



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FERMENTADOR PARA
OBTENCIÓN DE VINO A PARTIR DE POMARROSA**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTORES: LUIS DAVID MAZA SARANGO

BRYAN ISRAEL RUIZ CARRERA

DIRECTOR: Ing. PAÚL GUSTAVO PALMAY PAREDES

Riobamba - Ecuador

2023

©2023, Luis David Maza Sarango & Bryan Israel Ruiz Carrera

Se autoriza la reproducción parcial o total, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de autor.

Nosotros, Luis David Maza Sarango y Bryan Israel Ruiz Carrera, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 12 de junio del 2023






Luis David Maza Sarango
C.I. 210098508-0



Bryan Israel Ruiz Carrera
C.I. 0604528810

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FERMENTADOR PARA OBTENCIÓN DE VINO A PARTIR DE POMARROSA**, realizado por los señores: **LUIS DAVID MAZA SARANGO** y **BRYAN ISRAEL RUIZ CARRERA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Katherine Gissel Tixi Gallegos, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-06-12
Ing. Paúl Gustavo Palmay Paredes, MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-12
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas, MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-12

DEDICATORIA

A mis padres, María y Gustavo, por el amor, apoyo y perseverancia en el arduo trabajo con el que han construido un hermoso hogar fomentado en valores morales y éticos los mismos que me han acompañado y permitido crecer como persona y ahora como un profesional. A mis hermanos quien me han servido de ejemplo de superación y siempre han estado a mi lado siendo un pilar fundamental en mi vida.

Bryan

Este trabajo de titulación lo dedico a mis padres, Luis y Lucia, por siempre creer en mis sueños y dedicarme su inconmensurable esfuerzo, apoyo incondicional, guiándome siempre con valores morales y éticos que me han permitido crecer como persona y ahora como profesional. A mis hermanas Estefanía, Mayra y Vanessa quienes siempre han estado a mi lado representando un pilar importante en mi vida, y a todas las personas que formaron parte de alguna manera de todo mi caminar académico.

David

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarnos en cada momento de nuestra vida. A los ingenieros Paúl Palmay y Marco Chuiza, quienes brindaron todo su conocimiento, paciencia y tiempo para que se cumpla con todo éxito, su dedicación y esfuerzo no solo como guías del presente trabajo, sino como docentes y amigos, siendo una gran fuente de inspiración personal y profesional. A la Ing. Carla Haro y Erika Cazorla técnicas docente del Laboratorio de Procesos Industriales por su guía, apoyo y asesoramiento en el desarrollo de este trabajo de Integración Curricular.

David & Bryan

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Localización del proyecto.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2. <i>Objetivo específico</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes de investigación.....	5
2.2. Referencias Teóricas.....	5
2.2.1. <i>Pomarrosa</i>	5
2.2.2. <i>Vino</i>	6
2.2.3. <i>Tipos de vinos</i>	7
2.2.4. <i>Fermentación</i>	8
2.2.5. <i>Factores determinantes en el proceso de Fermentación</i>	8
2.2.6. <i>Microorganismos</i>	9
2.2.7. <i>Levaduras</i>	10
2.2.8. <i>Reacción en la fermentación</i>	10
2.2.9. <i>Fermentador</i>	11
2.2.10. <i>Tipos de fermentadores</i>	11
2.2.11. <i>Acero inoxidable 316</i>	12
2.2.12. <i>Código ASME</i>	13

2.2.13.	<i>Número de Nusselt (Nu)</i>	13
2.2.14.	<i>Número de Prandtl (Pr)</i>	13

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	14
3.1.	Metodología General	14
3.2.	Recolección y acondicionamiento de la fruta	15
3.2.1.	<i>Recolección de la fruta (pomarrosa)</i>	15
3.2.2.	<i>Selección de la fruta</i>	15
3.2.3.	<i>Muestreo</i>	15
3.2.4.	<i>Preservación de la fruta</i>	16
3.3.	Caracterización fisicoquímica de la materia prima	16
3.3.1.	<i>Caracterización organoléptica</i>	16
3.3.2.	<i>Determinación del pH</i>	17
3.3.3.	<i>Determinación de los grados brix</i>	18
3.3.4.	<i>Determinación de humedad</i>	19
3.3.5.	<i>Determinación de la densidad</i>	20
3.3.6.	<i>Determinación de los azúcares totales</i>	21
3.4.	Obtención experimental del vino	22
3.4.1.	<i>Construcción del fermentador artesanal</i>	23
3.4.2.	<i>Descripción de las materias primas utilizadas para la elaboración del vino</i>	24
3.4.3.	<i>Diagrama experimental de la elaboración del vino</i>	25
3.4.4.	<i>Descripción del proceso de elaboración del vino de pomarrosa</i>	25
3.4.5.	<i>Variables de diseño y operación para la fermentación del vino</i>	29
3.5.	Diseño del equipo	29
3.5.1.	<i>Selección del material para el fermentador</i>	29
3.5.2.	<i>Dimensionamiento del fermentador</i>	31
3.6.	Balance de materia y energía	35

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	42
4.1	Resultados	42
4.1.1	<i>Caracterización organoléptica de la pomarrosa</i>	42
4.1.2.	<i>Evaluación sensorial de la pomarrosa</i>	42
4.1.3.	<i>Datos experimentales</i>	44

4.1.4.	<i>Caracterización fisicoquímica de la fruta (pomarroza)</i>	47
4.1.4.	<i>Diseño del equipo</i>	47
4.1.5.	<i>Resultados del diseño del equipo</i>	52
4.1.6.	<i>Accesorios del fermentador</i>	52
4.1.7.	<i>Control de temperatura</i>	53
4.1.8	<i>Balance de materia y energía</i>	53
4.1.8	<i>Curva experimental</i>	66
4.1.9.	<i>Rendimiento del fermentador artesanal y del equipo</i>	67
4.1.10.	<i>Validación del vino obtenido</i>	68
4.1.11.	<i>Análisis microbiológico del vino obtenido</i>	68
4.2.	<i>Análisis de costos del proyecto</i>	68
4.2.1	<i>Costo de la materia prima en la elaboración del vino</i>	68
4.2.2.	<i>Costo de botellas de cristal ámbar para almacenar el vino</i>	69
4.2.3.	<i>Costo de la construcción del fermentador</i>	69
4.2.4.	<i>Costo del control de temperatura</i>	70
4.3	<i>Análisis de resultados</i>	71
4.3.1.	<i>Caracterización de la pomarroza</i>	71
4.3.2	<i>Diseño del fermentador</i>	72
4.3.3.	<i>En la obtención del vino</i>	73
 CONCLUSIONES		 74
RECOMENDACIONES		42
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Coordenadas de laboratorio de Procesos Industriales - ESPOCH.....	3
Tabla 3-1:	Análisis sensorial de la pomarrosa	17
Tabla 3-2:	Materiales y equipos utilizados.	22
Tabla 3-3:	Descripción de materias primas.....	24
Tabla 3-4:	VARIABLES de diseño y operación.....	29
Tabla 3-5:	Materiales de acuerdo con el servicio.....	30
Tabla 3-6:	Bocas necesarias según el diámetro.....	34
Tabla 4-1:	Resultados de la caracterización organoléptica de la fruta.....	42
Tabla 4-2:	Resultados detallados de la evaluación edónica	42
Tabla 4-3:	Resumen de la evaluación hedónica.....	43
Tabla 4-4:	Resultados por lectura en el refractómetro	44
Tabla 4-5:	Datos obtenidos para el análisis de la densidad.....	45
Tabla 4-6:	Resultados por triplicado de la densidad	45
Tabla 4-7:	Resultados para el análisis de la humedad.....	45
Tabla 4-8:	Resultados de las repeticiones	46
Tabla 4-9:	Datos obtenidos en el mondado.....	46
Tabla 4-10:	Datos del rendimiento en el mondado	46
Tabla 4-11:	Resultados de la caracterización fisicoquímica de la pomarrosa.....	47
Tabla 4-12:	Propiedades físicas del acero.....	47
Tabla 4-13:	Propiedades mecánicas del acero	48
Tabla 4-14:	Resultados del diseño del equipo	52
Tabla 4-15:	Accesorios del equipo.....	52
Tabla 4-16:	Materiales para el control de temperatura	53
Tabla 4-17:	Datos obtenidos de grados Brix durante la fermentación.....	66
Tabla 4-18:	Resultados de rendimientos.....	67
Tabla 4-19:	Resultados del análisis fisicoquímico del vino.....	68
Tabla 4-20:	Resultados del análisis microbiológico del vino	68
Tabla 4-21:	Costo de la materia prima.....	68
Tabla 4-22:	Costo de botellas para envasado.....	69
Tabla 4-23:	Costo de producción total del vino	69
Tabla 4-24:	Costo de construcción del equipo	69
Tabla 4-25:	Costo del control de temperatura.....	70
Tabla 4-26:	Costo total del equipo de fermentación	70

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Ubicación del laboratorio.....	4
Ilustración 2-1:	Pomarrosa	6
Ilustración 3-1:	Metodología general del diseño y construcción del equipo.....	14
Ilustración 3-2:	Referencias de muestra para frutas al granel	16
Ilustración 3-3:	Elaboración del fermentador artesanal.....	23
Ilustración 3-4:	Diagrama de elaboración del vino	25
Ilustración 3-5:	Elipsoide	31
Ilustración 3-6:	Tipos de soldadura para boquillas.....	34
Ilustración 4-1:	Gráficas de evaluación edónica	44
Ilustración 4-2:	Gráfica Tiempo vs °Brix	67
Ilustración 4-3:	Gráfica Tiempo vs Densidad	67

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ACONDICIONAMIENTO DE LA FRUTA
- ANEXO B:** PRESERVACIÓN DE LA FRUTA
- ANEXO C:** PRUEBAS FÍSICOQUÍMICAS
- ANEXO D:** PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS (CONTINUACIÓN)
- ANEXO E:** PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS (CONTINUACIÓN)
- ANEXO F:** ELABORACIÓN DEL VINO
- ANEXO G:** ELABORACIÓN DEL VINO (CONTINUACIÓN)
- ANEXO H:** DISEÑO FINAL DEL EQUIPO
- ANEXO I:** DISEÑO FINAL DEL EQUIPO Y VALIDACIÓN
- ANEXO J:** DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL EQUIPO
- ANEXO K:** ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA VALIDACIÓN DEL VINO

RESUMEN

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo no existe trabajos acerca de obtención de vino a partir de pomarrosa, además, dentro del laboratorio de procesos industriales, no se cuenta con un equipo técnico que cumpla con estándares de calidad enfocado en producción enológica, por tanto, el objetivo del presente trabajo fue diseñar y construir un fermentador para la obtención de vino a partir de pomarrosa, materia prima poco utilizada en el Ecuador. La metodología desarrollada inició con la recolección, selección y muestreo de la fruta; a la cual se realizó su caracterización fisicoquímica (pH, grados Brix, humedad, densidad y azúcares totales); para la obtención experimental del vino se construyó un fermentador artesanal, determinando el diagrama de elaboración; para el diseño del equipo, se realizó su respectivo dimensionamiento, balance de masa y energía, y la validación del mismo. A través de esta metodología los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica a una temperatura de 20°C (temperatura ambiente), fue un pH de 3,79, densidad de 1,026g/ml, 6,93 °Brix, azucares totales 6% en peso y humedad 91,86%; en la obtención del vino la temperatura ideal de fermentación fue de 28 °C, el tiempo de fermentación fue de 12 días, el mosto con un pH de 3,97, densidad 1,08 g/ml y 22 °Brix. En conclusión, se diseñó y construyó un fermentador para la obtención de vino a partir de pomarrosa, en acero inoxidable 316 con una capacidad para 40 litros; se caracterizó la materia prima, evaluando parámetros organolépticos como olor, color, sabor y textura, teniendo gran aceptabilidad, así mismo en la caracterización fisicoquímica se evaluó pH, densidad, °Brix, azucares totales y humedad, encontrándose todos los valores dentro de los parámetros de referencia bibliográficos. Finalmente, con el análisis microbiológico realizado al vino obtenido, se determinó su calidad concluyendo que es apto para el consumo humano.

Palabras clave: <POMARROSA (*Syzygium Malaccense*) >, <VINO>, <FERMENTACIÓN>, <DISEÑO DE EQUIPO>, <ENOLOGÍA>, <PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS>.

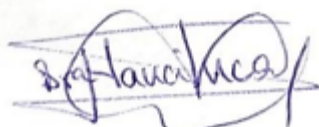
1650-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

At the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo there is no work on the production of wine from pomarrosa, in addition, within the laboratory of industrial processes, there is no technical equipment that meets quality standards focused on oenological production, therefore, the objective of this work was to design and build a fermenter for the production of wine from pomarrosa, a raw material little used in Ecuador. The methodology developed began with the collection, selection and sampling of the fruit, which underwent physicochemical characterization (pH, Brix degrees, humidity, density and total sugars); for the experimental production of the wine, an artisanal fermenter was built, determining the elaboration diagram; for the design of the equipment, its respective sizing, mass and energy balance, and its validation were carried out. Through this methodology, the results obtained in the physicochemical characterization at a temperature of 20°C (room temperature) were a pH of 3.79, density of 1.026 g/ml, 6.93 °Brix, total sugars 6% by weight and humidity 91.86%; in obtaining the wine, the ideal fermentation temperature was 28°C, the fermentation time was 12 days, the must had a pH of 3.97, density 1.08 g/ml and 22 °Brix. In conclusion, a fermenter was designed and built to obtain wine from pomarrosa, in 316 stainless steel with a capacity of 40 liters; the raw material was characterized, evaluating organoleptic parameters such as odor, color, flavor and texture, having great acceptability, likewise in the physicochemical characterization pH, density, °Brix, total sugars and humidity were evaluated, finding all values within the bibliographic reference parameters. Finally, the microbiological analysis of the wine obtained determined its quality, concluding that it is suitable for human consumption.

Key words: <POMARROSA (Syzygium Malaccense) >, <WINE>, <FERMENTATION>, <TEAM DESIGN>, <ENOLOGY>, <ORGANOLEPTIC PARAMETERS>.



Dra. Nanci M. Inca Ch.

C.I. 0602926719

INTRODUCCIÓN

La *Syzygium malaccense*, comúnmente conocida como pomarrosa o pera de agua, es un fruto obtenido de un árbol que tiene su procedencia del sudeste asiático y pertenece a la familia Myrtaceae (plantas cítricas y aromáticas). No se conoce a ciencia cierta cuando llegó esta fruta al Ecuador, aun así, se presume que la misma arribó desde el siglo XX, y se prolongado por casi todo nuestro territorio, en donde deben existir ciertas condiciones como lugares húmedos, con altitudes bajas, medias y altas sobre el nivel del mar.

El aprovechamiento de esta fruta como materia prima para la elaboración de algún producto es muy escasa en el país y así es que existe un enorme desperdicio en épocas en las cuales la cosecha de esta es abundante, pocas industrias ecuatorianas son las que aprovechan las características de esta fruta para la elaboración ya sea de bebidas o para mermeladas. El poco conocimiento acerca de la *Syzygium malaccense* limita a verla como una materia prima y de esta manera aprovechar sus características, recientemente se han realizado estudios que demuestran que la pomarrosa tiene una gran aceptabilidad de sus condiciones de obtener bebidas alcohólicas esto debido a los buenos niveles de azúcar que tiene la fruta, este es un factor que ayuda a los procesos fermentativos ya sea para la producción de alcohol etílico o para la elaboración de vinos, actualmente existe una empresa privada en la ciudad de Loja que se dedica a la producción de vinos de la misma, siendo así una de las pioneras que están aprovechando las características que nos puede ofrecer esta fruta tropical.

El presente trabajo busca la forma de incentivar el aprovechamiento de la pomarrosa analizando las necesidades de los laboratorios de la carrera de Ingeniería Química de la ESPOCH, puesto que los mismos en su historia solo cuentan con un fermentador de cerveza, por tal motivo se busca implementar un equipo que ayude a los estudiantes a entender cómo se lleva a cabo los procesos fermentativos para la elaboración de vinos y que mejor aprovechando la producción de una fruta que en el país actualmente no es muy estudiada y que por temporadas genera mucho desperdicio, el proyecto ayuda a los estudiantes a tener ideas de emprendimientos en donde se puedan aplicar los procesos aprendidos durante la carrera de Ingeniería Química.

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El Ecuador cuenta con una diversidad única en el mundo, la cual nos permite disfrutar de una variedad rica en fauna y flora. Dentro de su diversidad, podemos encontrar una fruta poco conocida, la *Syzygium malaccense*, conocida también como pomarrosa o pera de agua. Esta fruta es originaria del sureste de Asia, siendo introducida en nuestro país en algunas provincias de la costa, y especialmente en el oriente ecuatoriano.

En nuestro país, existe poca información de esta fruta. Se ha realizado escasos estudios y por ende el desconocimiento de los beneficios que puede aportar. No se tiene una comercialización amplia de esta; esto se lo puedo evidenciar en época de cosecha ya que la gran mayoría de fruta cae al suelo desperdiciándose en grandes cantidades, debido a que el consumo de la pomarrosa se lo realiza aún en ambientes familiares y no comerciales (Patiño, 2021 págs. 2-5).

Como sabemos el vino es una de las bebidas más antiguas conocidas por el hombre, y es muy utilizada en diferentes celebraciones, días festivos o fechas especiales. En el Ecuador el tamaño total del mercado del vino viene creciendo, en términos de volumen, un 62,54% de 2016 a 2017 y un 24,93% de 2017 a 2018 (Arrien, 2019 pág. 3). Por lo general es muy común, al escuchar vino hacer referencia a la uva, que es la principal materia prima en todo el mundo, pero vino de otras frutas, como la pomarrosa es escasamente escuchado hoy en día. Es una actividad incipiente, y en el Ecuador por lo general se lo viene realizando de forma artesanal. Esto lo podemos evidenciar en el emprendimiento “Boca Dulce”, que pese a la sobreproducción que se da de pomarrosa en el oriente ecuatoriano, en época de cosecha solamente se obtiene 100 botellas de vino, desperdiciándose gran cantidad de fruta.

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo no se ha realizado trabajos acerca de la obtención de vino a partir de la pomarrosa, además, dentro del laboratorio de procesos industriales de la facultad de Ciencias, se realiza diferentes tipos de prácticas, ya sea con los estudiantes a lo largo de la malla curricular o para proyectos de investigación. Estas practicas por lo general están enfocadas en la obtención de productos como manjar, jabón, obtención de aceites esenciales, entre otros. Pero para el estudio del proceso de fermentación alcohólica no se cuenta con un equipo técnico en óptimas condiciones que cumpla con estándares de calidad enfocado en la producción enológica.

1.2. Justificación

El gobierno nacional ha venido impulsando en los últimos años, el cambio de matriz productiva, buscando materias primas no tradicionales que puedan convertirse en un producto sostenible y potencialmente comercial en el tiempo (Macias, y otros, 2017 pág. 86).

Apoyándonos en estos principios, y buscando ampliar las alternativas de prácticas y trabajos de investigación que se desarrollan dentro del laboratorio de procesos industriales, hemos visto la necesidad del presente trabajo de titulación, el cual consiste en el diseño y construcción de un fermentador para la obtención de vino de pomarrosa, el cual cumpla con altos estándares de calidad y rendimiento.

A través del diseño y construcción del equipo propuesto se tendrán beneficios directos en la comunidad politécnica, influyendo en la enseñanza directa de los estudiantes de la Facultad de Ciencias, así como de otras facultades. Fortaleciendo el estudio de los procesos de la fermentación alcohólica y abriendo la posibilidad de diversas investigaciones posteriores e inclusive emprendimientos propios para la comercialización del vino. Cabe mencionar que el proceso de fermentación alcohólica se lo puede realizar sin equipo técnico ni instrumentos de precisión, pero esto conlleva baja calidad en el producto y mayor tiempo de fermentación, lo que no nos permitiría obtener el mayor rendimiento posible en el proceso. Es por esto que el equipo propuesto contará con un sistema de control de temperatura, que permita realizar dicho proceso en óptimas condiciones y por ende obtener un vino de buena calidad.

Es importante recalcar que el desarrollo de este trabajo de titulación nos ayudará a fortalecer las destrezas para el diseño del equipo propuesto, llevando la parte teórica a la práctica, permitiéndonos determinar las condiciones óptimas para el fermentador a partir de los respectivos cálculos y experimentación en el laboratorio.

1.3. Localización del proyecto

El presente proyecto técnico será realizado en el Laboratorio de Procesos Industriales perteneciente a la Facultad de Ciencias, el mismo que se encuentra ubicado en la Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba – Ecuador, sede matriz de la ESPOCH de la provincia de Chimborazo.

Tabla 1-1: Coordenadas de laboratorio de Procesos Industriales - ESPOCH

Latitud	1°39'29"S
Longitud	78°40'35"O
Altura	2850 m. s. n. m.

Fuente: Google Maps, 2022.



Ilustración 1-1: Ubicación del laboratorio

Fuente: Google Maps, 2022.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

- Diseñar y construir un fermentador para la obtención de vino a partir de pomarrosa.

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Caracterizar la materia prima de pomarrosa para verificar que se encuentre en condiciones idóneas para la obtención de vino.
- Determinar las variables de diseño del equipo a partir de experimentación a nivel de laboratorio.
- Validar técnicamente el funcionamiento del equipo.
- Implementar el fermentador en el laboratorio de procesos industriales de la Facultad de Ciencias.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

(Patiño, 2021 págs. 77-80) optimizó el proceso para la obtención de pectina que se encuentra en la pomarrosa, lo cual lo realizó mediante una hidrólisis ácida, manejando diferentes factores que influyeron en el proceso como el estado de madurez de la fruta, dos tipos de ácidos (cítrico y tartárico) y 3 variaciones de pH, dando como resultado 12 muestras de las cuales mediante la utilización del análisis de varianza anova, se determinó que el tratamiento más óptimo era el 9, que se lo desarrollo utilizando fruta en estado verde, con ácido cítrico y un pH de 3 y una temperatura de solubilidad ácida de 85 °C, obteniendo un rendimiento de pectina del $20.63 \pm 0.56\%$.

(Aranda, y otros, 2019 págs. 2-7) analizaron el potencial de azucres fermentables que se encuentran presentes en la pomarrosa para obtener bioetanol de una manera alternativa, evaluando diferentes factores como el pH y la concentración de sustrato en diferentes grados Brix, obteniendo como resultados que el mejor rendimiento se lo alcanzaba al contar con un pH inicial de 3, y una concentración de 18°brix.

(Mora, 2014 pág. 103) obtuvo modelos cinéticos de la fermentación alcohólica del zumo de pomarrosa, en la cual se mantuvo constante la temperatura, pero se varió factores como el pH, concentración de sustrato (° Brix) y el porcentaje de levadura, obteniendo como resultados que las condiciones más ideales para tener un buen rendimiento son de: concentración de sustrato: 22° brix, 3,5% de levadura y pH = 3,5. Así mismo comprobaron que los procedimientos fermentativos realizados en un biorreactor brindaron mayor rendimiento con las mismas condiciones, que los procedimientos realizados en los fermentadores construidos manualmente.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Pomarrosa

Es una fruta amazónica proveniente de la india que luego su cultivo se fue acentuado en centro américa, su nombre científico es *Syzygium malaccense*, en el Ecuador comúnmente se la conoce como manzana de agua, es una fruta exótica que se usa para diferentes fines como la elaboración de jugos, mermeladas, e incluso últimamente en la elaboración de vino, todo esto debido a que

posee excelentes valores nutricionales, la *Syzygium malaccense* posee hasta el 11% de azúcares presentes, lo que la hace una fruta aceptable para la elaboración de vino, pocas industrias en el país están probando a esta fruta como materia prima en la elaboración de los mismos, a esto se le suma que tiene un olor característico a rosas lo que le hace atractivo al sentido del olfato y su sabor dulce lo que le hace agradable al gusto (Mora, 2014 pág. 103).



Ilustración 2-1: Pomarrosa

Fuente: (Mora, 2014 pág. 103)

2.2.2. Vino

Es una bebida que sufre una transformación desde un mosto de algunas frutas en una que contenga niveles alcohólicos, esto sucede por la acción metabólica que desarrollan las levaduras, produciéndose el cambio de azúcares naturales en etanol y dióxido de carbono en estado gaseoso. La aceptación de un vino la definen algunos factores como: la calidad de su materia prima, la estacionalidad, el control de sus procesos fermentativos, la tecnología empleada para su elaboración y finalmente su aroma y sabor (Coronel, 2008 p. 19).

➤ Factores determinantes del vino

Se debe tener en cuenta ciertos factores para una eficiente producción del vino, estos son parámetros que limitarán a que su elaboración sea un éxito o un fracaso. Se habla de acidez y concentración del azúcar en las frutas, pues juegan un papel determinante ya que la primera permite el desarrollo de las funciones elementales de las levaduras teniendo un crecimiento óptimo cuando estos se encuentran a valores aproximados del 0,55% (un pH aproximado a 3,2) , mientras que la concentración del azúcar determinará la estabilidad antiséptica (control de la población de levaduras) y el grado alcohólico que tendrá el mismo, estos valores se encuentran entre el 20-22%, al realizar el control de estos dos factores se asegura que la producción de etanol en el mismo sea la más óptima entre el 12-14% (Coronel, 2008 pág. 21).

➤ **Índice de Factibilidad Enológica (IFE)**

Es la relación existente entre (el índice de acidez/contenido de azúcar), para esto se toma de referencia a la uva para determinar si alguna fruta tiene un grado de similitud respecto al punto de vista de la fermentación en la producción de vino.

La ecuación viene dada por:

$$IFE = 36 (\% Az + \% Ac)$$

donde:

% Az = porcentaje de azúcar

% Ac = porcentaje de acidez

36 = relación (azúcar/acidez) uva es la óptima para la fermentación

Cuanto más se aproxime el valor de este índice a 740, mayor es la similitud con la uva analizada desde el punto de vista de la fermentación adecuada para la producción de un vino (Paramo, 2006 págs. 1-6).

2.2.3. Tipos de vinos

Vino tinto: Resultado de una fermentación con tendencia hidroalcohólica ácida, en la cual el mosto presenta características como:

- Edad joven, del año de la cosecha al menos 6 meses se lo embotella.
- Contenido de azúcar seco, entendido en el intervalo de (0 a 5 gr/L).

Vinos blancos: Basta variedad en su presentación, aroma y sabor, presentando características como:

- Tipo: espumosos, secos y semi secos, afrutados, dulces, rancios.
- Más de 24 meses de maduración, de los cuales al menos 6 meses en barrica y el restante embotellado.
- Contenido de azúcar abocados, entendido en el intervalo de (5 a 15 gr/L).

Vino Rosado: Característicos por tener poca o nula maceración, presentado en su concentración ácido málico, con las siguientes propiedades:

- Color, intermedio entre un tinto y blanco.

- Más de 36 meses de maduración, de los cuales al menos 12 meses en barrica y el restante embotellado.
- Contenido de azúcar semisecos, entendido en el intervalo de (15 a 30 gr/L).

Vinos Fortificados: Desarrollados con procesos extras en los cuales se incrementa su dulzor natural y grado alcohólico.

- Edad gran reserva, más de 60 meses totales, de los cuales al menos 24 meses en barrica y el restante embotellado.
- Contenido de azúcar semidulces, entendido en el intervalo de (30 a 50 gr/L).

Espumosos: Característicos por poseer CO₂ debido a la intersección de las levaduras con la sacarosa, consta de dos fases la primera actuando como un vino seco normal, mientras que la otra etapa se produce durante su embotellamiento, por lo cual al momento de servir aún existe el desprendimiento lento y extendido de este gas.

- Contenido de azúcar dulces, en mayor proporción de (50 gr/L) (Hernández, 2015 págs. 12-19).

2.2.4. Fermentación

A la fermentación la podemos analizar desde dos puntos de vista, el primero bioquímico y se lo entiende como un proceso en el cual el sustrato o las sustancias orgánicas sufren uno o más cambios químicos (oxidaciones y reducciones), los mismos que son los encargados de la producción de energía.

Desde el punto de vista microbiológico la fermentación es un proceso en el cual actúan los microorganismos, siendo los encargados de la producción de biomasa, esto lo logran a partir del uso de las sustancias orgánicas o sustratos que se encuentren en ausencia de oxígeno, permitiendo así la descomposición de las sustancias mediante el empleo de enzimas concebidas por los microorganismos que deben cumplir con esta función (Mora, 2014 pág. 103).

2.2.5. Factores determinantes en el proceso de Fermentación

Existen factores importantes que se debe tener en cuenta para que el proceso fermentativo de un vino sea el más adecuado, el tener un previo conocimiento de estos, ayuda en gran escala para que la producción de mismo tenga la más alta calidad. Siendo los más importantes:

Concentración del mosto: Al momento que se efectúa la fermentación alcohólica ya sea este de un vino un mosto se debe tener en cuenta la concentración de los grados brix, puesto que, si su valor es elevado, dicha fermentación no ocurrirá debido a la presión osmótica que estará actuando sobre las levaduras y en el caso contrario que dichos grados sean muy bajos se va obtener un

escaso grado alcohólico en el mismo, siendo así el intervalo idóneo para que se dé la fermentación entre los 16 y 22 ° brix (Mora, 2014 pág. 106).

pH: El mosto en el proceso de fermentación tiene mejores resultados cuando su pH se encuentra en un entorno ácido por lo que su valor debe estar comprendido entre 3,0 y 4,5.

Temperatura: Es determinante el tener un control de esta, en el proceso de fermentación se producen reacciones exotérmicas es decir que liberan calor, debido al consumo de los azúcares presentes en el mosto, teniendo así un intervalo de temperatura adecuado de entre los 24 y 29°C, puesto que, si su valor es bajo, el proceso fermentativo es lento caso contrario que el valor sea muy alto corre el riesgo de que las levaduras reduzcan su interacción o en el peor de los casos estas perezcan.

Interacción con el aire: No es favorable que en el proceso de fermentación alcohólica exista la presencia de aire ya que el mismo se detiene por los bajos rendimientos que este produce (Mora, 2014 pág. 107).

Microorganismo fermentador adecuado: Es importante considerar que microorganismo se va a utilizar en el proceso de fermentación, pues debe poseer características esenciales que le hagan el más indicado en el mismo, tales como:

- Cepa con genética constante y estable.
- Favorable rapidez de crecimiento.
- Cepa libre de agentes contaminantes y patógenos.
- Estable a no perder sus características es decir mantenerse estable por largos periodos mientras dure el proceso.
- Desarrollar el proceso fermentativo en un tiempo no muy largo (Mora, 2014 pág. 110).

2.2.6. Microorganismos

Al hablar de un microorganismo se refiere a bacterias, hongos, virus, levaduras, etc. y a las actividades que estos realizan a nivel microscópico, es decir que es importante considerar las formas y requerimientos que estos necesitan para continuar con su ciclo de vida, muchos de estos desempeñan diferentes funciones entre las cuales están el descomponer compuestos, ayudar a mantener en equilibrio el ambiente, beneficiosos para la salud, otros con características patógenas y muchos de los mismos se encargan de deteriorar a los alimentos, es tanta la actividad que ocurre

con estos seres microscópicos que las diferentes industrias buscan el aprovecharlos de la mejor manera (Puerta, 2013 pág. 4).

2.2.7. Levaduras

Las levaduras utilizadas en la preparación del vino hacen referencia a los hongos unicelulares que son los encargados de transformar los azúcares en alcohol etílico, en dicho proceso intervienen un sin número de microorganismos, mismos que presentan su estructura definida y perfil organoléptico, por tal motivo es que debido a los diferentes tipos de levaduras que pueden existir y sus combinaciones es que se puede apreciar diferentes características importantes en los procesos de fermentación (Catatu, 2020 pág. 2).

Levaduras para vino

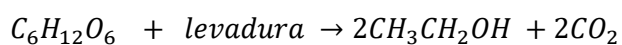
Desde la antigüedad el hombre ha dado uso a las levaduras para algunos fines, clasificándolas, así como levaduras que respiran poco o también llamadas fermentadoras y se las utilizó para la elaboración de la cerveza, posteriormente a estas se las nombró levaduras bajas o de fondo, mientras que a las levaduras que se utilizaba en los procesos de elaboración de etanol y vino se las denomina levaduras altas o superficiales.

Muchas de las veces para la producción de vino se utiliza la fermentación espontánea del conocido mosto, mediante el empleo de levaduras silvestres específicamente la *Kloeckera*, como bien se menciona son levaduras silvestres por tanto sus procesos fermentativos son incontrolados por tal motivo y a manera de controlar dichos procesos muchas de las veces se realiza una mezcla entre las levaduras siendo de las más utilizadas la *Kloeckera* y *Saccharomyces* (Schlegel, 1997 pág. 300).

2.2.8. Reacción en la fermentación

Es el proceso en el cual se degradan los azúcares presentes en las frutas en etanol y dióxido de carbono, siendo las levaduras las principales responsables, esto sucede en ausencia de oxígeno, favoreciendo el medio para el desarrollo de los procesos metabólicos de los microorganismos presentes.

Donde se obtiene por cada molécula de glucosa en presencia de las levaduras, dos moléculas de alcohol (etanol) y dos moléculas de CO₂ (Cardenas, 2020 pág. 1).



2.2.9. Fermentador

También conocido como biorreactor, es un recipiente que nos permite realizar el proceso de la fermentación alcohólica, mediante el cual se transforman los componentes de un medio de cultivo ya sea por la acción microbiana de metabolitos y biomasa, en la cual los microorganismos van incrementando su concentración a medida que avanza el proceso, simultáneamente el medio también se modifica obteniendo nuevos productos gracias a las actividades anabólicas y catabólicas.

Los materiales del cual puede estar formado este biorreactor son vidrio o industrialmente muy utilizado el acero inoxidable, siendo un factor predominante cuando se requiera controlar la temperatura y la esterilización en línea, dicho recipiente tiene en su estructura entradas y salidas que permita agregar las sustancias, nutrientes y sustratos según requiera el proceso y también que permita la posterior obtención de un producto ya elaborado de carácter alcohólico (Moyano, 2015 pág. 21).

2.2.10. Tipos de fermentadores

➤ Fermentador de cerveza artesanal

Para el proceso de la obtención de la cerveza artesanal existe una variedad de fermentadores los cuales difieren entre los materiales, tipos de uso, volúmenes, tamaños y estructuras. Dentro de esta categoría de fermentadores son muy utilizados fermentadores de plásticos con grado alimenticio, fermentadores de vidrio y de acero inoxidable. Básicamente son recipiente que poseen una válvula para la salida de producto, una válvula de purga para los residuos o sedimentos, además deben ser sellados al vacío y poseer un termómetro que ayude con las lecturas de la temperatura a la cual está funcionando (Carrillo, 2020 pág. 2).

➤ Fermentadores industriales

Dentro de los fermentadores industriales hay una gran variedad y esto dependerá en gran medida al precio y las necesidades que se presenten para abastecer la producción requerida, este equipo está formado por una jarra de vidrio de borosilicato esterilizable, la misma que puede ser encaquetada para optimizar el control de la temperatura o la otra forma que puede ser mediante el empleo de un baño con recirculación o sin chaqueta que permite realizar el control de la temperatura con la ayuda de una manta de silicón. Además, cuenta con un mecanismo de agitación el mismo que posee rodamientos y un eje hermético para cuando se vaya a trabajar con elevadas temperaturas que básicamente las tenemos en los procesos de esterilización todo esto sin afectar al sistema para que se siga manteniendo hermético.

➤ **Fermentadores Cónicos**

Existen varios tipos de fermentadores cónicos entre ellos están los plásticos los cuales resultan muy prácticos e ideales para la producción de vino de demanda media, aunque presentan una desventaja puesto que es más fácil de crear fisuras dentro del mismo. Viendo esta desventaja también existen fermentadores industriales cónicos que son realizados en acero inoxidable por ende su tiempo de utilidad es más extenso y los precios también resultan más elevados, dentro de las ventajas tanto en plástico como en acero inoxidable es que fácil de realizar la limpieza de los equipos puesto que los residuos pueden ser removidos con facilidad ya que los mismos se depositan en el fondo (Carrillo, 2020 pág. 4).

➤ **Fermentador de Madera**

Desde la antigüedad se emplean pipas o fudres que son contenedores de forma ovalada hechos de madera, los mismos que almacenan miles de litros y son guardados en bodegas por cierto tiempo, estos recipientes tienen ventaja en su tamaño, otra ventaja de estos contenedores es que el vino posee una menor superficie de contacto con las paredes de la pipa lo que hace que su extracción sea más suave sutil y de un sabor característico (Smolec, 2018 pág. 5).

➤ **Fermentadores de Acero inoxidable**

Dichos fermentadores sorprendieron en su aparición puesto que presentaban propiedades de higiene inigualables, en la cual los vinos presentaban menor índice de contaminación y el lavado de estos recipientes resulta bastante fácil, aparte presentan más ventajas como la que su manipulación era mucho más sencilla, su control de temperatura era más manejable y el tiempo de fermentación era más corto, es decir que se podía manipular la temperatura y sumado a esto agregarle un agitador que prácticamente ayuda a la homogenización de la mezcla permitiendo su fermentación en menos tiempo. Por tal motivo es que este fermentador de vino resulta el más idóneo al momento de querer obtenerlo, hoy en día industrialmente es muy utilizado puesto que se lo ha logrado automatizar con software de control en la que se regula la temperatura con bastante precisión y los productores ya no tiene que preocuparse por ello (Smolec, 2018 pág. 6).

2.2.11. Acero inoxidable 316

Es importante considerar este tipo de acero, es uno de los más recomendables para la industria vinícola, utilizado normalmente para la elaboración de equipos donde la materia prima son las pulpas de frutas, dentro de sus principales características está su gran resistencia a la corrosión por picaduras especialmente producidas por flúor, yodo, bromo y cloro. Este último presente en diferentes medios como el agua de mar e incluso el agua potable, su característica determinante

es una aleación de molibdeno, cromo y níquel presentes en su estructura y son conocido por ser fuertemente resistente a este tipo de corrosión (Gamboa, 2013 pág. 10).

2.2.12. Código ASME

Son las siglas empleadas para el acrónimo de Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, la cual es una asociación a nivel mundial que ha establecido un sin número de normas y códigos necesarios que se deben cumplir al momento de diseñar, fabricar y calibrar equipos que estarán expuestos a presiones tanto internas como externas, de tal manera que los mismo sean seguros al momento de utilizarlos, logrando reducir el riesgo de que existan accidentes en su manipulación y asegurando así una larga vida de los mismos (Hernandez, 2017 pág. 12).

2.2.13. Número de Nusselt (Nu).

Es utilizado para representar el incremento de transferencia de calor mediante el empleo de una capa de fluido como resultado de la convección, también se lo conoce como el gradiente de temperatura adimensional de la superficie, el mismo que produce un valor para la transferencia de calor por convección de dicha superficie (Prieto, 2007 pág. 10).

$$Nu_L = \frac{h * L}{k}$$

Donde:

k = conductividad térmica de un fluido

L= longitud determinada

h= coeficiente transferencia de calor debido a la convección

2.2.14. Número de Prandtl (Pr).

Es un número adimensional, el cual permite entender la relación existente entre la difusividad de la cantidad de movimiento sobre la viscosidad cinética (Prieto, 2007 pág. 10).

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$$

Donde:

ν = difusividad de la cantidad de movimiento

α = difusividad térmica

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología general

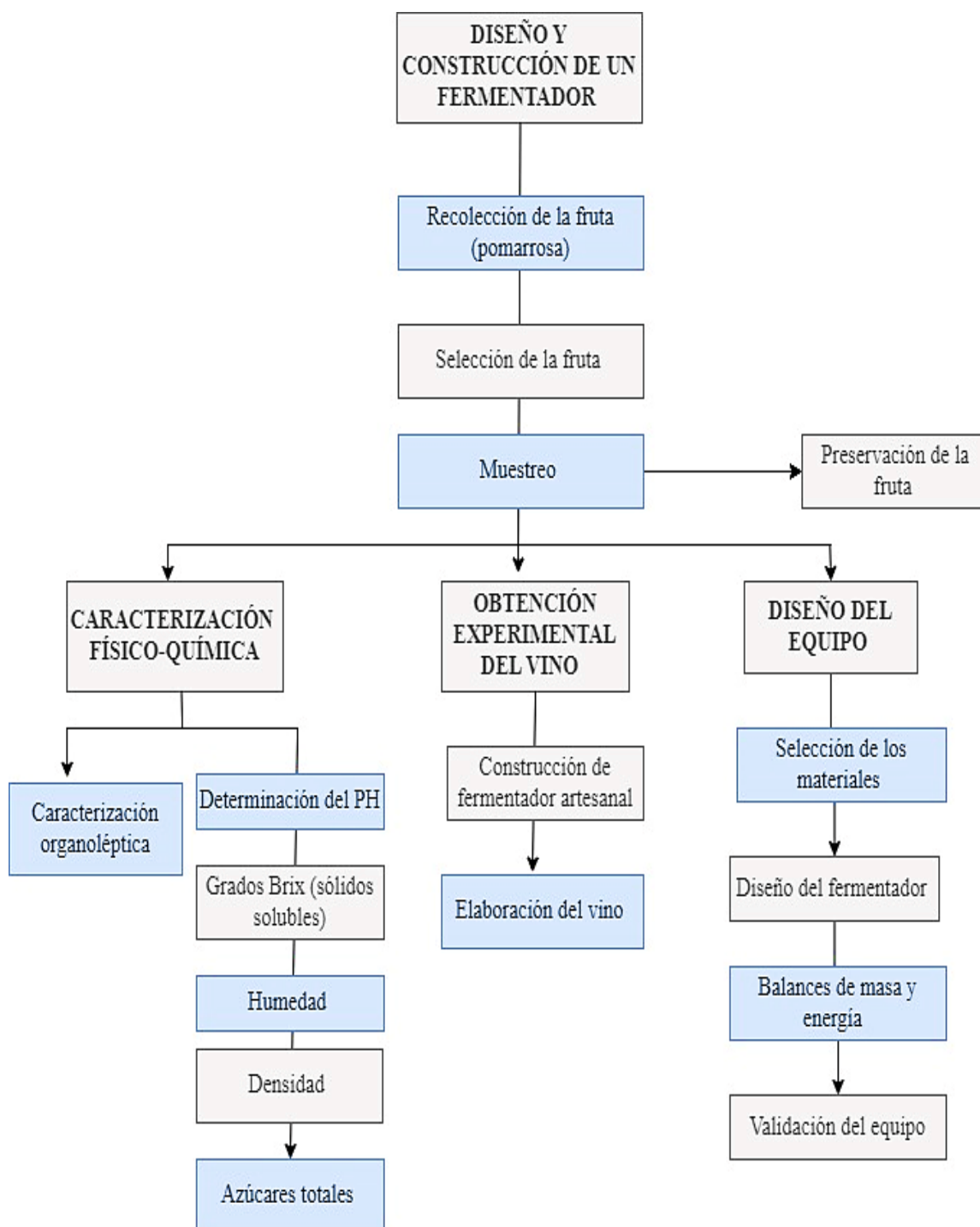


Ilustración 3-1: Metodología general del diseño y construcción del equipo

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

3.2. Recolección y acondicionamiento de la fruta

3.2.1. Recolección de la fruta (pomarrosa)

Como punto de partida se procedió a la recolección de la fruta en la ciudad de Nueva Loja, provincia de Sucumbíos, lo cual se lo realizó de forma manual de un solo árbol y teniendo mucho cuidado para no golpear la fruta y por ende provocar el deterioro de la misma. Para el transporte de la misma hasta la ciudad de Riobamba se procedió a empacarlas en dos recipientes plásticos para procurar que lleguen en buen estado.

3.2.2. Selección de la fruta

Para precautelar que la fruta se encuentre en buen estado, primero se realizó una inspección de cada una de ellas de tal forma que corroboremos que no presenten ningún tipo de daño. Entendiéndose a daño como aquel deterioro previo que se presencia en la fruta, en cualquier etapa pre o post cosecha. Para proceder a la selección de la fruta hay que tener en cuenta que no presente los siguientes defectos que se mencionan a continuación, tomado de la norma INEN 1751:96:

Magulladura: conocido como aquel daño provocado por la aplicación de una presión sobre el cuerpo de la fruta.

Raspadura: lesión que se encuentra presente en la fruta por contacto brusco con alguna superficie ocasionando el ablandamiento de esta.

Herida o corte: deformación profunda de forma mecánica por contacto con alguna superficie.

Microorganismos: afección como consecuencia de insectos, hongos que atacan a la estructura de la fruta produciendo el malogramiento de la misma.

Pudrición: etapa de descomposición de la fruta que es producida a raíz de la presencia de microorganismos vivos y el medio que lo rodea (INEN 1751:96 2012, p. 4).

3.2.3. Muestreo

Para que la fruta se encuentre con sus características físicas idóneas se planteó realizar como primer punto una toma de muestras elementales, la misma que consiste en la obtención de diferentes frutas mediante la técnica al azar tomados de diferentes puntos y a distintos niveles de

lote. Para un buen muestreo hay que tomar en cuenta las siguientes consideraciones que se evidencian en la figura 2-3:

Masa del lote (en kg) o número total de unidades, paquetes o atados al lote	Masa total de muestras elementales o número total de unidades, paquetes o atados que debe extraerse, en kg
Hasta 200	10
201 500	20
501 1000	30
1 001 5 000	60
Mayor de 5 001	100 (mínimo)

Ilustración 3-2: Referencias de muestra para frutas al granel

Fuente: (NTE INEN 1750:94 2013, p. 6).

La anterior figura nos permita evidenciar que para el estudio en un lote que contenga hasta 200 unidades de frutas en este caso se debe considerar un total de 10 unidades como rango, por lo cual se procedió a tomar 10 frutas de cada uno de los lotes al azar y a diferentes niveles. (NTE INEN 1750:94 2013, p. 6).

3.2.4. *Preservación de la fruta*

Una vez tomado en cuenta los puntos antes mencionados, se trasladó la fruta seleccionada hacia el laboratorio de investigación para realizar su respectivo empaclado y preservación de la misma de la siguiente manera:

- Primero se lavó la fruta y se dejó secarlas al ambiente.
- Luego se procedió al mondado de la fruta, la cual consiste en retirar el tallo y las partes que presenten algún tipo de defecto.
- A continuación, se partió a la fruta en 4 partes iguales, de tal forma que nos facilite retirar la pepa contenida en ellas.
- Se colocó las frutas picadas y limpias en fundas para su respectivo empaquetamiento al vacío.
- Finalmente, se las llevó a la máquina de empaquetamiento al vacío para sellarlas y realizar su respectiva refrigeración en el congelador del laboratorio de bromatología.

3.3. **Caracterización fisicoquímica de la materia prima**

3.3.1. *Caracterización organoléptica*

La pomarrosa también llamada pera de agua, tiene una forma ovoide o forma de pera. Posee unas dimensiones que varía desde 8 a 11 cm de largo, y un diámetro que va desde los 4 cm a 7 cm en su parte más ancha. Su corteza tiene un color rosa o rojo y su textura es muy lisa. Su olor

característico es a rosas, dándole un aroma agradable. Su pulpa es de color blanco, tiene una textura semi blanda, carnosa y jugosa. Su sabor es una combinación entre dulce y ácido. Posee un centro hueco en el cual hay una sola pepa de color café.

Como apoyo dentro de la caracterización organoléptica, se realizó una encuesta que se indica a continuación, para medir sensorialmente la aceptación que tiene la fruta. Para lo cual se tomó como referencia a un total de 10 personas, a los cuales se le presento los parámetros analizados en este punto de los que se pueden mencionar: aroma, color, consistencia y sabor.

Tabla 3-1: Análisis sensorial de la pomarrosa

ANÁLISIS SENSORIAL DE LA POMARROSA				
Persona #				
PUNTUACIÓN	ATRIBUTOS			
	SABOR	OLOR	COLOR	CONSISTENCIA
1				
2				
3				
4				
5				

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

Donde:

- 1 = no me gusta
- 2= no me gusta levemente
- 3 = ni me gusta ni me disgusta
- 4= me gusta levemente
- 5 = me gusta mucho

3.3.2. Determinación del pH

Para la determinación del pH se hizo uso de la Norma NTE INEN 2325:2002, en conjunto con la guía de procedimiento proporcionada por el laboratorio de procesos industriales.

Sustancias y reactivos

- Agua destilada
- Zumo de fruta (pomarrosa)

Materiales y equipos

- Potenciómetro con electrodo de vidrio
- Vaso de precipitación de 150 ml
- Agitador
- Mortero

Acondicionamiento de la muestra

Con la ayuda de mortero se procedió a tinturar la fruta para obtener el correspondiente zumo el cual es trasvasado al vaso de precipitación.

Procedimiento

- Primero se comenzó a corroborar el correcto funcionamiento del potenciómetro.
- Se procedió a verter 10 ml de agua destilada en un vaso de precipitación para comprobar su pH neutro, es decir, 7.
- Luego se colocó en un vaso de precipitación 10 ml de muestra previamente preparada y homogenizada (zumo de la fruta).
- A continuación, se procede a introducir el electrodo del potenciómetro en el vaso de precipitación que contiene la muestra teniendo en cuenta que no roce las paredes ni el fondo de vaso de precipitación.
- Finalmente se procedió a tomar la lectura que nos arrojó el potenciómetro, el procedimiento antes mencionado puede ser realizado por duplicado para corroborar el resultado.

3.3.3. Determinación de los grados brix

Para la determinación de los grados brix se hizo uso de la Norma NTE INEN 380, en conjunto con la guía de procedimiento proporcionada por el laboratorio de procesos industriales.

Sustancias y reactivos

- Pulpa fruta

Materiales y equipos

- Vaso de precipitación de 150 ml
- Varilla de agitación

- Refractómetro
- Mortero con pistilo
- Pipeta de Pasteur

Acondicionamiento de la muestra

Con la ayuda de mortero y el pistilo se procedió a triturar la fruta para obtener el correspondiente zumo el cual es trasvasado al vaso de precipitación.

Procedimiento

- Primero se encendió el refractómetro y luego se colocó una gota de agua destilada para su respectiva calibración.
- A continuación, se procedió a retirar la gota de agua destilada del refractómetro con una toalla absorbente.
- Se tomó del vaso de precipitación haciendo uso de la pipeta de Pasteur, una gota de la muestra (zumo de pomarrosa) y fue consecutivamente colocada en el refractómetro.
- Finalmente se tomó la lectura que marco el refractómetro, este procedimiento puede ser realizado en duplicado para corroborar los resultados.

3.3.4. Determinación de humedad

Se realizó esta prueba siguiendo el procedimiento de la guía de laboratorio de Bromatología, la cual fue facilitada por la técnica docente.

Sustancias y reactivos

- Pomarrosa

Materiales y equipos

- Crisoles
- Balanza
- Cronómetro
- Mufla
- Cuchillo

Procedimiento

- Primero se lavan los crisoles.
- Posteriormente se procede a tararlos a 105 °C durante 30 minutos en la mufla.
- Se deja secar los crisoles en los desecadores aproximadamente durante 20 minutos.
- Luego se realiza el pesado de los crisoles vacíos previamente tarados y se registra su peso.
- Se corta una porción de la fruta en trozos pequeños y consecutivamente se coloca 5 gramos de pomarrosa en los crisoles.
- Se procede a pesar cada uno de los crisoles con la muestra y se registra su peso.
- Se coloca los crisoles con la muestra en la mufla por 2 h 30 min a 103 °C ±3°C.
- Trascurrido el tiempo anteriormente mencionado, se los retira y se realiza su peso final.
- Finalmente, por la diferencia de los pesos se aplica la respectiva formula de la humedad y se obtiene su porcentaje final.
- El ensayo se lo debe realizar por duplicado.

Cálculos

$$\text{SS}\% = \frac{(m_2 - m)}{(m_1 - m)} * 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \% \text{SS}$$

Siendo

SS = sustancia seca en porcentaje en masa

m = masa de la capsula vacía (g)

m₁ = masa de la capsula con la muestra (g)

m₂ = masa de la capsula con la muestra después del calentamiento

3.3.5. *Determinación de la densidad*

Para la determinación de los grados brix se hizo uso de la Norma NTE INEN 349, en conjunto con la guía de procedimiento proporcionada por el laboratorio de procesos industriales.

Sustancias y reactivos

- Zumo fruta (pomarrosa)

Materiales y equipos

- Picnómetro

Procedimiento

- Se pesa el picnómetro vacío.
- Se coloca la muestra del zumo en el picnómetro hasta llenar a la medida indicada en el mismo y taparlo.
- Luego se pesa el picnómetro con la muestra.
- Finalmente se aplica la fórmula de densidad para su respectivo cálculo.

Cálculos

$$\rho = \frac{m}{v}$$
$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{v_{muestra}}$$

Siendo:

m_2 = masa del picnómetro con la muestra

m_1 = masa del picnómetro vacío.

$v_{muestra}$ = volumen de la muestra = volumen del picnómetro.

3.3.6. Determinación de los azúcares totales

Para la determinación de los azúcares totales se hizo uso de la guía de procedimiento proporcionada por el laboratorio de instrumental. El mismo que está basado en el método de Dubois conocido comúnmente como método fenol-ácido sulfúrico.

Sustancias y reactivos

- Glucosa
- Fenol
- Agua destilada
- Zumo de pomarrosa
- Pipeta graduada

Materiales y equipos

- 2 vasos de precipitación de 50 ml

- 1 vaso de precipitación de 100 ml
- Balón de aforo de 100 ml
- Varilla de agitación
- 7 tubos de ensayos
- 1 gradilla

Procedimiento

- Primero se pesa 8 g de fenol y se diluyó en 2 ml de agua para la obtención una disolución de fenol.
- Se pesaron 0,1 g de glucosa y se la coloco en un balón de aforo de 100 ml, posteriormente se procedió a diluirla con agua destilada mediante agitación.
- Luego mediante dilución se colocan en tubos de ensayo muestras de (0, 200, 500, 800 y 1000) ppm a partir de la solución de la glucosa previamente obtenida.
- Con una pipeta se succionan 1 ml de cada muestra y se colocan en cinco tubos de ensayos consecutivamente se colocan 0, 1 ml de fenol y 3 ml de ácido sulfúrico en cada uno de ellos.
- Posteriormente se agita cada uno de los tubos de ensayo y se espera alrededor de 15 minutos para que se den las respectivas reacciones.
- Una vez culminada la reacción se procede a obtener la curva de calibración en el refractómetro.
- En dos tubos de ensayos se colocan 1 ml de la muestra y de la misma mara como la vez anterior 3 ml de ácido sulfúrico y 0,1 ml de fenol respectivamente, se agita y esperan durante 15 minutos para que se dé la reacción
- Finalmente se coloca en el espectrofotómetro, el mismo que utiliza una longitud de onda de 540 nm para obtener los resultados finales del análisis.

3.4. Obtención experimental del vino

Para la obtención experimental del vino se desarrollaron una variedad de procedimientos para de esta forma obtener el diseño del proceso, los mismos que fueron basados en técnicas de laboratorio y en bibliografía. Para cada una de las pruebas llevadas a cabo se hizo uso de diferentes materiales, equipos y sustancias que son enunciadas a continuación en la tabla 2.3:

Tabla 3-2: Materiales y equipos utilizados.

Materiales	Equipos	Sustancias o Reactivos
Cuchillo	Licudora	Pomarrosa (pulpa)
Varilla de agitación	Olla	Levadura

Colador	Balanza	Azúcar
Jarra	Termómetro	Agua
Tabla de picar	Refractómetro	Ácido cítrico
	Fermentador artesanal	Metabisulfito de potasio

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

3.4.1. Construcción del fermentador artesanal

Materiales

Envase de plástico de 5 litros

Manguera delgada transparente

Botella de plástico vacía

Equipos

Taladro

Pistola de silicona

Elaboración:



Ilustración 3-3: Elaboración del fermentador artesanal.

Fuente: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

Para la elaboración del fermentador artesanal, se adquirió un envase de plástico, el cual contaba con tapa hermética y una llave para poder realizar muestreo. En la tapa del envase se realizó un orificio con la ayuda de un taladro, el cual nos sirve para introducir la manguera transparente. Se aseguró la manguera con silicona caliente para evitar que se produzcan fugas por sus alrededores. Finalmente se procedió a esterilizar el fermentador artesanal quedando listo para su uso.

3.4.2. Descripción de las materias primas utilizadas para la elaboración del vino

Tabla 3-3: Descripción de materias primas.

Materia prima	Descripción
Pomarrosa	Fruta sabor agridulce, proveniente del Oriente ecuatoriano y que es obtenida únicamente tres veces al año.
Levadura	Es un conjunto de hongos que permite llevar a cabo procesos de fermentación permitiendo la descomposición de los azúcares para la obtención de alcohol.
Metabisulfito de potasio	Es un polvo blanco que es comúnmente utilizado como aditivo en el vino, previniendo la proliferación de bacterias y un gran antioxidante de tal forma que proteja tanto el color y sabor de la bebida.
Azúcar	Denominada como sacarosa, la cual es utilizada para corregir los grados brix para lograr una fermentación adecuada.

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

3.4.3. Diagrama experimental de la elaboración del vino

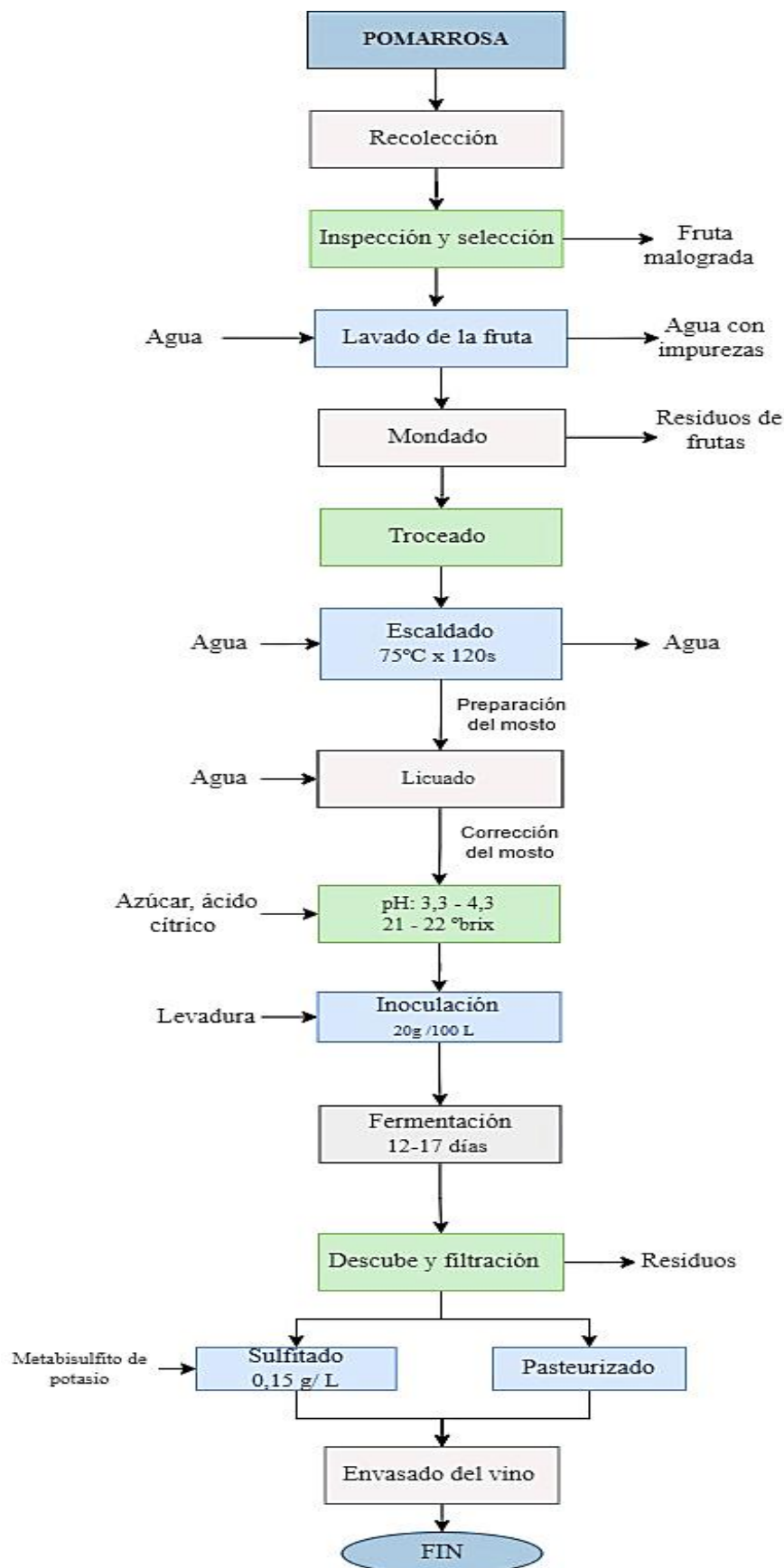


Ilustración 3-4: Diagrama de elaboración del vino

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

3.4.4. Descripción del proceso de elaboración del vino de pomarrosa

Recolección

La recolección de la fruta se dio en la ciudad de Nueva Loja, provincia de Sucumbíos, lo cual se lo realizó de forma manual de un solo árbol. Para el transporte de la misma hasta la ciudad de Riobamba se procedió a empacarlas en dos recipientes plásticos para procurar que lleguen en buen estado.

Inspección y selección

Para precautelar que la fruta se encuentre en buen estado, se realiza una inspección de cada una de ellas de tal forma que corroboremos que no presenten ningún tipo de daño ni defecto que nos puedan interferir en la calidad del vino que se desea obtener, caso contrario se procede a separar el fruto defectuoso del lote.

Lavado de la fruta

Con las frutas seleccionadas, se procede al lavado con agua clorada y jabón líquido neutro, apropiado para alimentos. Esto con la intención de eliminar cualquier tipo de suciedad o residuo presente en la fruta, seguido de esto dejamos secar la fruta.

Mondado

El pelado de frutas se lo puede llevar a cabo mediante cuatro métodos: mecánico, térmico, químico o manual. Esto puede variar dependiendo de la fruta con la que se vaya a trabajar. Cuando el pelado se lo realiza de forma manual, se lo denomina mondado. EL cual consiste en la remoción de la cáscara (en caso de que requiera), el tallo y la base de la fruta (Bosquez, 2010 pág. 3).

En el caso de la pomarrosa, no es necesario retirar la cáscara debido que es comestible y muy delgada, además que nos aporta propiedades como el color característico de la fruta. Se procede a retirar el tallo y la base de la fruta, innecesarios para el proceso de la obtención del vino.

Troceado o Despulpado

Dependiendo de la fruta, consiste en obtener la parte comestible de la fruta, eliminando las semillas, en el caso de la pomarrosa será necesario retirar la pepa del centro de la fruta para lo cual se partió la fruta en cuatro partes, facilitando su extracción.

Escaldado

Una vez troceada la fruta, se la somete al proceso de escaldado, el cual consiste en sumergirla en agua caliente (entre 75°C y 90°C), por dos minutos, con la finalidad principal de inactivar la actividad enzimática, evitando cambios en el color y sabor natural, así como inocuidad en la fruta (Bosquez, 2010 pág. 4).

Preparación del mosto

Finalizado el escaldado se procede a licuar la fruta para obtener una textura adecuada que ayude a los procesos próximos como la inoculación y la misma fermentación. Una vez licuada la fruta se la homogeniza en agua purificada, hasta alcanzar la cantidad de mosto deseado.

Dependiendo de la fruta que se esté ocupando, se puede realizar el cernido completo del mosto o cernirlo parcialmente, con la finalidad de que la fruta disuelta aporte propiedades en el proceso de fermentación.

Corrección del mosto

Una vez homogenizado el mosto, se procede a tomar muestras para realizar su respectivo análisis de grados Brix y pH para comprobar que el medio este óptimo para el desarrollo de las levaduras y el proceso de fermentación. Así como para medir la densidad respectiva del mosto.

Los grados brix necesarios para una correcta fermentación y alcanzar los grados alcohólicos deseados son 22 °brix, para alcanzar esto, se recurre a un proceso enológico llamado chaptalización, el cual consiste en la adición de azúcar al mosto hasta alcanzar los grados deseados.

De la misma manera el rango óptimo de pH para el desarrollo de las levaduras y la fermentación del vino es entre 3.5 y 4.5, los cuales se procede a corregir en caso de no estar en el rango, con la adición de ácido nítrico o bicarbonato de sodio, dependiendo del caso. Siendo obligatorio que sean de grado alimenticio estos compuestos.

Inoculación del mosto

Uno de los pasos críticos en el proceso de la elaboración del vino, es la inoculación del mosto con la levadura seleccionada (*Saccharomyces cerevisiae*). En este punto se debe trabajar con el mayor cuidado posible y condiciones muy altas de inocuidad en el área de trabajo y los materiales que se utilice. La activación de la levadura se la puede realizar en una muestra del mosto corregido o un poco de agua azucarada, la cual debe de estar a temperatura tibia (aprox. 28 a 32 °C), si la

temperatura es muy elevada se corre el riesgo de matar las levaduras. Vale recalcar que se tiene que tomar en cuenta también las especificaciones de fábrica de la levadura que se utiliza, las cuales vienen en el empaque de las mismas.

Una vez activadas las levaduras, se procede a colocar el mosto en el fermentador, y a continuación las levaduras activadas, homogenizando por unos 1 o 2 minutos.

Fermentación

La fermentación es el paso fundamental de todo el proceso, siendo este dónde se da la transformación de los azúcares en alcohol y CO₂. En la fermentación es muy importante ciertos criterios como, la temperatura a la cual se da el proceso en el fermentador, siendo óptimo una temperatura entre 24°C y 29°C, la ausencia total de oxígeno dentro del fermentador y el tiempo de fermentación.

Descube y filtración

Una vez culminado el proceso de fermentación, las partículas de fruta presentes en el mosto y la levadura muerta se asientan en el fondo del fermentador, las cuales se las denominan lías. El descube consiste en separar el vino de las lías, lo cual se lo puede realizar mediante un trasiego manual en caso del fermentador artesanal, o eliminando las lías por la llave de purga y obteniendo el vino por la llave de muestreo, en caso de contar con un equipo de fermentación.

Es importante filtrar el vino obtenido, para eliminar las partículas más pequeñas que se pueda tener después del trasiego. Esto se lo puede realizar con un tamiz, tela para filtrar o almohadillas filtrantes.

Pasteurizado

Una vez obtenido el vino, es muy importante detener por completo el proceso fermentativo, para lo cual se realiza la pasteurización, llevando al vino a una temperatura de 65°C por 10 min aproximadamente, y descendiendo la temperatura bruscamente a 23°C aproximadamente. Antes del envasado se toma muestras para realizar los respectivos análisis fisicoquímicos y microbiológicos comprobando la calidad de vino obtenido.

Envasado y almacenado

Finalmente, para el envasado, se lo realiza en botellas de vidrio color ámbar o verde oscuro, generalmente de 750 ml, las cuales ayudan a preservar de mejor manera características propias del vino, estas tienen que estar esterilizadas. Para sellar el vino se utiliza corchos los cuales pueden

ser rectos o cónicos o tapas de rosca, siendo los corchos los más utilizados ya que aporta una microoxigenación, que ayuda en la maduración del vino, además que aporta matices propios del material influyendo directamente en las características organolépticas del vino. (Cereceda, 2016)

3.4.5. Variables de diseño y operación para la fermentación del vino

Tabla 3-4: Variables de diseño y operación

Variables dependientes	
pH	El pH depende en gran parte de la fruta que se utilice, encontrándose en un rango óptimo de 3.2 y 4, siendo moderadamente ácido. Esto permite que las levaduras desarrollen su actividad microbiológica con normalidad
Concentración de etanol	Siendo el contenido de alcohol obtenido al final de la fermentación, dependiendo de la cantidad de azúcar inicial del mosto y la cepa seleccionada de levadura.
Grados brix	La concentración de azúcares en el proceso de fermentación, los cuales deberán ser corregidos dependiendo de la fruta.
Tiempo de fermentación	El tiempo puede variar, dependiendo del grado alcohólico que se desee alcanzar y la cepa de levadura utilizada. Estando en un rango general entre 12 y 16 días.
Variables independientes	
Temperatura	La temperatura es de suma importancia, debido que una excesiva temperatura provocaría a muerte de las levaduras, caso contrario se tardaría mucho más el proceso. La temperatura óptima es de 27- 28 °C.
Cepa de levadura	Siendo las encargadas de consumir los azúcares del mosto y transformarlos en etanol.

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

3.5. Diseño del equipo

3.5.1. Selección del material para el fermentador

Para seleccionar el material más apto en la fabricación del fermentador se tomó en cuenta tres aspectos de suma importancia: el fluido o sustancia que se va a manejar en el fermentador, las condiciones de temperatura y presión que tendrá este; así como la facilidad de compra y costo económico del material en el país.

Referente al fluido que se va a manejar, al ser un alimento (vino), tenemos que escoger un material que sea resistente a la corrosión, inerte y tenga larga durabilidad. Para lo cual podemos ayudarnos en la siguiente tabla que lista algunas sustancias y los materiales adecuados para su uso.

Tabla 3-5: Materiales de acuerdo con el servicio

LISTA DE MATERIALES DE ACUERDO CON EL SERVICIO						
Sustancia	Acero al carbono	Níquel	Inconel	Monel	A.I. Tipo 304	A.I. Tipo 316
Acetona	A	A	A	A	A	A
Acetileno	A	A	A	A	A	A
Cerveza	P	A	A	A	A	A
Benceno	A	A	A	A	A	A
Ácido bórico	x	--	--	P	A	A
Butano	A	--	--	P	A	A
Ácido cítrico	x	R	A	A	A	A
Mercurio	A	A	--	A	A	A
Gas natural	A	A	A	A	A	A
Acet. petróleo 500 °C	A	P	A	P	P	R
Azufre	A	A	A	A	P	P
Ácido sulfúrico	x	P	P	R	P	A
Whiskey y vinos	x	A	A	P	A	A
Ácido fosfórico	P	P	P	P	P	R

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

Fuente: (Castillo, 2018 pág. 15)

Sabiendo que:

A = Apto

R = Recomendable

P = Precaución (depende de las condiciones)

X = No recomendable.

Dicho esto, se puede observar que para whiskey y vinos los materiales más aptos son los aceros inoxidables 304 y 316 y teniendo en cuenta que la temperatura de trabajo del equipo no es alta, ya que para un proceso óptimo de fermentación se requiere temperaturas entre 23° y 29°.

3.5.2. Dimensionamiento del fermentador

El equipo será construido de manera vertical, el cual en la parte superior tendrá forma elipsoidal, el cuerpo principal forma cilíndrica y en la parte inferior forma cónica con un ángulo de 60°. El fermentador será diseñado para un volumen de 40 litros, y debido a condiciones de diseño es recomendable dejar 15% como factor de seguridad para la formación de espuma.

$$V_f = V_{mosto} + 15\%$$

Donde:

V_f = Volumen de diseño del fermentador

Diámetro del fermentador

$$d = \sqrt[3]{\frac{12 * V_f}{\pi * 4.7}}$$

Para evitar que puedan tener injerencia los materiales del equipo en el volumen deseado, se le aplica por diseño un factor de seguridad

$$d_{fer} = d + 15\%$$

Donde

d_{fer} = diámetro interno del fermentador

Volumen de la parte superior (elipsoide):

Sabiendo que la parte superior es un elipsoide, su volumen encontramos mediante la siguiente ecuación:

$$V_{elips} = \frac{4}{3} \pi * c * b * a$$

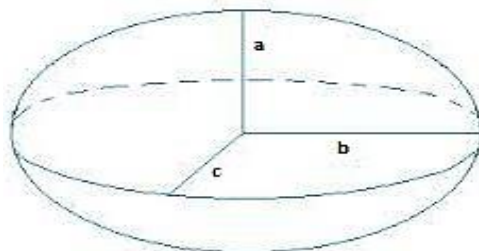


Ilustración 3-5: Elipsoide

Fuente: (Castillo, 2018 pág. 12)

Donde:

V_{elips} : Volumen del elipsoide

(c)(b)(a): Longitudes de los semiejes respecto a los ejes x, y, z.

Teniendo en cuenta que, según el Código Español de recipientes y aparatos a presión, la altura de este tipo de cabezas es $h_{elips} = d_{fer}/4$, y considerando que el fermentador es cilíndrico:

$$b = c = \frac{d_{fer}}{2}, \text{ y } a = h_{elips} = \frac{d_{fer}}{4}$$

Deseamos encontrar el volumen de la mitad del elipsoide, el cual representa la parte superior del fermentador

$$V_{elips} = \frac{1}{2} V_{elips}$$

Altura del elipsoide

$$h_{elips} = \frac{d_{fer}}{4}$$

Volumen y altura de la base cónica:

Para poder calcular la respectiva altura de la parte cónica del fermentador, necesitamos encontrar su volumen, sabiendo que el ángulo del vértice del cono es de $\theta = 60^\circ$, tenemos:

$$V_{cono} = \frac{1}{3} * \pi * r^2 * h_{cono}$$

Tomando en cuenta:

$$r = \frac{d}{2}, \quad \alpha = \frac{\theta}{2}$$
$$\tan \alpha = \frac{r}{h} = \frac{d_{fer}/2}{h}$$

Altura del cono

$$h_{cono} = \frac{3 * V_{cono}}{\pi * r^2}$$

Volumen y altura del cilindro:

Para poder calcular la altura de la parte cilíndrica del fermentador, necesitamos encontrar su volumen:

$$V_c = \pi * r^2 h_{cilindro}$$

$$\text{Sabiendo que } r = \frac{d_{fer}}{2}, \text{ y } h_{cilindro} = L - h_{cono} - h_{elipsoide}$$

Tenemos:

$$h_{cilindro} = 2d_{fer} - \frac{d_{fer}}{4} - \frac{d_{fer}}{2 \tan(\alpha)}$$

Altura del cilindro

$$h_{cilindro} = \frac{V_c}{\pi * r^2}$$

Altura total del fermentador

$$h_t = h_{elips} + h_{cono} + h_{cilindro}$$

Sistema de calentamiento

Teniendo en cuenta que el fermentador se encontrará en el laboratorio de procesos industriales de la ESPOCH, ubicada en la ciudad de Riobamba, donde la temperatura ambiente promedio oscila entre los 16° y 19°, es indispensable contar con un sistema de calentamiento para que todo el proceso de fermentación se lleve a cabo de una manera óptima y acortar el tiempo de fermentación. Teniendo en cuenta esto, además del coste económico y su facilidad para realizar su respectivo mantenimiento, se escogió el enchaquetado el cual constará de dos resistencias en su interior, en vez de otros sistemas de calentamiento como los serpentines.

Diámetro de la chaqueta de calentamiento del fermentador:

$$d_{ch} = d_{fer} + 0.3 * d_{fer}$$

Espesor de la chaqueta de calentamiento el fermentador:

$$e_{ch} = \frac{d_{ch}}{2} - \frac{d_{fer}}{2}$$

Volumen de la chaqueta de calentamiento

Sabiendo que:

$$r = \frac{d_{fer}}{2}, y \quad r_{ch} = \frac{d_{ch}}{2}$$

Reemplazamos

$$V_{ch} = \pi * h_{cilindro} * (r_{ch}^2 - r^2)$$

Finalmente, en concordancia con el código ASME, determina que recipientes a presión, al contener boquillas mayores de 3 pulgadas, estas deberán tener un refuerzo en la unión de soldadura entre la boquilla y el fermentador. Dicho esto, sabemos que el fermentador diseñado tendrá dos boquillas para sus válvulas de 3/4' de purga y muestreo, y adicional dos boquillas de 3/4' para carga y descarga del agua en la chaqueta, por lo que en ningún de estos casos es necesario colocar placas de refuerzo, ya que no se sobrepasa el límite de 3 pulgadas (ASME, 2015 pág. 1).

En la ilustración 3-6 apreciamos diferentes tipos de soldadura para montar las boquillas en el cuerpo del fermentador, según el código Asme. En el presente trabajo el arreglo utilizado es el C, extensión mínima para soldar.

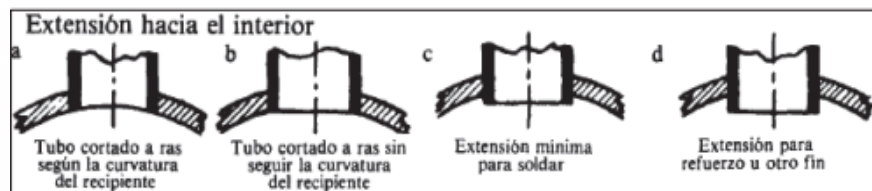


Ilustración 3-6: Tipos de soldadura para boquillas

Fuente: (ASME, 2015 pág. 4)

Respecto a la dimensión de la boca del fermentador, en la tabla 5-3 se tienen algunas recomendaciones en función del diámetro interno del fermentador.

Tabla 3-6: Bocas necesarias según el diámetro

Diámetro Interno del recipiente (in)	Aberturas para inspección	Diámetro de la tubería para entrada	Diámetro máximo para las bocas de entrada
X<12	2 Entradas	0.75 in	20 in
12<X<18	2 Entradas roscadas	1.5 in	20 in
18<X<36	Boquilla de Inspección 2 entradas roscadas	Min 16 in 2 in	20 in
36<X<60	Boquilla de Inspección 2 entradas roscadas	Min 16 in 2 in	20 in
60>X	Boquilla de Inspección 2 entradas roscadas	Min 16 in 2 in	D/3 hasta 40 in

Fuente: (ASME, 2015 pág. 6)

Al tener un radio interno de 0,36 m (14,17in), el diámetro máximo para las bocas de entrada es de 20in (0,50 m), por lo que para el presente trabajo se realizó la boca del fermentador de 0,20 m de diámetro.

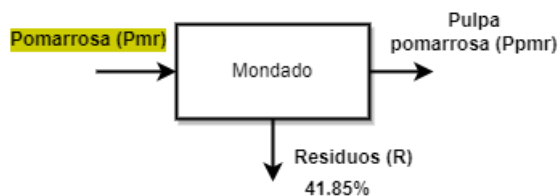
3.6 Balance de materia y energía

➤ Balances de materia

Sabiendo que el balance de materia está regido por la Ley de la Conservación de la materia, podemos determinar el proceso que conlleva la transformación de la pomarrosa hasta la obtención del vino, como se lo indica a continuación.

En el mondado:

Sabiendo que se removieron un 41.85% de residuos de la pomarrosa.



$$Pmr = Ppmr + R$$

$$\%Rendimiento = \frac{Materia\ salida}{Materia\ entrada} * 100$$

En el fermentador

Cálculo de la masa del mosto

$$m_{mos} = \rho_{mos} * v_{mos}$$

Donde

v_{mos} : Volumen del mosto

ρ_{mos} : Densidad del mosto

Cálculo de la masa de la levadura:

La levadura que se utiliza para el proceso de fermentación fue la *Saccharomyces Cerevisiae*, la cual se coloca, siguiendo la relación de fábrica: 11 g por cada 20 litros.

$$m_{lev} = \frac{11g (v_{mos})}{20 L}$$

Donde:

m_{lev} = masa de la levadura

v_{mos} = volumen del mosto

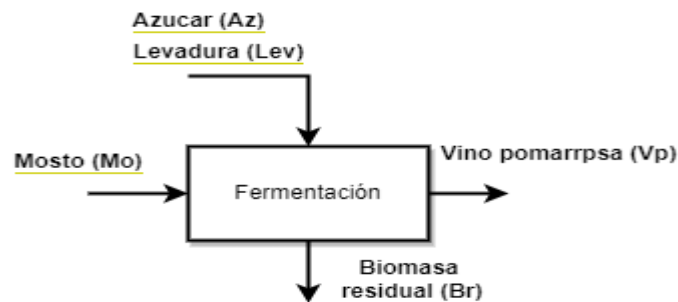
Cálculo de la masa del vino obtenido

$$m_{vino} = \rho_{vino} * v_{vino}$$

v_{vino} : Volumen del vino

ρ_{vino} : densidad del vino

Balance general



Entrada = Salida

$$m_{mos} + m_{lev} + m_{Az} = m_{vp} + m_{br}$$

$$m_{br} = m_{mos} + m_{lev} + m_{Az} - m_{vp}$$

➤ Balance de energía en el fermentador:

Para el balance de energía partimos sabiendo que, durante todo el proceso de fermentación, se tiene el calor que produce la reacción de fermentación, el calor que se gana por conducción desde la chaqueta hacia el interior del fermentador, y el calor que se pierde desde las paredes del fermentador hacia el ambiente por convección.

$$Q_{ganado} = Q_{perdido}$$

$$Q_{pared} + Q_{tf} = Q_{agua} + Q_{amb}$$

Donde:

Q_{pared} = calor ganado por conducción de la chaqueta

Q_{tf} = calor por la reacción en la fermentación

Q_{amb} = calor perdido desde las paredes hacia el ambiente.

Q_{agua} = calor del agua perdido hacia el interior.

Calor generado en el proceso de fermentación

Durante la reacción de fermentación, es decir la transformación de los azúcares de la respectiva fruta en alcohol, se libera energía en forma de calor.

$$\dot{Q}_{\text{tf}} = \dot{Q}_f + \dot{Q}_{\text{CO}_2} + \dot{Q}_{\text{H}_2\text{O}}$$

Donde:

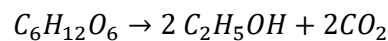
\dot{Q}_{tf} = Flujo de calor total de fermentación

Q_f = Flujo de calor por el mosto

\dot{Q}_{CO_2} = flujo de calor por CO_2 durante la fermentación

$\dot{Q}_{\text{H}_2\text{O}}$ = flujo de calor por vapor de agua generado.

Empezamos encontrando el calor generado durante la fermentación del mosto, partiendo de la reacción general de fermentación:



En la cual tenemos la reacción de la glucosa que por acción de las levaduras se transforma en alcohol y dióxido de carbono.

Sabiendo que:

$$Q = \Delta H_{rx}^\circ$$

La Ley de Hess nos permite determinar la energía calorífica desprendida o absorbida de un reacción o proceso, simplemente dependiendo de los estados inicial y final, tenemos que:

$$\Delta H_{rx}^\circ = \sum n\Delta H_{\text{productos}}^\circ - \sum n\Delta H_{\text{reactivos}}^\circ$$

Necesitamos los datos de las entalpías de cada elemento que conforma la reacción, datos obtenidos de acuerdo con lo expuesto por (Chang, 2002 pág. 967).

$$\Delta H_{glucos}^{\circ} = -1274.4 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H_{etanol}^{\circ} = -276 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H_{CO_2}^{\circ} = -393.13 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H_{fructosa}^{\circ} = -1275 \text{ KJ/mol.}$$

Entalpia de reacción respecto a la glucosa:

$$\Delta H_{rx}^{\circ} = \sum n\Delta H_{productos}^{\circ} - \sum n\Delta H_{reactivos}^{\circ}$$

Teniendo en cuenta que 1 mol de glucosa contiene 0.1801 kg de glucosa:

$$q_{rx \text{ glucos}} = \Delta H_{rx \text{ glucos}}^{\circ} * \frac{1 \text{ mol}}{0.1801 \text{ kg glucosa}}$$

Sabiendo que además de la glucosa, tenemos la presencia de fructosa, encontramos su entalpia de reacción de la misma manera.

Una vez conocido la energía que genera la glucosa y fructosa por cada kg, tenemos que saber la cantidad que tenemos en total de las mismas en el mosto, para lo cual partimos de los grados brix del mosto corregido, el cual es 22 °Brix.

$$^{\circ}Brix = \frac{\text{Kg sacarosa en el vino}}{100 \text{ kg de solución}}$$

$$m_{sacarosa} = m_{mosto} * ^{\circ}Brix$$

Sabiendo que la fermentación se realiza en un medio ácido (pH= 3.5), la sacarosa se hidroliza dando como productos una mezcla equimolar de glucosa y fructosa (Cordova, y otros, 2021 pág. 41). Dicho esto, si tenemos x kg de sacarosa, tendríamos x/2 kg de glucosa y x/2 kg de fructosa.

Entonces,

$$Q_{rx \text{ glucos}} = q_{rx \text{ glucos}} * (x \text{ kg glucosa})$$

De la misma manera para la fructosa tenemos:

$$Q_{rx \text{ fructosa}} = q_{rx \text{ fructosa}} * (x \text{ Kg fructosa})$$

Entonces el calor que se libera por la fermentación del mosto es:

$$Q_f = Q_{rx \text{ glucosa}} + Q_{rx \text{ fructosa}}$$

Según (Mora, 2014 pág. 54), el tiempo de fermentación puede variar entre 10 a 20 días. En el presente trabajo la fermentación tuvo una duración de 14 días, por lo que el flujo de calor de fermentación será: 14 días (336 horas).

$$\dot{Q}_f = \frac{Q_f}{\text{tiempo } \theta}$$

Flujo de calor por desprendimiento de CO2 generado durante la fermentación

$$\dot{Q}_{CO_2} = \frac{V_{most} * B * T_f}{9\theta}$$

Donde:

V_{most} = volumen del mosto

B = azúcares presentes en el mosto

T_f = temperatura de fermentación

θ = tiempo de fermentación

Flujo de calor por desprendimiento de vapor de agua

$$\dot{Q}_{H_2O} = \frac{V_{most} * B * P_v * (580 + 0.43T_f)}{3695 \theta}$$

Donde:

V_{most} = volumen del mosto

B = azúcares presentes en el mosto

T_f = temperatura de fermentación

θ = tiempo de fermentación

P_v = presión de agua saturada a la temperatura de fermentación (20 °C), tomada de la tabla termodinámica A-4 del libro de Cengel. (2.3392kPa -> 17.55 mm Hg)

Calor por conducción de la chaqueta hacia el mosto

Para encontrar el calor por conducción emitido por la chaqueta hacia el interior del tanque, aplicamos el principio de conducción en superficies cilíndricas:

$$\dot{Q}_{pared} = \frac{k_{acero\ inox} * (2 * \pi * L) * (t_{ch} - t_{mosto})}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

Sabiendo que:

$$k_{acero\ inox} = 17 \text{ kcal/ h.m.}^\circ\text{C}$$

L = longitud del tanque cilíndrico

t_{ch} = temperatura de la chaqueta

t_{mosto} = temperatura del mosto

Calor perdido por las paredes del fermentador hacia el ambiente.

Sabiendo que en el exterior está fluyendo aire:

$$\dot{Q}_{amb} = h \pi D_T H_T (T_{superf} - T_{amb})$$

Donde:

$$h_{aire} = \text{coeficiente de trans. de calor por conveccion natural del aire} = (5 - 25) \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}}$$

T superficie = temperatura superficie

T ambiente = temperatura del ambiente.

D_t = diámetro del fermentador (0.46 m)

H_t = altura (0.34 m)

Al no tener un coeficiente de transferencia de calor por convección exacto, se calcula el coeficiente. Determinamos la temperatura de película (temperatura promedio).

$$T_f = \frac{T_{superf} + T_{amb}}{2}$$

Calculamos el coeficiente de expansión volumétrica β , siendo para el aire como gas ideal:

$$\beta = \frac{1}{T_f \text{ [}^\circ\text{K]}}$$

El coeficiente de transferencia de calor por convección lo calcularemos a partir del número de Nusselt:

$$Nu = \frac{hL}{K}$$

Despejando:

$$h = \frac{K}{L} Nu$$

Donde:

K= conductividad térmica del aire

L= longitud característica (altura del cilindro)

Nu = número de Nusselt

Calculamos el número de Grashof:

$$Gr = \frac{g \beta (T_{sup} - T_{amb}) L^3}{\nu^2}$$

Donde:

g = gravedad (m/s²)

Para poder encontrar el número de Nusselt, según las correlaciones empíricas del número de Nusselt para convección natural, un cilindro vertical se lo puede tratar como una placa vertical, cuando:

$$D \geq \frac{35 L}{Gr^{1/4}}$$

Al cumplirse la relación, podemos encontrar el número de Nusselt para una placa plana. Empezamos calculando el número de Rayleigh, el cual es el producto del número de Grashof y el número de Prandtl.

$$Ra = Gr * Pr$$

Cálculo del número de Nusselt

$$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 * Ra^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

Reemplazamos para encontrar el coeficiente de convección h:

$$h = \frac{K}{L} Nu$$

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados

4.1.1 Caracterización organoléptica de la pomarrosa

Tabla 4-1: Resultados de la caracterización organoléptica de la fruta

Fruta	Color	Olor	Sabor	Textura	Dimensiones
Pomarrosa (<i>Syzygium malaccense</i>)	Corteza: rosa/roja Pulpa: blanca	Rosas	Dulce- ácida	Carnosa, semiblanda y jugosa	8 a 11 cm de largo, 4cm a 7cm en su parte más ancha

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

4.1.2. Evaluación sensorial de la pomarrosa

Tabla 4-2: Resultados detallados de la evaluación edónica

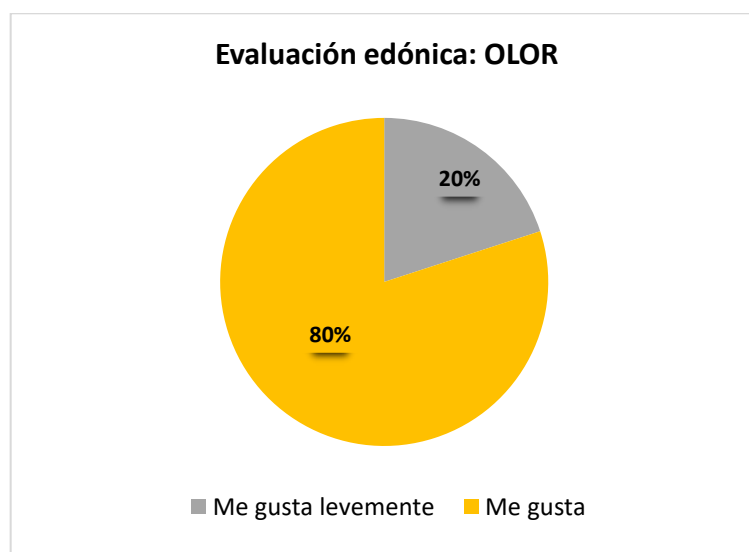
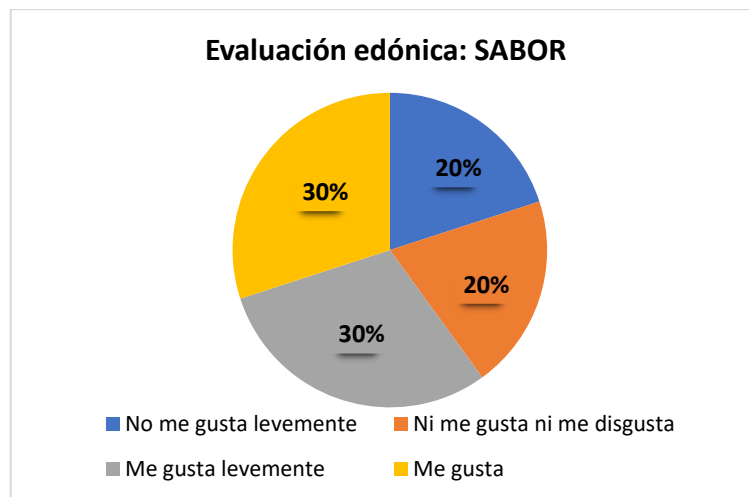
Persona	Sabor	Olor	Color	Textura
1	4	5	5	4
2	3	4	5	3
3	4	5	5	5
4	5	5	5	5
5	5	5	5	4
6	2	5	5	1
7	5	5	5	5
8	4	4	5	4
9	3	5	5	3
10	2	5	5	3

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

Tabla 4-3: Resumen de la evaluación hedónica

Resumen resultados de la evaluación hedónica					
Puntuación	Equivalencia	Sabor	Olor	Color	Textura
1	No me gusta	-	-	-	1
2	No me gusta levemente	2	-	-	-
3	Ni me gusta ni me disgusta	2	-	-	3
4	Me gusta levemente	3	2	-	3
5	Me gusta	3	8	10	3
Total		10	10	10	10

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023



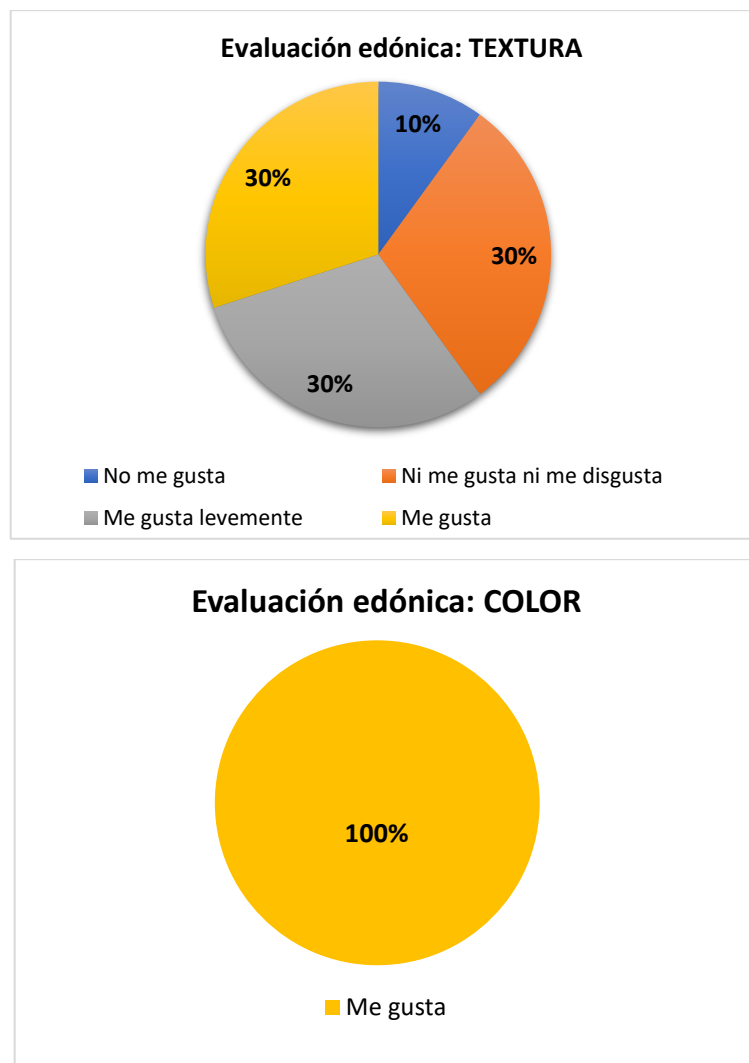


Ilustración 4-1: Gráficas de evaluación edónica

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

4.1.3. Datos experimentales

➤ En la caracterización de la pomarroza:

De acuerdo con la lectura directa que se obtuvo en el refractómetro digital:

Tabla 4-4: Resultados por lectura en el refractómetro

Brix (°Bx)	pH	Índice de refracción	Temperatura (°C)
6,93	3,79	1,3433	20

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

Referente a la Densidad

Tabla 4-5: Datos obtenidos para el análisis de la densidad

Muestra	V _{pic} (ml)	P _{pic} (g)	Repetición	P _{pic 2} (g)
1	10,043	25,273	1	35,984
			2	34,986
			3	35,762

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

Donde:

V_{pic}= volumen del picnómetro (volumen de la muestra)

P_{pic}= peso del picnómetro vacío

P_{pic2} = peso del picnómetro con la muestra

$$\rho = \frac{P_{pic2} - P_{pic}}{v_{pic}}$$

Tabla 4-6: Resultados por triplicado de la densidad

Repetición	ρ (g/ml)
1	1,0668
2	0,9661
3	1,0475
Promedio	1,0268

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

Referente a la humedad

Tabla 4-7: Resultados para el análisis de la humedad

Muestra	Repetición	m (g)	m ₁ (g)	m ₂ (g)
1	1	106,791	111,821	107,293
	2	98,979	103,875	99,2
	3	91,211	96,223	91,708

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

$$SS\% = \frac{(m_2 - m)}{(m_1 - m)} * 100$$

Tabla 4-8: Resultados de las repeticiones

Repetición	%SS
1	9,98
2	4,51
3	9,92
Promedio	8,14

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \%SS$$

$$\% \text{ Humedad} = 100 - 8.14$$

$$\% \text{ Humedad} = 91.86\%$$

➤ **En el mondado de la fruta**

Tabla 4-9: Datos obtenidos en el mondado

Muestra	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Masa residuos
1	270	157	113
2	172	102	70
3	229	139	90
4	274	185	89
5	162	95	67
Promedio	221.5	135.6	85.8

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

Cálculo del porcentaje de impurezas removidas en el mondado

$$\%Residuos = \frac{Masa\ inicial - Masa\ final}{Masa\ inicial} * 100$$

$$\%Residuos = \frac{270 - 157}{270} * 100$$

$$\%Residuos = 41.85 \%$$

Tabla 4-10: Datos del rendimiento en el mondado

Muestra	1	2	3	4	5	Promedio
%Residuos	41.85	40.70	39.30	32.48	41.36	39.14

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

4.1.4. Caracterización fisicoquímica de la fruta (pomarrosa)

Tabla 4-11: Resultados de la caracterización fisicoquímica de la pomarrosa

Parámetro	Resultado	Bibliografía
Densidad (g/ml)	1,0268	1,02 – 1,048
pH	3.79	3-4
Índice de refracción	1.3433	-
Temperatura (°C)	21	-
°Brix	6,93	5 - 11
Acidez %	0,102	0,45 - 0,58
Azúcares totales (% en peso)	6,73	5 - 8
Humedad (%)	91,86	85 - 92

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

Cálculo del índice de factibilidad enológica

$$IFE = 36 * (\%Acidez + °Brix)$$

$$IFE = 36 * (0,102 + 6,93)$$

$$IFE = 254$$

4.1.4. Diseño del equipo

➤ Selección de material

Se optó por escoger el acero inoxidable tipo 316, el cual, al tener una adición de 2% – 2.5% de molibdeno en su aleación, adquiere una resistencia mayor a la corrosión, además que tiene propiedades antibacterianas y es de muy bajo mantenimiento, siendo perfecto para trabajos en ambientes húmedos.

Tabla 4-12: Propiedades físicas del acero

ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO PROPIEDADES FÍSICAS				
AISI	COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20°C (W/m °K)	CALOR ESPECÍFICO A 20°C (J/Kg °K)
316	C ≤ 0.08% Cr 16% - 18% Ni 10% – 14% Mo 2% – 2.5%	8.0 g/cm ³	15	500

Fuente: (Europer, 2016 pág. 2)

Tabla 4-13: Propiedades mecánicas del acero

ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO PROPIEDADES MECÁNICAS a 20 °C						
AISI	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN		PORCENTAJE DE ELONGACIÓN EN 2'' (%)	Limite elástico 0.2% desplazamiento		DUREZA MAX BRINELL (HB)
	psi	MPa		psi	MPa	
316	75 000	516	40	30 000	205	185

Fuente: (Europer, 2016 pág. 3)

➤ **Dimensionamiento del fermentador**

Volumen de diseño del fermentador

$$V_f = V_{mosto} + 15\%$$

$$V_f = 40 + 6$$

$$V_f = 46 \text{ litros} \rightarrow 0.046 \text{ m}^3$$

Donde:

V_f = Volumen de diseño del fermentador

Diámetro del fermentador

$$d = \sqrt[3]{\frac{12 * V_f}{\pi * 4.7}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{12 * 0.046}{\pi * 4.7}}$$

$$d = 0.32 \text{ m}$$

Para evitar que puedan tener injerencia los materiales del equipo en el volumen deseado, se le aplica por diseño un factor de seguridad

$$d_{fer} = 0.32 + 15\%$$

$$d_{fer} = 0.32 + 0.04$$

$$d_{fer} = 0.36 \text{ m}$$

Donde

d = diámetro interno del fermentador

Volumen de la parte superior:

$$V_{elips} = \frac{4}{3} \pi * c * b * a$$

Donde:

V_{elips} : Volumen del elipsoide

(c)(b)(a): Longitudes de los semiejes respecto a los ejes x, y, z.

Teniendo en cuenta que, según el Código Español de recipientes y aparatos a presión, la altura de este tipo de cabezas es $h_{elips} = d/4$, y considerando que el fermentador es cilíndrico:

$$b = c = \frac{d_{fer}}{2}, y \quad a = h_{elips} = \frac{d_{fer}}{4}$$

Deseamos encontrar el volumen de la mitad del elipsoide, el cual representa la parte superior del fermentador

$$V_{elips} = \frac{1}{2} V_{elips}$$

Reemplazamos

$$V_{elips} = \frac{1}{2} * \frac{4}{3} \pi * \frac{d_{fer}}{2} * \frac{d_{fer}}{2} * \frac{d_{fer}}{4}$$

$$V_{elips} = \frac{1}{24} * \pi * d^3$$

$$V_{elips} = 0.12 * d_{fer}^3$$

$$V_{elips} = 0.005 \text{ m}^3$$

Altura del elipsoide

$$h_{elips} = \frac{0.36}{4}$$

$$h_{elips} = 0.09 \text{ m}$$

Volumen y altura de la base cónica:

$$V_{cono} = \frac{1}{3} * \pi * r^2 * h_{cono}$$

Tomando en cuenta que:

$$r = \frac{d_{fer}}{2}, \quad \alpha = \frac{\theta}{2} = \frac{60}{2} = 30$$

$$\tan \alpha = \frac{r}{h} = \frac{d_{fer}/2}{h}$$

Reemplazamos

$$V_{cono} = \frac{1}{3} * \pi * \left(\frac{d_{fer}^2}{4} \right) * \frac{d_{fer}/2}{\tan \alpha}$$

$$V_{cono} = 0.0101 \text{ m}^3$$

Encontramos la altura del cono

$$V_{cono} = \frac{1}{3} * \pi * r^2 * h_{cono}$$

$$h_{cono} = \frac{3 * V_{cono}}{\pi * r^2}$$

$$h_{cono} = 0.29 \text{ m}$$

Volumen y altura del cilindro:

$$V_c = \pi * r^2 h_{cilindro}$$

Sabiendo que $r = \frac{d}{2}$, y $h_{cilindro} = L - h_{cono} - h_{elipsoide}$

$$h_{cilindro} = 2d_{fer} - \frac{d_{fer}}{4} - \frac{d_{fer}}{2 \tan(\alpha)}$$

Reemplazamos en el volumen

$$V_c = \pi * \left(\frac{d_{fer}}{2} \right)^2 \left(2d_{fer} - \frac{d_{fer}}{4} - \frac{d_{fer}}{2 \tan(\alpha)} \right)$$

$$V_c = \pi * \left(\frac{d_{fer}^2}{4} \right) * d_{fer} * \left(\frac{16 \tan(\alpha) - 2 \tan(\alpha) - 4}{8 \tan(\alpha)} \right)$$

$$V_c = \pi * \frac{d_{fer}^3}{4} * \left(\frac{14 \tan(30) - 4}{8 \tan(30)} \right)$$

$$V_c = \pi * \frac{d_{fer}^3}{4} * (0.9)$$

$$V_c = 0.71 d_{fer}$$

$$V_c = 0.033 \text{ m}^3$$

Altura del cilindro

$$h_{cilindro} = \frac{V_c}{\pi * r^2}$$

$$h_{cilindro} = \frac{0.033}{\pi * 0.18^2}$$

$$h_{cilindro} = 0.33 \text{ m}$$

Altura del fermentador

Una vez encontrado la altura de las tres partes del fermentador, podemos encontrar la altura total del cuerpo del fermentador

$$h_t = h_{elips} + h_{cono} + h_{cilindro}$$

$$h_t = 0.09 + 0.29 + 0.33$$

$$h_t = 0.71 \text{ m}$$

Sistema de calentamiento

Diámetro de la chaqueta de calentamiento del fermentador:

$$d_{ch} = d_{fer} + 0.3 * d_{fer}$$

$$d_{ch} = 0.36 + 0.3 * 0.36$$

$$d_{ch} = 0.46 \text{ m}$$

Espesor de la chaqueta de calentamiento el fermentador:

$$e_{ch} = \frac{d_{ch}}{2} - \frac{d_{fer}}{2}$$

$$e_{ch} = \frac{0.46}{2} - \frac{0.36}{2}$$

$$e_{ch} = 0.05 \text{ m}$$

Volumen de la chaqueta de calentamiento

Sabiendo que:

$$r = \frac{d_{fer}}{2}, y \quad r_{ch} = \frac{d_{ch}}{2}$$

$$r = \frac{0.36}{2}, y \quad r_{ch} = \frac{0.46}{2}$$

$$r = 0.18 \text{ m}, y \quad r_{ch} = 0.23 \text{ m}$$

Reemplazamos

$$V_{ch} = \pi * h_{cilindro} * (r_{ch}^2 - r^2)$$

$$V_{ch} = \pi * 0.33 * (0.23^2 - 0.18^2)$$

$$V_{ch} = 0.2125 \text{ m}^3$$

4.1.5. Resultados del diseño del equipo

Tabla 4-14: Resultados del diseño del equipo

Descripción	Abreviatura	Valor	Unidad
Volumen del mosto	V_{mosto}	40	L
Volumen de diseño del fermentador	V_f	46	L
Diámetro del fermentador	d	0,36	m
Volumen del elipsoide	V_{elips}	0,005	m^3
Altura del elipsoide	h_{elips}	0,08	m
Volumen del cilindro	V_c	0,033	m^3
Altura del cilindro	$h_{cilindro}$	0.34	m
Volumen del cono	V_{cono}	0,0101	m^3
Altura del cono	h_{cono}	0,29	m
Espesor de la pared (acero inox)	e	2	mm
Presión del líquido	$P_{líq}$	0.87	$lb/pulg^2$
Presión de proceso	P_{proc}	24.65	$lb/pulg^2$
Presión de operación	P_{op}	25.49	$lb/pulg^2$
Presión de diseño	P_{dis}	28.039	$lb/pulg^2$
Diámetro de la chaqueta	d_{ch}	0.46	m
Espesor de la chaqueta	e_{ch}	0.05	m
Volumen de la chaqueta	V_{ch}	0.2125	m^3

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

4.1.6. Accesorios del fermentador

Tabla 4-15: Accesorios del equipo

Accesorios	Cantidad	Medida
Válvulas esféricas ferruladas de acero inox	2	3/4
Abrazadera clamp inoxidable	2	3/4
Llave de paso de acero inoxidable	1	3/4
Manguera transparente flexible	2 m	1/2
Abrazadera acero galvanizado	1	1/2

Conector roscado para manguera en acero inox	1	1/2
Unión en la tapa para manguera (airlock)	1	1/2
Neplo de acero para llenado y purga de la chaqueta	3	3/4
Tapón hembra pvc	2	3/4
Termómetro análogo	1	-10 a 100°C

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

4.1.7. Control de temperatura

Tabla 4-16: Materiales para el control de temperatura

Material	Cantidad	Característica
Controlador de temperatura digital REX-C400	1	0-1200°C 110/220 P&D
Termocupla bulbo tipo “J”	1	Bulbo 5mmx20cm, cable 2m
Selector CAMSCO Metálico luminoso verde	1	2 posiciones 22mm (1NA)
Breaker de protección	1	2 polos 32 Amperios
Cable concéntrico	2 m	90°C 3x10 AWG 600V
Cable flexible	3 m	#10 AWG 600v
Cable flexible	2 m	#18 AWG 600 v azul
Terminal aislado azul	10	Tipo U 1/8
Terminal aislado amarillo	10	Tipo U, 12-10 awg
Espiral transparente	1 m	1/4 x 6mm
Resistencia eléctrica thermotronic	2	2500 W
Gabinete metálico servicio liviano	1	(200X200X150) mm en acero al carbono

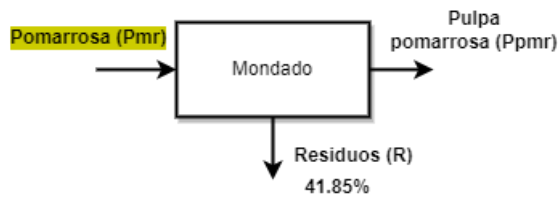
Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

4.1.8 Balance de materia y energía

➤ Balance de materia

En el mondado:

Sabiendo que se removieron un 41.85% de residuos de la pomarrosa.



$$Pmr = Ppmr + R$$

$$Ppmr = 515 \text{ g} - 39\%$$

$$Ppmr = 515 - \left(\frac{39}{100} * 515\right)$$

$$Ppmr = 314,15 \text{ g}$$

$$\%Rendimiento = \frac{\text{Materia que sale}}{\text{Materia que entra}} * 100$$

$$\%Rendimiento = \frac{314,15}{515} * 100$$

$$\%Rendimiento = 61\%$$

En el fermentador artesanal

Cálculo de la masa del mosto:

$$m_{mos} = \rho_{mos} * v_{mos}$$

Donde

v_{mos} : 2 Litros \rightarrow 0.002 m^3 (Volumen del mosto)

ρ_{mos} : 1,08 g/ml \rightarrow 1080 kg/m^3 (Densidad del mosto)

$$m_{mos} = \left(1080 \frac{kg}{m^3}\right) * 0.002m^3$$

$$m_{mos} = 2.16 \text{ kg}$$

$$m_{mos} = 2160 \text{ g}$$

Cálculo de la masa de la levadura:

$$m_{lev} = \frac{11g (v_{mos})}{20 L}$$

Donde:

m_{lev} = masa de la levadura

v_{mos} = 2 litros (volumen del mosto)

$$m_{lev} = \frac{11g (2 litros)}{20 L}$$

$$m_{lev} = 1.1 g$$

Cálculo del azúcar para corregir el mosto:

Brix iniciales del mosto: 1,5 °Brix.

Brix deseados: 22°Brix

$$1,5 \text{ °Brix} = \frac{1,5 g}{100 g} = \frac{15 g}{1 kg}$$

$$\text{Azucar a agregar} = \left(\text{°Brix deseados} - \frac{\text{°Brix iniciales}}{2} \right) * m_{mosto}$$

$$\text{Azucar a agregar} = \left(\frac{220 g}{kg} - \frac{15/kg}{2} \right) * 2,16 kg$$

$$\text{Azucar a agregar} = 459 g$$

Cálculo de la masa del vino obtenido:

Al final de la fermentación se obtuvo 1.60 litros de vino de pomarrosa, entonces:

$$m_{vino} = \rho_{vino} * v_{vino}$$

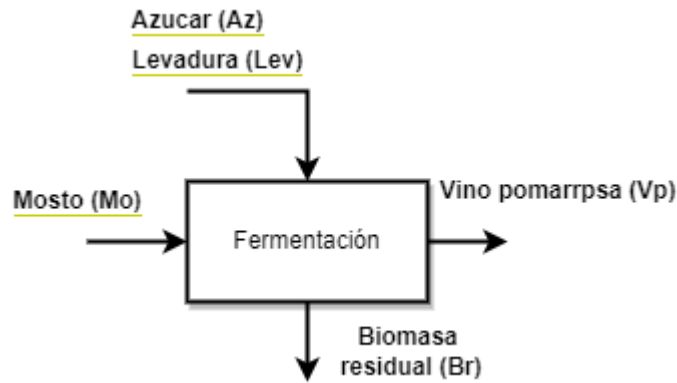
v_{vino} : 1.60 L → 0.00160 m³ (Volumen del vino)

ρ_{vino} : 1.04 g/ml → 1040g/L

$$m_{vino} = (1040 g/L) * 1.60L$$

$$m_{vino} = 1664 g$$

Una vez realizado todos estos cálculos, realizamos el balance de materia respectivo:



Entrada = Salida

$$m_{mos} + m_{lev} + m_{Az} = m_{vp} + m_{br}$$

$$m_{br} = m_{mos} + m_{lev} + m_{Az} - m_{vp}$$

$$m_{br} = 2160 \text{ g} + 1,1 \text{ g} + 459 \text{ g} - 1664 \text{ g}$$

$$m_{br} = 956,1 \text{ g}$$

$$\%Rendimiento = \frac{\text{Materia que sale (Vino)}}{\text{Materia que entra}} * 100$$

$$\%Rendimiento = \frac{1664}{2620,1} * 100$$

$$\%Rendimiento = 63,5 \%$$

En el equipo de fermentación

Cálculo de la masa del mosto:

$$m_{mos} = \rho_{mos} * v_{mos}$$

Donde

v_{mos} : 35 Litros (Volumen del mosto)

ρ_{mos} : 1,098 g/ml -> 1,090 kg/L (Densidad del mosto)

$$m_{mos} = \left(1,098 \frac{\text{kg}}{\text{L}}\right) * 35\text{L}$$

$$m_{mos} = 38,4 \text{ kg}$$

$$m_{mos} = 38400 \text{ g}$$

Queremos alcanzar los 40 litros de mosto corregido:

$$m_{mc} = \rho_{mos} * 0,040\text{m}^3$$

$$m_{mc} = \left(1,098 \frac{\text{kg}}{\text{L}}\right) * 40\text{L}$$

$$m_{mc} = 43,9 \text{ kg}$$

Cálculo del azúcar para corregir el mosto:

Brix iniciales del mosto: 2 °Brix.

Brix deseados: 22°Brix

$$2 \text{ } ^\circ\text{Brix} = \frac{2 \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{20 \text{ g}}{1 \text{ kg}}$$

$$\text{Azúcar a agregar} = \left(\frac{220 \text{ g}}{\text{kg}} - \frac{20 \text{ g/kg}}{2} \right) * 43,9 \text{ kg}$$

$$\text{Azúcar a agregar} = 9219 \text{ g}$$

$$\text{Azúcar a agregar} = 9,22 \text{ kg}$$

Volumen de azúcar agregada:

$$\rho_{Az}: 1,59 \text{ g/ml}$$

$$m_{AZ} = 9220 \text{ g}$$

$$V_{AZ} = \frac{m_{AZ}}{\rho_{AZ}}$$

$$V_{AZ} = \frac{9220 \text{ g}}{1,59 \text{ g/ml}}$$

$$V_{AZ} = 5798 \text{ ml}$$

$$V_{AZ} = 5,79 \text{ L}$$

Volumen total de mosto corregido

$$V_{tm} = V_{mos} + V_{AZ}$$

$$V_{tm} = 35 \text{ L} + 5,79 \text{ L}$$

$$V_{tm} = 40,79 \text{ L}$$

Cálculo de la masa de la levadura:

$$m_{lev} = \frac{20 \text{ g} (v_{mos})}{100 \text{ L}}$$

Donde:

m_{lev} = masa de la levadura

v_{tm} = 40,79 litros

$$m_{lev} = \frac{20g (40,79)}{100 L}$$

$$m_{lev} = 8,15 g$$

Cálculo de la masa del vino obtenido:

Al final de la fermentación se obtuvo 35 litros de vino de pomarrosa, entonces:

$$m_{vino} = \rho_{vino} * v_{vino}$$

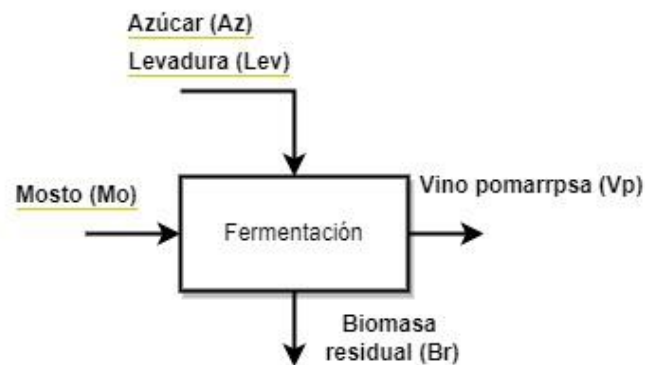
v_{vino} : 35 L (Volumen del vino)

ρ_{vino} : 1.002 g/ml -> 1002g/L

$$m_{vino} = (1002 g/L) * 35L$$

$$m_{vino} = 35070 g$$

Una vez realizado todos estos cálculos, realizamos el balance de materia respectivo:



$$\sum \text{Entrada} = \sum \text{Salida}$$

$$m_{mos} + m_{lev} + m_{Az} = m_{vp} + m_{br}$$

$$38400 + 8 + 9219 + 6,11 = 35070 + m_{br}$$

$$m_{br} = 38400 g + 8 g + 9219 g + 5,25 - 35070 g$$

$$m_{br} = 12560 g$$

$$\%Rendimiento = \frac{\text{Materia que sale (Vino)}}{\text{Materia que entra}} * 100$$

$$\%Rendimiento = \frac{35070}{47633} * 100$$

$$\%Rendimiento = 73,63 \%$$

➤ **Balance de energía**

Calor generado en el proceso de fermentación

Durante la reacción de fermentación se libera energía en forma de calor.

$$\dot{Q}_{tf} = \dot{Q}_f + \dot{Q}_{CO_2} + \dot{Q}_{H_2O}$$

Donde:

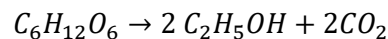
\dot{Q}_{tf} = Flujo de calor total de fermentación

Q_f = Flujo de calor por el mosto

\dot{Q}_{CO_2} = flujo de calor por CO2 generado durante la fermentación

\dot{Q}_{H_2O} = flujo de calor por vapor de agua generado.

Empezamos encontrando el calor generado durante la fermentación del mosto, partiendo de la reacción general de fermentación, tenemos:



En la cual tenemos la reacción de la glucosa que por acción de las levaduras se transforma en alcohol y dióxido de carbono.

$$Q = \Delta H_{rx}^{\circ}$$

$$\Delta H_{rx}^{\circ} = \sum n\Delta H_{productos}^{\circ} - \sum n\Delta H_{reactivos}^{\circ}$$

$$\Delta H_{glucos}^{\circ} = -1274.4 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H_{etanol}^{\circ} = -276 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H_{CO_2}^{\circ} = -393.13 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H_{fructosa}^{\circ} = -1275 \text{ KJ/mol. (Chang, 2002)}$$

Entalpia de reacción respecto a la glucosa:

$$\Delta H_{rx}^{\circ} = \sum n\Delta H_{productos}^{\circ} - \sum n\Delta H_{reactivos}^{\circ}$$

$$\Delta H_{rx}^{\circ} glucos = (2(-276) + 2(-393.13)) - (-1274.4)$$

$$\Delta H_{rx}^{\circ} glucos = -63.86 \text{ KJ/mol}$$

Teniendo en cuenta que 1 mol de glucosa contiene 0.1801 kg de glucosa:

$$q_{rx} glucos = -63.86 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} * \frac{1 \text{ mol}}{0.1801 \text{ kg glucosa}}$$

$$q_{rx} glucos = -354.58 \text{ KJ/kg}$$

Sabiendo que además de la glucosa, tenemos la presencia de fructosa, encontramos su entalpia de reacción:

$$\Delta H_{rx}^{\circ} fructosa = (2(-276) + 2(-393.13)) - (-1275)$$

$$\Delta H_{rx}^{\circ} fructosa = -63.26 \text{ KJ/mol}$$

Teniendo en cuenta que 1 mol de fructosa contiene 0.1801 kg de fructosa:

$$q_{rx} fructosa = -63.26 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} * \frac{1 \text{ mol}}{0.1801 \text{ kg glucosa}}$$

$$q_{rx} fructosa = -351.25 \text{ KJ/kg}$$

Cálculo de la masa de sacarosa a partir de los grados Brix (22 °Brix)

$$^{\circ}\text{Brix} = \frac{\text{Kg sacarosa en el vino}}{100 \text{ kg de solución}}$$

$$m_{sacarosa} = m_{mosto} * ^{\circ}\text{Brix}$$

$$m_{sacarosa} = 43,9 \text{ kg} * \frac{21 \text{ kg}}{100 \text{ kg mosto}}$$

$$m_{sacarosa} = 9,219 \text{ kg}$$

Sabiendo que la fermentación se realiza en un medio ácido (pH= 3.5), la sacarosa se hidroliza dando como productos una mezcla equimolar de glucosa y fructosa. Dicho esto, si tenemos 9,219 kg de sacarosa, tendríamos 4,61 kg de glucosa y 4,61 kg de fructosa.

$$Q_{rx} glucos = -354.58 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} * (4,61 \text{ kg glucosa})$$

$$Q_{rx} glucos = -1634,6 \text{ KJ}$$

$$Q_{rx \text{ fructosa}} = -351.25 \frac{KJ}{Kg} * (4,61 Kg \text{ fructosa})$$

$$Q_{rx \text{ fructosa}} = -1619,3 KJ$$

Calor liberado por la fermentación del mosto:

$$Q_f = Q_{rx \text{ glucosa}} + Q_{rx \text{ fructosa}}$$

$$Q_f = -1634,6 KJ + (-1619,3 KJ)$$

$$Q_f = -3253,9 KJ$$

Flujo de calor de fermentación durante los 14 días (336 horas)

$$\dot{Q}_f = \frac{3253,9}{336}$$

$$\dot{Q}_f = 10 KJ/h$$

$$\dot{Q}_f = 2,77 W$$

Una vez calculado el calor generado por la fermentación del mosto, procedemos a encontrar el calor generado por desprendimiento de CO₂ y por el vapor de agua.

$$\dot{Q}_{tf} = \dot{Q}_f - \dot{Q}_{CO_2} - \dot{Q}_{H_2O}$$

Flujo de calor por desprendimiento de CO₂ generado durante la fermentación

$$\dot{Q}_{CO_2} = \frac{V_{most} * B * T_f}{9\theta}$$

Donde:

V_{most} = volumen del mosto

B = azúcares presentes en el mosto

T_f = temperatura de fermentación

θ = tiempo de fermentación

$$\dot{Q}_{CO_2} = \frac{40,79 L * \frac{0,21kg}{L} * 28^\circ C}{9(336)}$$

$$\dot{Q}_{CO_2} = 0,08 Kcal/h$$

$$\dot{Q}_{CO_2} = 0,34 KJ/h$$

$$\dot{Q}_{CO_2} = 0,10 \text{ W}$$

Flujo de calor por desprendimiento de vapor de agua

$$\dot{Q}_{H_2O} = \frac{V_{most} * B * P_v * (580 + 0.43T_f)}{3695 \theta}$$

Donde:

V_{most} = volumen del mosto

B = azúcares presentes en el mosto

T_f = temperatura de fermentación

θ = tiempo de fermentación

P_v = presión de agua saturada a la temperatura de fermentación (28 °C).

$$\dot{Q}_{H_2O} = \frac{40,79L * \frac{0.21 \text{ kg}}{L} * 23,70 \text{ mmHg} * (580 + 0.43 * 28^\circ C)}{3695 (336)}$$

$$\dot{Q}_{H_2O} = 0,10 \text{ Kcal/h}$$

$$\dot{Q}_{H_2O} = 0.42 \text{ KJ/h}$$

Finalmente, podemos encontrar el flujo de calor total que se produce durante la fermentación:

$$\dot{Q}_{tf} = \dot{Q}_f + \dot{Q}_{CO_2} + \dot{Q}_{H_2O}$$

$$\dot{Q}_{tf} = 10 + 0.34 + 0.42$$

$$\dot{Q}_{tf} = 10,76 \text{ KJ/h}$$

Calor por conducción de la chaqueta hacia el mosto

$$\dot{Q}_{pared} = \frac{k_{acero \text{ inx}} * (2 * \pi * L) * (t_{ch} - t_{mosto})}{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}$$

Sabiendo que:

$$k_{acero \text{ inx}} = 15 \text{ W/m} \cdot ^\circ C$$

L = longitud del tanque cilíndrico (0.34m)

$$t_{ch} = 27 ^\circ C$$

$$t_{mosto} = 25 ^\circ C$$

$$r_1 = 0,17$$

$$r_2 = 0,18$$

$$\dot{Q}_{pared} = \frac{(15 \text{ W/m} \cdot \text{°C}) * (2 * \pi * 0.34\text{m}) * (27 - 25)}{\ln\left(\frac{0,18}{0,17}\right)}$$

$$\dot{Q}_{pared} = \frac{64,08}{0,06}$$

$$\dot{Q}_{pared} = 1,068 \text{ KW}$$

$$\dot{Q}_{pared} = 3844,8 \text{ KJ/h}$$

Calor perdido por las paredes del fermentador hacia el ambiente.

Sabiendo que en el exterior está fluyendo aire:

$$\dot{Q}_{amb} = h \pi D_T H_T (T_{superf} - T_{amb})$$

Donde:

h_{aire} = coeficiente de trans. de calor por conveccion natural del aire = $\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}}\right)$

T superficie = 26 °C (299 K)

T ambiente = 20 °C (294 k)

Dt = diámetro del fermentador (0.46 m)

Ht = altura (0.34 m)

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección del aire

Cálculo de la temperatura de película (temperatura promedio)

$$T_f = \frac{T_{superf} + T_{amb}}{2}$$

$$T_f = \frac{26 + 20}{2}$$

$$T_f = 23 \text{ °C}$$

Datos obtenidos a 23 °C de las tablas del libro de Transferencia de Calor y masa de Cengel A-15, mediante interpolación:

$K = 0,02539 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$; (conductividad térmica del aire)

$\nu = 1,5482 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$; (viscosidad cinemática)

$Pr = 0,72999$; (número de Prandtl)

Calculamos el coeficiente de expansión volumétrica β , siendo para el aire como gas ideal:

$$\beta = \frac{1}{T_f [^{\circ}K]}$$
$$\beta = \frac{1}{23,5 + 273}$$
$$\beta = 3,373 \times 10^{-3} K^{-1}$$

El coeficiente de transferencia de calor por convección lo calcularemos a partir del número de Nusselt:

$$Nu = \frac{hL}{K}$$

Despejando:

$$h = \frac{K}{L} Nu$$

Donde:

K= conductividad térmica del aire

L= longitud característica (altura del cilindro)

Nu = número de Nusselt

Para poder encontrar el número de Nusselt, según las correlaciones empíricas del número de Nusselt para convección natural, un cilindro vertical se lo puede tratar como una placa vertical, cuando:

$$D \geq \frac{35 L}{Gr^{1/4}}$$

Calculamos el número de Grashof (Gr):

$$Gr = \frac{g \beta (T_{sup} - T_{amb}) L^3}{\nu^2}$$

Donde:

g = gravedad (m/s²)

$$Gr = \frac{9,8 * 3,373 \times 10^{-3} * (300 K - 293) * 0.34^3}{(1,5482 \times 10^{-5})^2}$$

$$Gr = 37,942 \times 10^6$$

Reemplazamos:

$$0,46 \geq \frac{35 (0.34)}{37,942 \times 10^6^{1/4}}$$

$$0,46 \geq 0,152$$

Al cumplirse la relación, podemos encontrar el número de Nusselt para una placa plana.

$$Ra = Gr * Pr$$

$$Ra = (37,942 \times 10^6) * (0,72999)$$

$$Ra = 27,69 \times 10^6$$

Calculó del número de Nusselt

$$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0.387 * Ra^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

$$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0.387 * (27,69 \times 10^6)^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,72999} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

$$Nu = 42$$

Reemplazamos para encontrar el coeficiente de convección h:

$$h = \frac{K}{L} Nu$$

$$h = \frac{0,02539 \frac{W}{m^{\circ}C}}{0,34 m} (42)$$

$$h = 3,14 \frac{W}{m^2 \text{ } ^{\circ}C}$$

Finalmente calculamos el calor perdido hacia el ambiente:

$$\dot{Q}_{amb} = \left(3,14 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right) \pi (0,46m)(0,34 m)(27 - 20) ^\circ C$$

$$\dot{Q}_{amb} = 10,8 W$$

$$\dot{Q}_{amb} = 38,8 kJ/h$$

4.1.8 Curva experimental

Tabla 4-17: Datos obtenidos de grados Brix durante la fermentación

	Tiempo (h)	Brix	Densidad (g/ml)
Dia 0 (densidad inicial)	0	21,03	1,098
1	24	20,70	1,091
2	48	20,12	1,086
3	72	19,85	1,08
4	96	19,09	1,076
5	120	18,26	1,074
6	144	17,64	1,066
7	168	16,85	1,057
8	192	16	1,048
9	216	15,42	1,037
10	240	14,24	1,03
11	264	13,58	1,022
12	288	12,77	1,012
13	312	12,07	1,008
14	336	11,65	1,002

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

Respecto a los grados °Brix

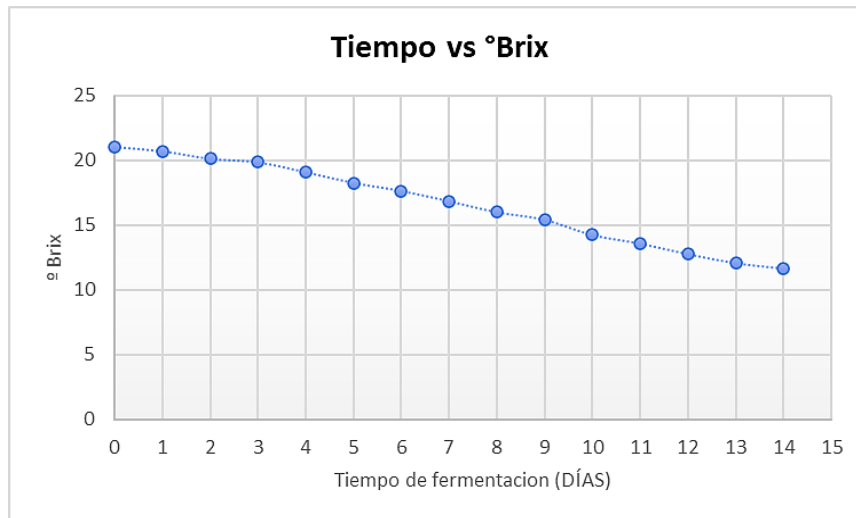


Ilustración 4-2: Gráfica Tiempo vs °Brix

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

Respecto a la densidad

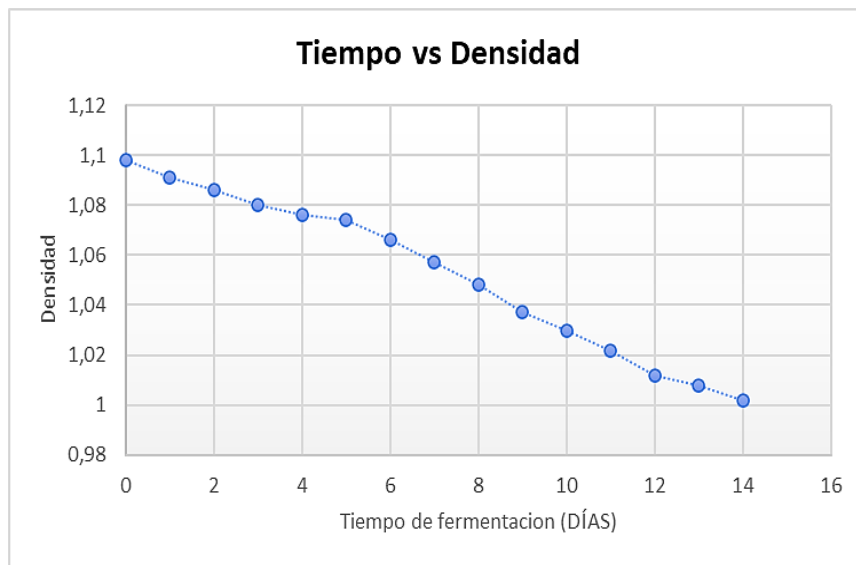


Ilustración 4-3: Gráfica Tiempo vs Densidad

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

4.1.9. Rendimiento del fermentador artesanal y del equipo

Tabla 4-18: Resultados de rendimientos

Rendimiento fermentador artesanal (%)	Rendimiento equipo (%)
63,7	73,63

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

4.1.10. Validación del vino obtenido

Tabla 4-19: Resultados del análisis fisicoquímico del vino

Requisito	Unidad	Norma INEN		Resultado
		Mínimo	Máximo	
Alcohol, fracción volumétrica	%	6,0	-	14
Acidez total, como ácido tartárico	g/L	3,5	-	3,97
Metanol	mg/L	-	1000	700
Contenido de azúcares -Vino seco -Vino semidulce -Vino dulce	g/L	- 25,1 50,1	25,0 50,0 -	15,4
pH	-	2.8	4.5	3,68

Fuente: Laboratorio de análisis de la ESPOCH

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

4.1.11. Análisis microbiológico del vino obtenido

Tabla 4-20: Resultados del análisis microbiológico del vino

Requisito	Unidades	Norma		Resultado
		Mínimo	Máximo	
Microorganismos anaerobios	ufc/cm ³	-	10	<10
Mohos y levaduras	up/cm ³	-	10	<10

Fuente: Laboratorio de análisis de la ESPOCH

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

4.2. Análisis de costos del proyecto.

En el presente proyecto se tuvo gastos tanto para adquirir la materia prima para la elaboración del vino de pomarrosa, en la construcción del fermentador y en el sistema de control de temperatura, los cuales detallamos a continuación:

4.2.1 Costo de la materia prima en la elaboración del vino

Tabla 4-21: Costo de la materia prima

Detalle	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total (\$)
Sobre de Levadura Safale	2,80	2	5,60
Funda de azúcar de 5kg	5,25	2	10,50

Ácido cítrico (Oz)	0,50	2	1,00
Metabisulfito de potasio (Oz)	0,30	2	0,60
Transporte de la fruta	18	1	18
Total, para 40 litros			35,7
Precio por litro (\$)			0,89

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

4.2.2. Costo de botellas de cristal ámbar para almacenar el vino

Tabla 4-22: Costo de botellas para envasado

Detalle	Cantidad	Unidad	Precio unitario (\$)	Total (\$)
Botellas de vidrio de 750 ml	54	Unidades	0,70	37,8

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

En total el costo de producción del vino de pomarrosa se refleja en la tabla

Tabla 4-23: Costo de producción total del vino

Detalle	Precio total (\$)
Elaboración de 40 litros de vino	35,7
54 botellas de vidrio ámbar 750 ml	37,8
Costo total producción	73,5

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

4.2.3. Costo de la construcción del fermentador

Tabla 4-24: Costo de construcción del equipo

Cantidad	Descripción	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	Fermentador acero inoxidable 316, capacidad 40 litros	1200	1200
1	Mano de obra	300	300
2	Válvulas esféricas de acero inox, 3/4	8	24
2	Abrazadera clamp inoxidable, 3/4	11	11
2 m	Manguera transparente flexible, 1/2	0,75	1,50
1	Abrazadera acero galvanizado, 1/2	0,30	0,30

1	Conector roscado para manguera en acero inox, 1/2	1	1
2	Tapón hembra pvc, 3/4	0,50	0,50
1	Termómetro análogo	60	60
Total			1598,30

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

4.2.4. Costo del control de temperatura

Tabla 4-25: Costo del control de temperatura

Cantidad	Descripción	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	Controlador de temperatura digital REX-C400	36,05	36,05
1	Termocupla bulbo tipo "J"	18,75	18,75
1	Selector CAMSCO Metálico luminoso verde	4,66	4,66
1	Breaker de protección	6,78	6,78
2 m	Cable concéntrico	2,63	5,26
3 m	Cable flexible	0,76	2,29
2 m	Cable flexible	0,223	0,45
10	Terminal aislado azul	0,09	0,93
10	Terminal aislado amarillo	0,063	0,63
1 m	Espiral transparente	1,10	1,10
1	Gabinete metálico servicio liviano	21,53	21,53
Subtotal (sin IVA)			98,43
Total (Incluido IVA)			110,43

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

En total el costo de construcción del fermentador se refleja en la tabla 25-4

Tabla 4-26: Costo total del equipo de fermentación

Detalle	Precio total (\$)
Construcción del equipo	1598,30
Materiales control de temperatura	110,43
Mano de obra control de temperatura	120
Costo total del fermentador	1828,73

Realizado por: Ruiz, B. & Maza, D., 2023

4.3 Análisis de resultados

4.3.1. Caracterización de la pomarrosa

Como sabemos, la pomarrosa es una fruta poco conocida a nivel comercial, por ende, no existe una norma que nos ayude con parámetros específicos para evaluarla. Es por ello que tanto para su análisis organoléptico como fisicoquímico se obtuvo información apoyándonos en otras investigaciones como (Mora, 2014 pág. 37) e (Illescas, 2021 pág. 67) .

En la caracterización organoléptica se evaluó los parámetros de color, olor, sabor y textura, visualmente obteniendo un color rosa tendiendo a rojo, el olor característico a rosas, un sabor ácido dulce y su textura semiblanda, siendo estas características muy similares a las expuestas por (Silva, 2014 pág. 85). Además, se realizó una encuesta a través de una escala edónica a un grupo de diez personas, evaluando los mismos parámetros en un rango de calificación del 1 al 5, siendo 1: no me gusta, y 5: me gusta. De lo cual se obtuvo respecto al sabor que al 60% personas les gusto mucho la fruta, al 20% personas no les agradó el fruto y el 20% restantes indecisas. Respecto al olor, al 80% les gusto mucho su olor, y un 20% les agrado. Respecto a su color al 100% les gusto por su tono rosa brillante, y finalmente por su textura un 30% les gusto mucho, 30% les agrado, 10% no le gusto y un 30% indecisos. Pudiendo apreciar con esto, que la fruta tiene una buena aceptabilidad, sin embargo, por desconocimiento de la existencia de esta fruta, su textura y sabor puede causar diferentes sensaciones probarla por primera vez.

En la caracterización fisicoquímica, tomando como referencia a las investigaciones antes mencionadas, se pudo establecer un rango para su evaluación, analizando parámetros como pH, grados Brix, índice de refracción, densidad, humedad, azúcares totales. Obteniendo resultados a una temperatura de 20°C (temperatura ambiente), de 3,79 de pH, densidad de 1,026g/ml, 6,93°Brix, índice de refracción de 1,3433, azúcares totales 6% en peso y humedad 91,86%. Todos los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros obtenidos por bibliografía.

Estos resultados nos indican que esta fruta si es viable para la elaboración de vino, no ideal como lo es la uva, pero mediante correcciones en su preparación es una buena alternativa de innovación. Esto lo podemos corroborar mediante el índice de factibilidad enológica el cual se obtuvo un valor de 290, que es casi la mitad de la referencia 700 perteneciente a la uva según (Paramo, 2006 págs. 1-6).

4.3.2 Diseño del fermentador

Para el diseño del fermentador, se comenzó con una experimentación a nivel de laboratorio, en la cual se determinó las variables en el proceso de obtención del vino de pomarrosa, siendo estas el tiempo de fermentación, la temperatura óptima, el pH inicial y final, cepa seleccionada de levadura, siendo la temperatura una de las variables principales, concordando con (Alcivar, y otros, 2015 pág. 12) quienes en su estudio mencionan la importancia de seleccionar una buena cepa de fermentación, así como una temperatura óptima para el proceso, a cual en el presente trabajo se determinó que es entre 26° y 28°C, confirmando lo que nos dice (Moyano, 2015 pág. 21), por encima de los 30°C las levaduras pueden morir y detenerse el proceso, y por debajo de los 24 °C el proceso puede volverse muy lento.

El material seleccionado para el fermentador fue el acero inoxidable 316, ya que posee una resistencia mayor a la corrosión, propiedades antibacterianas y es de muy bajo mantenimiento, siendo perfecto para trabajos en ambientes húmedos. En el diseño se tomó en cuenta el espacio del laboratorio con que se cuenta para su instalación, por lo que el fermentador posee una capacidad de 40 litros. El dimensionamiento y diseño se lo realizó tomando en cuenta bibliografía de investigaciones similares, así como el Código ASME, el cual nos proporciona una guía para diferentes aspectos del fermentador como en las boquillas, boca del fermentador, tipos de tapas y la presión de trabajo en el material seleccionado. El diseño final del fermentador es de forma semi elipsoidal en la parte superior, forma cilíndrica en el cuerpo, y forma cónica en la parte inferior, ya que esta ayuda a que recoja fácilmente los sedimentos formados por la levadura y partículas de fruta existentes en el mosto. La altura total del fermentador es de 0,71m con un diámetro interno de 0,36m, diámetro externo 0,46m y su presión de diseño para el equipo de 28,039lb/pulg², similar al dimensionamiento realizado por (Cordova, y otros, 2021 pág. 11) para un fermentador de cerveza artesanal de 60 litros, con una altura de 0,86m y una presión de diseño de 33,09lb/pul². Resultando menor la presión de diseño del presente equipo debido a su menor volumen de trabajo y dimensionamiento. Además, el fermentador diseñado cuenta con un sistema de calentamiento que nos ayuda a mantener la temperatura en el rango óptimo de fermentación de 26°C a 28 °C.

Cabe recalcar que al ser un proceso que se realiza de manera anaeróbica, si se instalara un sistema de agitación convencional en el equipo, se podría producir filtración de oxígeno, el cual, por mínimo que sea disminuiría la productividad de fermentación y afectaría sin duda al proceso, por lo que no se recomienda la instalación de un sistema de agitación, concordando con (Mendoza, 2009 pág. 300) en su trabajo de diseño de un fermentador para vino de frutas, enunciando que el ascenso de los gases en el proceso de fermentación ayuda en su homogenización del mosto y aunque el

sistema de agitación tuviera una mínima velocidad de giro, este podría romper la condición anaeróbica.

4.3.3. En la obtención del vino

El mosto que ingresa en el equipo de fermentación cuenta con un pH de 3,97, densidad 1,08 g/ml y 22 °Brix, el proceso de fermentación duro 12 días, rango de tiempo que los grados Brix permanecieron constante indicándonos que el proceso había terminado. Este tiempo concuerda con el estimado por (Mora, 2014 pág. 37), en un rango de 9 a 15 días. Al finalizar la fermentación se obtuvo en el fermentador artesanal un volumen de 1,60 litros, correspondiendo a un 63,5% de rendimiento, mientras que en el equipo de fermentación se obtuvo 33 litros de vino, es decir un 71,78% de rendimiento, mejorando notablemente en el equipo, esto debido a la geometría que tiene el equipo, su base cónica ayuda a la sedimentación de las levaduras facilitando la recuperación de más cantidad de vino y su control de temperatura optimiza la transformación de los azúcares en alcohol, y por ende obteniendo mayor cantidad de producto. El vino obtenido se sometió a los respectivos análisis fisicoquímicos y microbiológicos, que se rigen según la norma NTE INEN 372 y NTE INEN 374, los cuales se los realizó en un laboratorio certificado de análisis de aguas y alimentos.

CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó un fermentador para la obtención de vino a partir de pomarrosa, el cual fue construido en acero inoxidable 316 por su alta resistencia a la corrosión y propiedades antisépticas, con una capacidad para 40 litros de mosto, el cual posee una válvula doble uso para muestreo y recolección del producto y una válvula de purga, además cuenta con un sistema control de temperatura que mantiene el proceso de manera óptima entre 27°C y 28°C.

Se caracterizó la materia prima de la pomarrosa, evaluando parámetros organolépticos como el olor, color, sabor y textura, teniendo una gran aceptabilidad pese a no ser una fruta conocida en la ciudad de Riobamba. De la misma manera su caracterización fisicoquímica se realizó apoyándose en datos bibliográficos de trabajos similares, obteniendo valores 3,79 de pH, densidad de 1,026g/ml, 6,93°Brix, índice de refracción de 1,3433, azúcares totales 6% en peso y humedad 91,86%, además se obtuvo un IFE (índice de factibilidad enológica) de 290. Todos estos datos nos indican que es viable obtener vino a partir de esta fruta, sin embargo, se necesitó ajustar los grados Brix para alcanzar los óptimos en el proceso de fermentación.

Se determinó las variables de diseño del equipo a partir de la experimentación a nivel de laboratorio para lo cual se construyó un fermentador artesanal de plástico. En donde evaluamos el pH, grados °Brix, tiempo de fermentación, grado alcohólico obtenido y la cepa de levadura, considerando la temperatura y los grados °Brix las más importantes, debido que si la temperatura se excede de la óptima las levaduras llegan a fenecer, de lo contrario la temperatura muy baja no permite un buen rendimiento en el proceso y lo ralentiza. Por otra parte, entre más madura se encuentre la fruta, su contenido de azúcar será mayor (°Brix), por ende, se necesitará menos corrección del mosto y un mejor rendimiento en el proceso.

Se validó técnicamente el funcionamiento del equipo, dando a conocer todos los componentes del equipo, así como su correcto funcionamiento, desarrollando todo el procedimiento para la obtención del vino en presencia de la comisión designada.

Se implementó el fermentador en el laboratorio de procesos industriales de la Facultad de Ciencias, entregando al técnico docente toda la documentación requerida del equipo y teniendo en cuenta que es necesario una fuente de energía estable de 220 V y un espacio adecuado para reposar durante todo el proceso de fermentación sin requerir que se mueva el equipo.

RECOMENDACIONES

Desinfectar y lavar adecuadamente el fermentador antes de su utilización, lo cual se recomienda realizar con jabón neutro, ya que es indicado para materiales o equipos alimenticios y para finalizar esterilizarlo con agua caliente a 98°C aproximadamente.

Al ser la pomarrosa fruta de temporada, se recomienda organizar con anticipación la elaboración del vino, para poder recolectar el fruto en la fecha de cosecha y trasladarlo de manera adecuada evitando en lo posible que se golpee para minimizar los desechos de la fruta.

En caso de que se requiera preservar la fruta, se recomienda empacar solo la pulpa en fundas al vacío y congeladas, ya que, si se las guarda enteras, los compuestos internos de la fruta empiezan abombar la funda y empieza su proceso de descomposición.

Se recomienda controlar cuidadosamente los parámetros de activación de las levaduras, tomando en cuenta las indicaciones de fábrica, caso contrario puede extenderse mucho tiempo su activación o a su vez expirar antes que se pueda inocular el mosto.

Realizar el respectivo mantenimiento del fermentador, especialmente en las válvulas de muestreo y purga, para evitar acumulación de residuos de mosto o vino en estos accesorios.

BIBLIOGRAFÍA

ALCIVAR, C.; et al. Diseño y construcción de un fermentador para la obtención de bebidas alcohólicas. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador. 2015. pp. 107.

ARANDA, J.; et al. Análisis del potencial de azúcares fermentables en pomarrosa (*Syzygium Malaccense*) para la producción de etanol. *Research Gate*. (2019), pp. 37.

ARRIEN, I. El mercado de vino en Ecuador. *Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Quito*. [en línea], 2019. [Consulta: 2 abril 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/494521249/doc2020850458-a>

ASME. *Reglas para la construcción de recipientes a presión* [en línea]. S.l.: Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, pp. 1-7. 2015 [Consulta: 2 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.asme.org/about-asme>

BOSQUEZ, E. Procesamiento de frutas y hortalizas. *Editorial Trillas Sa de Cv*. vol. 2, (2010), pp. 137-140. ISSN 6071710790.

CÁRDENAS, R. Fermentación Alcohólica. *Universidad Sur Colombiana*. [en línea], 2020. [Consulta: 14 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.academia.edu/43077559/Fermentaci%C3>

CARRILLO, E. Fermentadores y más. [en línea], 2020. [Consulta: 27 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.fermentadorde.com/>.

CASTILLO, F. Recipientes a presión. *Universidad Autónoma de México*. (2018), pp. 37-39.

CATATU, F. Las levaduras en la elaboración del vino. [en línea], 2020. [Consulta: 1 marzo 2023]. Disponible en: <https://catatu.es/blog/levaduras-elaboracion-vino/>.

CERECEDA, P. Estudio de tapones de corcho e inserción sobre vino. (Trabajo de Titulación) (Maestría). Universidad Rovira i Virgili. Tarragona-España. 2016. pp. 25.

CHANG, R. Química. *De vinni Ltda*. vol. 1, no. 7 (2002), pp. 967.

CÓRDOVA, P.; & ROMERO, S. Diseño y construcción de un fermentador tipo batch como parte de la línea de proceso para la obtención de cerveza artesanal. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2021. pp. 41.

CORONEL, M. Los vinos de Frutas. [en línea], 2008. [Consulta: 22 noviembre 2022]. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40005373/coronel_1-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1667349327.

EUOPER, J. Acero inoxidable. [en línea], 2016. [Consulta: 2 octubre 2022]. Disponible en: <https://euoper.cl/wp-content/uploads/2022/04/FICHAS-TECNICA-ACERO-INOX.316>.

GAMBOA, E. Acero Inoxidable 316 y 316 L propiedades y características físico-químicas. [en línea], 2013. [Consulta: 3 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.academia.edu/9909305>.

HERNÁNDEZ, L. Diseño de un recipiente sujeto a presión interna. vol. 1, no. 8 (2017), pp. 12–19.

HERNÁNDEZ, L. Aplicación del código ASME Sección VIII, División 1, Edición 2015 para el diseño de un recipiente sujeto a presión interna. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional. México. 2017. pp. 12-19.

HERNÁNDEZ, S. Bebida alcohólica estilo vino de oporto a base de tuna (Opuntia ficus – indica). (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Puebla. Puebla-México. 2015. pp. 38.

ILLESCAS, L. Elaboración de un vinagre a base de pomarrosa como alternativa de consumo. *Universidad Agraria del Ecuador*. vol. 1, (2021), pp. 300.

MACIAS, G.; & CADENA, D. Cambio de la matriz productiva vía innovación: caso Ecuador. *Revista Ciencias Sociales y Económicas*. (2017), pp. 86. ISSN 2588-0594

MENDOZA, J. Diseño de un biorreactor para la elaboración de vino de frutas. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional. México. 2019. pp. 41.

MORA, Y. Modelación cinética de la fermentación alcohólica del zumo de pomarrosa. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador. 2014. pp. 37-40.

MOYANO, A. Realizar el diseño y construcción de un fermentador para producción de alcohol a partir de la remolacha. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2015. pp. 21.

NTE INEN 1750:94. *Hortalizas y frutas frescas.* Ecuador: s.n. 2013.

NTE INEN 1751:96. *Frutas Frescas. Definiciones y Clasificación.* Ecuador: s.n. 2012.

PARAMO, L (ed). Determinación de parámetros a nivel de laboratorio para la producción de vinos a partir de frutas tropicales producidas en Nicaragua. Managua: Nexo, 2006. p. 1-6.

PATIÑO, A. Optimización del proceso de obtención de pectina a partir de *Syzygium malaccense* L. mediante el uso de hidrólisis ácida. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2021. pp. 2-5.

PRIETO, R. Análisis de la transferencia de calor en una cavidad ventilada con una pared conductora de calor. [en línea], 2020. [Consulta: 14 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/768/76816763003.pdf>.

PUERTA, G. Fundamentos del proceso de fermentación en el benéfico del café. *Cenicafé.* vol. 1, no.2 (2013), pp. 2-6. ISSN 0120-0178

SCHLEGEL, H. Microbiología General. [en línea], 1997. [Consulta: 3 junio 2023]. Disponible en: <http://biblioteca.utsem-morelos.edu.mx/files/asp/metodologias/microbiologia%20general-hans%20g-schlegel.pdf>.




SILVA, M. Alternativa gastronómica a base de pomarrosa. S.l.: s.n. 2014. pp. 3-15.

SMOLEC, A. Tipos de contenedores para fermentar el vino. [en línea], 2018. [Consulta: 23 febrero 2023]. Disponible en: <https://conchaytoro.com/blog/4-tipos-de-contenedores-para-fermentar-el-vino/>.



ANEXOS

ANEXO A: ACONDICIONAMIENTO DE LA FRUTA

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 																
<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>REALIZADO POR: Maza David, Ruiz Bryan</p>	<p>TEMA</p> <p>“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FERMENTADOR PARA OBTENCIÓN DE VINO A PARTIR DE POMARROSA”</p>															
<p>a) Recepción de la pomarrosa b) Selección de la fruta c) Mondado</p>	<table border="1"> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	<table border="1"> <tr> <td>ESCALA</td> <td>FECHA</td> <td>LÁMINA</td> </tr> <tr> <td>1:1</td> <td>12/06/2023</td> <td>1</td> </tr> </table>	ESCALA	FECHA	LÁMINA	1:1	12/06/2023
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO																	
<input type="checkbox"/>	APROBADO																	
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR																	
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR																	
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR																	
ESCALA	FECHA	LÁMINA																
1:1	12/06/2023	1																

ANEXO B: PRESERVACIÓN DE LA FRUTA

d)



e)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	TEMA												
d) Empaquetado de la fruta e) Congelado de la fruta	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>CERTIFICADO</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>APROBADO</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>POR APROBAR</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td>POR CALIFICAR</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>POR VERIFICAR</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	REALIZADO POR: Maza David, Ruiz Bryan	“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FERMENTADOR PARA OBTENCIÓN DE VINO A PARTIR DE POMARROSA”		
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO														
<input type="checkbox"/>	APROBADO														
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR														
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR														
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR														
		ESCALA	FECHA	LÁMINA											
		1:1	12/06/2023	2											

ANEXO C: PRUEBAS FISICOQUÍMICAS

f)



g)



h)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	TEMA												
f) Muestras para pruebas fisicoquímicas. g) pH h) Lectura de pH	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	REALIZADO POR: Maza David, Ruiz Bryan	“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FERMENTADOR PARA OBTENCIÓN DE VINO A PARTIR DE POMARROSA”	
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO														
<input type="checkbox"/>	APROBADO														
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR														
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR														
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR														
		ESCALA	FECHA	LÁMINA											
		1:1	12/06/2023	3											

ANEXO D: PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS (CONTINUACIÓN)

i)



j)



k)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p style="text-align: center;">REALIZADO POR: Maza David, Ruiz Bryan</p>	TEMA												
i) Lectura de grados Brix, índice de refracción j) Humedad k) Densidad	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	<p>“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FERMENTADOR PARA OBTENCIÓN DE VINO A PARTIR DE POMARROSA”</p>	ESCALA	FECHA
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO														
<input type="checkbox"/>	APROBADO														
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR														
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR														
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR														
			1:1	12/06/2023	4										

ANEXO E: PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS (CONTINUACIÓN)

l)



m)



n)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	TEMA												
l) Preparación muestras (azúcares totales). m) Estándares y muestra para azúcares totales. n) Lectura en el espectrofotómetro	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>CERTIFICADO</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>APROBADO</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>POR APROBAR</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td>POR CALIFICAR</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>POR VERIFICAR</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	REALIZADO POR: Maza David, Ruiz Bryan	“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FERMENTADOR PARA OBTENCIÓN DE VINO A PARTIR DE POMARROSA”		
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO														
<input type="checkbox"/>	APROBADO														
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR														
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR														
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR														
		ESCALA	FECHA	LÁMINA											
		1:1	12/06/2023	5											

ANEXO F: ELABORACIÓN DEL VINO

o)



p)



q)



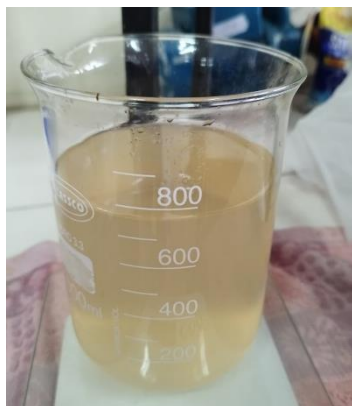
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p style="text-align: center;">REALIZADO POR: Maza David, Ruiz Bryan</p>	TEMA												
<p>o) Troceado p) Preparación del mosto q) Levadura utilizada</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	<p>“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FERMENTADOR PARA OBTENCIÓN DE VINO A PARTIR DE POMARROSA”</p>	ESCALA	FECHA
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO														
<input type="checkbox"/>	APROBADO														
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR														
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR														
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR														
			1:1	12/06/2023	6										

ANEXO G: ELABORACIÓN DEL VINO (CONTINUACIÓN)

r)



s)



t)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> REALIZADO POR: Maza David, Ruiz Bryan </p>	<p align="center"> TEMA “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FERMENTADOR PARA OBTENCIÓN DE VINO A PARTIR DE POMARROSA” </p>												
r) Descube y filtración s) Vino filtrado t) Embotellado	<table border="1"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>CERTIFICADO</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>APROBADO</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>POR APROBAR</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>POR CALIFICAR</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>POR VERIFICAR</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR		ESCALA	FECHA	LÁMINA
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO														
<input type="checkbox"/>	APROBADO														
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR														
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR														
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR														
			1:1	12/06/2023	7										

ANEXO H: DISEÑO FINAL DEL EQUIPO

u)



v)



w)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	TEMA “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FERMENTADOR PARA OBTENCIÓN DE VINO A PARTIR DE POMARROSA”												
u) Cilindro interno y base cónica. v) Estructura para la chaqueta w) Cilindro exterior	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>CERTIFICADO</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>APROBADO</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>POR APROBAR</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/></td><td>POR CALIFICAR</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td><td>POR VERIFICAR</td></tr> </table>	<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	REALIZADO POR: Maza David, Ruiz Bryan	ESCALA	FECHA	LÁMINA
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO														
<input type="checkbox"/>	APROBADO														
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR														
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR														
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR														
			1:1	12/06/2023	8										

ANEXO I: DISEÑO FINAL DEL EQUIPO Y VALIDACIÓN

x)

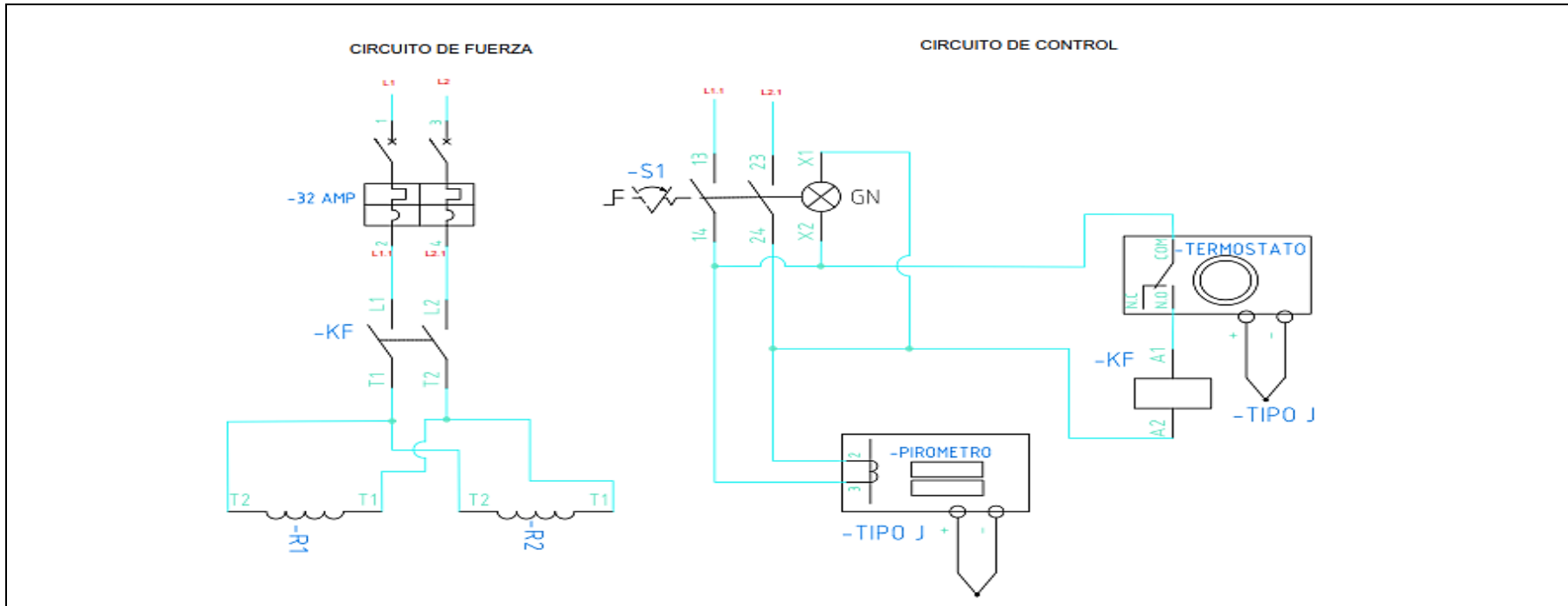


y)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	TEMA												
x) Equipo terminado y) Validación del equipo	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	REALIZADO POR: Maza David, Ruiz Bryan	“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FERMENTADOR PARA OBTENCIÓN DE VINO A PARTIR DE POMARROSA”		
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO														
<input type="checkbox"/>	APROBADO														
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR														
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR														
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR														
		ESCALA	FECHA	LÁMINA											
		1:1	12/06/2023	9											

ANEXO J: DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL EQUIPO



NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	TEMA							
➤ Diagrama eléctrico del fermentador	<table border="1"> <tr><td>CERTIFICADO</td></tr> <tr><td>APROBADO</td></tr> <tr><td>POR APROBAR</td></tr> <tr><td>X POR CALIFICAR</td></tr> <tr><td>POR VERIFICAR</td></tr> </table>	CERTIFICADO	APROBADO	POR APROBAR	X POR CALIFICAR	POR VERIFICAR	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>REALIZADO POR:</p> <p>Maza David, Ruiz Bryan</p>	<p>“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FERMENTADOR PARA OBTENCIÓN DE VINO A PARTIR DE POMARROSA”</p>		
		CERTIFICADO								
APROBADO										
POR APROBAR										
X POR CALIFICAR										
POR VERIFICAR										
ESCALA	FECHA	LÁMINA	1:1	12/06/2023	10					

ANEXO K: ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA VALIDACIÓN DEL VINO



INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 25 de abril del 2023
Análisis solicitado por: Srs. David Maza y Bryan Ruiz
Tipo de muestras: Vino de Pomarrosa
Localidad: Riobamba

Análisis Químico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
pH	-	INEN-389	3.68
Grado alcohólico (v/v)	%	INEN 360	14.0
Metanol	mg/L	OIV-MA-AS-312-03A	700
Acidez total (Expr. Como ácido tartárico)	g/L	INEN 522	3.97
Azúcares	g/L	OIV-MA-AS 311-01A	15.4

Análisis Microbiológico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
Recuento de organismos anaerobios	UFC/mL	INEN 1529-17	<10
Recuento de Mohos y Levaduras	UFC/mL	INEN 1529-10	< 10

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmie Laboratorio
Riobamba - Ecuador



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 16 / 08 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Luis David Maza Sarango – Bryan Israel Ruiz Carrera
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniero Químico
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1650-DBRA-UPT-2023