

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas**

Análisis de factibilidad de la producción de una bebida *Hard Seltzer* de mango y estudio de su actividad antioxidante por medio del método FRAP.

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Químico**

Presentado por:

Alejandro Antonio León Castillo

Iveth Carolina Sánchez Mera

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2022

## DEDICATORIA

El presente estudio se lo dedico a mi familia, por su esfuerzo, amor y apoyo inigualable que me han brindado para que hoy esté alcanzando mi título profesional, por aquellas apropiadas palabras de motivación que me han brindado para no decaer durante el duro camino universitario de un joven foráneo. A mi querida amiga Stefy por ser una guerrera incansable, digna de admirar.

A cada uno de mis grandes amigos que hice a lo largo de mi vida universitaria, aquellos que me regalaron momentos de alegrías y que han estado al pie del cañón en tiempos duros.

Finalmente, al Dr. Erdulfo Ortiz por haberme aconsejado que siga esta maravillosa carrera, sin sus guías académicas esto no sería posible.

***Alejandro Antonio León Castillo***

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi mamá Sonia Mera y a mi papá Juan Sánchez por el apoyo incondicional a lo largo de la carrera, gracias al amor de ellos, ánimos brindados, la enseñanza de superación, humildad y sacrificio que me impartieron desde muy pequeña todo esto fue posible, finalmente dedico este logro a cada uno de mis hermanos por confiar siempre en mí y estar conmigo en todo momento y adversidad.

***Iveth Carolina Sánchez Mera***

## AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento infinito es primero a Dios, por haberme dado la fortaleza necesaria en aquellas noches de desvelo y sacrificio para poder lograr esta meta tan anhelada, a mi familia por ser incondicionales en mi vida con amor y apoyo constante impulsándome cada día durante mi carrera universitaria. A mis queridos amigos, Stephanie, Ronaldo y Homero por haberme brindado su ayuda en cada una de mis dificultades como estudiante, a mi amada Irene por ser mi pilar fundamental en estos últimos años.

Finalmente, a mi tutor PhD. Joel Vielma por su paciencia y apoyo incondicional para el correcto desarrollo de este estudio, al PhD Joan Vera por siempre haber estado dispuesto a ayudarme haciendo de esta una etapa enriquecedora, al Ing. Miguel Ferruzola por haberme ayudado a buscar una solución excepcional a los problemas agrícolas existentes en Ecuador y a la MSc. Nadia Flores por sus acertadas correcciones durante este proyecto.

***Alejandro Antonio León Castillo***

## **AGRADECIMIENTOS**

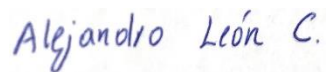
Mi más sincero agradecimiento para a Dios, quien me guió en mi camino a lo largo del recorrido de mi vida universitaria, dándome enfoque y sabiduría para poder terminar mis estudios de esta manera tan maravillosa, mil gracias a toda mi familia, en especial a mis padres por formar la persona que soy actualmente y por nunca dejarme sola, siempre apoyarme en todos los aspectos y decisiones que tomé, agradezco a mis amigos más cercanos que siempre estuvieron ahí para mí.

Finalmente quiero también expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Joel Vielma, por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de esta tesis como tutor designado y a MSc. Nadia Flores quien nos brindó su conocimiento y paciencia a lo largo de toda la materia integradora.

***Iveth Carolina Sánchez Mera***

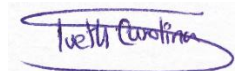
## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Alejandro Antonio León Castillo e Iveth Carolina Sánchez Mera damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



---

Alejandro Antonio  
León Castillo



---

Iveth Carolina  
Sánchez Mera

# EVALUADORES

.....  
**MSc. Nadia Flores Manrique**

PROFESOR DE LA MATERIA

.....  
**PhD. Joel Vielma Puente**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

En los sectores agrícolas de Ecuador donde se cultiva mango se genera un alto porcentaje de frutas rechazadas. Este proyecto tiene como finalidad determinar la factibilidad de producción a microescala de la bebida *Hard Seltzer* de mango mediante un diseño de planta para revalorizar los desechos de esta fruta.

El trabajo de estudio fue desarrollado en 4 etapas: elaboración de la bebida a partir de una fermentación anaeróbica controlada usando microorganismos fermentadores, evaluación de la calidad del producto final por medio de los requisitos establecidos por la NTE INEN 2262, determinación de la actividad antioxidante mediante el método de FRAP y fenoles presentes usando el reactivo de Follin-Ciaocalteu, diseño de una planta a microescala para la producción de la bebida *Hard Seltzer*.

Se pudo constatar que la fermentación fue efectiva dado que hubo una reducción de la densidad en el mosto final, obteniendo la bebida *Hard Seltzer* de mango con un pH de 2,927, acidez de 0,5073% (m/m), contenido de alcohol de 3,867% (v/v), 0,69 y 0,39 mg/L de hierro y zinc respectivamente, actividad antioxidante de 3,964  $\mu\text{g/mL}$  y una cantidad de fenoles de 1,558 mg/mL.

Para el diseño de planta a microescala se realizó un diagrama de flujo de proceso, el que permitió efectuar un análisis económico para demostrar la factibilidad de producción de la bebida, con indicadores de rentabilidad como: el Valor actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) de \$188785,96 y 99,043% respectivamente, recuperando el costo de inversión alrededor de 2 años y medio.

**Palabras Clave:** *Hard Seltzer*, mosto, microorganismos fermentadores, actividad antioxidante, fenoles.



## **ABSTRACT**

*In the agricultural sectors of Ecuador where mango is cultivated, a high percentage of rejected fruit is generated. This project aims to determine the feasibility of micro-scale production of Hard Seltzer mango beverage through a plant design to revalue mango waste.*

*The study work was developed in 4 stages: elaboration of the beverage from a controlled anaerobic fermentation using fermenting microorganisms, evaluation of the quality of the final product using the requirements established by NTE INEN 2262, determination of the antioxidant activity of the beverage by the FRAP method and phenols present using the Follin-Ciaocalteu reagent, design of a micro-scale plant for the production of the Hard Seltzer beverage.*

*It was found that the fermentation was effective since there was a reduction in the density of the final must, obtaining the Hard Seltzer mango beverage with a pH of 2.927, the acidity of 0.5073% (m/m), the alcohol content of 3.867% (v/v), 0,69 and 0,39 mg/L of iron and zinc mg/L respectively, the antioxidant activity of 3.964  $\mu\text{g}/\text{mL}$  and a number of phenols of 1.558 mg/mL.*

*For the design of the micro-scale plant, a process flow diagram was drawn up, which allowed for an economic analysis to demonstrate the feasibility of producing the beverage, with profitability indicators such as the Net Present Value (NPV) and the Internal Rate of Return (IRR) of \$188785,96 and 99,043% respectively, recovering the investment cost in about 2 and a half years.*

**Keywords:** *Hard Seltzer, must, fermenting microorganisms, antioxidant activity, phenols.*

# ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	2
RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
CAPÍTULO 1 .....	1
1.    Introducción .....	1
1.1    Descripción del problema .....	1
1.2    Justificación del problema.....	1
1.3    Objetivos.....	2
1.3.1    Objetivo General .....	2
1.3.2    Objetivos Específicos .....	2
1.4    Marco teórico .....	3
1.4.1    Bebidas alcohólicas proveniente de frutas .....	3
1.4.2 <i>Hard Seltzer</i> .....	3
1.4.3    Evolución de consumo y demanda de la bebida <i>Hard Seltzer</i> .....	4
1.4.4    Proceso estandarizado para la elaboración de la <i>Hard Seltzer</i> .....	5
1.4.5    Producción de mango en Ecuador .....	8
1.4.6    Variedades de mangos .....	9
1.4.7    Mango Tommy Atkins.....	10
CAPÍTULO 2 .....	12
2.    Metodología .....	12

2.1	Diseño Experimental.....	12
2.2	Materiales, equipos y métodos para la obtención de la bebida <i>Hard Seltzer</i> .....	12
2.2.1	Materiales.....	12
2.2.2	Equipos .....	13
2.2.3	Procedimiento para obtención de <i>Hard Seltzer</i> .....	14
2.2.4	Métodos de Análisis fisicoquímicos.....	17
CAPÍTULO 3.....		32
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	32
3.1	Resultados y análisis de la producción de la bebida <i>Hard Seltzer</i> de mango	32
3.1.1	Etapa de carbonatación .....	32
3.2	Resultados y análisis de la determinación de alcohol de la bebida <i>Hard Seltzer</i>	33
3.3	Resultados y análisis de la determinación de acidez aplicando el método por titulación con hidróxido de sodio.....	33
3.4	Resultados y análisis de la determinación de pH .....	35
3.5	Resultados y análisis de la determinación de hierro y zinc.....	36
3.6	Resultados y análisis de la determinación de actividad antioxidante por el método de FRAP .....	36
3.7	Resultados y análisis de la determinación de fenoles .....	38
3.8	Diagrama de Flujo de proceso.....	41
3.8.1	Descripción del proceso .....	41
3.9	Análisis económico .....	44
3.9.1	Coste unitario de producción.....	44
3.9.2	Rentabilidad de la micro planta <i>Hard Seltzer</i> .....	45
CAPÍTULO 4.....		47
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	47

4.1	Conclusiones .....	47
4.2	Recomendaciones .....	48
	BIBLIOGRAFÍA.....	50
	APÉNDICE.....	53
	ANEXOS .....	57

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FCNM	Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas
LAQUINS	Laboratorio de Análisis Químico Instrumental
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
FDA	Food and Drug Administration (Administración de Alimentos y Medicamentos)
TTB	Tax and Trade Bureau (Oficina de Impuestos y Comercio)
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
G.L.	Gay-Lus-Sac
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power (Poder Antioxidante Reductor Férrico)
UND	Unidad
TMAR	Tasa mínima aceptable de rendimiento
TIR	Tasa interna de retorno
VAN	Valor actual neto
VA	Valor anual

## SIMBOLOGÍA

ha	Hectáreas
t	Tonelada
pH	Potencial de hidrógeno
L	Litros
mL	Mililitros
g	Gramos
Kg	Kilogramos
lb	Libras
h	Hora
min	Minutos
H	Hidrógeno
rpm	Revoluciones por minuto
°C	Celsius
μL	Microlitros
m/v	Masa/volumen
v/v	Volumen/volumen
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
NaOH	Hidróxido de sodio
HCl	Ácido clorhídrico
FeCl <sub>3</sub>	Cloruro férrico
C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub>	Ácido ascórbico
TPTZ	2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazina
\$	Dólar estadounidense (USD)

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Evolución y demanda de <i>Hard Seltzer</i> (Serra Cuenca, 2021) .....	5
Figura 1.2 Diagrama de flujo de proceso de la elaboración de <i>Hard Seltzer</i> .....	7
Figura 1.3 Número de lotes producidos en la provincia del Guayas (Fundación de Mango, 2018) .....	10
Figura 1.4 Mango Tommy Atkins (Álvarez Ochoa & Lino Campozano, 2022) .....	11
Figura 2.1 Pulpa de mango .....	14
Figura 2.2 Concentrado de la pulpa de mango .....	14
Figura 2.3 Sistema de fermentación controlado .....	15
Figura 2.4 Filtración del fermento .....	15
Figura 2.5 Mezcla del concentrado de mango y el fermento .....	16
Figura 2.6 Filtro de platos (More Beer) .....	16
Figura 2.7 Carbonatación del producto final .....	16
Figura 2.8 Embotellado del producto final .....	17
Figura 2.9 Análisis realizados a la bebida <i>Hard Seltzer</i> .....	17
Figura 2.10 Sistema de destilación simple .....	18
Figura 2.11 Determinación de acidez por titulación potenciométrica .....	19
Figura 2.12 Determinación potenciométrica de pH .....	20
Figura 2.13 Determinación de fenoles usando el reactivo de Folin-Ciocalteu .....	25
Figura 2.14 Diagrama de bloques del proceso de <i>Hard Seltzer</i> .....	26
Figura 2.16 Lavadora de frutas (Alibaba, 2022) .....	27
Figura 2.17 Despulpadora de mango (Alibaba, 2022) .....	27
Figura 2.18 Marmita (Alibaba, 2022) .....	27
Figura 2.19 Macerador (Alibaba, 2022) .....	28
Figura 2.20 Filtrador de placas (Alibaba, 2022) .....	28
Figura 2.21 Sistema de enfriamiento (Alibaba, 2022) .....	29
Figura 2.22 Fermentador, tanque de oxígeno, regulador y piedra difusora de oxígeno (Alibaba, 2022) .....	29
Figura 2.23 Tanque de almacenamiento (Alibaba, 2022) .....	29
Figura 2.24 Sistema de Carbonatación (Alibaba, 2022) .....	30
Figura 2.25 Sistema de embotellado (Alibaba, 2022) .....	30

Figura 2.26 Bomba centrífuga sanitaria (Alibaba, 2022) .....	30
Figura 2.27 Etiquetadora de botellas (Alibaba 2022) .....	31
Figura 3.1 Curva estándar de ácido ascórbico.....	37
Figura 3.2 Curva estándar de ácido gálico .....	39
Figura 3.3 Diagrama de flujo de proceso de producción de <i>Hard Seltzer</i> .....	42
Figura 3.4 VAN vs TIR .....	46



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Requisitos Físicos y Químicos establecidos por la NTE INEN 2262.....	8
Tabla 1.2 Superficie, producción y ventas de mango por provincia.....	9
Tabla 2.1 Materiales y reactivos para la elaboración de <i>Hard Seltzer</i> .....	12
Tabla 2.2 Equipos para la elaboración de <i>Hard Seltzer</i> .....	13
Tabla 2.3 Preparación de la curva patrón de ácido ascórbico a partir de una disolución concentrada de 1000 mg/L .....	23
Tabla 2.4 Condiciones de la curva patrón de ácido ascórbico.....	23
Tabla 2.5 Preparación de la curva patrón de ácido gálico a partir de una disolución concentrada de 100 mg/L (García Martínez et al., 2014).....	24
Tabla 2.6 Condiciones de la curva patrón de ácido gálico.....	24
Tabla 3.1 Volúmenes de dióxido de carbono en el producto final.....	32
Tabla 3.2 Cantidad de destilado, índice refractómetro, promedio y desviación estándar de los 3 experimentos realizados.....	33
Tabla 3.3 Cantidad consumida de hidróxido de sodio en la titulación.....	33
Tabla 3.4 Datos obtenidos mediante el método picnométrico .....	34
Tabla 3.5 Gravedad específica de la bebida <i>Hard Seltzer</i> a 20°C.....	34
Tabla 3.6 Acidez total, promedio y desviación estándar de las 3 muestras utilizadas.....	35
Tabla 3.7 pH de muestras de la bebida <i>Hard Seltzer</i> .....	35
Tabla 3.8 pH de la bebida <i>Hard Seltzer</i> .....	36
Tabla 3.9 Datos de la curva estándar de ácido ascórbico .....	36
Tabla 3.10 Concentración de ácido ascórbico en muestras de <i>Hard Seltzer</i> .....	38
Tabla 3.11 Datos de la curva estándar de ácido gálico .....	39
Tabla 3.12 Concentración de fenoles en muestras de <i>Hard Seltzer</i> .....	40
Tabla 3.13 Nomenclatura de equipos .....	43
Tabla 3.14 Inversión inicial, ingresos anuales, costos anuales, proyección en años y porcentaje de inversión (TMAR) .....	45

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción del problema

Muchos países de Latinoamérica son exportadores de una gran variedad de frutas, a pesar de esto existe un alto porcentaje de producción al cual no se le da ningún uso, lo que provoca problemas ambientales.

Ecuador es un país productor de frutas de excelente calidad, por ejemplo; en el cantón Santa Lucía de la provincia del Guayas se producen grandes cantidades de mango, cuya fruta contiene múltiples vitaminas y un alto poder antioxidante (Wall-Medrano et al., 2014). Sin embargo, un gran porcentaje de su producción no es utilizada, como muestra de esto en sectores aledaños del cantón Santa Lucía, se halla el cantón Palestina en donde el 20% de la producción es rechazada debido a daños mecánicos, tamaño y manchas en la fruta (Rodríguez Magallanes, 2015). El mango se acumula de forma masiva generando desechos que contaminan el medio ambiente, esto a su vez tiene implicaciones económicas ya que se incrementan los costos de producción de esta fruta.

Otro aspecto por considerar es la incidencia que tienen los productos que generan radicales libres, en el padecimiento de cáncer y otras enfermedades no transmisibles como cardiovasculares, respiratorias, renales, trastornos metabólicos, problemas de salud mental, entre otros. (Prevedello & Comachio, 2021)

### 1.2 Justificación del problema

Cada año en sectores agrícolas productores de mango existe un gran porcentaje de fruta no aprovechada, lo que ocasiona un aumento masivo de desechos de esta, que a su vez genera contaminación ambiental, es por esto por lo que se prioriza conocer las razones principales por las cuales esta fruta con alto potencial no es utilizada, mediante una previa investigación se acogerá soluciones que generen un cambio positivo en estas zonas del país.

Se realizará un análisis de factibilidad de producción a microescala de una bebida llamada *Hard Seltzer* de mango mediante un diseño de planta y un posterior

estudio de su actividad antioxidante para verificar su alto potencial en la eliminación de radicales libres presentes en el ser humano, los cuales son los responsables de estrés oxidativo.

Por otra parte, una de las proyecciones que tiene el presente estudio es la generación de empleo en el cantón Santa Lucía, incentivando de esta forma a la comunidad agrícola a innovar con los desechos generados por una gran variedad de frutas que se producen en el país. Como consecuencia se reducirá la cantidad de desechos generados en zonas productoras creando un impacto ambiental positivo ya que reducirá las afecciones colaterales provocadas.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar la factibilidad de producción a microescala de una bebida *Hard Seltzer* de mango mediante la experimentación y el diseño de planta para la revalorización de los desechos de esta fruta.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Desarrollar el proceso de producción de una bebida *Hard Seltzer* de mango a microescala a través de una fermentación controlada, evaluando la calidad de esta por medio de los requisitos establecidos por la NTE INEN 2262.
2. Determinar la actividad antioxidante que posee la bebida *Hard Seltzer* por medio del método de FRAP.
3. Diseñar una planta a microescala para la producción de una bebida *Hard Seltzer* a partir de la fruta rechazada.

## 1.4 Marco teórico

### 1.4.1 Bebidas alcohólicas proveniente de frutas

Para aprovechar las frutas primero se las somete a un proceso de fermentación para luego destilarlas diferencialmente y de forma fraccionada, con esto se obtiene una bebida de alto valor agregado, en comparación con las frutas comerciales, se incrementa mucho su uso y siendo más rentable que comercializar la fruta no procesada.

Una de las ventajas de las bebidas alcohólicas destiladas es que tienen una vida útil prolongada para el consumo, lo que ayuda a que el producto perdure en el tiempo sin problemas de caducidad. Siendo aún más aceptado el alcohol añejo en la medida de sus características organolépticas por parte de los consumidores, el cual es uno de los objetivos a alcanzar en este estudio, con las características de calidad y sostenibilidad en términos de economía, sociedad y medio ambiente. Las bebidas alcohólicas son obtenidas con base en fermentos de las siguientes frutas: *Syzygium jambos* (pomarrosas), *Musa acuminata* × *M. balbisiana* (limeños), *Artocarpus altilis* (fruti pan), *Citrus sinensis* (naranja), *Averrhoa carambola* (fruta china), *Theobroma cacao* (cacao), *Nephelium lappaceum* (achotillo), *Carica papaya* (papaya), *Citrus reticulata* (mandarina) y *Musa sp.* (Almendra), siendo propias para la elaboración de vinos blancos, semidulces, secos y dulces, llevándolos hacia el proceso de destilación con sus condiciones de operaciones correspondientes a temperatura y presión adecuada, de tal manera que se obtenga un destilado concentrado, sometiéndolo a un proceso de dilución para la obtención de 45 grados Gay Lussac o grados de alcohol como máximo. Obteniendo una bebida alcohólica agradable y de buen sabor para el paladar del consumidor cumpliendo con las normas de calidad INEN. (Gordillo Vinueza et al., 2022)

### 1.4.2 *Hard Seltzer*

*Hard Seltzer* es una bebida alcohólica alternativa, refrescante, la cual es una mezcla de agua carbonatada con porcentajes de alcohol que por lo general van entre 3,5% hasta 5% con adiciones de saborizantes o fruta natural, son una opción baja en calorías, sin gluten y sin conservantes artificiales. Esta bebida es popular

no solo en los Estados Unidos y Europa, sino también en América Latina. *Hard Seltzer* empezó a tener importancia en el mercado desde el año 2016 mediante la marca White Claw, desde entonces la cantidad de marcas ha crecido continuamente. (Colby, 2020)

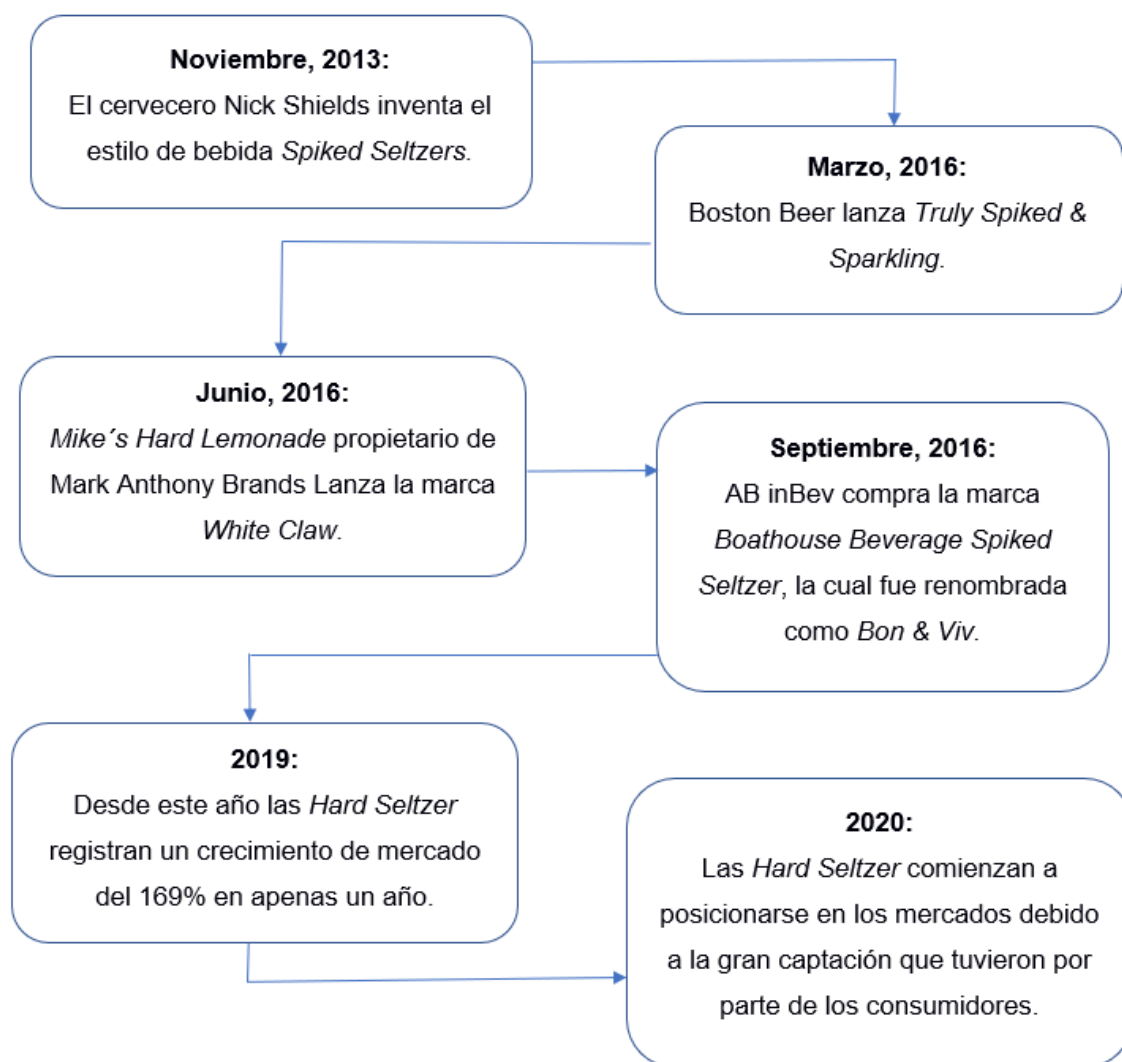
La cantidad de sabores asociados en la elaboración de esta bebida son muchos, estos pueden ser naturales o artificiales, se pueden encontrar en forma líquida o en polvo, rigiéndose a las normas pertinentes por la FDA (Food and Drug Administration) y TTB (Tax and Trade Bureau). Este tipo de bebidas pueden llegar a ser cítricas provenientes del limón, maracuyá o dulces como la cereza, mango, entre otros, aportando acidez o dulzor, los cuales serán equilibrados para la obtención del producto final. (Colby, 2020)

La mayoría de las cervecerías se encuentran elaborando *Hard Seltzer* en donde la tecnología aplicada en el proceso de elaboración de esta bebida es similar a la de la cerveza. Sin embargo, las configuraciones en cada cervecería son distintas siendo estas automatizadas haciendo que el proceso sea más eficaz y con menos esfuerzo físico. (Colby, 2020)

### **1.4.3 Evolución de consumo y demanda de la bebida *Hard Seltzer***

Dentro del mercado de bebidas refrescantes existen un sin número de marcas y productos que tratan de adaptarse a las nuevas tendencias de consumo.

*Hard Seltzer* es una bebida que empezó a ser reconocida en el año 2016 en Estados Unidos, no obstante, el cervecero Nick Shields elaboró el primer lote en la ciudad de Westport del estado de Connecticut en noviembre del 2013, desde entonces la evolución de la bebida se ha dado como se aprecia en la figura 1.1. (Serra Cuenca, 2021)



**Figura 1.1 Evolución y demanda de *Hard Seltzer* (Serra Cuenca, 2021)**

#### **1.4.4 Proceso estandarizado para la elaboración de la *Hard Seltzer***

El proceso estandarizado para la elaboración de *Hard Seltzer* se detalla a continuación:

##### **Recepción**

El primer paso es pesar la cantidad de mango fresco que ingresa al proceso para la elaboración de la bebida *Hard Seltzer*. En esta sección se usa materiales y equipos apropiados como balanzas calibradas y limpias.

### **Lavado y selección**

Esta actividad juega un papel importante porque de la calidad del producto final depende el desempeño de este proyecto; utilizar frutas adecuadas (limpias, sanas, de aromas penetrantes y agradables).

### **Extracción de la pulpa**

Luego de la recepción y el lavado de la fruta, se requiere obtener la pulpa del mango, separando la cáscara y la semilla de esta, para su posterior uso en las siguientes operaciones.

### **Concentración de la pulpa**

Se prepara la pulpa de la fruta para que adquiera mayor concentración de sabores y aromas.

### **Fermentación**

En la fermentación, la dextrosa actúa junto con la levadura y da como resultado alcohol y gas carbónico. La levadura es la encargada de iniciar el proceso fermentativo.

### **Filtración**

Se traspasa el fermento por un material poroso en el cual quedan los residuos no deseados, obteniendo un fermentado con menor turbidez requerido para el proceso. Se usan equipos como filtros de tierra, esterilizantes amicrobicos actuales, floculantes y coagulantes para la retención de partículas en suspensión, brindando un mejor aspecto visual a la bebida.

### **Mezclado**

En esta sección se mezclará el fermento con el concentrado de la pulpa de mango.

### **Carbonatación**

Es una mezcla en la cual se disuelve el gas (CO<sub>2</sub>) en la bebida realizada, teniendo en cuenta los factores importantes en esta operación, que son la presión y la temperatura respecto a que producto final se requiere obtener.

### **Embotellado**

Una vez obtenido el producto final se lo procede a embotellar en su respectivo envase, sellándolo herméticamente para su conservación y posterior consumo.

### **Etiquetado**

Finalmente se etiqueta cada botella de producto.

A continuación, en la figura 1.2, se muestra un diagrama del proceso para la obtención de la bebida *Hard Seltzer*.

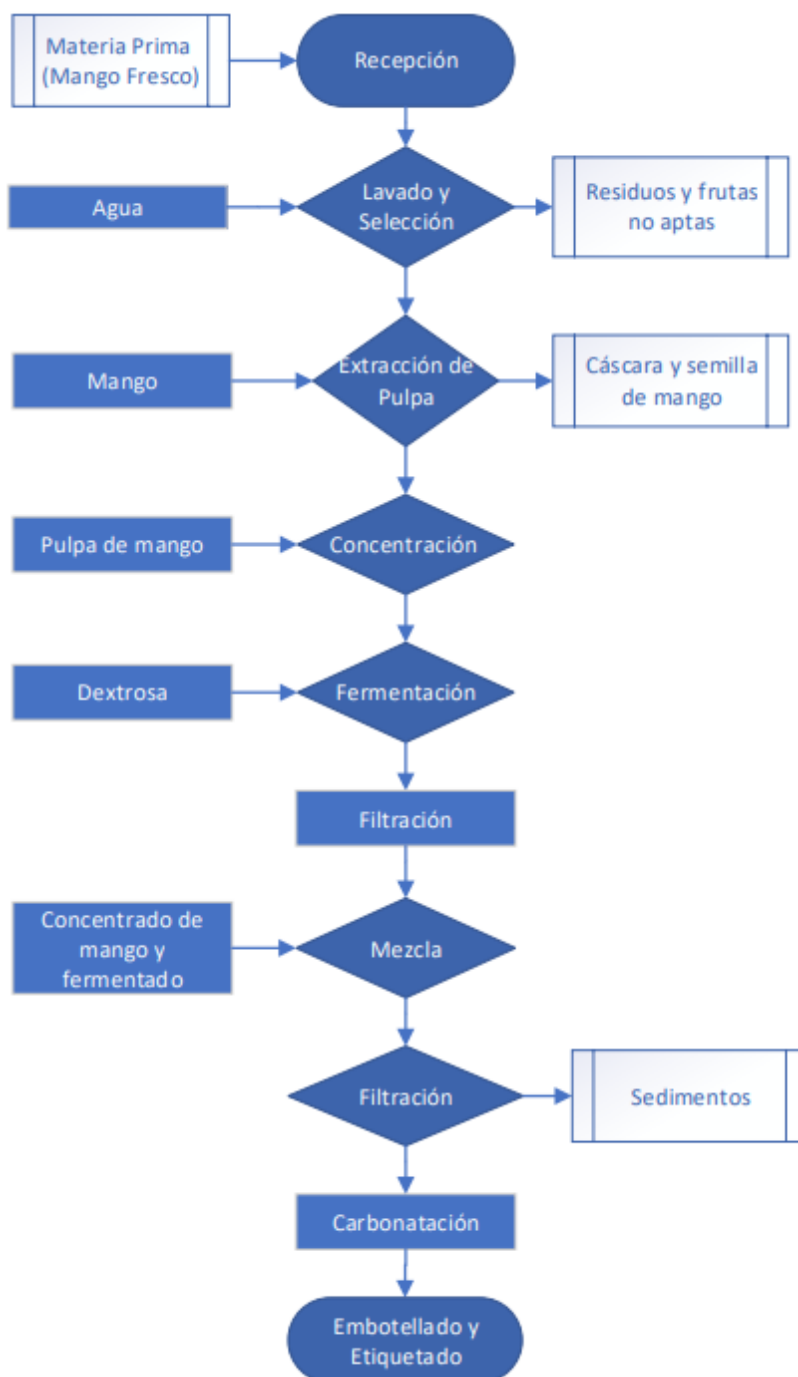


Figura 1.2 Diagrama de flujo de proceso de la elaboración de *Hard Seltzer*



El producto final debe cumplir ciertas normas de calidad como: color, olor, sabor característico de las materias primas que sean utilizadas y los requisitos físicos y químicos, establecidos por la NTE INEN 2262, la cual abarca contenido para bebidas alcohólicas, cerveza y sus requisitos.

Para la obtención de la bebida de *Hard Seltzer* debe considerarse algunos requisitos importantes;

#### **Requisitos organolépticos**

La *Hard Seltzer* debe tener un sabor, color y olor característico según la fruta utilizada en el proceso.

#### **Requisitos fisicoquímicos**

La bebida *Hard Seltzer* debe cumplir con los requisitos fisicoquímicos que se detallan en la tabla 1.1. (NTE INEN 2262, 2013)

**Tabla 1.1 Requisitos Físicos y Químicos establecidos por la NTE INEN 2262**

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Contenido alcohólico a 20°C	%(v/v)	1,0	10,0	NTE INEN 2322
Acidez total, expresado como ácido láctico	%(m/m)	-	0,3	NTE INEN 2323
Carbonatación	Volúmenes de CO <sub>2</sub>	2,2	3,5	NTE INEN 2324
pH	-	3,5	4,8	NTE INEN 2325
Contenido de hierro	mg/L	-	0,2	NTE INEN 2326
Contenido de cobre	mg/L	-	1,0	NTE INEN 2327
Contenido de zinc	mg/L	-	1,0	NTE INEN 2328
Contenido de arsénico	mg/L	-	0,1	NTE INEN 2329
Contenido de plomo	mg/L	-	0,1	NTE INEN 2330

#### **1.4.5 Producción de mango en Ecuador**

La producción de mango en Ecuador se ha dado hace decenas de años como una fruta muy solicitada en el mundo; con un tono particularmente amarillo, sabor inigualable y dulzor único, se dice que esta fruta tropical es originaria de la India cultivándose hace 2000 años antes de Cristo. La temporada de producción de mango se da desde octubre hasta enero de cada año.

Para el año 2016 la información agropecuaria en Ecuador indicó que existían 18000 hectáreas dedicadas al cultivo, generando una producción estimada de

82246 toneladas de mango específicamente en la región del litoral. Los datos que se reportan señalan una superficie cosechada dentro del año 2014, de 20000 ha con su respectiva producción de 170109 t.

Según la **Fundación Mango Ecuador** esta fruta con su cultivo cubre un área aproximada de 7700 ha, en las cuales priorizan las variedades exportables correspondiente en su mayoría a la provincia del Guayas. En la siguiente tabla 1.2 se puede observar el desglose de áreas, producción y de ventas de mango clasificadas por provincias según datos proporcionados por el INEC en el 2015 según la encuesta de superficie y producción agropecuaria. (Guerrero G., 2018)

**Tabla 1.2 Superficie, producción y ventas de mango por provincia**

<b>Provincia</b>	<b>Tipo</b>	<b>Superficie (Has.)</b>		<b>PRODUCCIÓN (Tm.)</b>	<b>VENTAS (Tm.)</b>
		Plantada	Cosechada		
Azuay	Solo	17			
	Asociado	19	19	69	63
Carchi	Solo	19			
Imbabura	Solo	65	5	59	59
El Oro	Solo	100	100	812	2
	Asociado	4			
Guayas	Solo	20375	16737	80834	78261
Los Ríos	Solo	104			
Manabí	Solo	145	48	154	143
	Asociado	35	35	317	272
<b>Total</b>		<b>20882</b>	<b>16944</b>	<b>82246</b>	<b>78779</b>

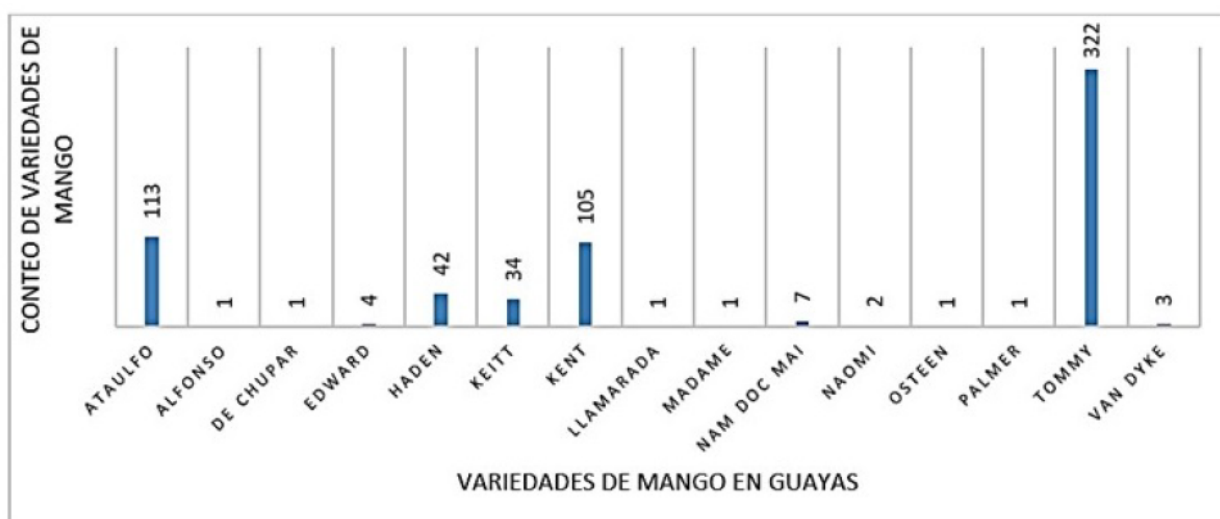
La tasa de crecimiento desde el año 1985 hasta el 2014 de la producción de mango en Ecuador fue del -2,71%, lo cual indica que paulatinamente fue disminuyendo, siendo así motivo de estudio para un posterior análisis exhaustivo de las causas de este. A pesar de esta reducción el país sigue siendo un importante exportador de mango en América del Sur.

#### 1.4.6 Variedades de mangos

El mango es proveniente de la planta llamada *Mangifera indica*, la cual es resistente a sequías. En la actualidad en Ecuador se producen ciertas variedades de mango ansiadas por los mercados internacionales, como principales se tienen:

Tommy Atkins, Haden, Kent y Keitt con propiedades nutricionales competitivas. Con respecto a otras frutas tropicales, el mango se diferencia por el contenido de vitamina A, B, ácido ascórbico, minerales y el poder antioxidante que posee. (Banchón Franco & Palma Benavides, 2018)

Según la figura 1.3, el tipo de mango que se cultiva en mayor cantidad en la provincia del Guayas es el Tommy Atkins, seguido de las variedades Ataulfo, Kent, Haden, Keitt, Nan Doc Mai, Edward y Van Dyke. (Apolinario Quintana et al., 2022)



**Figura 1.3 Número de lotes producidos en la provincia del Guayas (Fundación de Mango, 2018)**

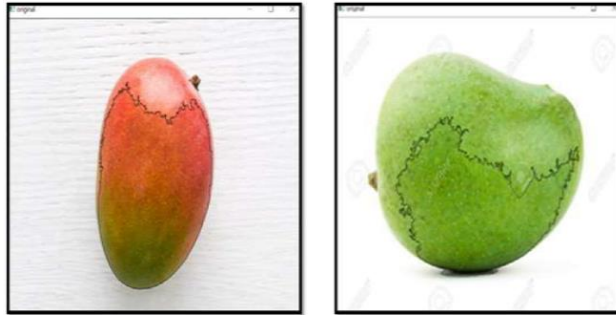
Por lo tanto, cabe recalcar que en la zona donde se enfoca el proyecto de estudio se cultiva el mango Tommy Atkins, el mismo que se utilizará para el desarrollo de la bebida propuesta.

#### 1.4.7 Mango Tommy Atkins

El Tommy Atkins se originó en Florida, el cual posee dimensiones de 13 cm de largo y un peso entre 450-700 g, con una forma de óvalo un tanto redondeada. Las tonalidades son generalmente moradas tendiendo a rojizas, su cáscara es gruesa careciente de fibra, su pulpa no es tan fibrosa, por lo tanto, tiene una textura firme, sabor suave y dulce tal como se observa en la figura 1.4.

Es la mejor variedad de mango con respecto a resistencia en transporte, manipulación y tiempo de vida en comparación a otros tipos. El cultivo de Tommy Atkins posee alta tolerancia a enfermedades debido a que se usan una baja cantidad de productos químicos. Dentro de la composición de este tipo de mango

es importante destacar la cantidad de vitamina A que posee, la cual mejora la visión, cuidados de la piel, a su vez posee antioxidantes como la vitamina C y E.(Nieto Huacón, 2016)



**Figura 1.4 Mango Tommy Atkins (Álvarez Ochoa & Lino Campozano, 2022)**

Esta fruta posee una valiosa fuente de compuestos antioxidantes que traen beneficios a la salud, como la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, diabetes mellitus II, problemas cardiovasculares y el cáncer. Sin embargo, se debe tener en cuenta la temporalidad de cultivos, ya que se produce por temporadas, cabe recalcar que el mango posee múltiples vitaminas como el potasio, magnesio, y pequeñas cantidades de hierro, fósforo y calcio. (Wall-Medrano et al., 2014)

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Diseño Experimental

El principal objetivo de este trabajo es realizar un análisis de la factibilidad de producción a microescala de una bebida *Hard Seltzer* de mango, y a su vez determinar la actividad antioxidante que posee esta.

La metodología inició con la elaboración de la bebida, a la cual se le realizaron análisis fisicoquímicos por triplicado, para obtener resultados con mayor precisión, determinando un promedio y una desviación estándar de estos. Finalmente, se realizó el diseño de planta a microescala para la producción de *Hard Seltzer* y un análisis económico que determina la factibilidad de este.

### 2.2 Materiales, equipos y métodos para la obtención de la bebida *Hard Seltzer*

#### 2.2.1 Materiales

Los materiales utilizados en el desarrollo del producto se describen a continuación en la tabla 2.1.:

**Tabla 2.1 Materiales y reactivos para la elaboración de *Hard Seltzer***

Material	Capacidad	Cantidad
Vaso de precipitación	500 mL	1 UND
Vaso de precipitación	200 mL	1 UND
Botellas transparentes + tapillas	330 mL	60 UNDS
Dextrosa (azúcar de maíz)	-----	2,5 Kg
Agua potable	-----	20 L
Agua destilada	-----	1 L
Etanol al 70%	1 L	1 UND
Levadura para cerveza US-05	-----	11,5 g
Fermaid K (nutriente para levadura)	-----	5 g
Fosfato di amónico (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	-----	3 g
Ácido fosfórico (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ) al 85%	1 L	1 UND
Pulpa de mango Tommy Atkins	-----	7 lb

Carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> )	-----	5,21 g
Cloruro de Sodio (NaCl)	-----	2,8 g
Sulfato de magnesio (MgSO <sub>4</sub> )	-----	4 g

## 2.2.2 Equipos

Los equipos utilizados en el desarrollo del producto se describen a continuación en la tabla 2.2.:

**Tabla 2.2 Equipos para la elaboración de *Hard Seltzer***

Equipos	Capacidad
Termómetro manual	-----
Termómetro infrarrojo	-----
Balanza	25 lb
Balanza de precisión	500 g
pH metro	-----
Olla de cocción	50 L
Intercambiador de calor (tipo placas)	-----
Fermentador cónico	32 L
Barril (Keg)	30 L
Sistema de fermentación controlada	-----
Sistema de carbonatación	-----
Sistema de llenado de botellas	-----
Filtro de platos	-----
Licuada	2 L
Cedazo de acero inoxidable	-----

### **2.2.3 Procedimiento para obtención de *Hard Seltzer***

La producción de la bebida *Hard Seltzer* de mango requiere múltiples etapas, las cuales se detallan a continuación:

#### **2.2.3.1 Recolección de materia prima**

El tipo de materia prima que se utilizó fue el mango Tommy Atkins proveniente de la finca “La Candela” situada en el cantón Santa Lucía en la provincia del Guayas, con coordenadas: E 615796,00; N 9811760,00 la proyección es UTM WG 84, 17 Sur.

#### **2.2.3.2 Extracción de pulpa de mango**

Una vez recolectada la fruta, se retiraron las cáscaras y luego se extrajo la pulpa, separándola de la semilla. Se obtuvo 7 lb como resultado de este proceso tal como se muestra en la figura 2.1.



**Figura 2.1 Pulpa de mango**

#### **2.2.3.3 Concentrado de la pulpa de mango**

Se procedió a licuar las pulpas de mango para posteriormente calentarlas durante 1 hora en un rango de temperatura de 45-50°C. Finalmente se tamizó la muestra y se trasvasó a un contenedor plástico como se observa en la figura 2.2.



**Figura 2.2 Concentrado de la pulpa de mango**

#### 2.2.3.4 Fermentación de dextrosa

En esta etapa del proceso se diluyeron 2,5 Kg de dextrosa en 20 L de agua, manteniendo una temperatura de 80°C durante 15 min. Después de 10 min se enfrió la solución mediante el uso de un intercambiador de calor de placas, posterior se la llevó a una temperatura de 20°C. El enfriamiento de la solución duró alrededor de 20 min y luego se ingresó al sistema de fermentación controlada el cual contemplaba un rango de 17-22°C durante 15 días. Ver figura 2.3.



Inicio de la fermentación



Dilución de dextrosa en agua



Solución de dextrosa a 80° C



Intercambiador de calor de placas

**Figura 2.3 Sistema de fermentación controlado**

#### 2.2.3.5 Filtración del fermento

Una vez culminada la fermentación se procedió a separar la levadura inactiva y sólidos sedimentados mediante el uso de un filtro de platos. Al final de este proceso se debe obtener un fermento con menor turbidez, tal como se observa en la figura 2.4.



**Figura 2.4 Filtración del fermento**



### 2.2.3.6 Mezclado del concentrado y fermento

Una vez que se obtuvo 4 L de concentrado de mango y 15 L fermento se procedió a mezclarlos como se observa en la figura 2.5.



**Figura 2.5 Mezcla del concentrado de mango y el fermento**

### 2.2.3.7 Filtración de la mezcla

Se realizó un filtrado de la mezcla para reducir la turbidez. Para esta etapa se usó un filtro de platos tal como se evidencia en la figura 2.6.



**Figura 2.6 Filtro de platos (More Beer)**

### 2.2.3.8 Carbonatación artificial del producto final

Para esta etapa del proceso, se hizo uso de la gráfica de Temperatura(°C) vs Volúmenes de CO<sub>2</sub> (L) del Anexo A, para una discusión más profunda revisar la referencia de (González, 2017). Se fijó la presión en 1,1 bar en un rango de temperatura entre 2-4°C como se visualiza en la figura 2.7. Se controla la temperatura de este sistema mediante un termostato digital, lo cual permite obtener 3 volúmenes de CO<sub>2</sub> disueltos en el producto final.



**Figura 2.7 Carbonatación del producto final**

### 2.2.3.9 Embotellado

Como última etapa del proceso se realizó un llenado a contra presión el cual consistió en fijar la presión del manómetro del tanque de CO<sub>2</sub> igual a la del barril(keg), para luego liberar lentamente la purga del llenador permitiendo que el producto carbonatado ingrese en las botellas y finalmente sea sellado. Una ilustración del proceso antes descrito se puede observar en la figura 2.8.



Figura 2.8 Embotellado del producto final

### 2.2.4 Métodos de Análisis fisicoquímicos

Para verificar la calidad de la bebida *Hard Seltzer* se realizaron análisis fisicoquímicos, con la finalidad de garantizar que el producto final obtenido se encuentra dentro de las normas establecidas por el INEN. Los análisis realizados se los puede visualizar en la figura 2.9 a continuación:

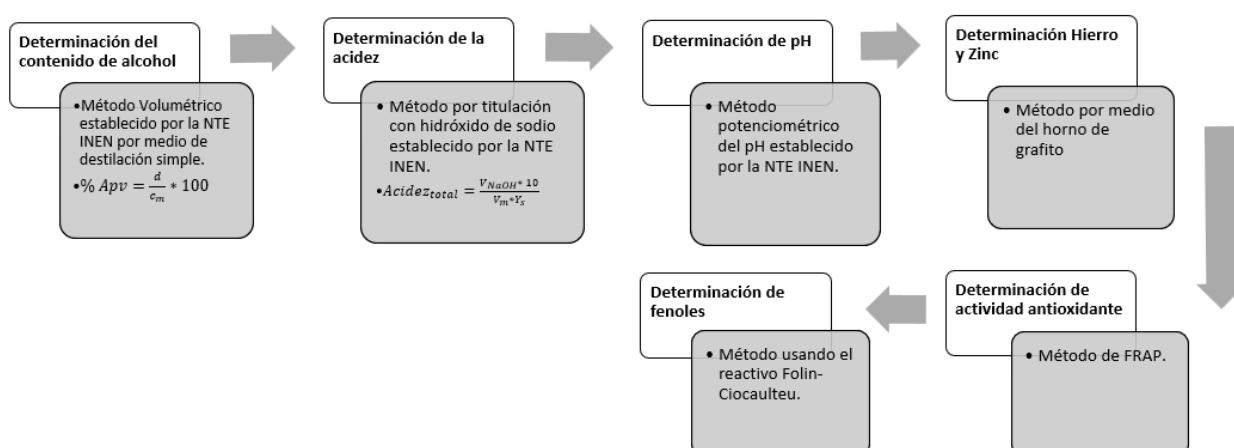


Figura 2.9 Análisis realizados a la bebida *Hard Seltzer*

### 2.2.4.1 Determinación del contenido de alcohol

Para la determinación de alcohol se empleó el método volumétrico propuesto por la norma INEN 2322, acoplando un sistema de destilación simple ilustrado en la figura 2.10, en donde inicialmente se creó una disolución compuesta por 100 mL de la bebida *Hard Seltzer* desgasificada y 50 mL de agua destilada, añadiéndola a un balón volumétrico de 250 mL suministrándole calor mediante el uso de una manta de calentamiento, llevándola de esta forma a destilar en un rango de temperatura el cual está comprendido entre 78-82°C durante 1 hora. Una vez culminada la destilación, se trasladó el destilado a un refractómetro para medir el índice de refracción a través de la comparación con el dato tabulado que indica la literatura para el etanol a 25°C el cual es 1,35922, tal como está reportado en (Martínez Reina & Amado Gonzalez, 2011). Este procedimiento se lo realizó por triplicado. (NTE INEN 2 322, 2002)



Figura 2.10 Sistema de destilación simple

Para la determinación del porcentaje de alcohol en volumen se utilizó la ecuación 2.1 tal como se establece en (NTE INEN 2 322, 2002).

$$\% Apv = \frac{d}{c_m} * 100$$

2.1

**Donde:**

Apv, Alcohol por volumen (%)

d, destilado (mL)

cm, cantidad de la muestra (mL)

### 2.2.4.2 Determinación de acidez

El método utilizado para la determinación de acidez fue por medio de titulación con Hidróxido de sodio establecido por la norma INEN 2323, el cual consistió en ebullición de 250 mL de agua destilada durante 2 minutos, añadiéndole 25 mL de la bebida *Hard Seltzer* de mango desgasificada, esta solución se la llevó a ebullición durante 30 segundos, luego se la retiró de la fuente de calor para agitarla por 5 segundos y enfriarla hasta que alcance la temperatura ambiente. Una vez enfriada la solución se le añadió 0,5 mL del indicador de fenolftaleína, para titularla con hidróxido de sodio 0,1 N hasta obtener un color rosa pálido como se ilustra en la figura 2.11. Este procedimiento se lo realizó por triplicado. (NTE INEN 2 323, 2002)



Figura 2.11 Determinación de acidez por titulación potenciométrica

La determinación de la acidez total se la realizó mediante el uso de la ecuación 2.2 tal como se establece en (NTE INEN 2 323, 2002).

$$Acidez_{total} = \frac{V_{NaOH} * 10}{V_m * Y_s}$$

2.2

**Donde:**

$V_{NaOH}$ , volumen de NaOH (0,1 N)(mL)

$V_m$ , volumen de la bebida (mL)

$Y_s$ , gravedad específica de la bebida

### 2.2.4.3 Determinación de pH

El pH metro *Thermo Scientific* que fue utilizado, se lo calibró previamente para una correcta lectura de pH, ya que este es una medida de acidez o alcalinidad que existe en una solución acuosa, el mismo que se encuentra en una escala de 1–14 indicando la concentración de iones de H<sup>+</sup> presentes en la solución.(NTE INEN 2 325, 2002)

Basándose en la norma INEN 2325 se implementó el método potenciométrico para la medición del pH en 3 muestras de la bebida *Hard Seltzer* de mango, como se visualiza en la figura 2.12, que fueron desgasificadas, filtradas y llevadas a temperatura ambiente. Este procedimiento se lo efectuó por triplicado.



**Figura 2.12 Determinación potenciométrica de pH**

Para la determinación de pH se hizo un promedio de los valores obtenidos, mediante la ecuación 2.3 tal cómo se establece en (NTE INEN 2 325, 2002).

$$\overline{m}_i = \frac{pH_1 + pH_2 + pH_3}{3}$$

**2.3**

**Donde:**

$m_i$ , muestra analizada  $i$ ;  $i= 1,2,3$

$pH_n$ , pH tomado,  $n=1,2,3$

### 2.2.4.4 Determinación de contenido de: hierro y zinc

Para la determinación del contenido de hierro y zinc en la bebida *Hard Seltzer* de mango se realizó el método de digestión de metales. (Baird et al., 2011)

Inicialmente se añadió 50 mL de la bebida en un matraz Erlenmeyer con la finalidad de desgasificarla mediante un baño ultrasónico, a continuación, se la trasladó a la sorbona

en donde se le agregó 3 mL de ácido nítrico y de ácido clorhídrico concentrado. Una vez obtenida la solución se elevó su temperatura a 95°C usando una plancha de calentamiento durante 2 horas, para luego ser filtrada. Culminada la digestión de la muestra se determinó la cantidad de hierro y zinc por medio del horno de grafito en el laboratorio LAQUINS.

#### **2.2.4.5 Determinación de actividad antioxidante**

Para la determinación de la actividad antioxidante en la bebida se utilizó el método de FRAP. (Palomino G et al., 2009).

En la primera etapa se prepararon soluciones basadas en el documento científico (Moura Rufino et al., 2006), necesarias para ejecutar la metodología propuesta, las cuales fueron:

##### **Solución de Metanol (50%)**

Se preparó 200 mL de esta solución, donde se agregaron a un matraz Erlenmeyer de 250 mL, 100 mL de metanol al 99,99% y 100 mL de agua destilada.

##### **Solución Ácido Clorhídrico (40 mM)**

A partir de una solución patrón de HCl (400 mM) se logró preparar 10 mL de la solución HCl (40 mM) mediante el uso de la ecuación 2.5 la cual sirvió para determinar la cantidad a extraer de la solución mencionada inicialmente, no obstante, fue necesario añadir agua destilada con la finalidad de obtener los 10 mL de la solución HCl (40 mM) deseados.

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

**2.4**

##### **Donde:**

c1, concentración de la solución patrón (mM)

v1, volumen de la solución patrón (mL)

c2, concentración de la solución deseada (mM)

v2, volumen de la solución deseada (mL)

### **Solución de Cloruro Férrico (20mM)**

En un matraz aforado de 100 mL se añadieron 0,3244 g de  $\text{FeCl}_3$ , enrasando con agua destilada, este procedimiento se lo realizó en ausencia de luz.

### **Solución de Ácido Ascórbico (1000ppm)**

En un matraz aforado de 100 mL se añadieron 0,1 g de  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ , enrasando con agua destilada, este procedimiento se lo realizó en ausencia de luz.

### **Solución Tapón de acetato (0,3 M)**

En un matraz aforado de 1 L se añadieron 3,1 g acetato de sodio en 16 mL de ácido acético glacial enrasando con agua destilada, este procedimiento se lo realizó en ausencia de luz.

### **Solución TPTZ (10 mM)**

En un tubo de ensayo se agregaron 0,0094 g del reactivo TPTZ y 3 mL de la solución de HCl, este procedimiento se lo realizó en ausencia de luz.

### **Solución del reactivo FRAP (10mM)**

En un matraz Erlenmeyer de 50 mL se mezclaron 25 mL de la solución tampón de acetato, 2,5 mL de la solución TPTZ y 2,5 mL de la solución de cloruro férrico. Este procedimiento se lo realizó en ausencia de luz, teniendo en cuenta que el tiempo disponible en este procedimiento es instantáneo.

Cabe matizar que todas las soluciones donde se hizo referencia a que su realización fue en ausencia de luz, esto obedeció a que se quería evitar la oxidación de estas.

En la segunda etapa se preparó la curva patrón con 7 disoluciones en tubos de ensayo debidamente rotulados, los cuales contenían ácido ascórbico y la solución de metanol como se observa en la figura 2.3.

**Tabla 2.3 Preparación de la curva patrón de ácido ascórbico a partir de una disolución concentrada de 1000 mg/L**

Reactivos	Concentración (mg/L) de la curva patrón de ácido ascórbico						
	0	50	100	200	300	400	500
Ácido ascórbico (mL)	0	0,5	1	2	3	4	5
Metanol (mL)	10	9,5	9	8	7	6	5

**Tabla 2.4 Condiciones de la curva patrón de ácido ascórbico**

Condiciones	Valor
Temperatura [°C]	37
Presión [atm]	1

Como tercera etapa se preparó el extracto de la muestra de *Hard Seltzer*, en la cual se realizó una disolución de la bebida previamente desgasificada con la solución de metanol en una relación 1:2, para homogenizarla en dos tubos de ensayo mediante el uso de un agitador vórtex a 2500 rpm durante 5 min. Finalmente, se los llevó a la centrifugadora a 4000 rpm durante 15 min a 10°C, recuperando el sobrenadante.

Para la cuarta etapa se añadió a 13 tubos de ensayo debidamente rotulados, 1,8 mL del reactivo de FRAP y 0,2 mL agua destilada. A los 7 primeros tubos se agregaron adicionalmente 40 µL de las soluciones patrón descritas en la tabla 2.3 respectivamente, en los 3 tubos siguientes se agregaron 40 µL adicionales del sobrenadante de la muestra, y a los 3 tubos restantes se añadieron adicionalmente 40 µL del sobrenadante de la muestra y 40 µL de la solución patrón de 200 mg/L hallada en la tabla 2.3. Finalmente se trasladaron todos los tubos de ensayo a un baño María, fijando la temperatura a 37°C durante 10 min. De esta manera se logró medir la absorbancia a 597 nm en el espectrofotómetro UV-Visible.



#### 2.2.4.6 Determinación de fenoles

Para la determinación de fenoles se utilizó el reactivo de Folin-Ciocalteu, (García Martínez et al., 2014), donde inicialmente se preparó una disolución de ácido gálico a una concentración 100 mg/L y una disolución de carbonato de sodio al 20% m/v para ser usadas durante el procedimiento.

En la siguiente etapa se preparó la curva patrón de 7 disoluciones en tubos de ensayo debidamente rotulados que contenían ácido gálico y agua destilada como se observa en la tabla 2.5, las cuales se agitaron por medio de un vórtex a 2500 rpm durante 5 min, para luego ser llevadas a refrigeración en ausencia de luz.

**Tabla 2.5 Preparación de la curva patrón de ácido gálico a partir de una disolución concentrada de 100 mg/L** (García Martínez et al., 2014)

Reactivos	Concentración (mg/L) de la curva patrón de ácido gálico							
	0	2	5	10	20	30	40	50
Ácido gálico (mL)	0	0,2	0,5	1	2	3	4	5
Agua (mL)	10	9,8	9,5	9	8	7	6	5

**Tabla 2.6 Condiciones de la curva patrón de ácido gálico**

Condiciones	Valor
Temperatura [°C]	25
Presión [atm]	1
pH	10

Así mismo en una posterior etapa se preparó el extracto de polifenoles de la muestra de *Hard Seltzer*, en la cual se realizó una disolución de la bebida previamente desgasificada con metanol puro en una relación 1:2, se agitó la disolución en dos tubos de ensayo mediante el uso de un agitador vórtex a 2500 rpm durante 5 min para ser llevados a la centrifugadora a 4000 rpm durante 15 min a 10°C, recuperando el sobrenadante.

Para concluir se realizó 7 soluciones en matraces aforados de 25 mL, para las cuales se tomaron 250 µL de la disolución patrón de ácido gálico, añadiéndoles 15 mL de agua destilada y 1,25 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu, homogenizándolas para dejarlas

reposar durante 8 min en ausencia de luz. Una vez culminado el tiempo de reposo, se añadieron a cada matraz 5 mL de la disolución de carbonato de sodio, para ser llevadas a un pH básico de 10, siendo enrasadas en ausencia de luz a temperatura ambiente durante 2 horas.

Consecutivamente se crearon 6 soluciones en matraces aforados de 25 mL, para las cuales se tomaron 250  $\mu$ L del sobrenadante procedente de la extracción de los compuestos polifenólicos de la bebida, añadiéndoles 15 mL de agua destilada y 1,25 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu. A 3 de estas soluciones se les añadió 2 mL de la disolución patrón de ácido gálico de 2 ppm, homogenizándolas y dejándolas reposar durante 8 min a oscuras. Una vez culminado el tiempo de reposo, se añadieron a cada matraz 5 mL de la disolución de carbonato de sodio llevándolas hasta un pH básico de 10, siendo enrasadas hasta 25 mL en oscuridad a temperatura ambiente durante 2 horas. Finalmente se midió la absorbancia a 769 nm en el espectrofotómetro UV-Visible como se visualiza en la figura 2.13.



**Figura 2.13 Determinación de fenoles usando el reactivo de Folin-Ciocalteu**

#### **2.2.4.7 Diseño de planta a microescala para la producción de *Hard Seltzer***

Para la producción de la bebida *Hard Seltzer* se realizó un diseño de planta a microescala, conformado por múltiples equipos indispensables para la obtención de la bebida propuesta, previo a esto se realizó un diagrama de bloques de proceso para generar un bosquejo de la planta como se visualiza en la figura 2.14.

### 2.2.4.7.1 Diagrama de Bloques

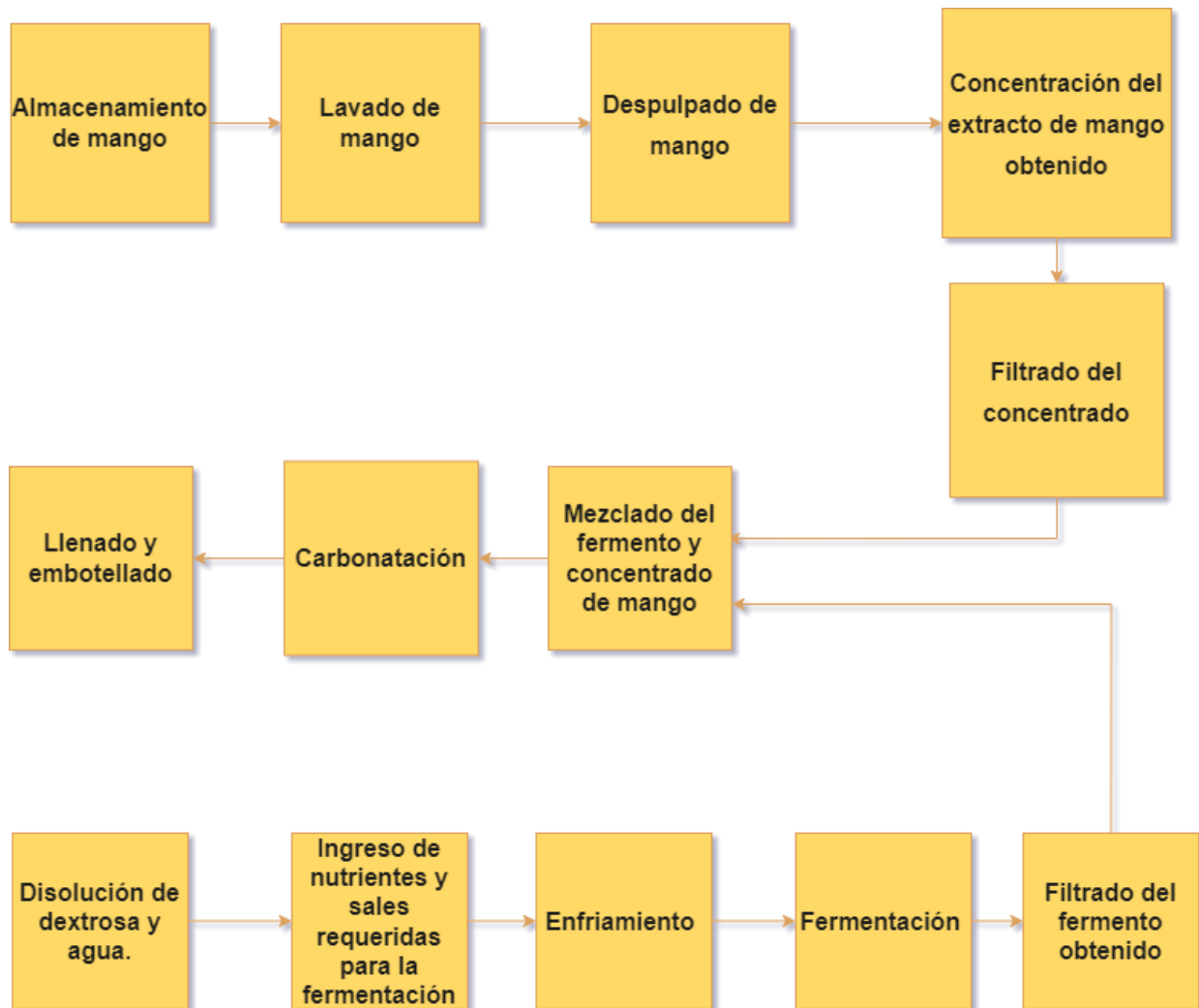


Figura 2.14 Diagrama de bloques del proceso de *Hard Seltzer*

### 2.2.4.7.2 Equipos

A continuación, se describen los equipos que fueron considerados en el diseño de planta a microescala para la producción de la bebida *Hard Seltzer* a partir de la cantidad de desechos generados de mango, provenientes de la finca "La candela" ubicada en el cantón Santa Lucía de la provincia del Guayas.

### **Lavadora de burbujas de frutas**

Este equipo es utilizado para el lavado del mango, eliminando impurezas, polvo, manchas y microorganismos presentes en la parte externa de la fruta, posee una capacidad de 200-1800 Kg/h y su material de construcción es de acero inoxidable 304 tal como se aprecia en la figura 2.16.



**Figura 2.15 Lavadora de frutas (Alibaba, 2022)**

### **Despulpadora de mango**

La etapa de despulpado tiene como objetivo la extracción de la pulpa del mango, que consiste en la separación de la cáscara y la semilla, estos últimos subproductos no son convenientes en la elaboración de la bebida, por lo que es necesario retirarlos. La despulpadora es de acero inoxidable 304 y tiene una capacidad de 500 Kg/h la cual se puede visualizar en la figura 2.17.



**Figura 2.16 Despulpadora de mango (Alibaba, 2022)**

### **Marmita**

La función que tiene la marmita es concentrar la pulpa de mango, mediante un sistema de calentamiento a vapor en un rango de temperatura de 45-50°C. Para este equipo se considera una capacidad de 100-600 L y acero inoxidable 304 como material de construcción tal como se ilustra en la figura 2.18.



**Figura 2.17 Marmita (Alibaba, 2022)**

### **Macerador**

El equipo a utilizar para la etapa de maceración contará con una capacidad de 2000 L debido a que se trata de un proceso de producción alimenticia, su material de fabricación es de acero inoxidable 304 la cual puede ser visualizada en la figura 2.19. La finalidad de este equipo es formar una disolución de dextrosa, garantizando la pasteurización a una temperatura de 80°C durante 15 a 20 min



**Figura 2.18 Macerador (Alibaba, 2022)**

### **Filtrador de placas**

La función del filtrador de placas es retener los sólidos suspendidos o material orgánico, considerados como mermas de la etapa de extracción de la pulpa de mango, obteniendo así un concentrado de mayor grado de pureza, para una mejor ilustración de este equipo se puede visualizar la figura 2.20.



**Figura 2.19 Filtrador de placas (Alibaba, 2022)**

### **Sistema de enfriamiento**

Este sistema está conformado por un enfriador de agua y un intercambiador de calor de 60 placas plasmado en la figura 2.21, el cual permite enfriar la disolución de dextrosa de manera eficiente para alcanzar la temperatura de inoculación adecuada (20°C), garantizando las condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento de los microorganismos fermentadores.



**Figura 2.20 Sistema de enfriamiento (Alibaba, 2022)**

### **Fermentador**

En este equipo se realiza la fermentación de dextrosa efectuando un control de temperatura dentro de un rango entre 17-22°C durante 15 días, la cual debe ser previamente oxigenada mediante el uso de una piedra difusora, estos pueden ser visualizados en la figura 2.22. La capacidad del fermentador es de 500 L y el material de fabricación es de acero inoxidable 304.



**Figura 2.21 Fermentador, tanque de oxígeno, regulador y piedra difusora de oxígeno (Alibaba, 2022)**

### **Tanque de almacenamiento**

Este equipo permitirá mezclar el fermento con el extracto de mango en una relación previamente definida. Este elemento cuenta con una capacidad de 5000 L y el material de fabricación es de acero inoxidable 304, ilustrado en la figura 2.23.



**Figura 2.22 Tanque de almacenamiento (Alibaba, 2022)**

### Sistema de carbonatación

Luego de realizar la mezcla del fermento junto con el extracto de mango, se realiza el proceso de carbonatación de la bebida, el mismo que debe mantener un control de presión y temperatura para lograr la obtención los volúmenes de CO<sub>2</sub> deseados en el producto final. Este sistema puede ser visualizado en la figura 2.24.



**Figura 2.23 Sistema de Carbonatación (Alibaba, 2022)**

### Sistema de embotellado

El sistema semiautomático de embotellado permite un llenado y sellado de las botellas de forma eficiente tal como se observa en la figura 2.25, para lo cual se requiere el uso de botellas de vidrio con capacidad de 330 mL-2 L de acuerdo con las recomendaciones otorgadas por el fabricante.



**Figura 2.24 Sistema de embotellado (Alibaba, 2022)**

### Bomba centrífuga sanitaria

Este equipo permitirá que el transporte del agua de enfriamiento y las soluciones pre y post fermentación sean eficaces, cuyo material de fabricación es de acero inoxidable 304, tal como se ilustra en la figura 2.26.



**Figura 2.25 Bomba centrífuga sanitaria (Alibaba, 2022)**

## **Etiquetadora**

La principal función de este equipo es colocar las etiquetas adhesivas al producto envasado, permitiendo que la producción en cadena tenga un mayor rendimiento, debido a que se reduce el tiempo de operatividad del proceso, aquel equipo puede ser visualizado en la figura 2.27.



**Figura 2.26 Etiquetadora de botellas (Alibaba 2022)**



# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Resultados y análisis de la producción de la bebida *Hard Seltzer* de mango

Una vez obtenida la disolución de dextrosa se procedió a determinar la densidad a 20°C indicando un valor promedio de 1040 g/mL y una desviación estándar de 1,633. Esta medición fue realizada por triplicado previo al inicio de la fermentación, como se observa en el Apéndice B.1.

Finalizada la fermentación se tomó una muestra para realizar la medición de la densidad dando como resultado un valor promedio de 1011 g/mL y una desviación estándar de 0,8165 ilustrados en el Apéndice B.2, de esta manera se comprobó que la cantidad de dextrosa disuelta inicialmente se redujo ya que fue degradada en etanol y dióxido de carbono (Hough, 1990), siendo este un indicativo de que los microorganismos fermentadores cumplieron su función correctamente.

#### 3.1.1 Etapa de carbonatación

Los resultados del análisis para la determinación de los volúmenes de CO<sub>2</sub> disueltos en la bebida *Hard Seltzer* se realizó por el método de carbonatación artificial del producto final descrito en el apartado 2.3.3.8.

**Tabla 3.1 Volúmenes de dióxido de carbono en el producto final**

Compuesto	Volúmenes disueltos	Temperatura(°C)
Dióxido de carbono	2,8	4

En la etapa de carbonatación se obtuvieron 2,8 volúmenes de CO<sub>2</sub> disueltos en la bebida final *Hard Seltzer* en las condiciones descritas en la tabla 3.1. El valor referencial que se usó para la comprobación del resultado está estipulado en la tabla de carbonatación (Anexo 1) (González, 2017) el cual fue de 3 volúmenes de CO<sub>2</sub> de esta forma se observó que el valor obtenido experimentalmente se encontró dentro de los valores esperados por ende esto permite aseverar que la metodología aplicada fue la apropiada.

### 3.2 Resultados y análisis de la determinación de alcohol de la bebida *Hard Seltzer*

Los resultados del análisis para la determinación de la cantidad de alcohol en la bebida *Hard Seltzer* se realizó por el método volumétrico descrito en el apartado 2.3.4.1, obteniendo de esta forma el destilado por triplicado detallado en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2 Cantidad de destilado, índice refractómetro, promedio y desviación estándar de los 3 experimentos realizados.**

Experimentos	Índice refractómetro	Destilado obtenido (mL)	Promedio (mL)	Desviación estándar
1	1,3602	3,8	3,87	0,0943
2	1,3629	4,0		
3	1,3630	3,8		

Para garantizar que cada uno de los destilados generados fuera etanol, resultó necesario determinar los índices de refracción, los cuales fueron comparados con un índice calculado de forma experimental cuyo valor era de 1,3592 (Martínez Reina & Amado Gonzalez, 2011) siendo estos muy similares, corroborando de esta forma que cada uno de los destilados obtenidos se trataban de etanol con un porcentaje volumétrico promedio de 3,87 y una desviación estándar de 0,0943.

### 3.3 Resultados y análisis de la determinación de acidez aplicando el método por titulación con hidróxido de sodio.

La determinación de la acidez total en la bebida *Hard Seltzer* se realizó por el método de titulación con hidróxido de sodio descrito en el apartado 2.3.4.2. Los volúmenes totales consumidos de la base en la titulación se reportan en la tabla 3.3.

**Tabla 3.3 Cantidad consumida de hidróxido de sodio en la titulación**

Muestras	Volumen inicial (mL)	Volumen final (mL)	Consumo total (mL)
1	2	3,4	1,4
2	3,8	5,0	1,2
3	5,5	6,7	1,2

Una vez culminada la titulación se procedió a determinar la acidez total de la bebida *Hard Seltzer*, la cual permite la medición de la concentración total de ácido contenido en la bebida mediante el uso de una base estándar (NTE INEN 2 323, 2002), que en la metodología aplicada fue hidróxido de sodio 0,1 N.

Para poder cuantificar la acidez total resultó indispensable determinar la gravedad específica de la bebida, aplicando el método picnométrico mediante el uso de los datos obtenidos experimentalmente descritos en la tabla 3.4:

**Tabla 3.4 Datos obtenidos mediante el método picnométrico**

Peso de picnómetro seco (g)	Peso del picnómetro con agua destilada (g)	Peso del picnómetro con la bebida <i>Hard Seltzer</i> (g)
9,8120	19,8232	19,8100
9,8013	19,8220	19,8078
9,8141	19,8243	19,8132

De esta forma se hizo uso de la ecuación 3.1:

$$\text{Gravedad específica a } 20^{\circ}\text{C} = \frac{mh - mv}{ma - mv}$$

3.1

**Donde:**

mv, Masa del picnómetro vacío (g)

mh, Masa del picnómetro con la muestra de la bebida *Hard Seltzer* a 20°C

ma, Masa del picnómetro con agua destilada 20°C

Obteniendo la gravedad específica promedio y la desviación estándar de la bebida *Hard Seltzer* tal como se reporta en la tabla 3.5:

**Tabla 3.5 Gravedad específica de la bebida *Hard Seltzer* a 20°C**

Gravedad específica a 20°C	Valor	Valor promedio	Desviación estándar
Muestra 1	0,9987	0,9987	0,00011
Muestra 2	0,9986		
Muestra 3	0,9989		

Finalmente se obtuvo la acidez total para cada una de las muestras descrita en la tabla 3.7, aquella que fue determinada por medio del uso de la ecuación 2.2 obteniendo una acidez total promedio de 0,5073 y una desviación estándar de 0,0378 como se aprecia en la tabla 3.6. El valor obtenido se encuentra fuera del límite máximo permitido por la NTE INEN 2323. El nivel superior de acidez total alcanzada tiene sentido ya que la fruta utilizada en la producción de la bebida *Hard Seltzer* fue el mango, esta acidez es provocada por el contenido de ácido cítrico en su composición, el mismo que se reduce por un incremento concomitante en las enzimas que los metabolizan cuando la fruta empieza a madurar. La glucosa inicia un proceso de degradación mediante un ciclo respiratorio generando un movimiento de los ácidos orgánicos, activando de esta manera diferentes rutas metabólicas. (Quintero et al., 2013)

**Tabla 3.6 Acidez total, promedio y desviación estándar de las 3 muestras utilizadas**

Muestras	Acidez total (% m/m)	Promedio (% m/m)	Desviación Estándar
1	0,5607	0,5073	0,0378
2	0,4806		
3	0,4806		

### 3.4 Resultados y análisis de la determinación de pH

La determinación de pH en la bebida *Hard Seltzer* se realizó por el método potenciométrico descrito en el apartado 2.3.4.3. En la tabla 3.7 se evidencia el grado de acidez de la bebida, manteniendo un pH ácido en las 3 tomas.

**Tabla 3.7 pH de muestras de la bebida Hard Seltzer**

Muestra	Medición pH	Medición pH	Medición pH
1	2,94	2,88	2,90
2	2,91	2,90	2,93
3	2,94	3,00	2,97

Se obtuvieron pH promedios de 2,90, 2,91, 2,97 para cada muestra, un pH promedio global de 2,93 y una desviación estándar de 0,0309 descritos en la tabla 3.8, encontrándose fuera del rango permitido como se detalla en la tabla 1.1, esto se debe al

mango que se utilizó para la producción de la bebida, ya que posee un alto contenido de vitamina C por lo cual se esperó resultados de esta índole.

**Tabla 3.8 pH de la bebida Hard Seltzer**

Muestra	$\overline{pH}$	Promedio	Desviación estándar
1	2,90	2,93	0,0309
2	2,91		
3	2,97		

### 3.5 Resultados y análisis de la determinación de hierro y zinc

Los resultados del análisis para la determinación de los metales en la bebida *Hard Seltzer* se realizaron mediante el método descrito en el apartado 2.2.4.4, obteniendo 0,69 mg/L de hierro y 0,39 mg/L de zinc siendo estos valores superiores al límite máximo permitido por la NTE INEN 2262 como se detalla en la tabla 1.1, indicando que el producto final aporta beneficios para los consumidores.

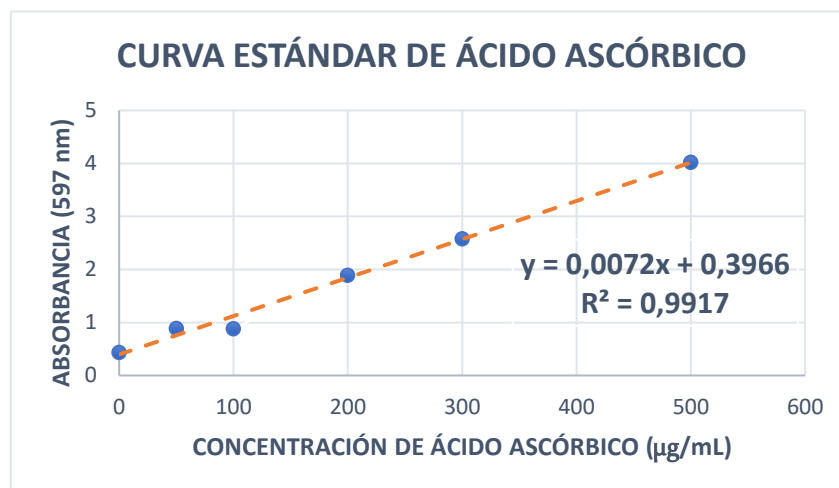
### 3.6 Resultados y análisis de la determinación de actividad antioxidante por el método de FRAP

Para la determinación de la actividad antioxidante de la bebida *Hard Seltzer* se utilizó el método de FRAP descrito en el apartado 2.3.4.5, para lo cual se generó una curva de calibración de ácido ascórbico como se observa en la tabla 3.9, la cual registra el contenido de ácido ascórbico en cada solución patrón y su absorbancia obtenida mediante el espectrofotómetro UV-visible a 597 nm.

**Tabla 3.9 Datos de la curva estándar de ácido ascórbico**

Concentración de ácido ascórbico [ $\mu\text{g/mL}$ ]	Absorbancia (597 nm)
0	0,438
50	0,886
100	0,885
200	1,890
300	2,581
500	4,025

Una vez obtenidos los resultados de absorbancia medidos en el equipo de UV-visible en LAQINS, se realizó la curva estándar de ácido ascórbico, obteniendo una tendencia lineal con un coeficiente de correlación de 0,9917, cercano a 1, lo cual indica que la distribución de los datos esta normalizada.



**Figura 3.1** Curva estándar de ácido ascórbico

$$y = ax + b$$

$$y = 0,0072x + 0,3966$$

**3.2**

**Donde:**

y, absorbancia (1,000 µM de ácido ascórbico)

x, dilución de muestra (µg/L) equivalente a 1000 µM de ácido ascórbico

Mediante la curva de la calibración visualizada en la figura 3.1, se obtuvieron los resultados de concentración de ácido ascórbico de las 3 muestras de la bebida con valores de 21,24, 23,98 y 23,86 µg/mL, mostrados en la tabla 3.12, sustituyendo el valor de la absorbancia que se obtuvo en la curva de calibración de ácido ascórbico (valor de la ordenada Y), se despejó el valor de X de la ecuación 3.2 para cada absorbancia obtenida en las muestras.

Para expresar el resultado en µg/mL se tuvo en cuenta el factor de dilución para la extracción de la muestra que fue 1:2 con respecto al disolvente usado, en este caso el metanol como se observa en la ecuación 3.3.

$$\frac{\mu\text{g ácido ascórbico}}{1000 \text{ mL Hard Selzer}} * \frac{30 \text{ mL metanol}}{15 \text{ mL Hard Seltzer}} * 100$$

3.3

**Tabla 3.10 Concentración de ácido ascórbico en muestras de Hard Seltzer**

Concentración de ácido ascórbico [µg/mL]	Absorbancia (597 nm)	Actividad antioxidante [µg/mL]	Promedio [µg/mL]	Desviación estándar
21,24	0,525	3,566	3,964	0,2818
23,98	0,547	4,177		
23,86	0,546	4,150		

El poder antioxidante reductor férrico de una bebida indica su actividad antioxidante, ya que es la capacidad de la bebida para convertir Fe<sup>3+</sup> a Fe<sup>2+</sup> a 597 nm e indica su potencial reductor a medida que aumenta la absorbancia y así dando un resultado alto de poder reductor como se observa en la tabla 3.10 (Ajatta et al., 2021). La actividad antioxidante osciló entre 3,566, 4,177 y 4,150 µg/mL con un promedio de 3,964 µg/mL y una desviación estándar de 0,2818.

El valor de 3,964 µg/mL que se logró obtener como potencial antioxidante reductor férrico (FRAP), denotó su alta concentración de ácido ascórbico, es decir de vitamina C dado que la fruta utilizada en la producción de la bebida es ácida. En el estudio de “The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay” (Benzie & Strain, 1996) indican que mientras esté en un rango de 0,6 a 1,6 µg/mL, se considera que tiene una buena cantidad antioxidante, la bebida Hard Seltzer demostró superar este rango por lo tanto indica que es saludable para los consumidores, por su alta actividad antioxidante.

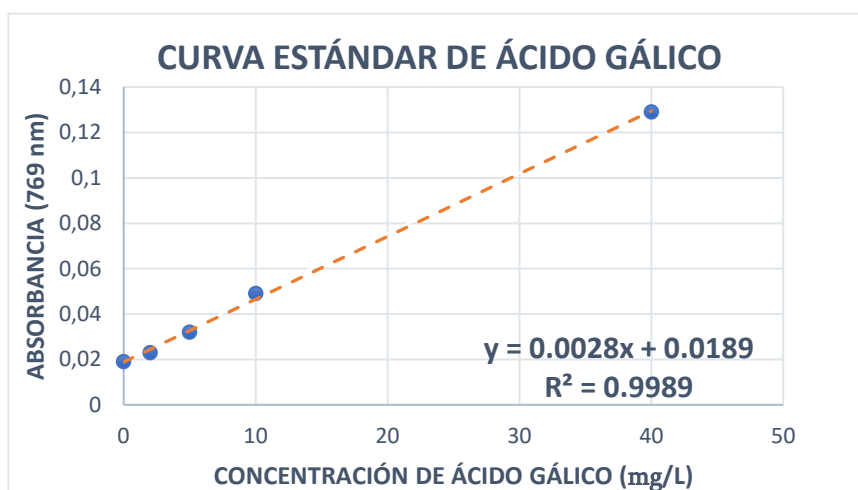
### 3.7 Resultados y análisis de la determinación de fenoles

Para la determinación de fenoles en la bebida *Hard Seltzer* se utilizó el método basado en el uso del reactivo de Folin-Ciocalteu descrito en el apartado 2.3.4.6, para lo cual se generó una curva de calibración de ácido gálico cuyos valores numéricos se observan en la tabla 3.11 y su gráfica se visualiza en la figura 3.2, la cual registra el contenido de ácido gálico en cada solución patrón y la absorbancia obtenida mediante el espectrofotómetro UV-visible a 769 nm.

**Tabla 3.11 Datos de la curva estándar de ácido gálico**

Concentración de ácido gálico [mg/L]	Absorbancia (769 nm)
0	0,019
2	0,023
5	0,032
10	0,049
40	0,129

Una vez obtenidos los resultados de absorbancia medidos en el equipo de UV-visible en el laboratorio LAQINS, se realizó la curva estándar de ácido gálico, obteniendo una tendencia lineal con un coeficiente de correlación de 0,9989, cercano a 1, lo cual indica que la distribución de los datos esta normalizada.



**Figura 3.2 Curva estándar de ácido gálico**

$$y = ax + b$$

$$y = 0,0028x + 0,0189$$

**3.4**

**Donde:**

y, absorbancia

x, concentración de ácido gálico (mg/L)



Mediante la curva de la calibración observada en la figura 3.2, se obtuvieron los resultados de concentración de ácido gálico de las 3 muestras de la bebida con valores de 14,83, 14,83 y 35,85 cuyas unidades fueron mg/mL, los mismos que se pueden revisar en la tabla 3.12, sustituyendo el valor de la absorbancia que se obtuvo en la curva de calibración de ácido gálico (valor de la ordenada Y) se despejó el valor de X de la ecuación 3.4 para cada absorbancia obtenida en las muestras.

Para expresar el resultado en mg/mL se tuvo en consideración el factor de dilución para la extracción de la muestra que fue de 1:2 con respecto al disolvente usado, en este caso el metanol como se observa en la ecuación 3.5.

$$\frac{mg \text{ ácido gálico}}{1000 \text{ mL Hard Selzer}} * \frac{30 \text{ mL metanol}}{15 \text{ mL Hard Seltzer}} * 100$$

3.5

**Tabla 3.12 Concentración de fenoles en muestras de Hard Seltzer**

Concentración de ácido gálico [mg/L]	Absorbancia (769 nm)	Concentración de fenoles [mg/mL]	Promedio [mg/mL]	Desviación estándar
14,83	0,050	1,058	1,558	0,7077
14,83	0,050	1,058		
35,85	0,0926	2,559		

La concentración de compuestos fenólicos y la presencia de estos contribuyen al sabor, color y a propiedades sensoriales, el estudio de estos compuestos se ha incrementado debido a sus propiedades antioxidantes y las probabilidades de prevención de algunas enfermedades que relacionan el estrés oxidativo con: cáncer, problemas cardiovasculares (Urías Orono et al., 2020), debido a esto se calculó la cantidad de fenoles de la bebida *Hard Seltzer*, la cual comprendió valores de 1,058, 1,058 y 2,559 mg/mL, con un promedio de 1,558 mg/mL y una desviación estándar de 0,7077, lo que demostró que, se pudo determinar polifenoles en la muestra.

El valor de 1,558 mg/mL fue alto y correspondiente al análisis que se realizó, ya que se utilizó mango como materia prima para la producción de la bebida *Hard Seltzer*, fruta que contiene alto contenido de polifenoles, el rango admisible según el estudio de “Contenido de Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cervezas artesanales e industriales” es de 0,47 a 1,14 mg/mL en cantidad de fenoles totales (Pachas, 2019), siendo el valor de la *Hard Seltzer* mayor, lo que indica que la bebida es apta y puede ser consumida para obtener los beneficios antes mencionados.

## 3.8 Diagrama de Flujo de proceso

### 3.8.1 Descripción del proceso

En esta sección se consideró oportuno describir los aspectos esenciales para el diseño de planta y los cuales se detallan a continuación:

El mango proveniente de la finca “La candela” ubicado en el cantón Santa Lucía, fue la principal materia prima utilizada en el proceso de producción para la elaboración de la bebida *Hard Seltzer*, la cual ingresa al tanque de almacenamiento TK-101 donde es almacenada para luego ser trasladada a la lavadora de frutas WM-101, la misma que permitirá eliminar las impurezas, manchas y microorganismos presentes en la superficie de estas, por consiguiente se la ingresará en la despulpadora PM-101 separando la pulpa de la semilla y la cáscara para posteriormente obtener el extracto de mango mediante el uso de la marmita TK-102 transportándolo hacia el filtro de platos F-102 por medio de la bomba centrífuga P-102, para retener las fibras aún presentes en el extracto de mango operando a una temperatura no superior a 50°C para la conservación de la actividad antioxidante.

Una vez obtenido el extracto de mango, se procederá a generar el fermento, el mismo que se obtendrá a través de la mezcla de dextrosa y agua en el macerador M-101, el cual se fijará a una temperatura de 80°C durante 15 a 20 minutos para ser transportado por medio de la bomba centrífuga P-101 hacia un intercambiador de placas E-101, el mismo que tendrá la función de enfriar la solución de dextrosa con el fin de alcanzar la temperatura de inoculación (20°C), ingresándolo al fermentador enchaquetado R-101 controlando la temperatura dentro de un rango de 17-22°C durante 15 días, transfiriéndolo hacia un filtro de platos F-101 con ayuda de la bomba centrífuga P-103 para lograr un fermento libre de impurezas.

Después de que se obtiene el fermento y extracto de mango libres de impurezas se los mezclará en el tanque de almacenamiento M-102, llevándola al sistema de carbonatación SC mediante la bomba centrífuga P-104 alcanzando 3 volúmenes de CO<sub>2</sub> disueltos en la bebida, trasladándola al sistema de embotellado SB por medio de la bomba centrífuga P-105 para finalmente ser ingresadas al sistema semiautomático de etiquetado SE, obteniendo así la bebida *Hard Seltzer* como se observa en la figura 3.3. y en la tabla 3.13 se puede revisar la nomenclatura utilizada en la propuesta de diseño.

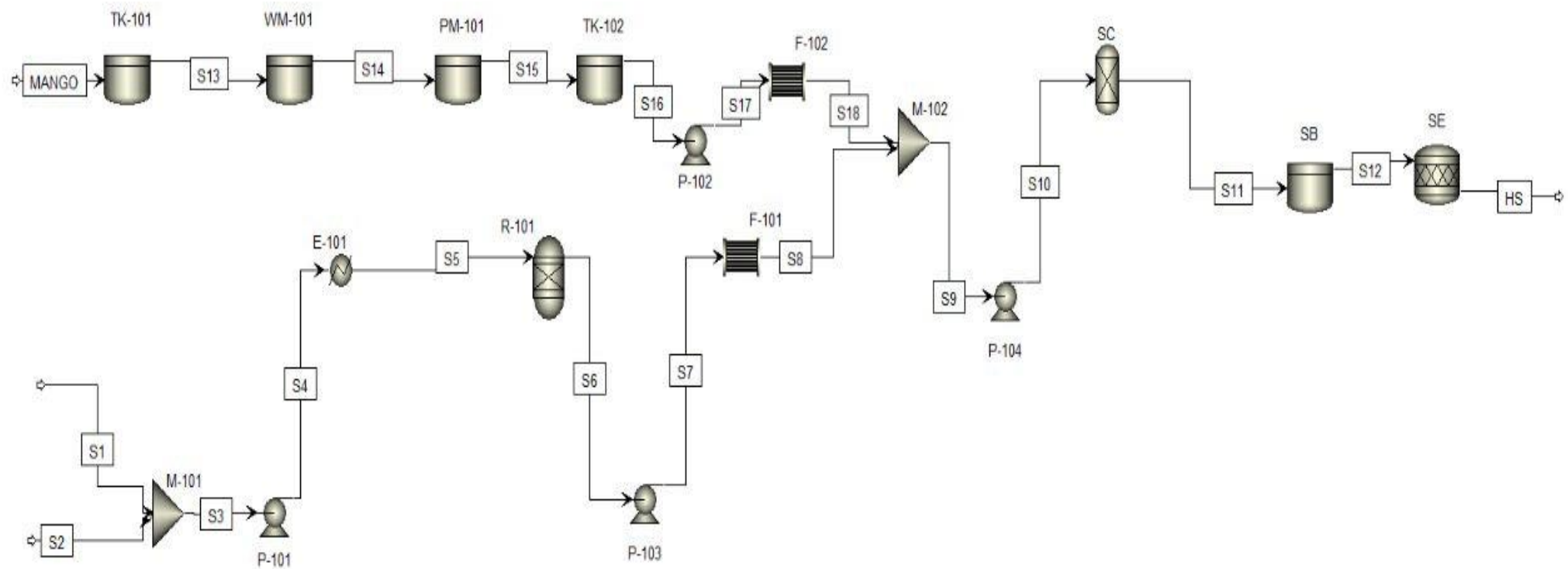


Figura 3.3 Diagrama de flujo de proceso de producción de *Hard Seltzer*

**Tabla 3.13 Nomenclatura de equipos**

<b>Nomenclatura</b>	<b>Descripción</b>
TK-101	Tanque de almacenamiento de materia prima
WM-101	Lavadora de frutas
PM-101	Despulpadora de mango
TK-102	Marmita
F-102	Filtro de platos
M-101	Macerador
P-101	Bomba centrífuga sanitaria
E-101	Intercambiador de calor
P-102	Bomba centrífuga sanitaria
R-101	Fermentador
P-103	Bomba centrífuga sanitaria
F-101	Filtro de platos
M-102	Tanque de almacenamiento
P-104	Bomba centrífuga sanitaria
SC	Sistema de Carbonatación
SB	Sistema de Embotellado
SE	Sistema de Etiquetado

### 3.9 Análisis económico

#### 3.9.1 Coste unitario de producción

El costo mensual de la producción por kilogramo de pulpa de mango utilizada es fundamental para determinar el costo fijo unitario de producción, comprendido por la materia prima, la mano de obra indirecta y los costos indirectos que se presentan durante la producción de la bebida *Hard Seltzer*.

En el lote de producción para el diseño propuesto se necesitan 80 Kg de pulpa de mango, 37,80 Kg de dextrosa y 302,4 L de agua, esto pasa por el proceso de fermentación obteniendo un total de 382 L diarios. Si bien, de manera mensual se espera obtener 11460 L, que se almacenarán dentro de los tanques. Finalmente, se puede decir que es necesario producir 34727 botellas de 330 mL para poder abastecer el inventario de existencias de manera diaria. Adicionalmente, los costos de producción son fundamentales para determinar el costo unitario del producto, donde el principal insumo es la dextrosa, aquella que se cotizó en \$2,80 USD por kilogramo para la cual es necesario utilizar 37,80 Kg de dextrosa y así poder preparar el lote de producción de manera diaria, esto equivale a \$3175 USD mensuales.

Por otro lado, se necesita cubrir los egresos durante el mes de producción, con un total de \$17846 USD. El costo total de producción es fundamental para determinar el costo unitario de este, el cual se obtiene entre el costo total y el número unidades producidas mensualmente (23176), que da como resultado \$0,77 USD.

Ahora bien, según (Cuevas Villegas, 2002) se recomienda vender 3 veces más del costo unitario de producción para obtener ganancias al final de cada mes. De ahí que, el costo de venta al público se establece en \$2,31 USD, esto permite determinar el margen de utilidad bruta, el cual es 66,67% y que se obtuvo utilizando la ecuación 3.6.

$$MU = 1 - \left( \frac{C_{FU}}{P_V} \right)$$

3.6

**Donde:**

MU, margen de utilidad (%)

C<sub>FU</sub>, costo fijo unitario de una botella de 330 mL (\$)

P<sub>V</sub>, precio de venta de una botella de 330 mL (\$)

### 3.9.2 Rentabilidad de la micro planta *Hard Seltzer*

#### 3.9.2.1 Valor actual Neto & Tasa interna de rendimiento

Según (Blank & Tarquin, 2012) establecen que existen dos criterios para determinar si un proyecto de inversión es económicamente viable, los cuales son:

1. “Si,  $TIR \geq TMAR$ , el proyecto de inversión es económicamente viable; por lo tanto, se debe aceptar el proyecto”.
2. “Si,  $TIR < TMAR$ , el proyecto de inversión no es económicamente viable; por lo tanto, se recomienda rechazar el proyecto.”

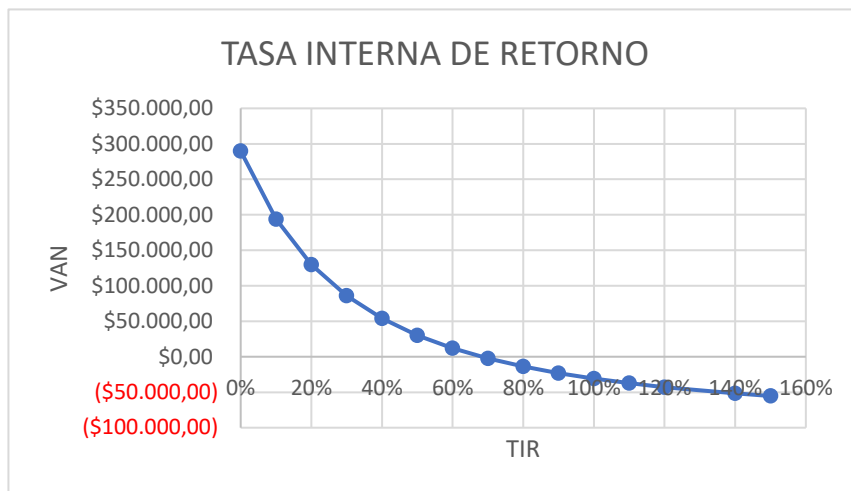
Para ello es necesario determinar los parámetros que forman parte del análisis del valor presente, como se observa en la tabla 3.14:

**Tabla 3.14 Inversión inicial, ingresos anuales, costos anuales, proyección en años y porcentaje de inversión (TMAR)**

Parámetro	Datos
Inversión inicial	\$107783,00
Ingresos anuales	\$269293,92
Costos anuales	\$159012,00
Proyección	5 años
Porcentaje de inversión (TMAR)	25%

Como gestores de proyecto se consideró que es viable recuperar la inversión a 5 años plazo, en donde el porcentaje mínimo a invertir es del 25%.

Si bien, varios parámetros como los ingresos (\$22441,16 USD) y los costos anuales (\$13251 USD) son el resultado durante doce periodos, los cuales equivalen a un año de operación.



**Figura 3.4 VAN vs TIR**

Como se puede visualizar en la figura 3.4, el VAN obtenido fue superior a 0, con un valor de \$188785,96, por ello es factible el proyecto de inversión para el proceso de producción de la *Hard Seltzer*. De igual manera el TIR supera con creces a la tasa TMAR, cumpliendo con los criterios previamente mencionados por (Blank & Tarquin, 2012). Por lo tanto, se pudo determinar que el proyecto de inversión tuvo 99,04% de rentabilidad máxima a invertir, adicionalmente, el tiempo estimado en recuperar el capital equivale a 2 años y medio. Esto se demuestra por medio del VAN calculado anualmente mediante el uso de la ecuación 3.7:

$$A = V_P * \left[ \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}} \right]$$

**3.7**

$$A = \$52\,373,84 \text{ (anuales)}$$

**Donde:**

A, ingreso anual con una venta total de unidades producidas (\$)

V<sub>P</sub>, VAN calculado (\$)

i, porcentaje de inversión (25%)

n, proyección (5 años)

Ahora bien, los resultados del ingreso mensual con una venta total de las unidades producidas, genera una rentabilidad superior, provocando que el proyecto sea económicamente viable.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base al desarrollo del proyecto, metodología empleada respecto al análisis de factibilidad de producción de la bebida *Hard Seltzer* de mango y estudio de su actividad antioxidante, se concluye que:

### 4.1 Conclusiones

- Se determinó que la producción a microescala de la bebida *Hard Seltzer* de mango en base a la propuesta de diseño de planta es factible, debido a la calidad del producto final demostrado en los análisis fisicoquímicos realizados y los indicadores de rentabilidad, siendo estos: el VAN con un valor de \$188785,96 y el TIR con un 99,043%, logrando un tiempo de retorno de inversión de 2 años y medio.
- Se logró desarrollar el proceso de producción de la bebida *Hard Seltzer* de mango a microescala, la misma que se obtuvo por medio de un proceso de fermentación anaeróbica con temperatura y pH controlados. Este proceso se conformó por una serie de etapas que permitieron obtener un producto libre de sabores indeseados, los mismos que se pueden llegar a obtener cuando las condiciones de operación como la temperatura y el pH no son ajustadas al inicio de la fermentación. Se evaluó la calidad del producto final obtenido según la NTE INEN 2262 determinando los parámetros de acidez, pH, contenido de alcohol y contenido de hierro y zinc que posee la bebida *Hard Seltzer* con valores promedio de 0,5073% (m/m), 2,927, 3,867% (v/v), 0,69 y 0,39 mg/mL respectivamente, la cantidad de acidez obtenida se debe al contenido de ácido cítrico en la composición del mango, por esta razón dio lugar a un pH relativamente bajo.
- Se determinó la actividad antioxidante de la bebida *Hard Seltzer* de mango, representada por la cantidad de ácido ascórbico con un valor promedio de 3,964 µg/mL, el cual fue obtenido por medio de un espectrofotómetro UV-visible, siendo la concentración de ácido ascórbico (vitamina C) en la muestra y la absorbancia directamente proporcionales, esto se reflejó en la colorimetría de las muestras donde a medida que incrementaba su concentración, su tonalidad azulada se



intensificaba. Adicionalmente se calculó la cantidad de fenoles presentes en la bebida haciendo uso del reactivo de Folin-Ciocalteu con un valor promedio de 1,558 mg/mL, este valor está en un rango permisible debido a sus propiedades antioxidantes que ayudan al estrés oxidativo y a la prevención de diversas enfermedades.

- Se diseñó una planta a microescala para la producción de la bebida *Hard Seltzer* de mango por medio de un diagrama de flujo de proceso realizado en ASPEN PLUS. Este se valoró con un costo de inversión inicial de \$107783 y un tiempo de recuperación proyectado de 5 años.

## 4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un análisis exhaustivo de los equipos, materia prima, costos fijos y variables que conforman el análisis económico, para la determinación de la factibilidad de la planta a microescala.
- Se sugiere seguir las instrucciones de uso del tipo la levadura a utilizar, ya que las levaduras tipo lager operan normalmente en un rango de temperatura entre 8-12°C y las levaduras tipo ale en un rango entre 17-22°C para obtener una correcta fermentación. Una vez culminada se recomienda reducir al máximo el contacto con el oxígeno ya que la oxidación podría afectar las propiedades organolépticas del producto final.
- Antes de realizar los análisis fisicoquímicos se recomienda desgasificar la muestra de estudio, eliminando el CO<sub>2</sub>, oxígeno y otros gases que llegasen a estar disueltos en la bebida *Hard Seltzer* de mango.
- Se recomienda realizar análisis microbiológicos al producto, con la finalidad de que se cumplan los requisitos establecidos en la NTE INEN 2262 para así asegurar su inocuidad y que pueda ser comercializado en el mercado.
- Calibrar el pH-metro con las respectivas soluciones Buffer 4, 7 y 10 para una correcta lectura de pH en la bebida *Hard Seltzer* de mango, en la determinación acidez total

tener en cuenta la cantidad de indicador y titulante a utilizar para la obtención de un correcto viraje del indicador a un color rosa pálido. Conocer el punto de ebullición del etanol para efectuar un control ajustado de temperatura al momento de realizar la destilación de alcohol contenido en la muestra.

- En cuanto a la determinación de actividad antioxidante y cantidad de fenoles contenidos en la bebida *Hard Seltzer* de mango, se recomienda alcanzar un pH básico según la metodología empleada durante el proceso, adicionalmente tener en cuenta que la experimentación se debe realizar sin exposición a la luz del entorno ya que los reactivos utilizados: 2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazina y Folin-Ciocalteu al estar en contacto con la luz tienen a oxidarse de manera inmediata, lo que podría generar resultados con baja veracidad.

# BIBLIOGRAFÍA

- Ajatta, M. A., Akinola, S. A., Osundahunsi, O. F., & Omoba, O. S. (2021). Effect of roasting on the chemical composition, functional characterisation and antioxidant activities of three varieties of marble vine (*Dioclea reflexa*): An underutilised plant. *Heliyon*, 7(5), 4–5. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07107>
- Álvarez Ochoa, D. X., & Lino Campozano, J. J. (2022). *SISTEMA DE VISIÓN POR COMPUTADORA PARA LA CLASIFICACIÓN DEL MANGO DE EXPORTACIÓN TOMMY ATKINS*.
- Apolinario Quintana, R. E., Rodríguez Donoso, M. G., & Zambrano Mejía, L. M. (2022). LA CADENA DE VALOR DEL MANGO ECUATORIANO Y SU COMPETITIVIDAD INTERNACIONAL. *Compendium*, 24.
- Baird, R. B., Eaton, A. D., & Rice, E. W. (2011). *Standard Methods*. 240–245.
- Banchón Franco, B. L., & Palma Benavides, J. E. (2018). *CUANTIFICACIÓN DE MANGIFERINA EN DIFERENTES VARIEDADES DE MANGO (Mangifera indica L.) DE EXPORTACIÓN EN EL ECUADOR*.
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. In *ANALYTICAL BIOCHEMISTRY* (Vol. 239).
- Blank, L., & Tarquin, A. (2012). *Ingeniería económica*. 332–335.
- Cuevas Villegas, C. F. (2002). Fijación de precios Costo Plus (Costo más margen) y Target Costing (Costeo Objetivo). *ESTUDIOS Gerenciales*, 17–18. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21208301>
- García Martínez, E., Fernández Segovia, I., & Fuentes López, A. (2014). *Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu*.
- González, M. (2017). *Principios de Elaboración de las Cervezas Artesanales* (1st ed.). [www.lulu.com](http://www.lulu.com)
- Gordillo Vinuesa, G. G., Narváez García, A., Aguilar Carrera, J. O., & Sánchez, F. F. (2022). *bebidas alcoholicas base frutales ecuador*. 7, 269–270.
- Guerrero G. (2018). *La producción del mango ecuatoriano*.
- Hough, J. S. (1990). Fermentación, fundamentos del proceso. In *Bioteología de la cerveza y de la malta* (Vol. 14, pp. 133–134).

Martínez Reina, M., & Amado Gonzalez, E. (2011). ÍNDICES DE REFRACCIÓN, DENSIDADES Y PROPIEDADES DERIVADAS DE MEZCLAS BINARIAS DE SOLVENTES HIDROXÍLICOS CON LÍQUIDOS IÓNICOS (1-ETIL-3-METILIMIDAZOLIO ETILSULFATO Y 1-METIL-3-METILIMIDAZOLIO METILSULFATO) DE 298,15 A 318,15 K. *Revista Colombiana de Química*, 40, 251.

Moura Rufino, M. do S., Elesbão Alves, R., Sousa de Brito, E., Maia de Moraes, S., Goes Sampaio, C., Pérez-Jiménez, J., & Saura-Calixto, F. D. (2006). Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP). *Comunicado Técnico*, 2–4.

Nieto Huacón, W. I. (2016). *BEBIDA ALCOHÓLICA TIPO VINO A PARTIR DE LA FERMENTACIÓN ANAERÓBICA DEL MANGO TOMMY ATKINS (Mangifera indica L.) CON EL USO DE DOS EDULCORANTES*.

NTE INEN 2 322. (2002). *Bebidas alcohólicas, cerveza, determinación de alcohol*.

NTE INEN 2 323. (2002). *Bebidas alcohólicas, cerveza, determinación de la acidez total*.

NTE INEN 2 325. (2002). *Bebidas alcohólicas, cerveza, determinación del pH*.

NTE INEN 2262. (2013). *Bebidas alcohólicas, cerveza, requisitos*.

Pachas, J. C. (2019). *Contenido de Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cervezas artesanales e industriales*. 29–31.

Palomino G, L. R., García P, C. M., Gil G, J. H., Rojano, B. A., & Durango R, D. L. (2009). DETERMINATION OF PHENOLIC CONTENT AND EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PROPOLIS FROM ANTIOQUIA (COLOMBIA). *Vitae*, 16, 389–391.

Prevedello, M. T., & Comachio, G. (2021). Antioxidantes e sua relação com os radicais livres, e Doenças Crônicas Não Transmissíveis: uma revisão de literatura / Antioxidants and their relationship with free radicals, and Chronic Non communicable Diseases: a literature review. *Brazilian Journal of Development*, 7(6), 55244–55285. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-096>

Quintero, V. C., Giraldo, G. G., Lucas, J. A., & Vasco, J. L. (2013). *CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL MANGO COMUN (Mangifera indica L.) DURANTE SU PROCESO DE MADURACIÓN*.

Rodríguez Magallanes, W. G. (2015). *LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL MANGO EN EL CANTÓN PALESTINA PROVINCIA DEL GUAYAS: SU*

INCIDENCIA EN EL SUBEMPLEO. PERIODO 2010-2014.

www.ug.edu.ecnandramo@hotmail.com

Serra Cuenca, A. (2021). *PLAN DE NEGOCIO DESTINADO A LA PRODUCCIÓN ARTESANAL DE “HARD SELTZERS”, BEBIDA CARBONATADA Y SABORIZADA CON BAJO CONTENIDO EN ALCOHOL.*

Urías Orono, V., Martínez Ávila, G. C. G., Rojas Molina, R., & Niño Medina, G. (2020). *Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en bebidas comerciales de consumo frecuente en términos de tamaño de porción.* 30–33.

Wall-Medrano, A., Olivas-Aguirre, F. J., Velderrain-Rodríguez, G. R., González-Aguilar, A., de La Rosa, L. A., López-Díaz, J. A., & Álvarez-Parrilla, E. (2014). El mango: Aspectos agroindustriales, valor nutricional/funcional y efectos en la salud. In *Nutricion Hospitalaria* (Vol. 31, Issue 1, pp. 55–66). Grupo Aula Medica S.A. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7701>

# APÉNDICE

## APÉNDICE A

### Presión de carbonatación (psi)

	Volúmenes de CO <sub>2</sub>					
°C	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
0	3,5	5,4	7,3	9,2	11,0	12,9
1	4,2	6,2	8,1	10,1	12,0	14,0
2	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0
3	5,7	7,8	9,9	12,0	14,0	16,1
4	6,5	8,6	10,8	12,9	15,1	17,2
5	7,3	9,5	11,7	13,9	16,1	18,3
6	8,1	10,3	12,6	14,9	17,1	19,4
7	8,8	11,2	13,5	15,8	18,2	20,5
8	9,6	12,0	14,4	16,8	19,2	21,6
9	10,4	12,9	15,4	17,8	20,3	22,7
10	11,3	13,8	16,3	18,8	21,3	23,8
11	12,1	14,7	17,2	19,8	22,4	25,0
12	12,9	15,6	18,2	20,8	23,5	26,1
13	13,7	16,4	19,2	21,9	24,5	27,2
14	14,6	17,4	20,1	22,9	25,6	28,4
15	15,4	18,3	21,1	23,9	26,7	29,6
16	16,3	19,2	22,1	25,0	27,8	30,7
17	17,1	20,1	23,1	26,0	29,0	31,9
18	18,0	21,0	24,1	27,1	30,1	33,1
19	18,9	22,0	25,1	28,1	31,2	34,3
20	19,8	22,9	26,1	29,2	32,4	35,5

## APÉNDICE B

### Densidades Pre y Post fermentación

#### Apéndice B.1. Densidad de la disolución de dextrosa pre-fermentación

<b>Propiedad física</b>	<b>Valor (g/mL)</b>	<b>Densidad promedio (g/mL)</b>	<b>Desviación estándar</b>
Densidad 1	1040	1040	1,633
Densidad 2	1038		
Densidad 3	1042		

#### Apéndice B.2 Densidad de la disolución de dextrosa post-fermentación

<b>Propiedad física</b>	<b>Valor (g/mL)</b>	<b>Densidad promedio(g/mL)</b>	<b>Desviación estándar</b>
Densidad 1	1011	1011	0,8165
Densidad 2	1012		
Densidad 3	1010		

## APÉNDICE C

### Factores de rentabilidad: VAN y TIR

**VAN:**

$$VAN = -Costo\ inicial + \frac{f1}{(1+i)^1} + \frac{f2}{(1+i)^2} + \frac{f3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{fn}{(1+i)^n}$$

$$VAN = -107\ 783,00 + \frac{110\ 281,92}{(1+25\%)^1} + \frac{110\ 281,92}{(1+25\%)^2} + \frac{110\ 281,92}{(1+25\%)^3} + \frac{110\ 281,92}{(1+25\%)^4} + \frac{110\ 281,92}{(1+25\%)^5}$$

$$VAN = \$188\ 785,96$$

**TIR:**

$$0 = -Costo\ inicial + \frac{f1}{(1+TIR)^1} + \frac{f2}{(1+TIR)^2} + \frac{f3}{(1+TIR)^3} + \dots + \frac{fn}{(1+TIR)^n}$$

$$0 = -107\ 783,00 + \frac{110\ 281,92}{(1+TIR)^1} + \frac{110\ 281,92}{(1+TIR)^2} + \frac{110\ 281,92}{(1+TIR)^3} + \frac{110\ 281,92}{(1+TIR)^4} + \frac{110\ 281,92}{(1+TIR)^5}$$

$$TIR = 99,043\%$$



## APÉNDICE D

### Apéndice D.1. Proyección en años del flujo de efectivo

Parámetros	Años					
	0	1	2	3	4	5
Inversión Inicial	\$-107.783,00					
Ingreso anual		\$269.293,92	\$269.293,92	\$269.293,92	\$269.293,92	\$269.293,92
Costo anual		\$-159.012,00	\$-159.012,00	\$-159.012,00	\$-159.012,00	\$-159.012,00
<b>Flujo de Efectivo</b>	\$-107.783,00	\$110.281,92	\$110.281,92	\$110.281,92	\$110.281,92	\$110.281,92

### Apéndice D.2. Proyección en años del flujo de efectivo en el punto de equilibrio

Parámetros	Años					
	0	1	2	3	4	5
Inversión Inicial	\$-107.783,00					
Ingreso anual		\$238.518,00	\$238.518,00	\$238.518,00	\$238.518,00	\$238.518,00
Costo anual		\$-159.012,00	\$-159.012,00	\$-159.012,00	\$-159.012,00	\$-159.012,00
<b>Flujo de Efectivo</b>	\$-107.783,00	\$79.506,00	\$79.506,00	\$79.506,00	\$79.506,00	\$79.506,00

# ANEXOS



Anexo 1. Desgasificación de la bebida *Hard Seltzer*



Anexo 2. Centrifugación de las soluciones estándares y muestras la bebida (parte del proceso de la Determinación de actividad antioxidante y cantidad de fenoles)



**Anexo 3. Desarrollo de la metodología para la determinación de fenoles presentes en la bebida.**



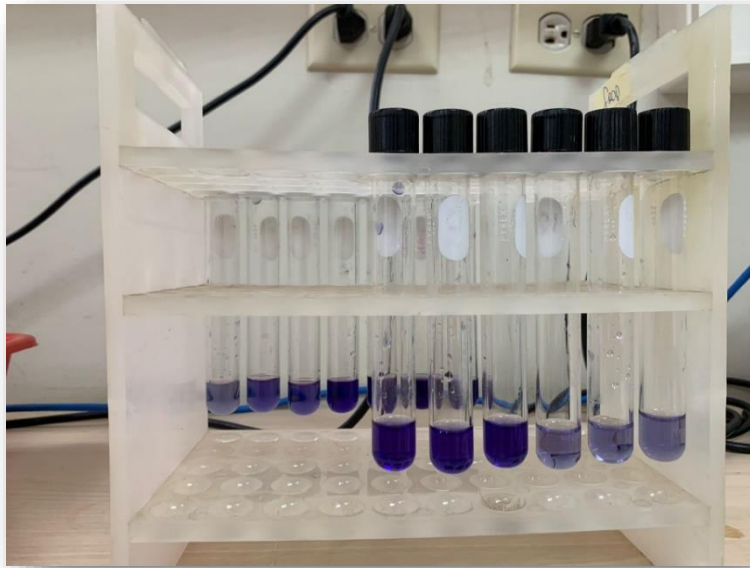
**Anexo 4. Colorimetría obtenida de una solución estándar de ácido gálico.**



**Anexo 5. Desarrollo de la metodología para la determinación de la actividad antioxidante presente en la bebida *Hard Seltzer*.**



**Anexo 6. Equipo espectrofotómetro UV-visible ubicado en laboratorio LAQUINS, usado para las lecturas de las curvas de calibración en la determinación de actividad antioxidante y fenoles en la bebida.**



**Anexo 7. Colorimetría obtenida de las soluciones estándares de ácido ascórbico.**



**Anexo 8. Medición de actividad antioxidante y cantidad de fenoles en la bebida *Hard Seltzer* mediante el uso de espectrofotómetro UV- visible**



**Anexo 9. Etiqueta propuesta de la bebida *Hard Seltzer***