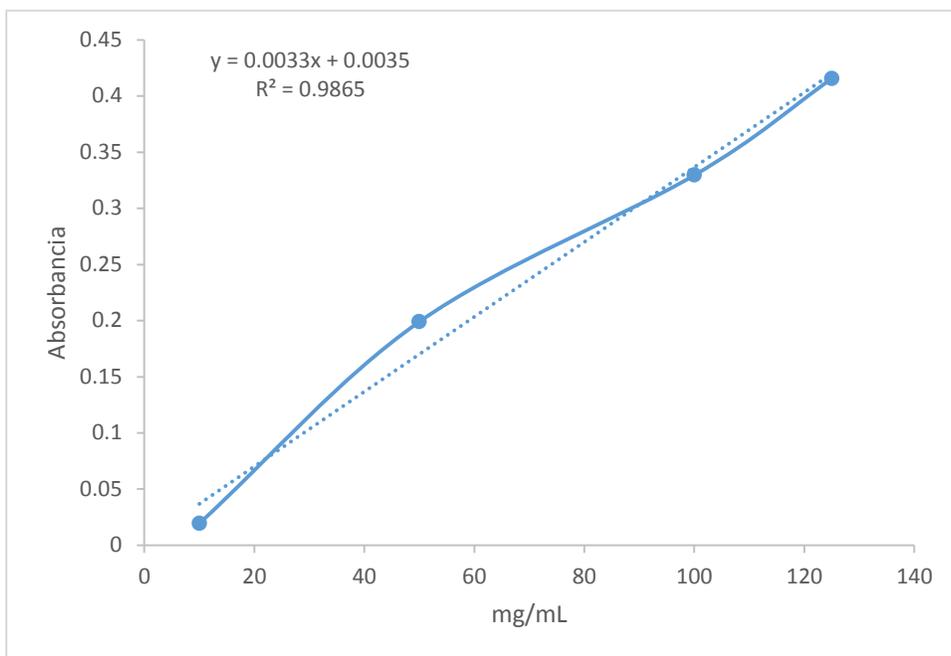


Figura 46. Dilución de radical ABTS



Figura 47. Lectura de extractos

**ANEXO 6**  
**GRAFICA DE CURVA ESTANDAR DE**  
**ANTIOXIDANTES**



**Figura 48. Gráfica de curva estándar antioxidantes**