

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



Evaluación de obtención de edulcorante natural extraído de yacón  
a nivel laboratorio

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por  
Marie Andree Lemen Maquíz  
para optar al grado académico de Licenciada en  
Ingeniería Química Industrial

Guatemala,

2024



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



Evaluación de obtención de edulcorante natural extraído de yacón  
a nivel laboratorio

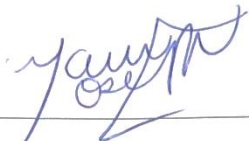
Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por  
Marie Andree Lemen Maquíz  
para optar al grado académico de Licenciada en  
Ingeniería Química Industrial

Guatemala,

2024




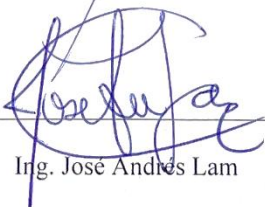
Vo. Bo:

(f)   
MSc.-Ing. María José Ramos Valdés

Terna Examinadora

(f)   
MSc.-Ing. María José Ramos Valdés

(f)   
MSc. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano

(f)   
Ing. José Andrés Lam

Fecha de aprobación: Guatemala, 15 de enero de 2024



## PREFACIO

A Dios, mi padre celestial: toda gloria y toda honra; eternamente agradecida por no soltarme, por cuidarme siempre, por darme esperanza, fe y todas las bendiciones que llegan a mi vida todos los días; sin él, mi sueño no hubiera podido ser posible.

Este trabajo es dedicado a mis padres, Miguel Ángel e Ingrid, por ser mi mayor inspiración para seguir adelante, el más grande apoyo a lo largo de este camino. Ustedes, son pilares de amor, fortaleza e inspiración en mi vida. Frente a los desafíos, me han enseñado que es la determinación; recordándome que los obstáculos son gradas en el camino hacia el éxito. Su forma de superar los obstáculos me ha inculcado la fuerza de aceptar las incertidumbres que suceden en la vida y nunca dejar de luchar siendo perseverante. Su amor incondicional es lo que me lleva a impulsarme todos los días y a ser valiente. Lo más importante, por medio de sus acciones, me enseñaron la importancia de la integridad, la bondad y la empatía. El ejemplo de ambos fue lo que inculcó en mí querer tener un impacto positivo en el mundo siendo una profesional con las convicciones que ustedes me han enseñado. Gracias por su legado, por su sacrificio, por darme las alas para soñar, por el regalo de la libertad y por siempre apostar todo por mí. Los amo.

A mis hermanitos, Scarlett y Miguelito, por ser mi sonrisa y mi inspiración al verlos crecer, por darme un mundo alegre y poder aprender de ustedes todos los días, por ser unos niños valientes y virtuosos, ustedes vinieron a complementar mi vida, los adoro.

A mi mamita María Isabel y tía Sherlyn, que siempre han estado conmigo, gracias por su amor sin límites, por creer siempre en mí, por ser luz positiva para mi vida, y por enseñarme qué es ser una mujer fuerte e independiente.

A mi asesora, la Ingeniera María José Ramos, agradezco su paciencia, su cariño y motivación al realizar este trabajo; por acompañarme y guiarme en el desarrollo del mismo.

A mi director de Carrera, el Ingeniero Gamaliel Zambrano por su apoyo para realizar la experimentación de este trabajo, guiarme en el año de la recta final y ser un gran mentor.

A mi perrito Doky, por acompañarme todos los días, por darme muchísimo amor, darme tanta felicidad en todo momento y ser el mejor perro del mundo.

## ÍNDICE

PREFACIO .....	i
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	2
A. General.....	2
B. Específicos .....	2
III. JUSTIFICACIÓN .....	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	5
A. Edulcorantes.....	5
B. Diabetes.....	10
C. Obesidad .....	10
D. Equipos para medición de FOS.....	10
E. Operaciones unitarias.....	12
F. Buenas Prácticas de Manufactura .....	13
G. RTCA: Reglamento Técnico Centroamericano .....	14
H. Características fisicoquímicas.....	17
I. Vida anaquel de un producto .....	18
J. Panel sensorial .....	18
V. ANTECEDENTES .....	20
VI. METODOLOGÍA .....	26
A. Producción de edulcorante.....	26
B. Realización de balance de masa y energía .....	29
C. Panel sensorial hedónico.....	29
VII. RESULTADOS.....	30
VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	37
IX. CONCLUSIONES .....	41

X.	RECOMENDACIONES .....	42
XII.	BIBLIOGRAFÍA .....	43
XII.	ANEXOS .....	46
A.	Datos originales: .....	46
B.	Cálculos de muestra: .....	48
C.	Datos calculados: .....	53
D.	Figuras.....	63
XIII.	GLOSARIO .....	93

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Caracterización de materia prima.....	30
Cuadro 2: Evaporación.....	30
Cuadro 3: Rendimiento global .....	31
Cuadro 4: Características organolépticas semana 0.....	32
Cuadro 5: Resultados por frecuencia acumulada de panel sensorial .....	33
Cuadro 6: Análisis microbiológico .....	34
Cuadro 7: Porcentaje de humedad .....	46
Cuadro 8: Porcentaje de cenizas .....	46
Cuadro 9: Evaporación.....	46
Cuadro 10: Datos de balanza analítica.....	46
Cuadro 11: Datos de balanza de humedad.....	47
Cuadro 12: Datos de estufa eléctrica.....	47
Cuadro 13: Datos de mufla .....	47
Cuadro 14: Cristalería.....	47
Cuadro 15: Balance de masa corrida 1.....	50
Cuadro 16: Balance de masa simplificado corrida 1.....	50
Cuadro 17: Balance de energía corrida 1 .....	51
Cuadro 18: Costo unitario de producción de jarabe de yacón .....	53
Cuadro 19: Caracterización de materia prima.....	53
Cuadro 20: Evaporación.....	54
Cuadro 21: Rendimiento global .....	54
Cuadro 22: Medición de parámetros fisicoquímicos Corrida 2 .....	55
Cuadro 23: Medición de parámetros fisicoquímicos Corrida 3 .....	56
Cuadro 24: Tabla de frecuencias acumuladas características organolépticas por medio de panel sensorial.....	57
Cuadro 25: Balance de masa Corrida 1.....	58
Cuadro 26: Balance de energía Corrida 1 .....	58

Cuadro 27: Balance de masa Corrida 2.....	59
Cuadro 28: Balance de energía Corrida 2.....	59
Cuadro 29: Balance de masa Corrida 3.....	59
Cuadro 30: Balance de energía Corrida 3.....	60
Cuadro 31: Balance de masa Promedio.....	60
Cuadro 32: Balance de energía promedio.....	62
Cuadro 33: Costo unitario de producción de jarabe de yacón.....	62

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Propiedades de edulcorantes.....	6
Figura 2: Yacón.....	7
Figura 3: Fructooligosacáridos .....	8
Figura 4: Efecto del sol en las raíces de yacón .....	9
Figura 5: Composición centesimal de yacón .....	11
Figura 6: Criterios microbiológicos RTCA para registro .....	15
Figura 7: Condiciones de manipulación según RTCA.....	15
Figura 8: Sorbato de potasio .....	16
Figura 9: Benzoato de sodio .....	16
Figura 10: Hipoclorito de sodio .....	17
Figura 11: Compuestos en el jarabe de yacón e influencias en la salud .....	20
Figura 12: Jarabe de yacón de Amazon Andes .....	22
Figura 13: Tabla nutricional jarabe de yacón de Amazon Andes .....	23
Figura 14: Jarabe de yacón de Ecoandino.....	23
Figura 15: Tabla nutricional Ecoandino.....	24
Figura 16: Jarabe de yacón de Alovitox.....	24
Figura 17: Información nutricional jarabe de yacón de Alovitox.....	25
Figura 18: Diagrama de proceso producción de jarabe de yacón .....	31
Figura 19: Análisis fisicoquímico curva de pH vs tiempo corrida 2 y 3 .....	33
Figura 20: Análisis fisicoquímico curva de grados brix vs tiempo corrida 2 y 3 .....	34
Figura 21: Balance de masa y energía promedio.....	35
Figura 22: Producto final jarabe de yacón .....	36
Figura 23: Materia prima de Yacón .....	63
Figura 24: Muestra 1 Análisis de HPLC para identificación de azúcares .....	63
Figura 25: Muestra 2 Análisis de HPLC para identificación de azúcares .....	64
Figura 26: Muestra 3 Análisis de HPLC para identificación de azúcares .....	64
Figura 27: Muestra 1 Análisis de HPLC para identificación de azúcares .....	65
Figura 28: Muestra 2 Análisis de HPLC para identificación de azúcares .....	65
Figura 29: Muestra 3 Análisis de HPLC para identificación de azúcares .....	66
Figura 30: Balance de masa Corrida 1 .....	67
Figura 31: Balance de masa Corrida 2.....	68
Figura 32: Balance de masa Corrida 3.....	69
Figura 33: Determinación de cenizas.....	70
Figura 34: Determinación de humedad.....	70
Figura 35: Pelado de raíces en agua para evitar pardeamiento enzimático .....	71
Figura 36: Extracción de líquido de yacón .....	71
Figura 37: Concentración en baño maría.....	72
Figura 38: Primera Corrida de evaporación.....	72

Figura 39: Obtención de cristales fallidos.....	73
Figura 40: Segunda Corrida de evaporación.....	73
Figura 41: Obtención de jarabe de yacón después de evaporación.....	74
Figura 42: Tercera Corrida de evaporación .....	74
Figura 43: Análisis microbiológico Coliformes .....	75
Figura 44: Análisis microbiológico MRS .....	75
Figura 45: Análisis microbiológico PDA .....	76
Figura 46: Medición de grados brix y pH.....	76
Figura 47: Medición de grados brix.....	77
Figura 48: Medición de pH.....	77
Figura 49: Medición de pH.....	78
Figura 50: Medición de pH fin de vida anaquel corrida 2 .....	78
Figura 51: Jarabe de Yacón.....	79
Figura 52: Corrida 2 con moho después de 3 meses.....	79
Figura 53: Creación de receta de jarabe de yacón .....	80
Figura 54: Creación de logo de producto (ML).....	81
Figura 55: Etiqueta Nutricional jarabe de yacón .....	81
Figura 56: Ficha técnica de producto terminado (BPM).....	82
Figura 57: Ficha técnica de producto terminado.....	83
Figura 58: Etiqueta final jarabe de yacón .....	84
Figura 59: Producto empaquetado de Jarabe de yacón.....	84
Figura 60: Encuesta panel sensorial de jarabe de yacón P.1.....	85
Figura 61: Encuesta panel sensorial de jarabe de yacón P.2.....	86
Figura 62: Encuesta panel sensorial de jarabe de yacón P.3.....	87
Figura 63: Encuesta panel sensorial de jarabe de yacón P.4.....	88
Figura 64: Gráfica de pie panel sensorial de jarabe de yacón (Género) .....	88
Figura 65: Gráfica de pie panel sensorial de jarabe de yacón (Edad).....	88
Figura 66: Gráfica de barras panel sensorial de jarabe de yacón (Sabor).....	89
Figura 67: Gráfica de barras panel sensorial de jarabe de yacón (Aroma).....	89
Figura 68: Gráfica de barras panel sensorial de jarabe de yacón (Dulzor).....	90
Figura 69: Gráfica de barras panel sensorial de jarabe de yacón (Acidez).....	90
Figura 70: Cuadro de pie panel sensorial de jarabe de yacón (Color) .....	91
Figura 71: Gráfica de barras panel sensorial de jarabe de Yacón (Expectativa) .....	91
Figura 72: Gráfica de barras panel sensorial de jarabe de yacón (Apariencia).....	92
Figura 73: RTCA Nivel máximo de benzoato de jarabe de yacón .....	92
Figura 74: RTCA Nivel máximo de sorbato de potasio en jarabe de yacón.....	92

## RESUMEN

El estudio se centró en la obtención de edulcorante a partir del tubérculo de yacón a escala laboratorio. Se caracterizó la materia prima, determinando que el yacón debía almacenarse entre 5 y 7 °C para conservar sus propiedades. La humedad, cenizas y presencia de azúcares fueron medidas y se encontraron dentro de rangos aceptables.

Posteriormente, se extrajo el edulcorante mediante la eliminación de la cáscara y la extracción del líquido del tubérculo. Tres corridas de extracción y evaporación se llevaron a cabo, con rendimientos entre el 60.93% y el 95.7%. La última corrida fue la más eficiente, esto debido a que el yacón perdió humedad y permitió que la evaporación fuera mucho más acelerada que las otras dos.

Se añadieron conservantes como benzoato de sodio y sorbato de potasio debido a la presencia de microorganismos, esto se llevó a cabo por medio de la normativa que establece el RTCA y buenas prácticas de manufactura, en cuanto a limitantes por kg de alimento.

Se diseñó una etiqueta de alimentos siguiendo criterios de la FDA, con una marca propia y una calculadora nutricional para el jarabe de yacón, los cuales se encuentran en anexos únicamente con cuatro componentes, modo de almacenamiento y forma de uso. Se optó por un envasado con gotero por practicidad para el consumidor, en vez de tarro como se había elegido inicialmente. Un panel sensorial con 33 participantes indicó aceptación en sabor, aroma, dulzor, acidez, expectativa y apariencia.

Se realizaron mediciones para las características fisicoquímicas, de pH y grados Brix durante tres meses para evaluar la estabilidad del producto, por medio de curvas. El pH disminuyó al final del almacenamiento, indicando caducidad, pero los grados Brix se mantuvieron constantes.

El rendimiento promedio del proceso fue del 37.01% el cual fue determinado por medio de un balance de masa, afectado por pérdidas durante la extracción, la filtración y evaporación del agua para la concentración del producto. Se evaluó el costo unitario de producción, resultando en Q16. Se determinó un precio de venta de Q18 para una presentación de 50mL.

En resumen, se logró caracterizar la materia prima, realizar la extracción y evaporación del edulcorante natural de yacón. Evaluar sus propiedades organolépticas y microbiológicas, y llevar a cabo un análisis de estabilidad y eficiencia del proceso. Los resultados obtenidos indican que el producto es viable con algunas consideraciones en cuanto a su almacenamiento y estabilidad.

## I. INTRODUCCIÓN

El jarabe de yacón es un edulcorante natural cuya popularidad está creciendo por el bajo índice glucémico que es de 1 en una escala de 0 a 110; el cual no altera la glucosa en sangre y sus beneficios para la salud (Adriano et al.,2019). Está hecho de raíz de yacón que es un tubérculo que posee fructooligosacáridos en la raíz de yacón no son digeribles por el cuerpo humano, lo que significa que pasan a través del sistema digestivo sin aportar calorías.

Se usa en América del Sur, crece en Perú y Ecuador, en la región andina por sus propiedades medicinales, como bajo contenido calórico, antioxidantes, regulación de colesterol entre otros, por lo que lo convierte en una excelente opción para aquellas personas que buscan reducir su consumo de calorías y controlar su peso. También es importante mencionar que es conocido por su capacidad para mejorar la salud intestinal. Los fructooligosacáridos actúan como prebióticos, debido a que son alimentos para las bacterias beneficiosas que viven en nuestro intestino. Al favorecer el crecimiento de estas bacterias, el jarabe de yacón ayuda a mejorar la salud digestiva y a fortalecer el sistema inmunológico.

Se utiliza en la preparación de bebidas y comidas dulces por ser endulzante. La producción de este jarabe de yacón a escala laboratorio da la posibilidad de realizar la evaluación y optimización varios parámetros, como los métodos de extracción, la concentración de sacarosa y las condiciones de proceso. Esto permite el desarrollo de jarabe de yacón de alta calidad con propiedades organolépticas adecuadas y puede formar la base para expandir el proceso de producción con fines comerciales. El jarabe de yacón tiene un sabor dulce parecido al caramelo y es utilizado como alternativa al azúcar convencional en diversas recetas. En el presente trabajo, se presenta una descripción a detalle del proceso de producción del jarabe de yacón a escala laboratorio.

## II. OBJETIVOS

### A. General

Evaluación para obtener edulcorante extraído del tubérculo de yacón a nivel laboratorio.

### B. Específicos

1. Determinar la humedad, contenido de cenizas y presencia de azúcares de las muestras de Yacón, utilizando cromatografía líquida, para caracterizar la materia prima antes del proceso de extracción.
2. Utilizar el método de evaporación utilizando un kit de destilación para obtener un edulcorante tipo jarabe concentrado a escala laboratorio a partir del tubérculo de Yacón.
3. Evaluar las características organolépticas, fisicoquímicas, microbiológicas, para proponer su uso como edulcorante alternativo.
4. Evaluar proceso de obtención de edulcorante a escala laboratorio, por medio de un balance de masa y energía, para obtener el rendimiento y requerimientos.

### III. JUSTIFICACIÓN

A lo largo de los años el ser humano se ha caracterizado por mantener una dieta desequilibrada, principalmente ahora que ya todo está “listo para consumir”. Todo está procesado y en su mayoría las formulaciones de comida tienen una alta cantidad de sacarosa en ellas. La sacarosa es perjudicial para la salud humana, especialmente para las personas que padecen de obesidad, diabetes o mantienen el azúcar alta en el cuerpo, ya que diariamente lo máximo recomendable a consumir es de 25 gramos al día según la Organización Mundial de la Salud. Posee 4 kilocalorías de gramos por carbohidrato (Irala, 2014).

En Guatemala, el problema se aborda frecuentemente debido a la diabetes en adultos; la OMS determinó en 2014 que esta enfermedad está presente entre personas de 20 años hasta los 80 años (World Health Organization: WHO, 2023); y el porcentaje de población con esta enfermedad es de 8%, además de las personas que no han diagnosticadas por falta de oportunidades y el porcentaje que tiene prediabetes (Guerra, 2015). La diabetes que más prevalece es el tipo 2, toma forma más agresiva debido a la mala alimentación, falta de deporte y la obesidad. La falta de acceso a alimentos saludables repercute en esto, en una encuesta Nacional de Salud en Guatemala (2019-2020) se determinó que el 72% de la población consume azúcar agregada en su estilo de vida y el porcentaje de los que consumen bebidas con basta cantidad de azúcar es el 22% como refrescos, gaseosas. Esto es un problema que sucede a diario alrededor de todo el mundo, no solo en Guatemala (Rodríguez, 2017).

Sin embargo, hay fuentes alternas que se pueden utilizar de origen natural, que no han sido explotadas en su totalidad, y para el futuro se les ve un potencial alto. Como el yacón, que es un tubérculo con propiedades nutricionales y rico en azúcares, por lo que la producción de un edulcorante a partir de este, podría responder a la problemática de disminución de consumo de calorías ya que este edulcorante tiene 1/3 de las calorías del azúcar con propiedades de bajo contenido calórico, antioxidantes, regulación de colesterol, además de ser 100% natural (Gardner, 2017). Otro factor importante es que no afecta a la glucosa en la sangre por lo que indica que posee un índice glucémico bajo. Mantiene un estilo de vida más saludable, además de expandir el catálogo de edulcorantes naturales como la Stevia, miel, monk fruit, que tienen propiedades como antioxidantes, vitaminas y minerales, promoviendo así la sustitución del azúcar en las dietas.

Por esto este trabajo de investigación se orientó en desarrollar un edulcorante tipo jarabe de yacón que es de origen natural, mejorando la calidad de la vida al disminuir el consumo de sacarosa, por medio de un producto concentrado el cual se puede usar diariamente debido a sus propiedades beneficiosas como el favorecimiento a la digestión

por los prebióticos que posee como la inulina que es una fibra de origen vegetal, contenido de antioxidantes, además de ayudar a la prevención de diabetes como se mencionó anteriormente.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. Edulcorantes

La historia de los edulcorantes se remonta a la antigüedad, cuando se utilizaban miel, frutas, parientes del azúcar y otros recursos naturales para endulzar alimentos y bebidas. Con el tiempo, se han descubierto, desarrollado y utilizado muchos otros edulcorantes naturales y artificiales en todo el mundo. Los edulcorantes más comunes incluyen azúcar, miel, sacarina, aspartamo, esteviol y sucralosa. Según un estudio publicado en la revista *Food and Chemical Toxicology*, el primer edulcorante artificial, la sacarina, se sintetizó en 1878 y comenzó a utilizarse ampliamente al año siguiente debido a su bajo coste y su superior poder edulcorante.

A principios del siglo XX se desarrollaron otros edulcorantes artificiales como el ciclamato y el aspartamo. La sucralosa fue descubierta en los años 1960. La sucralosa se deriva del azúcar y se considera una de las mejores alternativas al azúcar natural en términos de calorías y sabor. Los edulcorantes naturales, se utilizan desde hace mucho tiempo, siendo la miel y la Stevia los más utilizados en la actualidad.

Por ejemplo, la Stevia se ha utilizado como edulcorante natural durante siglos en América del Sur y Asia antes de introducirse en otros continentes. Recientemente, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) aprobó la Stevia como un edulcorante natural no tóxico, promoviendo su uso en todo el mundo. Sin embargo, en América del Sur también se encuentra el yacón que es un tubérculo endulzante natural.

Los edulcorantes naturales corresponden a los edulcorantes obtenidos a partir de sustancias que se encuentran en la naturaleza. Los más conocidos incluyen sacarosa, fructosa, glucosa y miel. Los edulcorantes artificiales, por su parte, se refieren a un grupo de sustancias sintetizadas a partir de compuestos químicos y utilizadas como alternativa al azúcar tradicional, con el objetivo de reducir las calorías producidas por su consumo. Entre este tipo de edulcorantes destacan la sacarina, el aspartamo, la sucralosa.

Algunos estudios sugieren que el consumo de edulcorantes artificiales puede tener efectos negativos para la salud, incluido un mayor riesgo de obesidad, diabetes tipo 2, enfermedades cardíacas y más. Por otro lado, se debe tomar en cuenta que si bien los edulcorantes naturales pueden ser una alternativa saludable al azúcar refinada, no se recomienda su consumo excesivo.

El uso de edulcorantes en la industria alimentaria es importante porque puede reducir las calorías en alimentos y bebidas y también contribuye al bienestar de personas con enfermedades como diabetes y obesidad. Sin embargo, es importante considerar los

impactos ambientales y de salud de estos compuestos, así como también cómo se fabrican, el etiquetado de los contenedores y las regulaciones relacionadas (Alonso, 2010).

Figura 1: Propiedades de edulcorantes



Extraído de: <https://alovitox.com/foods/yacon-sweetener/organic-yacon-syrup/>

## 1. El Yacón

El Yacón conocido con su nombre científico *Smallanthus sonchifolius* es una raíz, tipo tubérculo que se clasifica entre las Asteráceas. La cual desciende de semillas, en la cual se auto propagan varias unidades de una planta. Nacida en Bolivia y Perú. Sin embargo, es importante mencionar que se ha adaptado bien a otros países; se ha logrado cultivar en Nueva Zelanda siendo un país con temperaturas bastante bajas además de Japón, por lo que es factible la siembra en diversas partes del mundo (Calle, 2012).

En Japón se iniciaron los estudios con esta planta, para evaluar sus características, su composición y el beneficio que tiene el consumo de este para la salud. Esta puede crecer de 1 a 3 metros aproximadamente. Sus características físicas y organolépticas presentan ser en el interior de color blanco, y en el exterior de color ligeramente café, con forma alargada similar a una yuca con superficie lisa con ciertas hendiduras, la cáscara no es gruesa. Es importante mencionar que su sabor es dulce parecido a la miel (Ortiz, 2014).

Con respecto a las hojas no tienen una forma definida, pero son de superficie suave de forma triangular, y poseen una flor, además, el tallo tiene la característica que posee abundante cantidad de agua. El tiempo de almacenamiento para la postcosecha y que permanezca fresca son de 7 a 8 días. Para mantener sus características por meses se pueden almacenar a temperaturas de 4 C secos y sin luz (Cuadrado, 2004).

*Figura 2: Yacón*

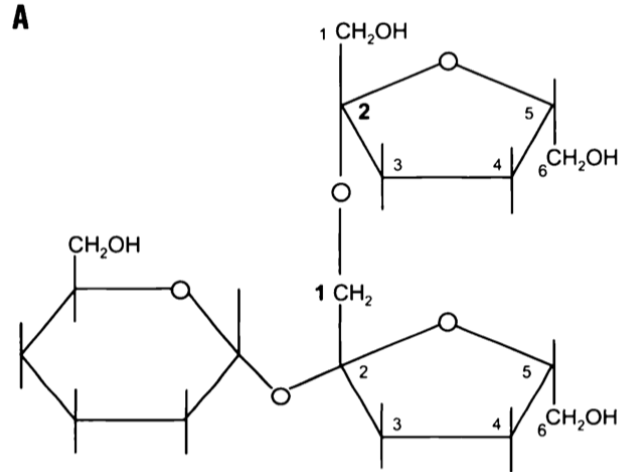


(Sáenz, 2016)

Esta raíz es una fuente vegetal con mayor contenido de fructooligosacáridos (FOS) un tipo de azúcares, pero tiene como ventaja que su contenido calórico con un valor entre 1 y 1.5 kcal/g. Es bastante bajo entre 27 y 35% de calorías que poseen los carbohidratos frecuentes, el cual se encuentra en el zumo que tienen las raíces por eso puede ser utilizada como sustituto del azúcar. Además, mejora la alimentación por su bajo índice glucémico, esto quiere decir que no incrementan el nivel de glucosa en la sangre. También es importante decir que la distribución de los azúcares en la raíz es mayor en la parte externa, mientras más adentro va, proporcionalmente van bajando la concentración de azúcares (Manrique, Párraga y Hermann, 2005).

Los fructooligosacáridos constan de fructosas unidas entre sí, por lo cual es que aguantan la hidrólisis, en el cuerpo humano. Los FOS se fermentan por los probióticos que son parte de la microflora intestinal, tal como el *Bifidus* y *Lactobacillus* mejoran la función gastrointestinal (Pedreschi et al., 2003). Sin embargo, para que su porcentaje de azúcar se eleve como es la fructosa vacilando entre 2 al 20% es necesario recurrir al secado.

Figura 3: Fructooligosacáridos



Muestra la estructura química de 1-kestose posee dos moléculas de fructosa, es la base para los demás FOS su variación es su número de moléculas de fructosa que puedan polimerizar, pueden llegar a ser hasta 10 unidades.

(Manrique, Párraga y Hermann, 2005).

Además de los FOS hay que tomar otro tipo de compuestos químicos que son parte del yacón en cuenta debido a la cantidad que tienen, estos son los polifenoles que están presentes en cantidades que va desde 200mg a 100g de materia, los que en mayor cantidad permanecen son el ácido clorogénico y fenoles solubles que vienen del ácido cafeico. Pero hay mayor cantidad de estos en las hojas y la cepa.

Los polifenoles son compuestos químicos que no son energéticos presentes en las plantas, además de ser antioxidantes en los que poseen más de un grupo fenol por molécula, estos neutralizan la actividad oxidante de los radicales libres que son moléculas no estables, que son contaminantes pero que entran de forma externa, que pueden dañar a las membranas de las células dando como consecuencia que se produzcan ciertas enfermedades (Manrique, Párraga y Hermann, 2005).

Las polifenoloxidasas, también conocidas como tirosinasas, son las enzimas que hacen que el yacón pardee. En presencia de oxígeno, estas enzimas oxidan compuestos fenólicos, lo que produce pigmentos oscuros y pardeamiento en tejidos vegetales como el yacón (Nicolas, et. Al, 1994).

Para su cultivo, el yacón forma unos botones arriba de las raíces, conocidas como cepas, en ellas se encuentran varias yemas, que sirven para la propagación; lo ideal es que al partir la cepa dependiendo de su tamaño entre 10 a 20 si es madura es que posea entre 3 y 5 yemas para que el crecimiento sea mejor; estas son a los que se le conoce como semillas, son exalbuminosas (Manrique, Párraga y Hermann, 2005).

Lo que tarda la cosecha es de 6 meses a un año después de sembrarse, además de utilizar fertilizantes de buena calidad, además de riego ideal, evitar plagas. Es importante mencionar que las raíces por dentro son suaves por la cantidad de agua que mantienen que equivale casi al 90% del peso, por lo mismo tiende a rajarse la raíz. En términos de peso puede variar, va cada raíz vacilando entre 200 y 570 g; hay dos tipos de raíces fibrosas y las reservantes. Las primeras son delgadas y su única utilidad es que se puedan adherir bien al suelo, las segundas son más gruesas y a su vez fusiformes, pero estas no sirven para que se propaguen (Polreich, 2003).

La planta en su totalidad produce entre 1.5 y 3 kilogramos de raíz. Crece en varios tipos de suelo en su mayoría sueltos, pero como se mencionó anteriormente esta raíz está expuesta a daños físicos por lo que la manipulación es fundamental, al separarse de la cepa hay que tener sumo cuidado para que no se rompa y evitar heridas en la raíz que al estar abiertas puede ser un contaminante microbiológico, se recomienda utilizar un cuchillo durante la separación para lograr un corte donde no haya ningún riesgo; igualmente para lograr una mejor preservación de la raíz se recomienda que no se lave el yacón cuando se va a transportar, dejar los restos de tierra adherida (Manrique, Párraga y Hermann, 2005).

#### a. Importancia de FOS

El proceso de composición de azúcar después de cosechar tiende a ser con rapidez; ya que se hidrolizan los FOS en azúcares de carácter simple por la enzima fructano hidrolasa; lleva a ser fructosa, sacarosa y glucosa. En un plazo aproximado de una semana a temperatura ambiente se estima que hasta un 40% de los FOS han pasado a ser azúcares simples. Si se almacena a una temperatura más baja el efecto que puede causar es que la velocidad a la que se da la conversión sea más lenta, pero el beneficio también es que se mantiene por más tiempo la raíz (Graefe, 2004).

*Figura 4: Efecto del sol en las raíces de yacón*

	Freshly harvested	Days of sunning		
		2	4	6
Roots	100.0	75.5	66.7	61.7
Water	87.3	60.8	52.2	47.6
Dry matter	12.7	14.7	14.4	14.0
Total sugars	11.0	12.7	12.5	12.0
Oligofructans	7.0	7.1	6.0	5.4
Fructose	1.6	2.5	2.9	3.5
Glucose	0.3	0.5	0.5	0.7
Sucrose	2.1	2.6	3.0	2.4

<sup>a</sup> Data are means of three Peruvian yacón cultivars.

La tabla anterior muestra los datos de cosecha, raíces, agua, materia seca, azúcares totales, FOS, y los demás azúcares. ES por el secado que incrementa la cantidad de azúcar.

(Graefe, 2004).

## B. Diabetes

La diabetes es una enfermedad crónica que ocurre cuando el cuerpo no produce suficiente insulina o no la usa adecuadamente. La insulina es una hormona es la encargada de regular los niveles de azúcar en la sangre. Si el cuerpo no es capaz de realizar la producción de insulina o no la usa adecuadamente, los niveles de azúcar en la sangre pueden subir y dañar los órganos y tejidos del cuerpo.

Hay varios tipos de diabetes, pero los más comunes son la diabetes tipo 1 y 2. La diabetes tipo 1 ocurre cuando el cuerpo no produce suficiente insulina, mientras que la diabetes tipo 2 ocurre cuando el cuerpo no puede usar la insulina de forma adecuada. Sin embargo, la del segundo tipo se asocia con una dieta inadecuada, falta de actividad física y obesidad. La diabetes es un problema de salud importante en Guatemala, especialmente en los pueblos indígenas, con una prevalencia estimada de diabetes del 8,4 % entre los adultos guatemaltecos (World Health Organization: WHO & World Health Organization: WHO, 2023).

## C. Obesidad

La obesidad es una enfermedad crónica caracterizada por el exceso de grasa en el cuerpo. Esto es diferente de tener sobrepeso, lo que significa tener demasiado peso. El peso puede deberse a la masa muscular, los huesos, la grasa y/o el agua en su cuerpo. La obesidad es un problema de salud importante en todo el mundo y se asocia con un mayor riesgo de enfermedades crónicas como diabetes, enfermedades cardíacas, hipertensión y accidentes cerebrovasculares.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la obesidad como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. La obesidad infantil es un grave problema de salud pública y su prevalencia ha aumentado a nivel mundial en las últimas décadas. La obesidad se asocia con una dieta inadecuada, falta de actividad física y otros factores de riesgo. El tratamiento de la obesidad puede incluir cambios en el estilo de vida, como una dieta saludable y actividad física regular, y puede requerir terapia con medicamentos o cirugía (World Health Organization: WHO, 2021)

## D. Equipos para medición de FOS

Para determinar si hay presencia de FOS se puede utilizar HPLC para identificarlo, o también es factible hacer uso de un refractómetro para poder medir el índice de refracción. El HPLC es cromatografía líquida de alta resolución utilizada en química analítica en donde se pueden separar los compuestos de una mezcla entre las sustancias que están en la fase

móvil que es donde vamos a analizar y la columna que es la fase estacionaria que es donde se bombea desde la fase móvil hasta ella.

(Jiménez, 2014)

Pudiendo usar como fase móvil agua ionizada, y los estándares a utilizar son la inulina fructosa y glucosa. El solvente puede ser un acetonitrilo agua (80:20). Una muestra ideal se puede tomar para inyectar es 20 microlitros (Guevara, 2015).

Figura 5: Composición centesimal de Yacón

Alimento	Energía Kcal/ 100g	Humedad*	Proteínas*	Lípidos*	Cenizas*	Fibra Dietaria Total	H C ** disponibles	
g/100 g de pulpa bh								
Oca	Amarilla	92	74,71 ± 0,61 <sup>b</sup>	1,15 ± 0,00 <sup>c</sup>	0,13 ± 0,05 <sup>bc</sup>	0,88 ± 0,02 <sup>c</sup>	1,53	21,6
	Overa	94	74,22 ± 0,62 <sup>b</sup>	1,59 ± 0,01 <sup>e</sup>	0,15 ± 0,03 <sup>bc</sup>	0,75 ± 0,03 <sup>a</sup>	1,69	21,6
	Rosada	97	73,05 ± 0,38 <sup>a</sup>	1,37 ± 0,09 <sup>d</sup>	0,10 ± 0,01 <sup>b</sup>	1,16 ± 0,01 <sup>e</sup>	0,87	22,58
	Morada	92	76,15 ± 0,66 <sup>c</sup>	0,79 ± 0,08 <sup>b</sup>	0,15 ± 0,03 <sup>bc</sup>	0,99 ± 0,00 <sup>d</sup>	1,92	21,92
	Blanca	84	76,81 ± 0,86 <sup>cd</sup>	1,51 ± 0,11 <sup>de</sup>	0,19 ± 0,03 <sup>c</sup>	0,84 ± 0,05 <sup>bc</sup>	1,58	19,07
	Colorada	83	75,82 ± 1,79 <sup>d</sup>	2,10 ± 0,00 <sup>f</sup>	0,14 ± 0,05 <sup>bc</sup>	0,78 ± 0,02 <sup>ab</sup>	2,6	18,51
Mandioca	Campeona	148	61,60 ± 1,09 <sup>a</sup>	1,32 ± 0,46 <sup>b</sup>	0,23 ± 0,09 <sup>b</sup>	0,72 ± 0,03 <sup>b</sup>	1,03	35,1
	Pomberí	142	62,34 ± 0,88 <sup>a</sup>	1,15 ± 0,07 <sup>b</sup>	0,21 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,56 ± 0,03 <sup>a</sup>	1,82	33,91
	Colorada amadeo	109	70,53 ± 2,02 <sup>b</sup>	1,07 ± 0,13 <sup>b</sup>	0,13 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,79 ± 0,00 <sup>b</sup>	1,67	25,8
	Palma	121	67,40 ± 0,99 <sup>b</sup>	1,05 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,13 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,96 ± 0,10 <sup>c</sup>	1,53	28,93
	Yacón	50	86,09 ± 4,85 <sup>e</sup>	0,48 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,04 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,37 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,03	11,99

\*Los resultados se presentan como promedio ± desviación estandar n= 3.

\*\* Calculado por diferencia.

Letras diferentes en una misma columna muestran diferencias significativas (p<0,05)

bh: base húmeda

(Jiménez, 2014)

Un refractómetro se utiliza en química en análisis instrumental con la funcionalidad de cuantificar los sólidos totales en una solución, analiza cuales se encuentran en ella y el porcentaje de ellas. Su principio de funcionamiento es que hace uso de la refracción de luz en un medio que es la muestra a evaluar con los parámetros de densidad utilizando prismas. La medición es llamada índice de refracción que sirve para determinar después los grados brix en el caso del azúcar, la densidad específica, porcentaje de sal.

Los tipos de refractómetros más conocidos son el de Abbe y el digital la diferencia entre ambos es que su forma de detectar el índice de refracción es diferente cuando ya que quiere realizar la cuantificación. En el de Abbe solo es posible realizar la medición si el índice de refracción es menor a lo establecido en el vidrio Flint, por lo que puede ser una limitante; la solución para eso es la corrección de la temperatura haciendo uso de un termostato en el sistema óptico (Guevara, 2015).

En el refractómetro de tipo digital es más fácil analizar las diferentes propiedades de los azúcares, pero en categorías: glucosa, maltosa y lactosa que se contiene en la sustancia. Sus partes son: lámpara, prisma, y escalas de índice de refracción y escala de concentración en masa de sacarosa.

El proceso para utilización de este instrumento es quitar la cubierta del lente que es de vidrio en la parte de atrás, con una muestra de agua y un cuentagotas colocar dos gotas, y poner nuevamente la cubierta sin burbujas. Puesto frente al haz de luz ver el ocular y distinguir claramente la escala en el hemisferio del lente. La línea que está separando los ambos hemisferios y tiene una intersección con la escala de abajo, es la salinidad de la muestra. Es necesario después levantar la cubierta y lavar la muestra de la lente y de la cubierta con agua destilada (Bosch, 2016).

Como en el refractómetro se pueden medir grados brix, y tiene una alta correlación con FOS, es importante utilizar este método para los lotes de Yacón. Y así disminuye costos, teniendo la misma funcionalidad en ambos métodos (Manrique, Párraga y Hermann, 2005).

## E. Operaciones unitarias

Las operaciones unitarias son procesos fundamentales en ingeniería química y campos relacionados. Estos procesos son cambios físicos o químicos tales como separación, cristalización, evaporación, filtración, polimerización, isomerización y otras reacciones.

Los cambios físicos generalmente se realizan para varios propósitos antes de exponer los materiales a reacciones químicas para facilitar las reacciones químicas. Las operaciones unitarias se pueden dividir en dos grandes grupos: operaciones unitarias difusas y operaciones unitarias no difusas. Las operaciones unitarias forman un principio fundamental de la ingeniería de procesos químicos y se utilizan en todas las industrias químicas relevantes. Cada proceso unitario sigue las mismas leyes de la física y puede utilizarse en diferentes industrias químicas. Se requieren operaciones unitarias para todos los productos químicos en forma comercial. Se pueden clasificar en 5 categorías:

- Operaciones de flujo de fluidos
- Operaciones de transferencia de masa
- Operaciones de transferencia de calor
- Operaciones termodinámicas
- Operaciones mecánicas

Otras categorías importantes de mencionar son las operaciones de mezcla, destilación, cristalización y de reacción.

En el proceso de producción de un edulcorante tal como es el de yacón es importante tomar en cuenta: La filtración, es parte de flujo de fluidos. Evaporación es parte de transferencia de calor. (McCabe y Cleveland, 2004).

### 1. Extracción sólido-líquido

Puede ser catalogada como una lixiviación ya que el componente de interés proviene de la extracción del sólido, se puede realizar de forma continua o discontinua; además de diferentes equipos como de extractores convencionales, de lecho de goteo, de sobreflujo o bien extractores Soxhlet. Este tipo de extracción es importante en la producción de diferentes productos químicos y es utilizado en muchas industrias. (McCabe y Cleveland, 2004).

## 2. Prensado

Se separa en sí el líquido contenido en un sistema sólido al aplicar la fuerza de compresión en él; esto se hace dejando libre el líquido para que caiga y a su vez mantener el sólido en un proceso de retención. Se usa en industrias de alimentos, industria química y farmacéutica. Se pueden utilizar equipos como prensas de tornillo, prensas hidráulicas para poder llevar a cabo el proceso. Tiene utilidad específicamente para poder extraer jugos, aceites, extractos entre otros líquidos que pueda haber en sólidos como frutas y vegetales. El proceso se puede dar frío o caliente. (Ortega-Rivas, 2012).

## 3. Filtración

En esta operación unitaria se separan los sólidos suspendidos en la parte líquida, en donde esta fluye en un medio que contiene porosidad que es el medio filtrante puede ser papel filtro, telas, membranas que permiten la retención; en el medio quedan los sólidos antes mencionados tal como el bagazo u otro tipo de desecho.

La filtración se puede llevar a cabo por gravedad, en donde no se aplica ninguna fuerza, o bien por presión o vacío haciendo que el proceso sea más rápido, es importante mencionar que hay otros tipos de filtros como de prensa. Esta operación se usa en la industria de alimentos, ambiental, química entre otros (McCabe y Cleveland, 2004).

## 4. Evaporación

Se separa una mezcla que es líquida el vapor, que está constituido por compuestos volátiles de la mezcla; aquí se suele concentrar la disolución de interés. Se da el paso lento de un líquido que pasa a un estado de gas; esto se da porque adquiere la energía necesaria para romper la tensión superficial.

La evaporación se puede dar a cabo sin importar a que temperatura se encuentre, y suele ser más acelerada cuando se tiene mayor temperatura. Se puede realizar a través de calentamiento o a reducción de presión; se utiliza la mayoría de los casos para eliminar agua de una solución acuosa (McCabe y Cleveland, 2004).

## F. Buenas Prácticas de Manufactura

Son un conjunto de pautas para la industria de alimentos, medicamentos, cosméticos y otros productos manufacturados. Esto para garantizar la higiene, la seguridad alimentaria y la calidad del producto. Todas las etapas de la cadena de producción, como la manipulación, la preparación, la manufactura, el envasado, el almacenamiento, el transporte y la distribución, incluyen estas prácticas.

Para dar por garantizado la inocuidad de los productos, mejorar la calidad, cumplir con la normativa legal y proteger la salud pública son sus principales responsabilidades. Las BPM son elementales para la prevención de la contaminación de alimentos, la gestión integral de plagas, la implementación de programas de limpieza y desinfección y el mantenimiento de la limpieza personal y de las instalaciones. El uso de la gestión de procesos (BPM) puede mejorar el rendimiento general de una empresa, aumentar las ventas y lograr un retorno de inversión rentable (SafetyCulture, 2023).

#### 1. Inocuidad:

Una de las principales preocupaciones de la FDA es garantizar que los alimentos sean seguros para el consumo humano, a esto se le conoce como inocuidad alimentaria. La Food and Drug Administration (FDA) establece normas e instrucciones para garantizar la inocuidad de los alimentos, como la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), la inspección de las instalaciones de producción de alimentos y la evaluación de la seguridad de los aditivos alimentarios y otros ingredientes (Lei, et. Al. 2020).

### G. RTCA: Reglamento Técnico Centroamericano

El Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) es un conjunto de normas y regulaciones que establecen los requisitos técnicos y de calidad que deben cumplir los alimentos y bebidas procesados en los países de Centroamérica

Para los edulcorantes, el RTCA establece límites máximos permitidos para su uso en alimentos y bebidas procesados, y se especifican los edulcorantes artificiales que están permitidos.

El RTCA también establece requisitos para el etiquetado de los alimentos y bebidas procesados, incluyendo la información nutricional y la lista de ingredientes. Es importante tener en cuenta que el RTCA se actualiza periódicamente para adaptarse a los avances tecnológicos y científicos, y para garantizar la inocuidad de alimentos. El yacón por ser un tubérculo, entra en el apartado de edulcorantes 11.0, específicamente en el 11.6 de edulcorantes de mesa, en el que se establece que se pueden presentar en polvo o líquido, con aditivos.

Se lleva a cabo un plan de muestreo donde se clasifica como aceptable, medianamente aceptable, y no aceptable. Sin embargo, este es el único requisito para endulzantes, pero en el no ingresa el yacón, se ingresa en el subgrupo de hortalizas donde entran los tubérculos.

Figura 6: Criterios microbiológicos RTCA para registro

<b>11.0 Grupo de Alimentos: Endulzantes, edulcorantes, incluida la miel de abeja.</b>			
<b>11.1 Subgrupo: Miel y jarabes (Syrup)</b>			
Parámetro	Categoría	Tipo de Riesgo	Límite Máximo permitido
Recuento de bacterias anaerobias sulfito reductoras (Solo para miel de abeja)	7	C	10 <sup>2</sup> UFC/g
<b>4.0 Grupo de Alimento: Frutas y hortalizas.</b> Esta categoría principal se divide en dos categorías: frutas y hortalizas frescas y frutas y hortalizas procesadas (incluidos raíces y tubérculos, legumbres y leguminosas y áloe vera), hongos comestibles y setas, algas marinas, nueces y semillas.			
<b>4.1 Subgrupo del alimento: Frutas y hortalizas frescas</b>			
Parámetro	Categoría	Tipo de riesgo	Límite máximo permitido
<i>Salmonella ssp/25 g</i>	10	C	Ausencia
<i>Escherichia coli</i>	5		10 <sup>2</sup> UFC /g
<i>Listeria monocytogenes/25 g</i> (solo para vegetales)	10		Ausencia

Figura 7: Condiciones de manipulación según RTCA

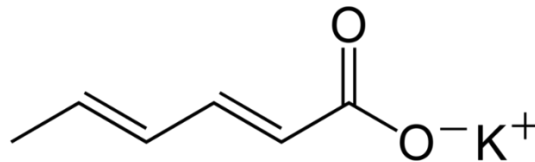
Clase de peligro	Condiciones normales en las que se supone será manipulado y consumido el alimento tras el muestreo		
	Grado de peligrosidad reducido	Sin cambio de peligrosidad	Aumenta la peligrosidad
Sin peligro directo para la salud. (contaminación general, vida útil y alteración)	Categoría 13 clases n=5 c=3	Categoría 2 3 clases n=5 c=2	Categoría 3 3 clases n=5 c=1
Peligro para la salud bajo, indirecto	Categoría 4 3 clases n=5 c=3	Categoría 5 3 clases n=5 c=2	Categoría 6 3 clases n=5 c=1
Moderado, directo, difusión limitada	Categoría 7 3 clases n=5 c=2	Categoría 8 3 clases n=5 c=1	Categoría 9 3 clases n=5 c=1
Grave, directo directo, difusión potencialmente extensa	Categoría 10 2 clases n=5 c=0	Categoría 10 2 clases n=5 c=0	Categoría 10 2 clases n=5 c=0

Con base en los aditivos, El sorbato de potasio y el benzoato de sodio son dos conservantes químicos que se utilizan en la industria alimentaria para prolongar la vida útil de los alimentos y bebidas. Por lo que resultan ideales para agregar al jarabe de yacón.

El benzoato de sodio es una sal potásica que viene del ácido benzoico y tiene uso como conservante en alimentos. Esta sustancia tiene como código E211 y se usa para evitar el crecimiento de levaduras y algunas bacterias en alimentos tipo ácido con pH menor a 6, como frutas, por eso es ideal utilizarlo en el yacón ya que es ligeramente ácido. El benzoato de potasio es un polvo blanco soluble en agua, con una solubilidad de 640 g/L a 20°C. El mecanismo de conserva del benzoato de sodio se basa en inhibir el crecimiento de microorganismos al interferir con su metabolismo. El benzoato de sodio se disocia en ácido benzoico y sodio en solución acuosa, y es la forma no disociada del ácido benzoico la responsable de la actividad antimicrobiana.

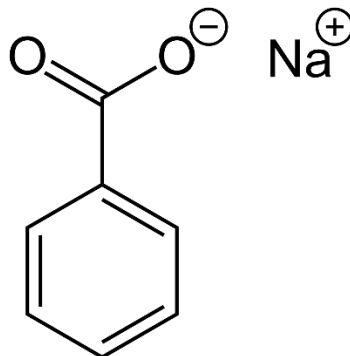
El sorbato de potasio también se usa como conservante. Esta sustancia se encuentra en cristales de color blanco o polvo y se utiliza para evitar el crecimiento de mohos principalmente, pero también ciertas levaduras y bacterias. El sorbato de potasio se etiqueta con el código E202. Tiene un sabor menos fuerte que el benzoato de potasio y es menos ácido (Cabana Lagares, 2020).

*Figura 8: Sorbato de potasio*



Por a la eficacia limitada que tiene el sorbato de potasio ante bacterias anaerobias, se sugiere su combinar con otros conservantes como el benzoato de sodio para prolongar la vida anaquel del producto. Ambos mantienen las propiedades del producto. Según el RTCA, para edulcorantes el nivel máximo de benzoato de sodio a utilizar es de 2000mg/kg y de sorbato de potasio 1000mg/kg (RTCA, 2018).

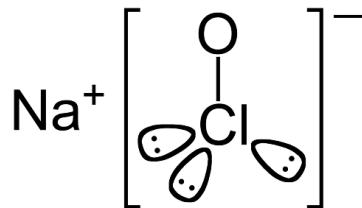
*Figura 9: Benzoato de sodio*



El hipoclorito de sodio es otro aditivo importante, en su forma comercial, el hipoclorito de sodio generalmente tiene una concentración de entre 3 y 6%, lo que equivalen entre treinta y sesenta millones de partículas por mililitro de cloro libre. La cantidad de ácido hipocloroso e hipoclorito presente en el agua se conoce como "cloro libre". El ácido hipocloroso (HClO) y los iones hipoclorito (ClO-) son ambos eléctricamente neutros. Estos iones producen cloro libre que, al estar en contacto con las bacterias, las oxida. Este proceso se conoce como desinfección química.

Al diluirlo en el agua, se forma una solución acuosa en la que el HClO sin disociar se activa. Esto le permite penetrar las paredes y membranas de las bacterias mediante difusión pasiva por su carga negativa. Los iones ClO- tienen una carga negativa, por lo que se repelen y son difíciles de pasar por la pared bacteriana. Por lo tanto, a medida que aumenta el pH de la solución, el ion hipoclorito se convierte en el ion predominante y la actividad microbicida disminuye (Muñoz-Castellanos et al., 2021).

*Figura 10: Hipoclorito de sodio*



## H. Características fisicoquímicas

Las características fisicoquímicas son las propiedades físicas y químicas de un producto, que pueden ser medidas y cuantificadas por medio de diferentes técnicas y métodos. El pH es una medida de cuantificar la acidez o alcalinidad de una solución. En algunos estudios se ha evaluado el pH de los alimentos y bebidas procesados que contienen conservantes y edulcorantes. Va de una escala de 1 a 14, donde de 1 a 6 es ácido, 7 neutro y de 8 para arriba es alcalino.

Brix (°Bx) es una medida utilizada en la industria alimentaria para determinar la cantidad total de sólidos solubles, principalmente azúcares, en soluciones líquidas, generalmente acuosas, de sacarosa (azúcar común). Brix es una forma de expresar el contenido de azúcar de una solución y se utiliza en muchas industrias, incluidas las de alimentos, bebidas y química.

Los grados Brix miden el contenido de azúcar en una solución acuosa. Indican cuántos gramos de sólidos solubles hay presentes en 100 gramos de solución. Se utiliza en la industria alimentaria para medir el contenido de azúcar de, por ejemplo, zumos de frutas, jarabes, néctares, vinos, cervezas, refrescos y productos lácteos. En agricultura, el grado Brix se utiliza para evaluar la madurez de frutas y verduras, debido a que el contenido de azúcar aumenta a medida que maduran los productos. Esto puede ayudar a los agricultores a determinar el momento adecuado de cosecha.

Los grados Brix generalmente se miden con un refractómetro, que mide la refracción de la luz en una solución. El refractómetro muestra una escala en grados Brix y los usuarios pueden tomar una muestra de la solución, colocarla en el refractómetro y leer el valor directamente. Los grados Brix también están relacionados con la densidad de la solución. A medida que aumenta la concentración de azúcar, también aumenta la densidad de la solución. Esta proporción es útil a la hora de elaborar bebidas alcohólicas, ya que el contenido inicial de azúcar puede afectar el proceso de fermentación (Instituto Universitario de la Paz, 2018).

## I. Vida anaquel de un producto

La vida útil del producto o vida en anaquel es el tiempo en el que un alimento o bebida procesada mantiene sus características sensoriales, nutricionales y microbiológicas dentro de límites aceptables para el consumo. Algunos aspectos a considerar son:

- **Composición del producto:** La composición del producto es un factor clave en términos de vida útil, porque afecta la estabilidad química y microbiológica del producto
- **Proceso de fabricación:** El proceso de fabricación también es un factor importante en relación con la vida útil, porque puede afectar la calidad y estabilidad del producto.
- **Embalaje y almacenamiento:** El tipo de embalaje y las condiciones de almacenamiento son factores críticos para el almacenamiento, ya que pueden afectar la calidad y estabilidad del producto.
- **Análisis microbiológico:** El análisis microbiológico es una herramienta importante para determinar la vida útil de un producto, porque permite identificar microorganismos que pueden afectar la calidad y seguridad del producto.
- **Análisis sensorial:** el análisis sensorial es otra herramienta importante para determinar la vida útil del producto, ya que se puede utilizar para evaluar la calidad sensorial de un producto a lo largo del tiempo.
- **Legislación y regulaciones:** La legislación y las regulaciones también son importantes desde el punto de vista de la vida útil, porque determinan los requisitos y límites de vida útil de los productos (Díaz, 2022).

## J. Panel sensorial

Se realiza a un grupo de personas seleccionadas o bien capacitadas, para que lleven a cabo una evaluación de características organolépticas de un producto, en estas se incluyen sabor, textura, apariencia, aroma. Se utilizan en diferentes industrias principalmente la alimenticia, farmacéutica, o bien de cosmetología para evaluar la calidad y poder llevar el desarrollo de los productos con retroalimentación de los mismos.

Puede haber paneles internos, que se llevan a cabo con el personal de la empresa, externos que son con posibles consumidores, o población previamente seleccionada para este fin específico (Montejo, 2010).

## 1. Panel sensorial hedónico

Es un tipo de panel sensorial, designado para alimentos, en donde se evalúa la aceptabilidad o preferencia de un nuevo producto o bien la mejora de un producto existente, de igual manera se puede realizar de forma interna o externa. Su evaluación va de 1 a 9, donde 1 es la nota mínima y 9 la nota máxima dependiendo del aspecto a evaluar, a esto se le llama escala hedónica si se cataloga de me gusta hasta no me gusta en absoluto, en donde se evalúa únicamente un producto (Montejo, 2010).

## V. ANTECEDENTES

*Figura 11: Compuestos en el jarabe de Yacón e influencias en la salud*

<b>Sustancia bioactiva</b>	<b>Funciones</b>	<b>Técnica de determinación</b>	<b>Resultado</b>	<b>Referencias</b>
FOS	Prebiótico	HPLC	30.00%	(Marcial, 2008)
	Regula cáncer de colon, diabetes y obesidad	HPLC	49,81%	(Gaspar & Quintana, 2017)
	Estimula la secreción de insulina	Método AOAC 999.03	21.84%	(da Silva et al., 2018)
	Mejora la absorción de minerales como Ca	Método de Miller (1959) y método de Guevara (2015)	57,0%	(Vargas et al., 2019)
No cariogénicos				
CGA	Actividad antioxidante Acción antiinflamatoria, hipoglicemiante, antiviral, hepatoprotectora	HPLC-PDA	175,13 ug/g	(Gomez da Silva et al., 2018)

(Correa, 2021)

**Condiciones de almacenamiento del yacón.** El yacón al ser un alimento perecedero con un porcentaje superior al 60% de agua, la vuelve susceptible a una pronta descomposición; su vida en anaquel podría estar alrededor de los 7 días en condiciones no refrigeradas, por lo que sería necesario mantenerle a temperaturas de refrigeración de 0 a 8°C o de congelación, menores a 0°C, así ayudaría a que se detenga su deterioro, se reduzca el crecimiento de microorganismos, se conserve sus atributos sensoriales, nutricionales y se prolongue su vida útil (Correa, 2021).

López Torrez (2007) obtuvo el jarabe con un rendimiento de 95% de FOS mediante un rotavapor a presión de vacío experimental de 21 KPa y temperatura de 85°C hasta 70°Brix, durante 40 min, además reportó que con temperaturas superiores de 85°C el jarabe podría presentar un color oscuro con sabor de azúcar quemado. Según Manrique et al. (2005) al emplear un evaporador de maple para la evaporación y un horno para la concentración final, la cantidad de jugo que ingrese al evaporador debe mantener un mismo volumen para evitar que se queme y por ende prevenir un sabor al azúcar quemado (Correa, 2021).

Las raíces pueden llegar a perder alrededor del 40% de su peso al pasar el tiempo únicamente por efecto de la deshidratación al medio ambiente. Esto podría representar un ahorro de 40% en la energía que se requiere invertir para evaporar el agua contenida en el jugo extraído de las raíces. (Manrique, 2005).

El éxito para producir jarabe de buena calidad (sin sabor a azúcar quemado) depende en gran medida de que el proceso de evaporación sea continuo. Para lograrlo, se debe mantener un gradiente de concentraciones del jugo durante todo el proceso de evaporación. Este proceso debe ser manejado de manera muy coordinada (Manrique, 2005).

Los refractómetros, equipos que miden el índice de refracción, tienen por lo general escalas graduadas en otras magnitudes (una de ellas es la escala de grados Brix), diseñadas para expresar la concentración de azúcares totales en los zumos de frutas. En el caso del yacón, los FOS representan el mayor componente de los azúcares en el jugo. Entonces, dado que existe una correlación alta ( $r > 0.8$ ) entre el valor de los grados Brix y el contenido de FOS (Hermann et al., 1999), se puede asegurar con bastante certeza que la medición de los grados Brix es útil para comparar el contenido relativo de FOS de dos o más lotes de yacón. La importancia de este método radica en su simplicidad, rapidez y bajo costo ya que puede realizarse fácilmente con el uso de un refractómetro portátil, el cual es poco costoso y fácil de manejar (Manrique, 2005).

## 2. Producción de jarabe de yacón

El tubérculo se encuentra disponible en la mayoría de países de América del Sur, en la región andina. Cada planta tiene la capacidad de generar hasta 10 kg de yacón. Se seleccionan las raíces, se lavan y desinfectan utilizando una solución de hipoclorito de sodio de marca comercial.

La cáscara tiene componentes especiales que afectan negativamente la calidad del jarabe. En los tejidos de la cáscara se concentra la mayor cantidad de los componentes responsables del pardeamiento del jugo; además, existen resinas y sustancias que transfieren un sabor poco agradable y ligeramente picante al producto final. Por ello, un pelado exhaustivo es esencial para obtener un producto de buena calidad. En el yacón, el pardeamiento se activa a los pocos segundos de haber triturado las raíces para obtener el jugo por medio de un extractor. El color original del jugo de yacón (parecido al color anaranjado del jugo de melón) cambia rápidamente y de modo irreversible, a un color verde muy oscuro (verde petróleo). La mejor manera de evitar que el jarabe tenga un color muy

oscuro al final del proceso es evitando que las reacciones de pardeamiento enzimático ocurran o que estas se desarrollen muy lentamente. Una forma de lograr ello es extrayendo el jugo del modo más rápido que sea posible e inmediatamente usar un tipo de agente antioxidante para prevenir la oxidación y el pardeamiento del jugo.

El objetivo de la filtración es para eliminar la mayor cantidad de residuos sólidos insolubles en el producto final. Estos residuos tienden a sedimentarse en el producto envasado y dan una apariencia turbia y opaca al jarabe. De esta manera se evita que al acercarse a la concentración de azúcares deseada, el jarabe se caramelize y posea sabor a quemado

Los FOS son azúcares que comienzan a despolimerizarse (proceso de conversión en azúcares simples) a temperaturas superiores a 120° C. En el momento del envasado se debe asegurar que la temperatura del jarabe dentro del tanque sea superior a 85° C (Manrique, 2005).

Los mayores productores de jarabe de yacón son Amazon Andes, en Perú, posee una botella de 250mL con un precio de \$22 USD, con un valor de Q170.94.00, con 16 calorías por porción de 5mL, además de 2g de azúcares, certificados por USDA Organic. Anclados a una red grande de distribuidores, incluyendo Amazon.

*Figura 12: Jarabe de yacón de Amazon Andes*



Figura 13: Tabla nutricional jarabe de yacón de Amazon Andes

NUTRITION FACTS/ INFORMACIÓN NUTRICIONAL	
Serv. Size/Size/ Tamaño de Porción: 1 Tbsp (5 ml)	
Servings per Container about/ Porciones por envase sobre: 50	
Amount per Serving/ Cantidad por Porción	
Calories/ Calorías	16 Fat Cal. 0
% Daily Value/ Valor Diario *	
Total Fat/Grasa total	0g 0%
Cholesterol/Colesterol	0mg 0%
Sodium/Sodio	0mg 0%
Total Carbohydrate	
Carbohidratos totales	4g 1%
Sugars/Azúcares	2g
Protein/Proteínas	0g

Not a significant source of calories from fat, saturated fat, trans fat, cholesterol, dietary fiber, vitamin A, vitamin C, calcium, iron.  
\*Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. / No es una fuente significativa de calorías provenientes de grasa, grasa saturada, grasa transgénica, colesterol, fibra dietética, vitamina a, vitamina c, calcio, hierro.  
Valores de porcentaje diario están basados en una dieta de 2000 calorías

Ecoandino en Perú (Pasco y Chinchao): con una presentación en tarro de 250g, con 2g de azúcares y porción de 5g, a S/25 Nuevo sol peruano, lo que equivale a Q53.575.

Figura 14: Jarabe de yacón de Ecoandino



Figura 15: Tabla nutricional Ecoandino

**Tabla nutricional para 1 porción (5 g)**

<b>Calorías</b>	<b>14 kcal</b>
<b>Grasas Totales</b>	<b>0 g</b>
Grasas Trans	N.D.
Grasas Saturadas	N.D.
<b>Sodio</b>	<b>7 mg</b>
<b>Carbohidratos Totales</b>	<b>3 g</b>
Fibra	N.D.
Azúcares	2 g
<b>Proteínas</b>	<b>0 g</b>

Alovitox: Se encuentran sus oficinas centrales en California, Estados Unidos. Catalogándose como el productor más grande de productos derivados del yacón. Poseen diferentes sabores de jarabe de yacón con infusiones como canela, cacao y el sabor original; con un frasco de 227g, con un precio de \$17.99 USD, equivalente en Q139.78 en Guatemala. Sin embargo, este producto no requiere de refrigeración más que estar en un lugar oscuro y seco.

Figura 16: Jarabe de yacón de Alovitox



*Figura 17: Información nutricional jarabe de yacón de Alovitox*

**Ingredients:** Certified Organic Yacon Syrup

**Storage Info:** Refrigeration not required. Store in a cool, dark, dry place.

**Serving Suggestion:** Add it to your tea, coffee, smoothie or drizzle on food to sweeten

**WARNING:** This product can expose you to chemicals including lead and cadmium, which are known to the State of California to cause cancer or birth defects or other reproductive harm. For more information [click here](#).

<b>Nutrition Facts</b>	
47 servings per container	
<b>Serving Size</b>	<b>1 tsp (5ml)</b>
Amount Per Serving	
<b>Calories</b>	<b>7</b>
% Daily Value*	
<b>Total Fat</b> 0g	0%
<b>Cholesterol</b> 0mg	0%
<b>Sodium</b> 0mg	0%
<b>Total Carbohydrate</b> 4g	1%
Total Sugars 2g	
Included 0g Added Sugars	0%
<b>Protein</b> 0g	
<small>Not a significant source of saturated fat, trans fat, dietary fiber, vitamin D, calcium, iron and potassium.</small>	

## VI. METODOLOGÍA

### A. Producción de edulcorante

#### 1. Recepción de materia prima

Obtención de materia prima, de una empresa guatemalteca, localizada en Villa Nueva, Guatemala

#### 2. Análisis de materia prima

Materiales y equipo a utilizar:

- Balanza de humedad
  - Balanza analítica ( $\pm 0.001$ g)
  - Crisoles
  - Mufla
  - HPLC con estándares de fructosa, sacarosa y glucosa
1. Análisis fisicoquímico de humedad, cenizas y fructooligosacáridos, azúcares reductores, azúcares totales del Yacón para estandarizar y acondicionar la materia prima.
  2. El análisis de humedad se realiza cortando 3g de cáscara de yacón, colocándolo en la balanza de humedad, esperar hasta que la balanza realice el secado. Tomar porcentaje mostrada en la pantalla de la misma.
  3. Rallar muestra de yacón de 1g, colocar en crisol. Encender la mufla, posicionando el crisol hasta 550°C, hasta peso constante, obteniendo cenizas en crisoles por 5-6 horas hasta calcinar, dejar en desecador los crisoles después de retirar de la mufla. Pesar las cenizas en balanza analítica.
  4. Para determinar la presencia de fructooligosacáridos, azúcares reductores va a ser utilizando HPLC utilizando estándares de fructosa, sacarosa y glucosa, con solvente de acetonitrilo agua (80:20) en esa proporción, con una muestra de 20 microlitros.

### 3. Proceso de limpieza

Materiales a utilizar:

- Escobilla de limpieza
- Hipoclorito de sodio
- Cubetas

1. Se sumerge el Yacón en agua purificada por medio del método de inmersión, para retirar la tierra y algún otro tipo de contaminante, y con una escobilla pequeña limpiarla para que sea más fácil de despegar los contaminantes. Agregar para desinfectar en su totalidad 4mL de hipoclorito de sodio, para que no sea alta la carga microbiana.
2. El proceso para la elaboración es la siguiente diluir en un litro de agua 4 mL de cloro de marca comercial.

### 4. Pelado de la raíz

Materiales y equipo a utilizar

- Raíces de yacón
- Pelador
- Balanza

1. Seleccionar de 4 a 5 raíces dependiendo del tamaño. De forma manual pelar la raíz utilizando un pelador para evitar perder pulpa, colocar en agua posteriormente para evitar el pardeamiento. Pesado después de pelar contemplando una pérdida del 15 al 20%.

### 5. Extracción del jugo

Materiales, equipo y cristalería a utilizar

- Ácido cítrico
- Extractor de jugos
- Tamiz 80 micrómetros
- Balanza analítica
- Refractómetro portátil
- Beaker de 1000mL
- Beaker de 400mL

1. Para evitar el pardeamiento enzimático se recurre a utilizar un antioxidante de 0.15 g por cada kg de las raíces de ácido cítrico. Utilizar un extractor de uso doméstico para obtener el jugo y filtrar con un tamiz de 80 micrómetros de diámetro. Pesar

nuevamente el residuo sólido tipo bagazo y el jugo extraído de igual forma volver a pesar. Medir nuevamente sus grados brix antes de entrar al evaporador útil.

## 6. Análisis microbiológico

Materiales y cristalería a utilizar

- Agar MRS
- Agar PDA
- Agar Chromocult
- Estufa eléctrica con agitador magnético
- Cajas de Petri
- Pipetas de 10mL
- 3 Erlenmeyer de 125mL
- Parafilm
- Incubadora

1. Realizar una valoración microbiológica utilizando una muestra mínima 20mL, evaluando la escherichia coli en medio nutritivo, coliformes totales, aerobios mesófilos que son en temperatura de crecimiento de 30 a 40 grados centígrados, en ellos se encuentran los mohos en agar PDA que es papa dextrosa en aproximadamente 3 a 5 días a 28 grados de incubación y para levaduras agar nutritivo a 28 grados de incubación.
2. Además, el lactobacillus por medio de sembrado. El de coliformes y E. Coli es medio agar para Coliformes, crece en 24 horas a 37 grados en incubadora. Para Lactobacillus es agar MRS a 37 grados en 24 horas de igual manera. Evaluar si hay presencia o ausencia ya que eso requiere el Ministerio de Salud.

## 7. Evaporación

Materiales y cristalería a utilizar

- Kit de destilación 24/40
  - Refractómetro portátil
  - Termómetro
  - Olla
  - Glicerina
  - Mangueras de agua
  - Benzoato de sodio
  - Sorbato de potasio
6. Pasa por un kit de destilación la alimentación de jugo, para poder eliminar el agua y proceder a concentrar el jugo, específicamente el azúcar hasta alcanzar entre 24 y 30 grados brix, pero es difícil de alcanzar, a una temperatura de 110 °C por 3 horas aproximadamente, en baño María con glicerina. Pesar el agua extraída y el producto

concentrado. Agregar 0.2% de benzoato de sodio y sorbato de potasio como aditivos conservantes. Dejar enfriar.

## 8. Envasado

Materiales y cristalería a utilizar

- Frascos de 50mL
- Etiquetas diseñadas para el jarabe de yacón
- Beaker de 400mL
- Etanol al 80%

1. Realizar el envasado del producto final. Esterilizar los frascos por medio de lavados con etanol al 80% y agua destilada. Colocar etiqueta de producto. Rellenarlos utilizando un beaker para realizar el trasvasado del producto concentrado. Sellarlos y colocar en refrigeración.

### B. Realización de balance de masa y energía

Realizar un balance de masa y energía utilizando como referencia el proceso realizado a nivel laboratorio, para determinar el rendimiento entre lo que se transformó y lo que no, haciendo una relación porcentual.

### C. Panel sensorial hedónico.

Realizar un panel sensorial de 30 personas de tipo hedónico para evaluar las características organolépticas como olor, sabor, presentación, por parte del consumidor; realizando estadística descriptiva para la interpretación de resultados, con escala de 0 a 9. Con una muestra de 10mL de jarabe de yacón, por medio de una encuesta en Google forms.

## VII. RESULTADOS

Cuadro 1: Caracterización de Materia Prima

<b>Corrida</b>	<b>Humedad</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Presencia de fructooligosacáridos</b>
1	78.04%	2.27%	Presente
2	74.38%	1.60%	Presente
3	75.03%	2.80%	Presente
Promedio	75.82%	2.22%	
Desviación Estándar	0.0195	0.0060	
Coefficiente de Variación (%)	0.0258	0.2705	

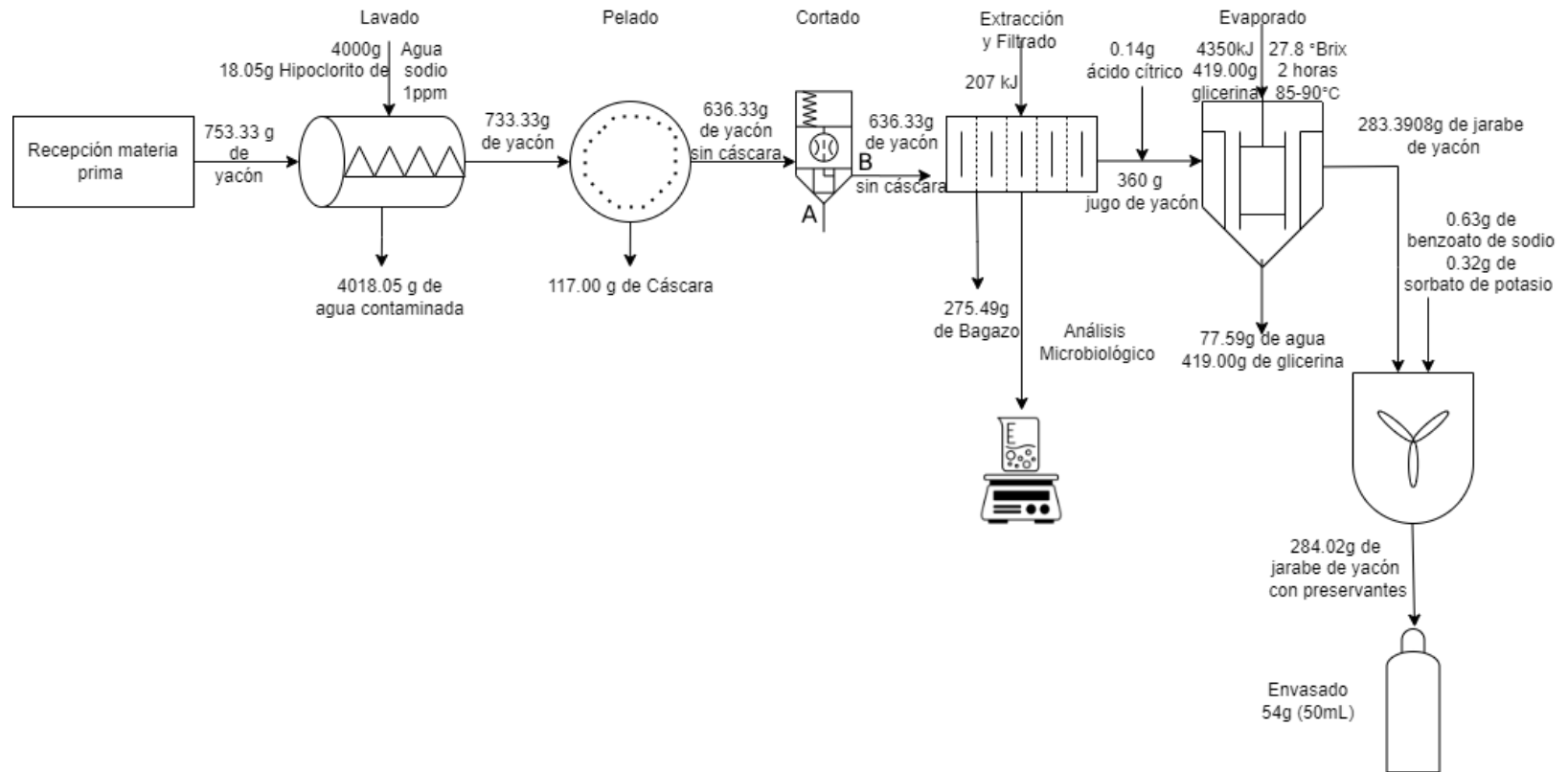
La presencia de fructooligosacáridos se realizó por medio de cromatografía líquida, los resultados originales de los análisis pueden encontrarse en anexos.

Cuadro 2: Evaporación

<b>Corrida</b>	<b>Inicio evaporación(g) (±0.001g)</b>	<b>Producto concentrado (g) (±0.001g)</b>	<b>Rendimiento de evaporación (%)</b>
1	321.25	215.01	66.93
2	347.20	238.60	68.72
3	414.50	396.67	95.70
Promedio	360.98	283.43	77.12
Desviación Estándar	48.13	98.78	16.12
Coefficiente de Variación (%)	0.13	0.35	0.21

El cuadro anterior muestra la evaporación dada en cada corrida de agua, mostrando el rendimiento de las mismas.

Figura 18: Diagrama de proceso producción de jarabe de Yacón



Cuadro 3: Rendimiento global

<b>Corrida</b>	<b>Rendimiento global (%)</b>
1	30.72
2	34.09
3	46.22
Promedio	37.01
Desviación Estándar	8.15
Coefficiente de Variación	0.22

El cuadro anterior muestra el rendimiento del proceso global, desde el pelado de las raíces hasta el final de la evaporación.

Cuadro 4: Características organolépticas Semana 0

<b>Característica organoléptica</b>	<b>Especificación Corrida 2</b>	<b>Especificación Corrida 3</b>
Olor	Dulce, característico	Dulce, característico
Sabor	Dulce, parecido a chilacayote	Dulce, parecido a chilacayote
Color	Ámbar, marrón claro	Marrón oscuro
Aspecto	Líquido denso	Líquido denso

El Cuadro 5 especifica las características organolépticas para la corrida 2 y 3: olor, sabor, color y aspecto.

Cuadro 5: Resultados por Frecuencia acumulada de panel sensorial

Calificación	Porcentaje aceptación sabor	Porcentaje aceptación aroma	Porcentaje aceptación de dulzor	Porcentaje sensación de acidez	Color	Percepción de color	Porcentaje de expectativa de producto	Porcentaje de apariencia de producto
1	0%	0%	3%	33%	Ámbar	94%	0%	0%
2	0%	0%	0%	9%	Café	6%	0%	0%
3	0%	9%	3%	24%			3%	3%
4	3%	6%	6%	6%			6%	0%
5	6%	9%	6%	6%			0%	3%
6	6%	12%	15%	6%			3%	0%
7	9%	15%	15%	3%			3%	12%
8	18%	24%	24%	3%			24%	6%
9	58%	24%	27%	6%			61%	76%
Total	100%	100%	100%	97%		100%	100%	100%

El cuadro anterior muestra la ponderación de las 33 muestras tomadas de 1 a 9 siendo menos atractivo el 1 y la escala máxima de aceptación 9. En el aspecto de acidez, se tomó como 1 como poco ácido y 9 muy ácido.

Figura 19: Análisis fisicoquímico curva de pH vs tiempo corrida 2 y 3

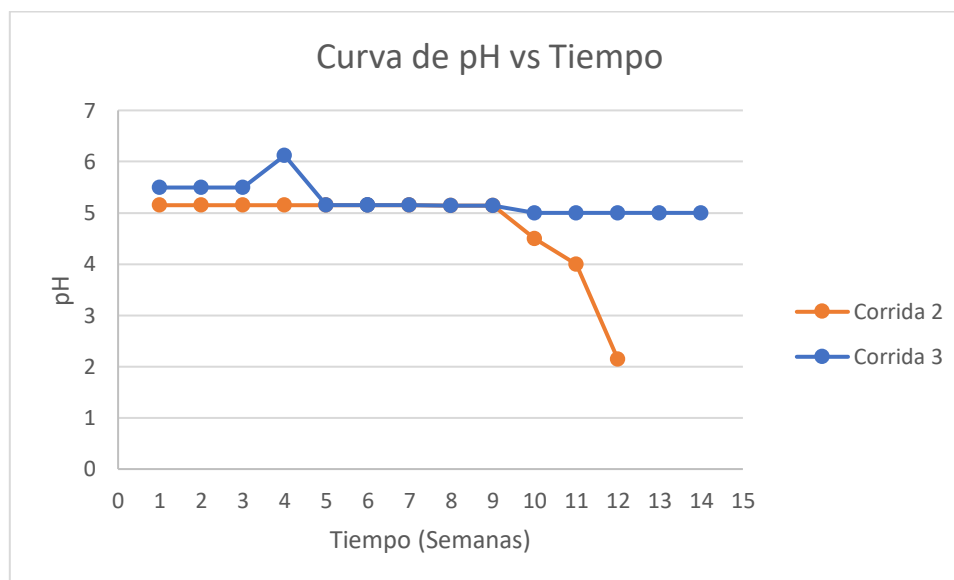
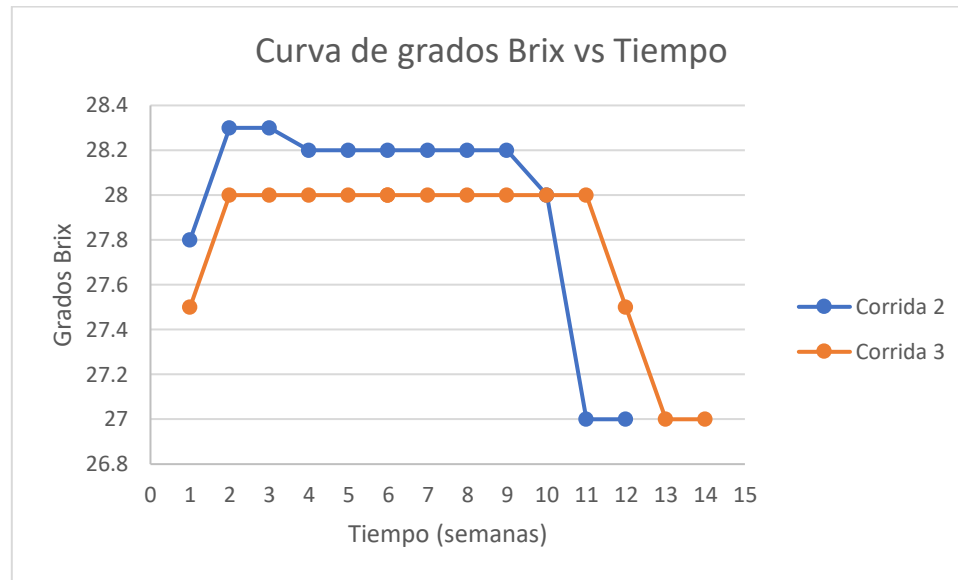


Figura 20: Análisis fisicoquímico curva de grados brix vs tiempo corrida 2 y 3



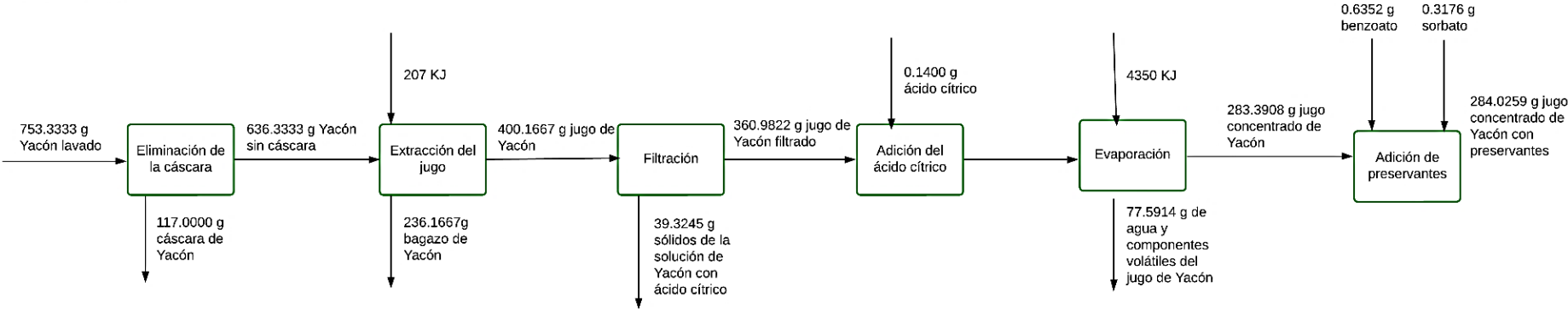
Cuadro 6: Análisis microbiológico

Corrida	Levaduras y hongos (Agar PDA)	Lactobacillus (Agar MRS)	Coliformes (Agar Coliformes)
1	Presencia	Presencia	Presencia
2	Presencia	Presencia	Presencia
3	Presencia	Presencia	Presencia

El cuadro anterior muestra el análisis microbiológico si hay ausencia o presencia en triplicado del jarabe de yacón para la determinación de preservantes a utilizar.

Figura 21: Balance de masa y energía promedio

Balance de masa promedio



Balance de Masa:  
 Entradas = Desechos + Salidas  
 $754.110 \text{ g} = 470.0826 \text{ g} + 284.0259 \text{ g}$   
 $754.110 \text{ g} = 754.110 \text{ g}$

Balance de Energía:  
 $\Delta H = 4557 \text{ KJ}$

*Figura 22: Producto final jarabe de yacón*



## VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El objetivo establecido era hacer una evaluación para obtener edulcorante extraído del tubérculo de yacón a nivel laboratorio. Para ello se debe iniciar caracterizando la materia prima por medio de parámetros como cenizas, humedad, presencia de azúcares.

En el lapso de adquirir la materia prima y el proceso de experimentación fue necesario contemplar su almacenamiento. Se determinó que estas no pueden congelarse ya que absorben significativa cantidad de agua, por lo que lo diluye al realizar la extracción del líquido perdiendo su poder edulcorante; sin embargo, se determinó que estas deben de conservarse entre 5 y 7 °C ya que no afecta a las mismas, manteniendo sus propiedades y frescura. Esto era importante ya que estas tienen vida útil únicamente en los últimos meses del año; a pesar de, ha sido posible su conservación por seis meses con resultados óptimos manteniéndolas en un lugar oscuro.

En la caracterización de la materia prima, el porcentaje de cenizas indica el contenido de minerales que posee el yacón; en promedio se determinó que posee 2.22% de cenizas por lo que se mantiene en el rango establecido (Cuadrado, 2004). Este análisis es importante ya que un valor mayor de 3% indica que posee contaminantes como metales pesados, por lo que no podría ser factible su uso, ya que conllevaría otro tipo de procesos adicionales aumentando su costo de producción.

En humedad promedio se determinó un valor de 75.82%, lo cual lo confirma según la literatura (Manrique, 2005). Su porcentaje oscila entre el 60% o 85%; se determinó este parámetro ya que para la evaporación es necesario remover el agua para obtener el producto deseado que es jarabe concentrado. En cuanto a la presencia de azúcares se realizaron muestras en triplicado utilizando cromatografía líquida, para evaluar la presencia de sacarosa, glucosa y fructosa, es decir, fructooligosacáridos. Las gráficas de los análisis se muestran en la sección de anexos en las figuras 21 a la 26, se puede observar el pico en 7 de frecuencia y eso nos indica presencia de los fructooligosacáridos esto es importante ya que es lo que da dulzor al producto por lo tanto si no hubiera presencia no se podría hacer un edulcorante.

Ya teniendo la caracterización de la materia prima se procedió a hacer la extracción del edulcorante, seguido de su evaporación para concentrarlo. Se empezó por remover la cáscara ya que afecta el color y las características del producto final. Luego se realizó una extracción por medio de un procesador de jugos, dejando el líquido del tubérculo, pero este posee sólidos suspendidos por lo que se llevó a cabo una filtración utilizando un mesh de 100, con este se garantizó la separación completa de la fase líquida con los

sólidos. Después del filtrado, se optó por agregarle ácido cítrico para evitar que se diera a cabo el pardeamiento enzimático; además de no agregarle ningún preservante. Debido a los sólidos presentes en el tubérculo, se vio afectado el rendimiento de todas las corridas.

Los edulcorantes a manera comercial se pueden encontrar sólidos y líquidos; por lo que al inició se había decidido optar por un edulcorante sólido. Al realizar la primera corrida se realizaron dos procedimientos, el de baño maría y el de kit de destilación haciéndolo el método ideal ya que en baño maría no se pudo realizar la concentración del jarabe por estar expuesto al ambiente y ser un método de calentamiento suave y lento; además de que se pudiera dar la proliferación de bacterias. Al usar el kit de destilación si se logró cristalizar. Pero los cristales fueron muy pequeños, además se quedaron pegados en el balón, lo cual hace muy difícil desprenderlos; por lo que se llegó a la conclusión de producirlo como un jarabe.

Los grados brix obtenidos antes de filtrarlo fueron de 18.4 y de 24 al concentrarlo. Es importante mencionar que, en esta corrida, por haberse querido realizar la cristalización, no se tomaron los grados brix hasta la de caducidad del producto. Se obtuvo 321.2465 g al filtrar y de producto concentrado 215.0114g; el tiempo de evaporación fue de 3 horas; con un rendimiento de evaporación de 60.93%.

La segunda corrida se tomaron 5 raíces de yacón. Los grados brix determinados después del filtrado fueron de 16.7. En esta corrida el objetivo fue concentrar el producto en vez de cristalizarlo; obteniendo un edulcorante líquido de 238.6g, el tiempo de evaporación fue de dos horas y 5 minutos. En esta corrida se obtuvo un rendimiento de evaporación de 68.72%. Es importante mencionar que al principio se decidió utilizar una presentación en recipientes de 150mL; no obstante, se realizó un cambio ya que, por ser líquido, para facilidad del consumidor utilizar un gotero de 50 mL.

En la tercera corrida, por el tamaño de las raíces fue necesario tomar 8, si bien en esta corrida se quería demostrar si al no agregar el ácido cítrico afectaba su apariencia y efectivamente, el color de esta corrida fue más oscuro. Los grados brix antes de realizar la evaporación fueron de 16.7. Para la evaporación se empleó un tiempo de 2 horas y 10 minutos. Se obtuvo de jarabe concentrado 397.5g a una temperatura de 90°C; con un rendimiento de evaporación de 95.7% siendo este el rendimiento más alto, esto sucedió debido a que el yacón perdió agua.

El rendimiento global de cada corrida fue de 30.72%, 34.09% y 46.22% por lo que no se obtuvo rendimientos muy altos debido a los desperdicios al realizar la extracción de la raíz y la evaporación; también se pudo ver afectadas las raíces ya que son muy susceptibles a golpes entonces, al tener una abertura o golpe se quita el pedazo afectado y se continúa con el resto.

Se realizó un panel sensorial, de tipo hedónico debido a que se quería estudiar el impacto de los atributos sensoriales del edulcorante en el grado en el que este gusta, independientemente de las características extrínsecas del producto tales como marca, precio o publicidad (Marful, 2019). En donde la escala se presenta de 1 a 9. Se tomaron para el estudio una cantidad de 33 personas para evaluar las características organolépticas del

producto, las preguntas del panel se encuentran en anexos en la sección de figuras 57-69. y los resultados del análisis del panel sensorial están en el cuadro 5, donde se puede concluir que el producto tiene aceptación en todos los aspectos evaluados. Al evaluar sus características organolépticas se determinó un olor dulce, su poder endulzante es fuerte, posee un color ámbar característico del jarabe después de la extracción, y aspecto de líquido denso.

Para realizar el análisis microbiológico, se utilizaron agares MRS, PDA y de coliformes. Para evaluar si había presencia de coliformes, hongos, levaduras y lactobacillus; debido a que el producto es un alimento; el tipo de análisis es suficiente ya que el Ministerio de Salud, requiere únicamente que se haga esta evaluación tiene presencia o ausencia de microorganismos. Además del RTCA que cataloga a este edulcorante en el reglón 11.6 de edulcorantes de mesa, en el que se establece que se pueden presentar en polvo o líquido, con aditivos, tal como se observa en la sección de anexos. En el análisis se pudo observar que si estaban presentes dichos microorganismos.

Al ver la tabla de microbiología en la sección de resultados se optó por utilizar conservantes como benzoato de sodio y sorbato de potasio para combatir los mismos. Esto se aplicó en las corridas dos y tres. Como se indica en marco teórico, se cumplieron los parámetros del RTCA para no sobrepasar su adición máxima. Por lo que se cumplieron las buenas prácticas de manufactura.

En la evaluación fisicoquímica se midió pH y grados brix; durante tres meses. La medición de pH es importante ya que mientras más bajo sea, la vida anaquel del alimento es más larga, el rango óptimo es entre 4 a 6 de acidez debido a que es ligeramente ácido lo cual también es beneficioso ya que inhibe el crecimiento microbiológico, en este rango la percepción del sabor del edulcorante sigue siendo dulce, debajo de 4 la percepción del sabor empieza a ser ácida por lo que ya no cumpliría su función de endulzar. Además, la disminución constante a lo largo del tiempo podría indicar que el producto está ranciando. En el caso de los grados brix por lo que es una manera indirecta de evaluar los azúcares por lo que su constancia en el tiempo, nos indica que su dulzor sigue siendo igual; su importancia se menciona en marco teórico. Los resultados se ven en las figuras 16 y 17.

En el tiempo de 12 semanas que fue donde caducó la segunda corrida, siendo esta su vida anaquel, ya que se vio presencia de microorganismos como moho, a pesar de ello al medir sus parámetros fisicoquímicos sus grados Brix se mantuvieron constantes, mientras su pH si bajó drásticamente a un valor de 2, por lo que corroboraba la caducidad del producto. También es importante mencionar que este jarabe al ser utilizado para pruebas sensoriales estuvo expuesto por lo que se pudo contaminar, por la luz, calor. Mientras la tercera corrida tuvo un tiempo de vida mayor, manteniendo sus características organolépticas entre los rangos adecuados. A las 14 semanas se concluyó con el estudio.

Utilizando un balance de masa promedio del proceso a escala laboratorio se determinó, la cantidad de insumos necesaria en cada parte del proceso, el cual se muestra en la figura 9, se utilizó de entradas 753.7081g, lo cual se igualó en desechos y salidas ya que no hubo acumulación. Además, hubo un consumo de energía por el extractor de jugo y la estufa en la evaporación en promedio 4557 kJ, es importante para evaluar la eficiencia

del producto, con un rendimiento 37.01% tal como se observa en la tabla 3 de resultados. Esto se debe al pelado de cáscara, bagazo en la extracción de jugo y evaporación del agua contenida en el yacón.

## IX. CONCLUSIONES

Al caracterizar la materia prima se obtuvo un porcentaje de cenizas promedio de 2.22%, por lo que no contiene metales pesados. Una humedad promedio de 75.82% por lo que se encuentra en el rango adecuado, para su posterior remoción de agua. Se pudo determinar la presencia de azúcares, principalmente de fructooligosacáridos ya que esto es lo que le da el dulzor al yacón, tal como se observa en los primeros picos de los espectros de HPLC en anexos.

El método ideal para realizar la evaporación del jugo de yacón es utilizando un kit de destilación. Ya que se mantiene esterilizado por no estar expuesto al ambiente además de la buena remoción de agua para concentrar el jarabe. Se obtuvo un rendimiento de evaporación promedio de 77.12%. La tercera corrida fue la que mayor porcentaje de rendimiento tuvo debido a que el yacón perdió humedad, por lo que concentración del jarabe fue mejor.

En las características organolépticas el jarabe de yacón posee un olor dulce, con color ámbar y aspecto denso. Por un panel sensorial hedónico realizado se pudo concluir que el producto tiene aceptación. Al evaluar las características microbiológicas, se evaluó la presencia de coliformes, hongos, levaduras y lactobacillus. Siguiendo al RTCA se usó preservantes como benzoato de sodio y sorbato de potasio para aumentar su vida anaquel. Por tres meses, el pH del alimento se mantuvo estable en torno a 4, pero disminuyó a 2 en la segunda corrida, indicando rancidez al caducar a las 12 semanas. La tercera corrida mantuvo un pH constante hasta las 14 semanas; la medición de grados brix permaneció constante a lo largo del estudio.

Se determinó con el balance de masa promedio, la cantidad de insumos necesaria en cada parte del proceso, el cual se muestra en la figura 9. Se utilizó de entradas 753.7081g, lo cual se igualó en desechos y salidas ya que no hubo acumulación. Además, hubo un consumo de energía promedio de 4557 kJ. Se obtuvo rendimientos globales bajos debido a que hubo desechos de bagazo cuando se realizaron las extracciones de jugo. La remoción de sólidos suspendidos en la filtración y finalmente al realizar la evaporación por la remoción de agua. También por los golpes que poseían algunas raíces por lo que tuvo que removerse ciertas partes. Se obtuvo un rendimiento global promedio 37.01%

## X. RECOMENDACIONES

Realizar un estudio de secado al aire libre previamente para determinar la mejora de la extracción ya que evapora el agua contenida en el yacón, y a su vez va disminuyendo costos de electricidad en la evaporación, al acelerar el proceso.

Para obtener una mejor extracción evaluar la utilización de una prensa debido a que la presión es constante y uniforme. Además de reducir la pérdida de materia prima de jugo de yacón que pueda quedar suspendida en el bagazo.

Proponer un estudio orientado a personas con obesidad o bien diabetes, para analizar la mejora de cada uno al utilizar este edulcorante como alternativa, ampliando información del mismo.

A escala industrial se puede utilizar como película plástica para el material del etiquetado ya que este es resistente al agua que puede de ser de propileno o polietileno. Además del papel termosensible.

Para evaluar una mayor vida anaquel del producto se pueden utilizar como conservantes los parabenos debido a que se pueden utilizar con pH debajo de 5 como metilparabeno (E-218) que funciona para mohos y propilparabeno (E-216) para levaduras.

Proponer una evaluación en el uso de ácido ascórbico en lugar del ácido cítrico como antioxidante ya que además de serlo, es vitamina C, por lo que haría además de un edulcorante natural tendría propiedades vitamínicas para el cuerpo.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

Alonso, J. R. (2010). Edulcorantes naturales. La Granja. *Revista de Ciencias de la Vida*, 12(2), 3-12.

Aguiar Herrera, N. (2011). *Aspectos teóricos y aplicaciones de la operación unitaria de cristalización*. Universidad de Costa Rica.

Bosch, J. (2016). *Métodos ópticos de análisis*. España: Editorial Reverté.

Cabana Lagares, R. (2020). *Perfil de riesgos en sorbatos y benzoatos en bebidas a base de fruta no gaseosas en Colombia*. Colombia: Universidad de la Salle. Extraído de: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_alimentos/717](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/717)

Córdova, M. (2013). *Efecto del tiempo y temperatura de secado sobre la humedad final y variación del porcentaje de FOS (FRUCTO-OLIGOSACÁRIDOS) en rodajas de Yacón (Smallanthus sonchifolius)*. Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Extraído de: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10954>

Correa, E. (2021). *Estudio del jarabe de jícama (smallanthus sonchifolius poep. y end.) como alternativa de endulzante natural en productos alimenticios*. Quito: Universidad Central del Ecuador

Cuadrado, L. (2004). *Estudio Bromatológico y Fitoquímico de la jícama para determinar el tiempo óptimo de cosecha*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Extraído de: [https://books.google.com.gt/books?id=R7kbAgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gs\\_bse\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.gt/books?id=R7kbAgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gs_bse_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Díaz, D. (2022). *Análisis de las metodologías más utilizadas para la determinación de la vida útil de alimentos*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Gardner, E. (2017). Alternative sugars: Yacon syrup (nectar). *British dental journal*, 223(9), 625. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2017.943>

Guerra, J. (2015). Erradicación de diabetes en Guatemala: Un sueño posible. *Ciencia, Tecnología Y Salud*, 2(1), 75–83. <https://doi.org/10.36829/63cts.v2i1.41>

Guevara, I., et al. (2015). Optimización del proceso de extracción de los fructooligosacáridos de yacón (*Smallantus Sonchifolius*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(3), 263-272. Recuperado en 02 de noviembre de 2022, de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2015000300008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000300008&lng=es&tlng=es).

Graefe, S., Hermann, M. (2004). *Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes*. Field Crops Research.

Instituto Universitario De la Paz. (2018). *Técnicas de Análisis fisicoquímico*. Colombia: UNIPAZ

Irala, A. A. (2014). *La OMS recomienda a los adultos reducir el consumo de azúcar al 5%*. Recuperado de: <https://www.consejogeneralenfermeria.org/actualidad-y-prensa/sala-de-prensa/noticias/item/2913-la-oms-recomienda-a-los-adultos-reducir-el-consumo-de-az%C3%BAcar-al-5#:~:text=La%20Organizaci%C3%B3n%20Mundial%20de%20la,unos%2025%20gramos%20al%20d%C3%ADa>.

Jiménez, M. (2014). *Caracterización química y cuantificación de fructooligosacáridos, compuestos fenólicos y actividad antirradical de tubérculos y raíces andinos cultivados en el noroeste de Argentina*. México: Universidad Autónoma de México. Extraído de: <https://biblat.unam.mx/hevila/Archivoslatinoamericanosdenutricion/2014/Vol64/no2/8.pdf>

Lei, D., et al. (2020). Removal of the innocuity test from The International Pharmacopoeia and WHO recommendations for vaccines and biological products. *Biologicals: journal of the International Association of Biological Standardization*, 66, 17–20. <https://doi.org/10.1016/j.biologicals.2020.05.003>

Manrique Párraga, A. & Hermann, M. (2005). *Jarabe de yacón: Principios y Procesamiento*. Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

McCabe, W. & Cleveland, J. (2004). *Unit Operations of Chemical Engineering*. United States: McGraw Hill Chemical Engineering Series.

Marful, P. (2019). *Aplicación de técnicas estadísticas al análisis sensorial inteligente*. España: Universidad de Santiago de Compostela.

Ministerio de Comercio Exterior. (2018). *Reglamento Técnico Centroamericano*. Recuperado de Ministerio de Comercio Exterior: [https://www.comex.go.cr/media/3541/339\\_anexo-de-la-resolucion-no-283-rtca-aditivos-alimentarios-\\_comieco.pdf](https://www.comex.go.cr/media/3541/339_anexo-de-la-resolucion-no-283-rtca-aditivos-alimentarios-_comieco.pdf)

Muñoz-Castellanos, L. N., et al. (2021). Chlorine and its importance in the inactivation of bacteria, Can it inactivate viruses? *Revista mexicana de fitopatología*, 39(4). <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2021-4>

Montejo, L. (2010). *Estudio de factibilidad para el diseño del panel sensorial externo de la empresa Symrise Ltda.* Bogotá, Colombia: Universidad de La Salle.

Nicolas, J. J., et al. (1994). Enzymatic browning reactions in apple and apple products. *Critical reviews in food science and nutrition*, 34(2), 109–157. <https://doi.org/10.1080/10408399409527653>

Ortega-Rivas, E. (2012). *Unit Operations of Particulate Solids.* New York, United States: CRC Press.

Pedreschi R., et al. (2003). *Andean yacon root (Smallanthus sonchifolius Poepp. Endl) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics.* *Journal of Agricultural & Food Chemistry.*

Ramírez-Navas, J. S. (2012). *Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor.* Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/257890512\\_Analisis\\_sensorial\\_pruebas\\_orientadas\\_al\\_consumidor](https://www.researchgate.net/publication/257890512_Analisis_sensorial_pruebas_orientadas_al_consumidor)

Rodríguez, J. (2017). *Azúcares... ¿los malos de la dieta?* Recuperado de: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1139-76322017000300009&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322017000300009&lng=es&tlng=es).

Sáenz Torres, S. M., Chaparro González, M. P., Bernal Bechara, L. C. (2016). *Yacón: Producción, transformación y beneficios.* Colombia: Ediciones Unisalle.

SafetyCulture. (2023, July 26). *Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).* *SafetyCulture.* Recuperado de <https://safetyculture.com/es/temas/bpm-buenas-practicas-de-manufactura/>

World Health Organization: WHO. (2021). *Obesidad y sobrepeso.* Recuperado de WHO: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

World Health Organization: WHO & World Health Organization: WHO. (2023). *Diabetes.* Recuperado de WHO: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>

## XII. ANEXOS

### A. Datos originales:

Cuadro 7: Porcentaje de humedad

<b>Corrida</b>	<b>Humedad</b>
1	78.04%
2	74.38%
3	75.03%

Cuadro 8: Porcentaje de cenizas

<b>Corrida</b>	<b>Cenizas</b>
1	2.27%
2	1.60%
3	2.80%

Cuadro 9: Evaporación

<b>Corrida</b>	<b>Inicio evaporación(g)</b>	<b>Producto concentrado (g)</b>
1	321.2465	215.0114
2	347.2000	238.6000
3	414.5000	396.6708

Cuadro 10: Datos de balanza analítica

Marca	OHAUS
Modelo	Ex24001
Capacidad	24000g
Incertidumbre	±0.1 g
Potencia	15W

Cuadro 11: Datos de balanza de humedad

Marca	OHAUS
Modelo	MB120
Capacidad	120 g
Incertidumbre	$\pm 0.3\%$
Potencia	120 VAC
Rango de temperatura	40 a 230°C
Rango de humedad	0.01-100%

Cuadro 12: Datos de estufa eléctrica

Marca	Vevor
Modelo	SH-3ABE
Potencia	500W
Temperatura máxima	300°C
Voltaje	110V

Cuadro 13: Datos de mufla

Marca	Thermolyne
Modelo	F6010
Potencia	3095W
Voltaje	220-240V
Temperatura máxima	1200°C

Cuadro 14: Cristalería

<b>Cristalería</b>	<b>Marca</b>	<b>Capacidad</b>
Beaker	Pyrex	1000 $\pm$ 5 mL
Beaker	Pyrex	400 $\pm$ 5 mL
Balón aforado	Pyrex	25 $\pm$ 0.04 mL
Kit de destilación	Pyrex	24/40
Erlenmeyer	Pyrex	125 $\pm$ 5 mL
Pipeta	Pyrex	10mL $\pm$ 0.01mL

B. Cálculos de muestra:

a) Experimentación

Cálculo 1: Porcentaje de cenizas

Ecuación 1: Porcentaje de cenizas

$$\%Cenizas = \frac{\text{Peso de ceniza}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Cálculo 2: Cálculo para uso de agares para 75mL

*Para un litro de agar = 66g*

$$\frac{66 \text{ g}}{1 \text{ L}} * 0.075 \text{ mL} = 4.95 \text{ g de agar MRS}$$

Cálculo 3: Rendimiento de evaporación

Ecuación 2: Rendimiento de evaporación

$$\%Rendimiento \text{ evaporación} = \frac{\text{Cantidad de líquido evaporado}}{\text{Cantidad inicial de solución}} * 100$$

$$\%Rendimiento \text{ evaporación} = \frac{215.0114 \text{ g}}{321.2465 \text{ g}} * 100 = 66.93\%$$

Cálculo 4: Rendimiento global

Ecuación 3: Rendimiento global

$$\%Rendimiento \text{ global} = \frac{\text{Cantidad de jarabe obtenido}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

$$\%Rendimiento \text{ global} = \frac{215.0114 \text{ g}}{700 \text{ g}} * 100$$

Cálculo 5: Balance de masa

Ecuación 4 Balance de masa:

$$Entrada = Desechos + Salidas + Acumulación$$

Eliminación de cáscaras:

$$700g = 91g (desechos) + 609g (salida)$$

Extracción de jugo:

$$609g = 202.7g + 406.3g$$

Adición de ácido cítrico:

$$406.3g + 0.1588g = 406.4588g$$

Filtración:

$$406.4588g = 85.2123g + 321.2465g$$

Evaporación de agua en el jugo:

$$321.2465g = 106.2351g + 215.0114g$$

Adición de preservantes: Benzoato de Potasio y Sorbato de Sodio

$$0g = 215.0114g$$

Balance de masa final:

$$700.1588g = 485.1474g + 215.0114g + 0g$$

$$700.1588g = 700.1588g$$

Cuadro 15: Balance de masa Corrida 1

Proceso	Entrada (g)	Desechos (g)	Salida (g)	Acumulación (g)
Eliminación de cáscaras	700.0000	91.0000	609.0000	
Extracción de jugo	609.0000	202.7000	406.3000	
Adición de ácido cítrico	406.3000		406.4588	
	0.1588			
Filtración	406.4588	85.2123	321.2465	
Evaporación	321.2465	106.2351	215.0114	
Adición de preservantes	215.0114			
Benzoato			215.0114	
Sorbato				

Cuadro 16: Balance de masa simplificado Corrida 1

	Entrada (g)	Desechos (g)	Salida (g)	Acumulación (g)
Balance de masa	700.1588	485.1474	215.0114	0.0000
	700.1588	700.1588		

Cálculo 6: Balance de energía

Ecuación 5: Determinación de Watts utilizando potencia

$$P = \frac{W}{t}$$

Donde:

P = Potencia

W = Trabajo (J)

T = Tiempo (s)

Trabajo del extractor:

$$tiempo = 694 \text{ segundos}$$

$$Extractor = 300 \text{ J/s}$$

$$300 \frac{J}{s} * 694 \text{ s} = 208200 \text{ J}$$

$$\frac{208200 J}{1000 J} = 202.2 kJ$$

Trabajo de la estufa en la evaporación:

$$tiempo = 10800 \text{ segundos}$$

$$Extractor = 500 J/s$$

$$500 \frac{J}{s} * 10800 s = 5400000 J$$

$$\frac{5400000 J}{1000 J} = 5400 kJ$$

$$\Delta H = 208.2 kJ + 5400 kJ$$

$$\Delta H = 5608.2 kJ$$

Cuadro 17: Balance de energía Corrida 1

Extracción	11 minutos 34 segundos		Tiempo (s)	694	Extractor	300	w (J/s)
Evaporación	3 horas		Tiempo (s)	10800	Estufa	500	w (J/s)
Extracción		208200 J	208.2 KJ		TOTAL	5608.2	
Evaporación		5400000 J	5400 KJ				

Cálculo 7: Adición de conservantes

Benzoato de sodio:

$$\frac{2g}{1kg} * 0.32124kg \text{ de jarabe de yacón} = 0.6424g \text{ de benzoato de sodio}$$

Sorbato de potasio:

$$\frac{1g}{1kg} * 0.32124kg \text{ de jarabe de yacón} = 0.32124g \text{ de sorbato de potasio}$$

b) Análisis estadístico

Ecuación 6: Media

$$\bar{x} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Donde:

n: número total de observaciones

Ecuación 7: Desviación Estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

n: número total de observaciones

$\bar{x}$ : media

Ecuación 8: Propagación de error

$$\frac{S_y}{y} = \sqrt{\left(\frac{S_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{S_b}{b}\right)^2 \dots}$$

Donde:

$S_y$  = Incertidumbre del resultado (multiplicación/división)

y = Valor del resultado del cálculo

a, b, c... = Valor de cada medida

$S_{a,b,c...}$  = Incertidumbre de cada medida a, b, c, etc.

Ecuación 9: Coeficiente de variación

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}} * 100$$

Donde:

s = desviación estándar

$\bar{x}$  = media

c) Análisis económico

Cálculo 8: Costo unitario de producción de jarabe de yacón

$$Yacon\ utilizado = 1.5432lb * \frac{Q20}{1 lb} = Q30.86$$

Cálculo costo de energía:

$$\text{Evaporación} = Q1.28 \text{ kWh} * 1.0416 \text{ kWh} = Q1.33$$

Cuadro 18: Costo unitario de producción de jarabe de yacón

<b>Materia Prima</b>					
Yacon utilizado	700	g	1.54323709	4 lb	GTQ 30.86
Glicerina					GTQ 6.67
<b>Costo de procesamiento</b>					
Evaporación	375		1.04166666	7 kWh	GTQ 1.33
Extracción	195.		0.05425	kWh	GTQ 0.07
	3				
<b>Costos de envase y etiquetado</b>					
Envase	3	50m L	GTQ 7.25	unidad	GTQ 21.75
Etiquetado	1		GTQ 6.00	unidad	GTQ 6.00
					GTQ Costo total 66.68
					<b>GTQ Costo unitario 13.34</b>

C. Datos calculados:

Cuadro 19: Caracterización de Materia Prima

<b>Corrida</b>	<b>Humedad</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Presencia de fructooligosacáridos</b>
1	78.04%	2.27%	Presente
2	74.38%	1.60%	Presente
3	75.03%	2.80%	Presente
Promedio	75.82%	2.22%	
Desviación estándar	0.0195	0.0060	
Coefficiente de variación (%)	0.0258	0.2705	

La presencia de fructooligosacáridos se realizó por medio de cromatografía líquida, los resultados originales de los análisis pueden encontrarse en anexos.

Cuadro 20: Evaporación

<b>Corrida</b>	<b>Inicio evaporación (g) (<math>\pm 0.001g</math>)</b>	<b>Producto concentrado (g) (<math>\pm 0.001g</math>)</b>	<b>Rendimiento de evaporación (%)</b>
1	321.25	215.01	66.93
2	347.20	238.60	68.72
3	414.50	396.67	95.70
Promedio	360.98	283.43	77.12
Desviación estándar	48.13	98.78	16.12
Coefficiente de variación (%)	0.13	0.35	0.21

El cuadro anterior muestra la evaporación dada en cada corrida de agua, mostrando el rendimiento de las mismas.

Cuadro 21: Rendimiento global

<b>Corrida</b>	<b>Rendimiento global (%)</b>
1	30.72
2	34.09
3	46.22
Promedio	37.01
Desviación Estándar	8.15
Coefficiente de Variación	0.22

Cuadro 22: Medición de parámetros fisicoquímicos Corrida 2

Semana	Fecha	Hora	Grados Brix	pH
1	2/6/2023	3:35	18.5	5.5
1	2/6/2023	3:46	21	5.5
1	2/6/2023	3:55	24.8	5.5
1	2/6/2023	4:15	27.8	5.5
1	2/6/2023	4:45	27.8	5.15
2	16/06/2023	10:38	28.3	5.15
3	19/6/2023	3:15	28.3	5.15
4	28/6/23	2:23	28.2	5.15
5	5/7/2023	3:00	28.2	5.15
6	10/7/2023	3:06	28.2	5.15
7	17/07/23	3:15	28.2	5.15
8	26/07/23	3:20	28.2	5.14
9	3/8/2023	2:30	28.2	5.14
10	10/8/2023	3:20	28	4.5
11	14/08/23	2:20	27	4
12	17/08/23	7:04	27	2.14
Promedio			26.731	4.936
Desviación estándar			2.901	0.839
Coeficiente de variación			0.109	0.170

Cuadro 23: Medición de parámetros fisicoquímicos Corrida 3

Semanas	Fecha	Hora	Grados Brix	pH
1	6/6/2023		17	
1	7/6/2023	11:30	18.5	
1	7/6/2023	12:28	19.5	
1	7/6/2023	12:43	27.5	5.5
2	16/06	10:38	28	5.5
3	19/6	3:38	28	5.5
4	28/06	2:32	28	6.12
5	5/7/2023	2:15	28	5.15
6	10/7/2023	3:00	28	5.15
6	10/7/2023	3:06	28	5.15
7	17/07/23	3:15	28	5.15
8	26/07/23	3:20	28	5.14
9	3/8/2023	2:30	28	5.14
10	10/8/2023	3:20	28	5
11	14/08/23	2:20	28	5
12	17/08	6:57	27.5	5
13	24/08/2023	8:30	27	5
14	31/08/2023	8:30	27	5
Promedio			26.222	5.233
Desviación estándar			3.671	0.307
Coeficiente de variación			0.140	0.059

Cuadro 24: Tabla de frecuencias acumuladas características organolépticas por medio de panel sensorial

Calificación	Frecuencia sabor	Porcentaje aceptación sabor	Frecuencia aroma	Porcentaje aceptación aroma	Frecuencia dulzor	Porcentaje aceptación de dulzor	Frecuencia acidez	Porcentaje sensación de acidez	Frecuencia color (ámbar, café)	Porcentaje de percepción de color	Frecuencia expectativa de producto	Porcentaje de expectativa de producto	Frecuencia de buena apariencia	Porcentaje de apariencia de producto
1	0	0%	0	0%	1	3%	11	33%	31	94%	0	0%	0	0%
2	0	0%	0	0%	0	0%	3	9%	2	6%	0	0%	0	0%
3	0	0%	3	9%	1	3%	8	24%			1	3%	1	3%
4	1	3%	2	6%	2	6%	2	6%			2	6%	0	0%
5	2	6%	3	9%	2	6%	2	6%			0	0%	1	3%
6	2	6%	4	12%	5	15%	2	6%			1	3%	0	0%
7	3	9%	5	15%	5	15%	1	3%			1	3%	4	12%
8	6	18%	8	24%	8	24%	1	3%			8	24%	2	6%
9	19	58%	8	24%	9	27%	2	6%			20	61%	25	76%

Cuadro 25: Balance de masa Corrida 1

	Entrada (g)	Desechos (g)	Salida (g)	Acumulación
Eliminación de cáscaras	700.0000	91.0000	609.0000	
Extracción de jugo	609.0000	202.7000	406.3000	
Adición de ácido cítrico	406.3000		406.4588	
	0.1588			
Filtración	406.4588	85.2123	321.2465	
Evaporación	321.2465	106.2351	215.0114	
Adición de preservantes	215.0114			
Benzoato			215.0114	
Sorbato				
	Entrada (g)	Desechos (g)	Salida (g)	Acumulación (g)
Balance de masa final	700.1588	485.1474	215.0114	0.0000
	700.1588	700.1588		

Cuadro 26: Balance de energía Corrida 1

Extracción	11 minutos 34 segundos		Tiempo (s)	694	Extractor	300	w (J/s)
Evaporación	3 horas		Tiempo (s)	10800	Estufa	500	w (J/s)
Extracción	208200	J	208.2	KJ	TOTAL	5608.2	
Evaporación	5400000	J	5400	KJ			

Cuadro 27: Balance de masa Corrida 2

	Entrada (g)	Desechos (g)	Salida (g)	Acumulación (g)
Eliminación de cáscaras	700.0000	120.0000	580.0000	
Extracción de jugo	580.0000	215.0000	365.0000	
Adición de ácido cítrico	365.0000		365.2612	
	0.2612			
Filtración	365.2612	18.0612	347.2000	
Evaporación	347.2000	108.7099	238.4901	
Adición de preservantes	238.4901			
Benzoato	0.0359		238.6000	
Sorbato	0.0740			
	Entrada (g)	Desechos (g)	Salida (g)	Acumulación (g)
Balance de masa final	700.3711	461.7711	238.6000	
	700.3711	700.3711		

Cuadro 28: Balance de energía Corrida 2

Extracción	10 minutos 51 segundos		Tiempo (s)	651	Extractor	300	w (J/s)
Evaporación	2 horas 5 minutos		Tiempo (s)	7500	Estufa	500	w (J/s)
Extracción	195300	J	195.3	KJ	TOTAL	3945.3	
Evaporación	3750000	J	3750	KJ			

Cuadro 29: Balance de masa Corrida 3

	Entrada (g)	Desechos (g)	Salida (g)	Acumulación (g)
Eliminación de cáscaras	860.0000	140.0000	720.0000	
Extracción de jugo	720.0000	290.8000	429.2000	
Filtración	429.2000	14.7000	414.5000	
Evaporación	414.5000	17.8292	396.6708	
Adición de preservantes	396.6708			
Benzoato	0.4020		397.5000	
Sorbato	0.4272			
	Entrada (g)	Desechos (g)	Salida (g)	Acumulación (g)
Balance	860.8292	463.3292	397.5000	
	860.8292	860.8292		

Cuadro 30: Balance de energía Corrida 3

Extracción	12 minutos 5 segundos		Tiempo (s)	725	Extractor	300	w (J/s)
Evaporación	2 horas 10 minutos		Tiempo (s)	7800	Estufa	500	w (J/s)
Extracción	217500	J	217.5	KJ	TOTAL	4117.5	
Evaporación	3900000	J	3900	KJ			

Cuadro 31: Balance de masa promedio

	Entrada (g)	Desechos (g)	Salida (g)	Acumulación
<b>Eliminación de cáscaras</b>	700.0000	91.0000	609.000 0	
Corrida 2	700.0000	120.0000	580.000 0	
Corrida 3	860.0000	140.0000	720.000 0	
Promedios	753.3333	117.0000	636.333 3	
<b>Extracción de jugo</b>	609.0000	202.7000	406.300 0	
Corrida 2	580	215	365	
Corrida 2	720	290.8000	429.2	
Promedio	636.3333	236.1667	400.166 7	
<b>Adición de ácido cítrico</b>	406.3000		406.458 8	
	0.1588			
Corrida 2	365		365.261 2	
	0.2612			
Corrida 3	429.2000		429.200 0	
Promedio ac. Cítrico	0.1400	Promedio salidas	400.306 7	
<b>Filtración</b>	406.4588	85.2123	321.246 5	
Corrida 2	365.2612	18.0612	347.200 0	

	Entrada (g)	Desechos (g)	Salida (g)	Acumulación
Corrida 3	429.2000	14.7000	414.500 0	
Promedio		39.3245	360.982 2	
<b>Evaporación 1</b>	321.2465	106.2351	215.011 4	
Corrida 2	347.2000	108.7099	238.490 1	
Corrida 3	414.5000	17.8292	396.670	
	360.9822	77.5914	283.390	
<b>Adición de preservantes</b>	215.0114			
Benzoato			215.011	
Sorbato				
Corrida 2	238.4901			
Benzoato	0.4769			
Sorbato	0.2384		239.205	
Corrida 3	396.6708			
Benzoato	0.7933			
Sorbato	0.3966		397.860 8	
Promedio	0.4764		284.025 9	g
	Entrada (g)	Desechos (g)	Salida (g)	Acumulación (g)
<b>Balance de masa promedio</b>	754.110	470.0826	284.025	0
	754.110	754.110		

Cuadro 32: Balance de energía promedio

1	Extracción	208200	J	208.2	kJ
2	Extracción	195300	J	195.3	kJ
3	Extracción	217500	J	217.5	kJ
	Promedio	207000	J	207	kJ
1	Evaporación	5400000	J	5400	kJ
2	Evaporación	3750000	J	3750	kJ
3	Evaporación	3900000	J	3900	kJ
	Promedio	4350000	J	4350	kJ
Balance de energía promedio	Extracción	207000	J	207	KJ
	Evaporación	4350000	J	4350	KJ
				<b>TOTAL</b>	<b>4557 KJ</b>

Cuadro 33: Costo unitario de producción de jarabe de yacón

<b>Materia Prima</b>					
Yacón utilizado	700	g	1.5432	lb	GTQ 30.86
Glicerina					GTQ 6.67
<b>Costo de procesamiento</b>					
Evaporación	3750	kJ	1.0416	kWh	GTQ 1.33
Extracción	195.3	kJ	0.05425	kWh	GTQ 0.07
<b>Costos de envase y etiquetado</b>					
Envase	3	50m L	GTQ 7.25	unidad	GTQ 21.75
Etiquetado	1		GTQ 6.00	unidad	GTQ 6.00
					Costo total GTQ 66.68
					<b>Costo unitario GTQ 13.34</b>

## D. Figuras

*Figura 23: Materia prima de Yacón*



*Figura 24: Muestra 1 Análisis de HPLC para identificación de azúcares*

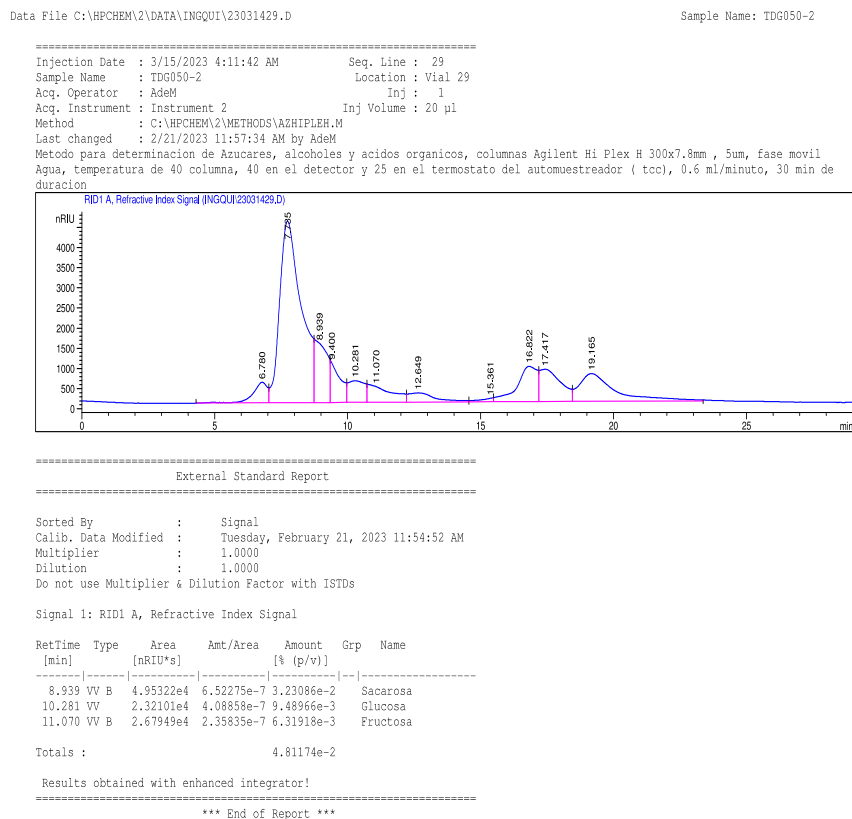
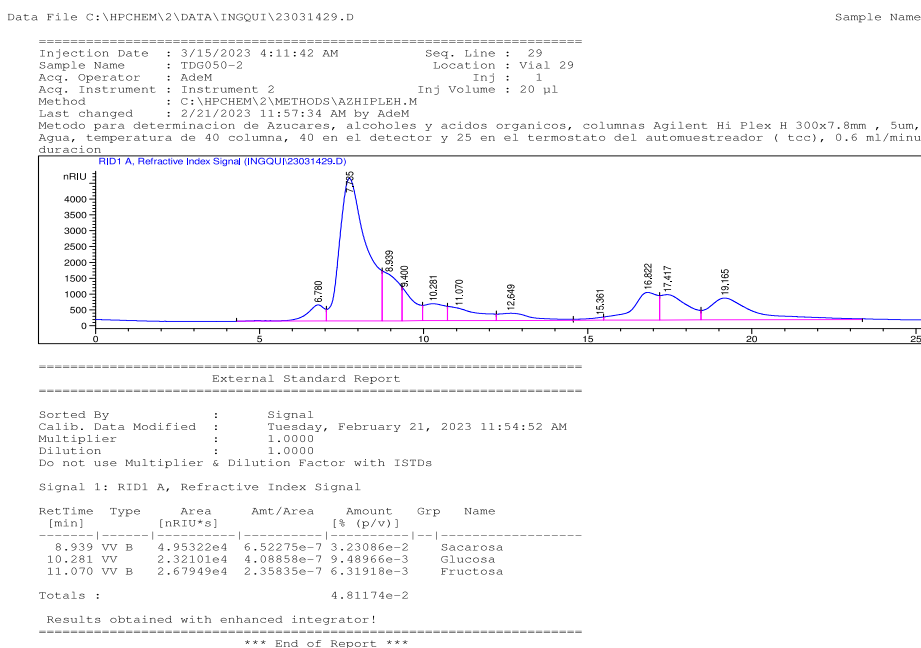
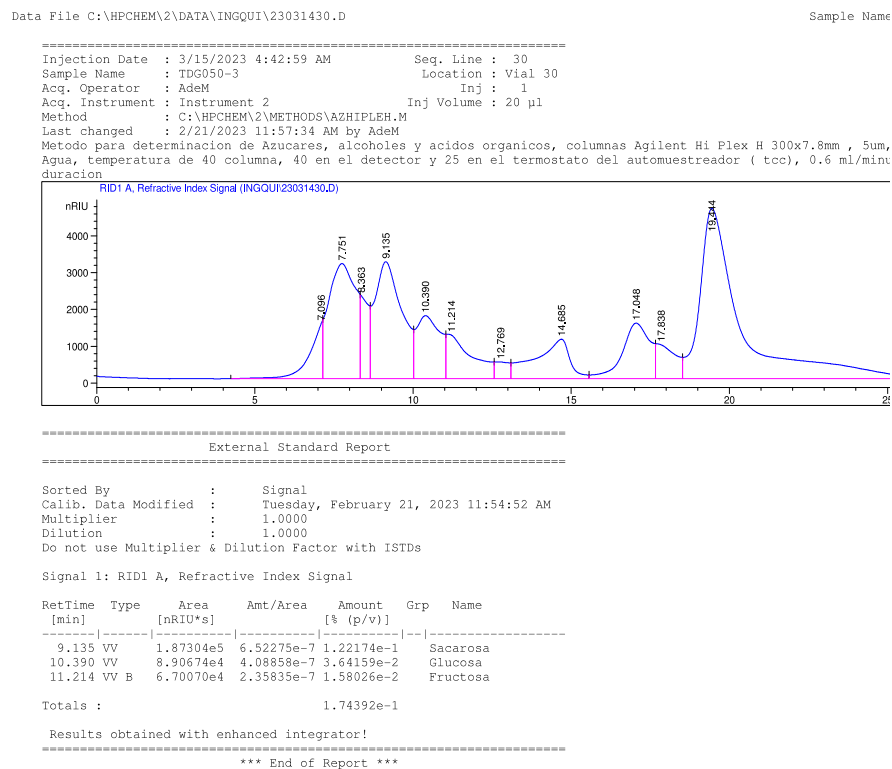


Figura 25: Muestra 2 Análisis de HPLC para identificación de azúcares



Instrument 2 3/15/2023 11:32:04 AM AdeM

Figura 26: Muestra 3 Análisis de HPLC para identificación de azúcares



Instrument 2 3/15/2023 11:32:25 AM AdeM

Figura 27: Muestra 1 Análisis de HPLC para identificación de azúcares

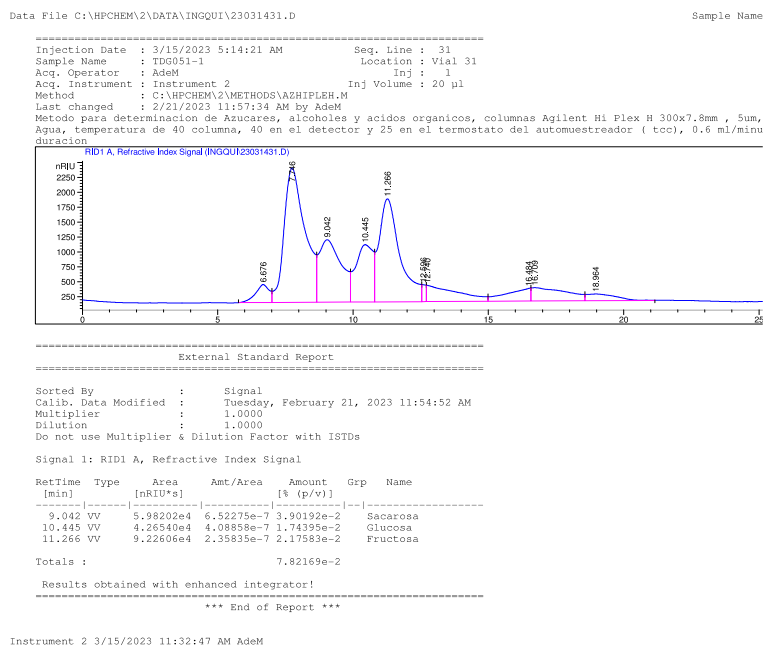


Figura 28: Muestra 2 Análisis de HPLC para identificación de azúcares

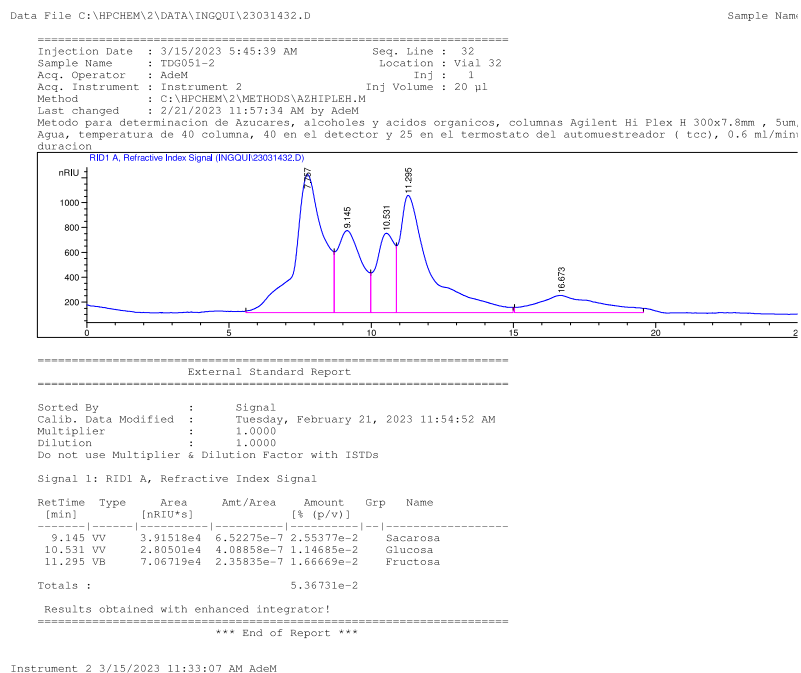


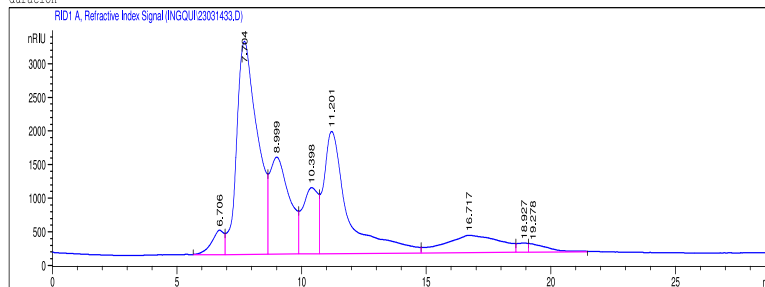
Figura 29: Muestra 3 Análisis de HPLC para identificación de azúcares

Data File C:\HPCHEM\2\DATA\INGQUI\23031433.D

Sample Name: TDG051-3

```

=====
Injection Date : 3/15/2023 6:16:58 AM      Seg. Line : 33
Sample Name   : TDG051-3                  Location  : Vial 33
Acq. Operator : Adem                      Inj      : 1
Acq. Instrument : Instrument 2             Inj Volume : 20 µl
Method        : C:\HPCHEM\2\METHODS\AZHIPLER.M
Last changed  : 2/21/2023 11:57:34 AM by Adem
Metodo para determinación de Azúcares, alcoholes y ácidos orgánicos, columnas Agilent Hi Plex H 300x7.8mm , 5µm, fase móvil Agua, temperatura de 40 columna, 40 en el termostato del automestreador ( tcc), 0.6 ml/minuto, 30 min de duración
    
```



External Standard Report

```

Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : Tuesday, February 21, 2023 11:54:52 AM
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Do not use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs
    
```

Signal 1: RID1 A, Refractive Index Signal

RetTime [min]	Type	Area [nRIU*s]	Amt/Area	Amount [% (p/v)]	Grp Name
8.999	VV	8.00251e4	6.52275e-7	5.21983e-2	Sacarosa
10.398	VV	4.28326e4	4.06858e-7	1.75125e-2	Glucosa
11.201	VV	1.24319e5	2.35835e-7	2.93187e-2	Fructosa

Totals : 9.90295e-2

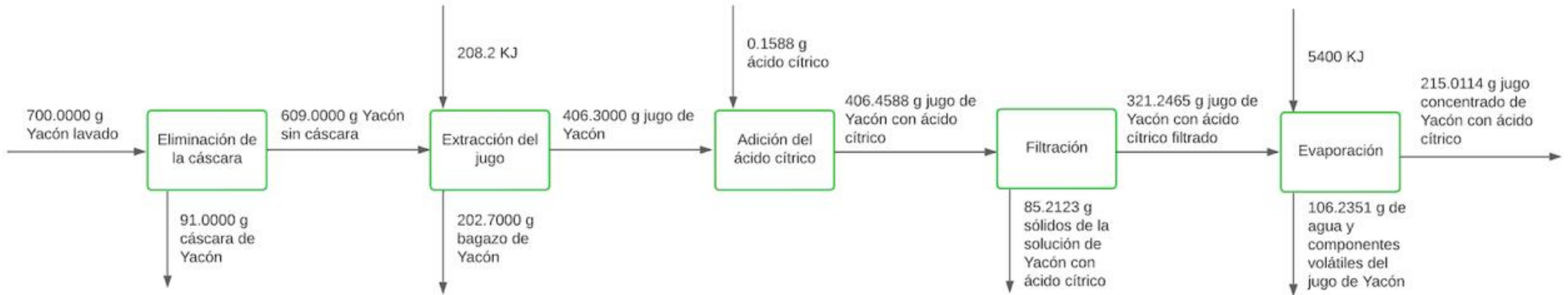
Results obtained with enhanced integrator!

\*\*\* End of Report \*\*\*

Instrument 2 3/15/2023 11:33:28 AM Adem

Page 1 of 1

Figura 30: Balance de masa corrida 1



Balance de Masa:

Entradas = Desechos + Salidas  
 $700.1588 \text{ g} = 485.1474 \text{ g} + 215.0114 \text{ g}$   
 $700.1588 \text{ g} = 700.1588 \text{ g}$

Balance de Energía:

$\Delta H = 5608.2 \text{ KJ}$

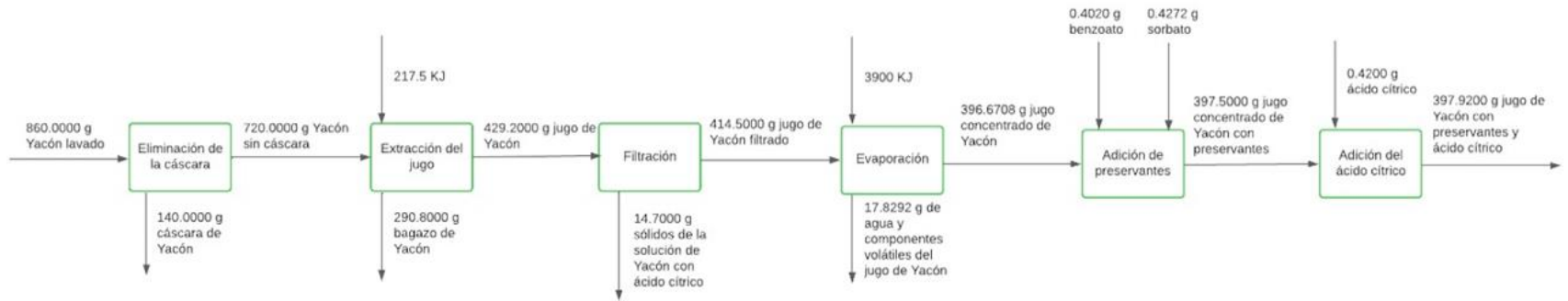
Figura 31: Balance de masa corrida 2



Balance de Masa:  
 Entradas = Desechos + Salidas  
 $701.1966 \text{ g} = 461.7711 \text{ g} + 239.4255 \text{ g}$   
 $701.1966 \text{ g} = 701.1966 \text{ g}$

Balance de Energía:  
 $\Delta H = 3945.3 \text{ KJ}$

Figura 32: Balance de masa corrida 3



Balance de Masa:  
 Entradas = Desechos + Salidas  
 $861.2492 \text{ g} = 463.3292 \text{ g} + 397.9200 \text{ g}$   
 $861.2492 \text{ g} = 861.2492 \text{ g}$

Balance de Energía:  
 $\Delta H = 4117.5 \text{ KJ}$

Figura 33: Determinación de cenizas

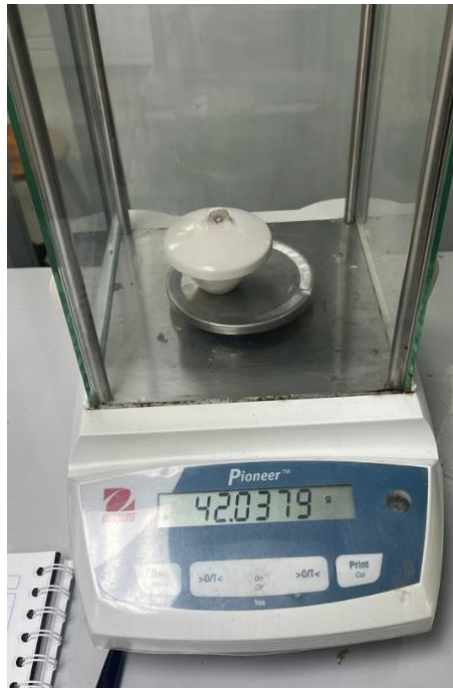


Figura 34: Determinación de humedad



*Figura 35: Pelado de raíces en agua para evitar pardeamiento enzimático*



*Figura 36: Extracción de líquido de Yacón*



*Figura 37: Concentración en baño María*



*Figura 38: Primera corrida de evaporación*



*Figura 39: Obtención de cristales fallidos*



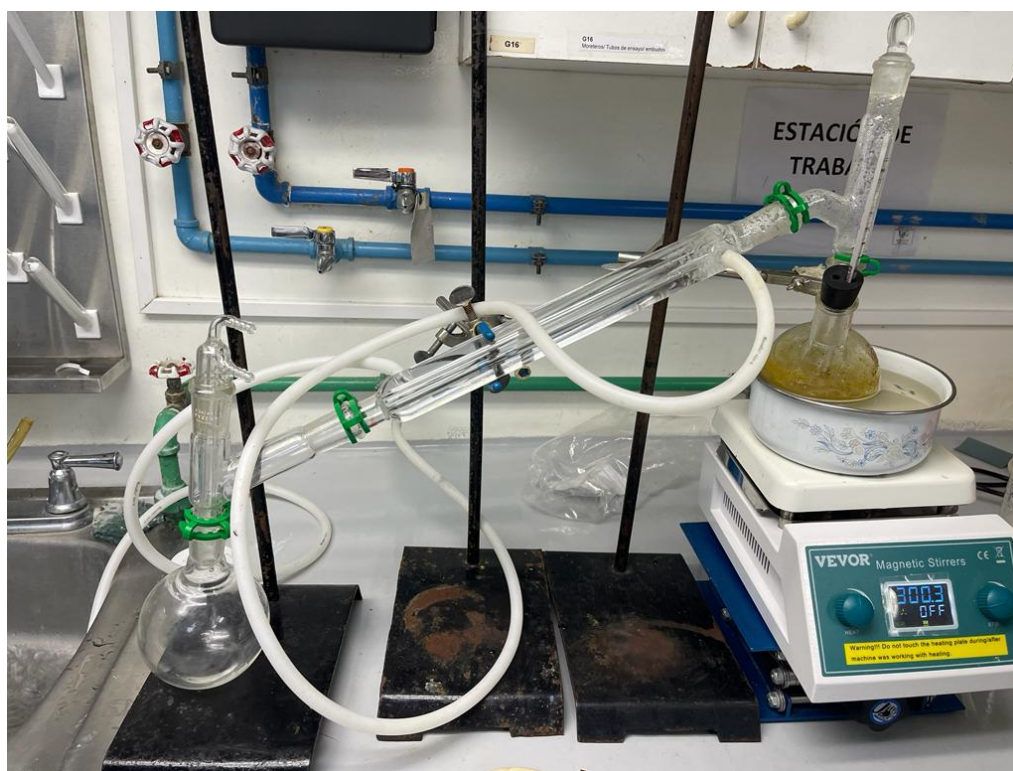
*Figura 40: Segunda corrida de evaporación*



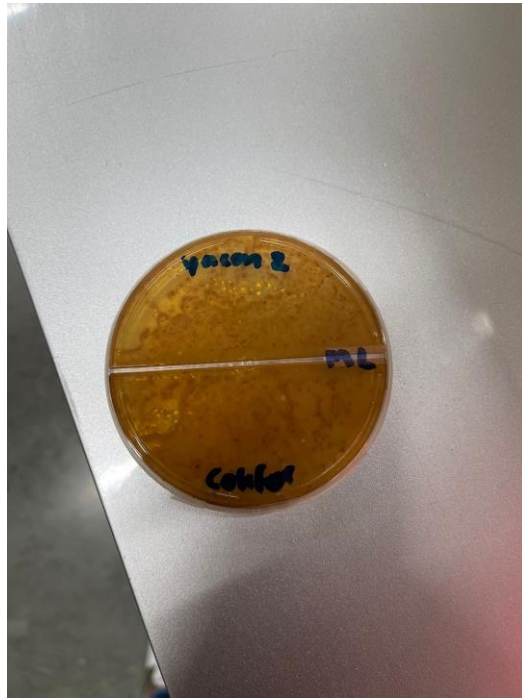
*Figura 41: Obtención de jarabe de yacón después de evaporación*



*Figura 42: Tercera corrida de evaporación*



*Figura 43: Análisis microbiológico coliformes*



*Figura 44: Análisis microbiológico MRS*

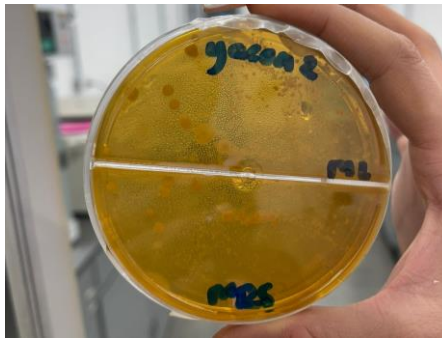
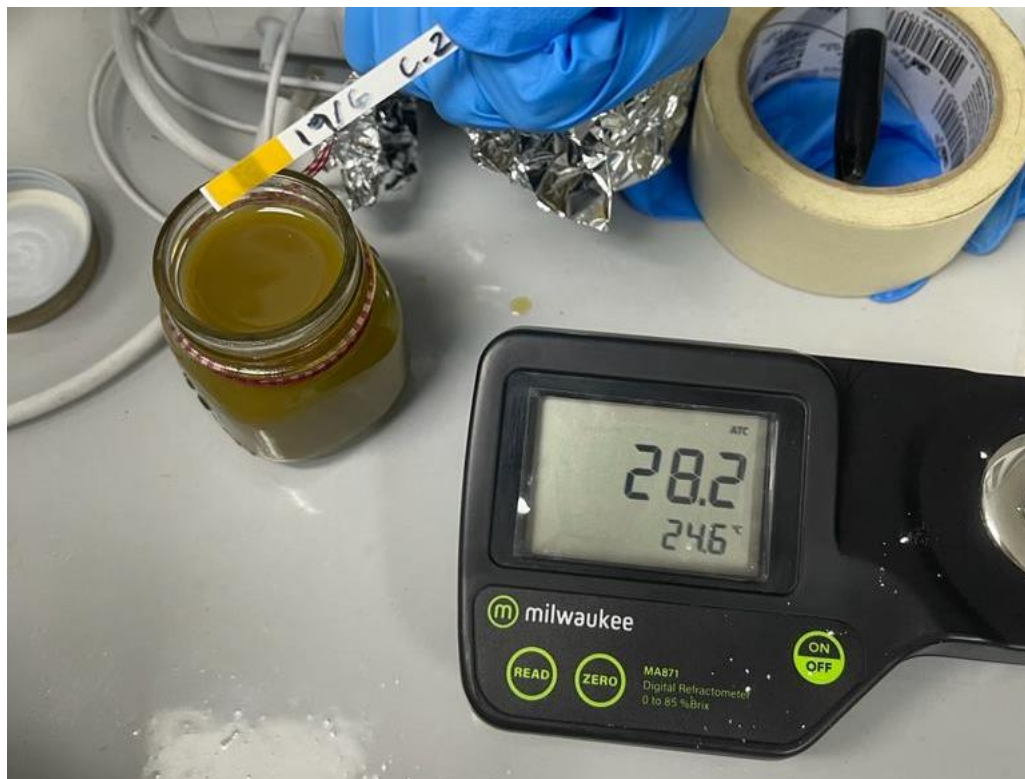


Figura 45: Análisis microbiológico PDA



Figura 46: Medición de grados brix y pH



*Figura 47: Medición de grados brix*



*Figura 48: Medición de pH*



*Figura 49: Medición de pH*



*Figura 50: Medición de pH fin de vida anaquel corrida 2*



*Figura 51: Jarabe de Yacón*



*Figura 52: Corrida 2 con moho después de 3 meses*



Figura 53: Creación de receta de jarabe de yacón

Build recipe and NIP

Recipe Name : Yacón

**STEP 1 Create recipe by adding ingredients and amounts**

Values in this table indicate how much each ingredient contributes to the components per 100 g of the recipe before adjustments are made in Step 2 and Step 3. Creating a custom ingredient that is a liquid? Read about specific gravities in the User Guide. Note that the NPC will use the ingredient's specific gravity to convert the values for liquid ingredients entered as millilitres or litres into grams

Amount	Unit	Specific gravity	Food name	Energy (kJ)	Protein (g)	Fat (tot) (g)	Fat (sat) (g)	Carb (tot) (g)	Sugars (g)	Sodium (mg)	Actions
0.01541434	g		Sodium benzoate, food additive (211)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.46	
0.18033490	g		Citric acid, food additive (330), anhydrous	2.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
99.7724774	g		Yacón (C)	45.90	0.70	0.10	0.00	8.88	0.00	0.00	
0.03177329	g		Potassium Sorbate (C)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>Total per 100 g</b>				<b>48.24</b>	<b>0.70</b>	<b>0.10</b>	<b>0.00</b>	<b>8.88</b>	<b>0.00</b>	<b>2.46</b>	

FSANZ ingredient Custom ingredient (C)

**STEP 2 Enter recipe weights**

Has your recipe gained or lost moisture? Read about weight change factors in the User Guide.

Initial weight: 100.00 g Final weight: 54 g Weight change: -46.00 %

**STEP 3 Generate Nutrition Information Panel (NIP)**

Creating a recipe that is a liquid? Read about specific gravities in the User Guide.

Serve size: 5 mL Specific Gravity: 2 Serves per package: 10

Recipe name	Energy (kJ)	Protein (g)	Fat (tot) (g)	Fat (sat) (g)	Carb (tot) (g)	Sugars (g)	Sodium (mg)
Yacón	179	2.6	0.4	0	32.9	0	9

All values are per 100 g/mL of the final recipe food as displayed on the NIP

NUTRITION INFORMATION		
Servings per package: 10		
Serving size: 5 mL		
	Average Quantity per Serving	Average Quantity per 100 mL
Energy	8.9 kJ	179 kJ
Protein	0.1 g	2.6 g
Fat, total	0 g	0.4 g
- saturated	0 g	0 g
Carbohydrate	1.6 g	32.9 g
- sugars	0 g	0 g
Sodium	0 mg	9 mg

Tue Jul 18 2023 17:15:41 GMT-0600 (Central Standard Time)

Figura 54: Creación de logo de producto (ML)



Figura 55: Etiqueta nutricional jarabe de Yacón

<b>Nutrition Facts</b>		Amount/serving	% Daily Value*	Amount/serving	% Daily Value*
10 servings per container Serving size 5 mL (54g) Calories per serving	<b>5</b>	<b>Total Fat</b> 0g	<b>0%</b>	<b>Total Carbohydrate</b> 2g	<b>1%</b>
		Saturated Fat 0g	<b>0%</b>	Dietary Fiber 0g	<b>0%</b>
		<i>Trans</i> Fat 0g		Total Sugars 0g	
		Polyunsaturated Fat 0g		Includes 0g Added Sugars	<b>0%</b>
		Monounsaturated Fat 0g		Sugar Alcohol 0g	
		<b>Cholesterol</b> 0mg	<b>0%</b>	<b>Protein</b> < 1g	<b>1%</b>
		<b>Sodium</b> 0mg	<b>0%</b>		
		Vitamin D 0mcg	0%	Calcium 0mg	0%
		Potassium 0mg	0%	Iron 0mg	0%

\*The % Daily Value (DV) tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice.

Figura 56: Ficha técnica de producto terminado (BPM)



Versión 1  
 Páginas 2  
 Emisión julio 2023

FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO TERMINADO BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA																																																	
Producto	Jarabe de Yacón 																																																
Marca	ML																																																
Fabricante	ML Productores S.A																																																
Descripción	Edulcorante líquido natural a partir de raíces de Yacón con preservantes de uso alimenticio.																																																
Cantidad	54 gramos																																																
Empaque	Gotero de Vidrio Amber con pipeta tapa negra de 50ml con etiqueta de papel.																																																
Ingredientes	Yacón, Ácido cítrico como aditivo alimenticio, Benzoato de Potasio como preservante, Sorbato de potasio como preservante.																																																
Registro Sanitario	DIGECRSA: B-0109																																																
Instrucciones de uso Información Nutricional	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Amount per serving</th> <th>% Daily Value</th> <th>Amount per serving</th> <th>% Daily Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total Fat 0g</td> <td>0%</td> <td>Total Carbohydrate 0g</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Saturated Fat 0g</td> <td>0%</td> <td>Dietary Fiber 0g</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Total Fat 0g</td> <td>0%</td> <td>Total Sugar 0g</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Trans Fat 0g</td> <td>0%</td> <td>Includes Diastolic Sugars</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Polysaturated Fat 0g</td> <td>0%</td> <td>Sugar Alcohol 0g</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Monounsaturated Fat 0g</td> <td>0%</td> <td>Protein 0g</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Cholesterol 0mg</td> <td>0%</td> <td>Sodium 0mg</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Calories 5</td> <td></td> <td>Vitamin D 0mg</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Calcium 0mg</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Iron 0mg</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Potassium 0mg</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ingredientes: Yacón, Ácido cítrico (regulador de acidez), Benzoato de sodio y Sorbato de potasio (preservantes)                      Modo de Almacenamiento: Mantener refrigerado después de abierto (4-6°C)</p> <p>Producto centroamericano hecho en Guatemala por: ML Productores, 10 Av. 11-05 zona 15, Vista Hermosa III. Registro sanitario B-0109.</p> <p>Modo de Almacenamiento: Mantener refrigerado después de abierto (4-6°C)</p>	Amount per serving	% Daily Value	Amount per serving	% Daily Value	Total Fat 0g	0%	Total Carbohydrate 0g	0%	Saturated Fat 0g	0%	Dietary Fiber 0g	0%	Total Fat 0g	0%	Total Sugar 0g	0%	Trans Fat 0g	0%	Includes Diastolic Sugars	0%	Polysaturated Fat 0g	0%	Sugar Alcohol 0g	0%	Monounsaturated Fat 0g	0%	Protein 0g	0%	Cholesterol 0mg	0%	Sodium 0mg	0%	Calories 5		Vitamin D 0mg	0%			Calcium 0mg	0%			Iron 0mg	0%			Potassium 0mg	0%
Amount per serving	% Daily Value	Amount per serving	% Daily Value																																														
Total Fat 0g	0%	Total Carbohydrate 0g	0%																																														
Saturated Fat 0g	0%	Dietary Fiber 0g	0%																																														
Total Fat 0g	0%	Total Sugar 0g	0%																																														
Trans Fat 0g	0%	Includes Diastolic Sugars	0%																																														
Polysaturated Fat 0g	0%	Sugar Alcohol 0g	0%																																														
Monounsaturated Fat 0g	0%	Protein 0g	0%																																														
Cholesterol 0mg	0%	Sodium 0mg	0%																																														
Calories 5		Vitamin D 0mg	0%																																														
		Calcium 0mg	0%																																														
		Iron 0mg	0%																																														
		Potassium 0mg	0%																																														
Características físicas																																																	
•Color	Ambar-Marrón Oscuro																																																
•Olor	Dulce, caramelo																																																
	Página 1																																																

ELABORADO  
Marie Andrée Lemen

REVISADO  
Ing. María José Ramos

APROBADO


Figura 57: Ficha técnica de producto terminado



Versión  
Páginas  
Emisión

1  
2  
julio 2023

FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO TERMINADO  
BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA

•Sabor	Caramelo
•Consistencia	Líquida
•pH	4.63
•Color-Café	Puro: Natural 5mL como tamaño de porción
Código de Barras	yacon-123  yacon-123
Vida útil	4 meses
Marcaje lote y fecha de vencimiento	Fecha de producción: 02/06/2023 Lote: 2 Vencimiento: 05/10/2023
Lugar de almacenamiento	Refrigerado
Normativa	Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA).
	página 2

ELABORADO  
Marie Andrée Lemen

REVISADO  
Ing. María José Ramos

APROBADO

Figura 58: Etiqueta final jarabe de yacón

AGREGA GOTAS A GOTAS PARA ENDULZAR TUS BEBIDAS!

Consumir antes de: 05/10/23

**JARABE DE YACÓN**

Endulzante natural líquido a base de jarabe de yacón

Peso neto 54g (50mL)

Amount/serving	% Daily Value*	Amount/serving	% Daily Value*
<b>Total Fat</b> 0g	0%	<b>Total Carbohydrate</b> 2g	1%
Saturated Fat 0g	0%	Dietary Fiber 0g	0%
Trans Fat 0g		Total Sugars 0g	
Polysaturated Fat 0g		Includes 0g Added Sugars	0%
Monounsaturated Fat 0g		Sugar Alcohol 0g	
<b>Cholesterol</b> 0mg	0%	<b>Protein</b> < 1g	1%
<b>Sodium</b> 0mg	0%		
Vitamin D 0mcg	0%	Calcium 0mg	0%
Potassium 0mg	0%	Iron 0mg	0%

**Nutrition Facts**

10 servings per container

Serving size 5 mL (54g)

Calories per serving **5**

Ingredientes: Yacón, Ácido cítrico (regulador de acidez), Benzoato de sodio y Sorbato de potasio (preservantes)  
 Modo de Almacenamiento: Mantener refrigerado después de abierto (4-6°C)

Producto centroamericano hecho en Guatemala por: ML Productores, 18 Av. 11-95 zona 15, Vista Hermosa III. Registro sanitario B-0109.

yacon-123

Figura 59: Producto empaquetado de jarabe de Yacón




Figura 60: Encuesta panel sensorial de jarabe de Yacón P.1

## Panel sensorial jarabe de Yacón

Estimado participante: gracias por participar en este panel sensorial del producto de jarabe de yacón para el desarrollo de trabajo de graduación,

Frente a usted hay un vaso con agua con jarabe de yacón, usted debe probarla y evaluar dependiendo de los atributos que se mencionen.

Marque del 1 al 9 según su percepción.

lem18304@uvg.edu.gt [Switch account](#) 

\* Indicates required question

Email \*

Record lem18304@uvg.edu.gt as the email to be included with my response

Genero \*

Femenino

Masculino

Seleccione su rango de edad: \*

18-20

21-30

30-40

40 o más

Figura 61: Encuesta panel sensorial de jarabe de Yacón P.2

¿Le gusta el sabor del producto? \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Muy Malo          Muy rico

¿Cómo describirías el aroma del producto? \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Sin aroma          Muy dulce

¿Qué tan dulce percibes el producto? \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Poco dulce          Muy dulce

¿Qué tan ácido percibes el producto?

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Poco ácido          Muy ácido

¿Qué color percibes en el producto? \*

Café

Ámbar

Otro: \_\_\_\_\_

Figura 62: Encuesta panel sensorial de jarabe de Yacón P.3

¿Qué color percibes en el producto? \*

Café

Ámbar

Otro: \_\_\_\_\_

¿Crees que el producto cumple con las expectativas de su categoría? \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9

No cumple          Si cumple con las expectativas

¿El producto tiene una apariencia atractiva? \*



1 2 3 4 5 6 7 8 9

Poco atractiva          Muy atractiva

Figura 63: Encuesta panel sensorial de jarabe de Yacón P.4

¿Tienes alguna sugerencia para mejorar el producto? \*

Your answer

Submit Clear form

Figura 64: Gráfica de pie panel sensorial de jarabe de Yacón (Género)

Género  
33 respuestas

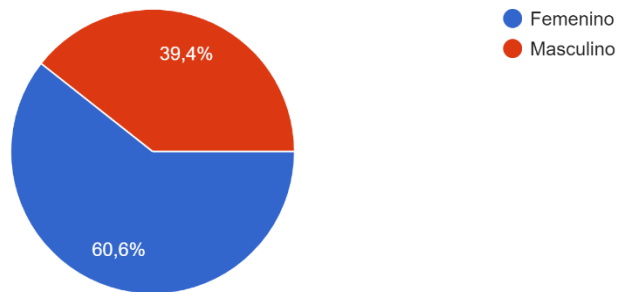


Figura 65: Gráfica de pie panel sensorial de jarabe de Yacón (Edad)

Seleccione su rango de edad:  
33 respuestas

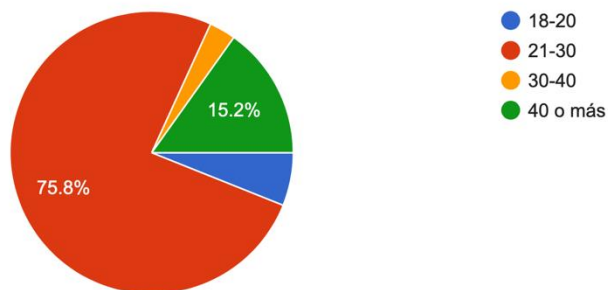


Figura 66: Gráfica de barras panel sensorial de jarabe de yacón (Sabor)

¿Le gusta el sabor del producto?

33 respuestas

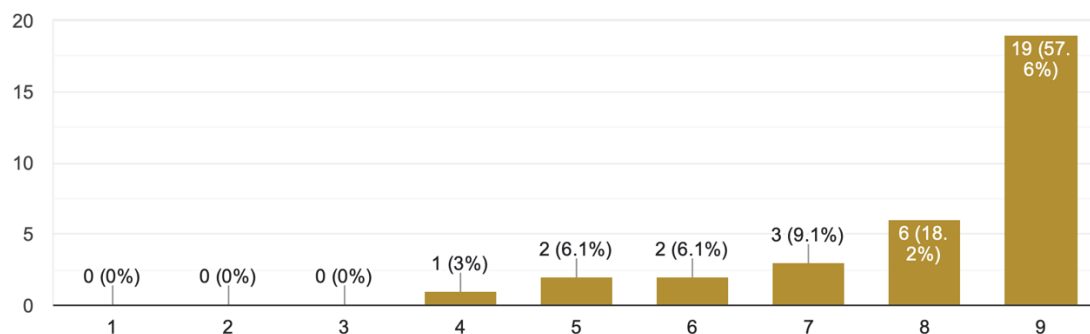


Figura 67: Gráfica de barras panel sensorial de jarabe de yacón (Aroma)

¿Cómo describirías el aroma del producto?

33 respuestas

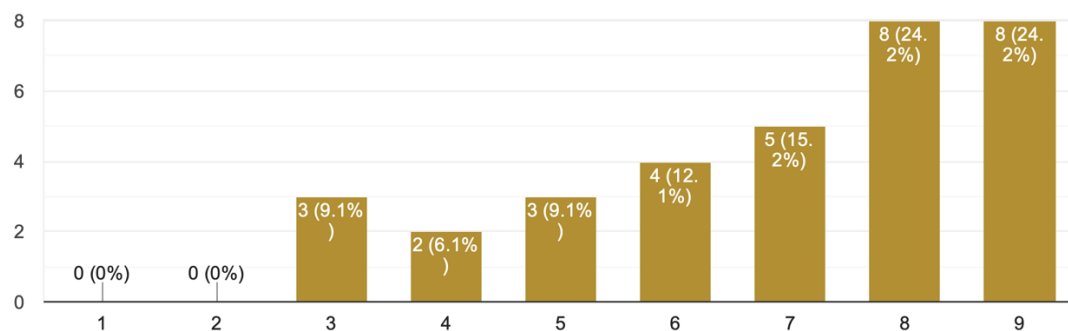


Figura 68: Gráfica de barras panel sensorial de jarabe de Yacón (Dulzor)

¿Qué tan dulce percibes el producto?

33 respuestas

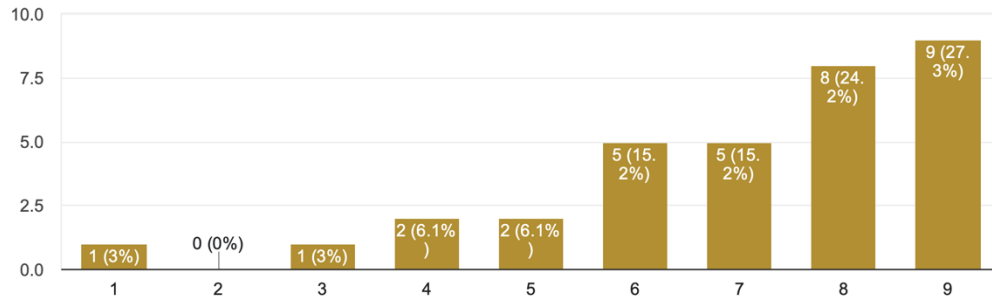


Figura 69: Gráfica de barras panel sensorial de jarabe de Yacón (Acidez)

¿Qué tan ácido percibes el producto?

32 respuestas

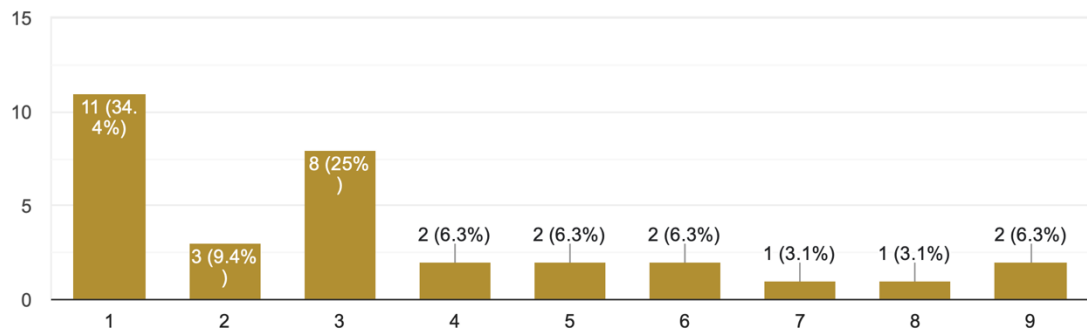


Figura 70: Cuadro de pie panel sensorial de jarabe de Yacón (Color)

¿Qué color percibes en el producto?

33 respuestas

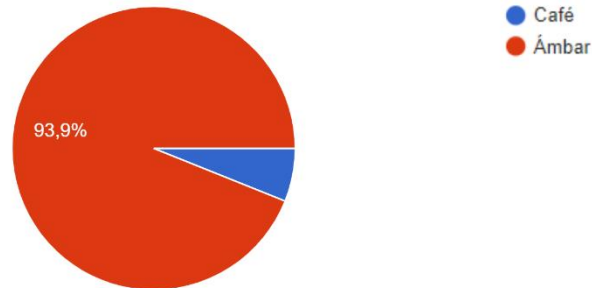


Figura 71: Gráfica de barras panel sensorial de jarabe de Yacón (Expectativa)

¿Crees que el producto cumple con las expectativas de su categoría?

33 respuestas

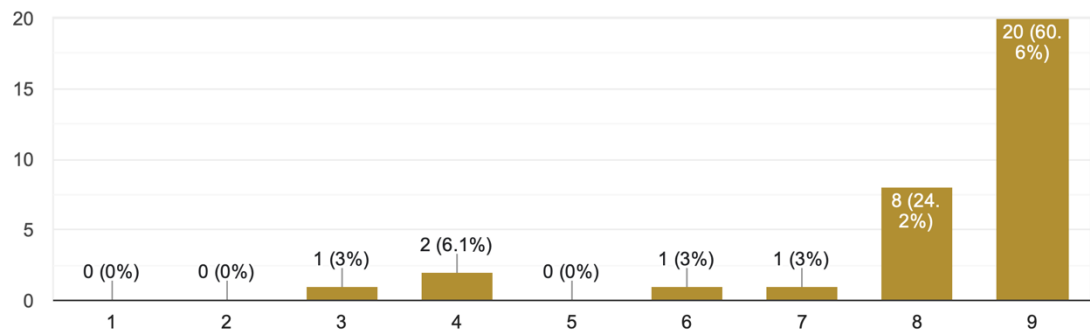


Figura 72: Gráfica de barras panel sensorial de jarabe de yacón (Apariencia)

¿El producto tiene una apariencia atractiva?

33 respuestas

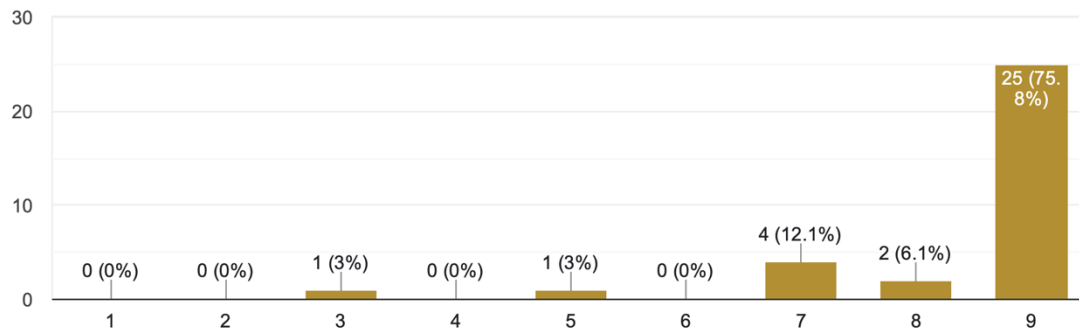


Figura 73: RTCA Nivel Máximo de Benzoato de jarabe de yacón

<b>BENZOATOS</b>			
Acido benzoico	INS 210	Benzoato de sodio	INS 211
Benzoato de potasio	INS 212	Benzoato de calcio	INS 213
<b>Función:</b> Sustancias conservadoras			
No categoría de alimentos	Categoría de alimentos	Nivel máximo	Observaciones
11.6	Edulcorantes de mesa, incluidos los que contienen edulcorantes de gran intensidad	2000 mg/kg	Nota 13

Figura 74: RTCA Nivel Máximo de Sorbato de potasio en jarabe de yacón

<b>SORBATOS</b>			
Acido sórbico	INS 200i	Sorbato de sodio	INS 201
Sorbato de potasio	INS 202	Sorbato de calcio	INS 203
<b>Función:</b> Antioxidante, sustancia conservadora, estabilizador			
No categoría de alimentos	Categoría de alimentos	Nivel máximo	Observaciones
11.4	Otros azúcares y jarabes ( p ej., xilosa, jarabe de arce y revestimientos de azúcar)	1000 mg/kg	Nota 42

### XIII. GLOSARIO

Agar: Sustancia que se usa para medio de cultivo en el que pueda crecer una bacteria o un microorganismo; además de ser un componente aséptico y se puede solidificar; siendo este un polisacárido.

BPM: Buenas Prácticas de Manufactura.

Bx: Grados Brix.

FDA: Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos.

FOS: Fructooligosacáridos son azúcares que se despolimerizan en azúcares simples a temperaturas mayores de 120 °C.

HPLC: Abreviación de High performance liquid chromatography, es una técnica analítica utilizada para separar, identificar y cuantificar los componentes de una mezcla.

Mesh: Medida de la cantidad de aberturas por pulgada lineal en una pantalla o tamiz. Se utiliza para medir el tamaño de las partículas en una muestra.

MRS: Diminutivo de Man Rogosa y Sharpe, es un agar creado en 1960 para recuento de bacterias ácido-lácticas.

PDA: Diminutivo de Potato Dextrose Agar, es un medio de cultivo utilizado para hongos y levaduras. Compuesto de infusiones de papa junto a la dextrosa.

RTCA: Reglamento Técnico Centroamericano.

UFC: Unidades formadoras de colonias.

Yacón: Tubérculo endulzante de tipo natural, de color café.