



Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio

SEP TecNM

DIVISIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

OPCIÓN

“Tesis”

Proyecto

**“Elaboración y caracterización fisicoquímica-funcional de una
bebida alcohólica tipo vino de tempesquistle maduro
(*Sideroxylon palmeri*)”**

Que para obtener el título de:

Ingeniero en Industrias Alimentarias

Presenta

Norma Elizabeth Burgoa Moran

180912041

Acatlán de Osorio Pue., Noviembre 2023.



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Secretaría
de Educación
Gobierno de Puebla



Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio
Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado de Puebla

"2023, Año de Francisco Villa"

ASUNTO: Aprobación de Trabajo de Titulación.

Acatlán de Osorio, Pue., a 23 de octubre de 2023.

I.I.A. ELEODORO GABILÁN LINARES
JEFE DE DIVISIÓN DE LA CARRERA DE
INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
P R E S E N T E.

Por este medio hago de su conocimiento que el documento bajo el esquema: **OPCIÓN: TESIS**, que lleva por nombre **"Elaboración y caracterización fisicoquímica-funcional de una bebida alcohólica tipo vino de tempesquistle maduro (*sideroxylon palmeri*)"**, que presenta la candidata a Titulación: **C. NORMA ELIZABETH BURGOA MORAN**, con número de control **180912002** de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias, fue revisada y aprobada para su impresión por la comisión revisora conformada por: **I. A. GABRIELA FORTUNATA LARA RUIZ**, **M. C. VICTOR INOCENCIO PACHECO CONTRERAS** y **M.I.A. ANABEL ROMERO CRUZ**.

Sin más por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE

"CONOCIMIENTO COMO GUÍA DEL DESARROLLO"

ING. GABRIELA FORTUNATA LARA RUIZ
PRESIDENTE DE ACADEMIA DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Vo. Bo.

I. A. GABRIELA FORTUNATA LARA RUIZ

Vo. Bo.

M. C. VICTOR INOCENCIO PACHECO CONTRERAS

Vo. Bo.

M. I. A. ANABEL ROMERO CRUZ

c. c. p.-Archivo.

CARRETERA ACATLÁN-SAN JUAN
IXCAQUIXTLA K.M. 5.5. UNIDAD
TECNOLÓGICA ACATLÁN DE OSORIO
PUEBLA, C.P. 74949
Tels. (953) 53 41877 y 53 41878



2023
AÑO DE
Francisco VILA

EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO



CACEI



AGRADECIMIENTOS

Una tesis no solo es una escritura, sino el desarrollo de una idea, la investigación, el trabajo diario y muchas cosas más. Enumerar a las personas que me ayudaron en esto sería interminable, pero agradezco de corazón a todas las personas que me apoyaron durante mi formación y así poder culminar mi tesis .

A **Dios** por acompañarme en cada momento de mi vida y permitir llegar a este inolvidable momento tan especial e iluminar mi camino, por aquellos momentos difíciles que me ha enseñado a valorarme cada día más para poder así cumplir una de mis metas.

A los mejores padres que Dios me ha dado a **Elizabeth Moran Rodriguez**, gracias por estar siempre a mi lado, por sus consejos, su confianza y amor. A **Agustín Burgoa Perez** por el esfuerzo que ha hecho para realizar mis sueños, que a pesar de nuestra distancia física es el ejemplo de responsabilidad y perseverancia, les doy las más infinitas gracias por depositar su confianza en mí para culminar mis estudios.

¡Los amo!

A mis hermanos **Ana, Blanca y Ulices** por su apoyo incondicional que me impulsaron para salir adelante y no rendirme durante toda mi carrera, gracias por formar parte de mi vida.

A mis abuelitos **Fulgencia Rodriguez Ramos y Roberto Moran Guerrero** por sus consejos y darme fortalezas para terminar mi carrera.

A la **M. I. A. Anabel Romero Cruz** por sus enseñanzas durante el proceso de mi desarrollo académico y por su confianza en el desarrollo de este proyecto.

Al **M. C. Victor I. Pacheco Contreras** por su conocimiento y apoyo durante mi formación académica y la revisión de esta tesis.

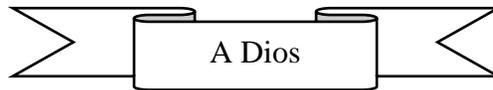
A mi asesora de tesis **I. A. Gabriela F. Lara Ruiz** por haberme guiado en este proyecto, en base a su experiencia y sabiduría ha sabido direccionar mis conocimientos, gracias por haber confiado en mi persona, por sus consejos y paciencia. Es cierto, no fue nada fácil, sin embargo gracias a su apoyo he podido culminar satisfactoriamente la tesis.

Gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación, que deja como producto terminado y como recuerdo y prueba viviente en la historia; esta tesis, que perdurará dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar

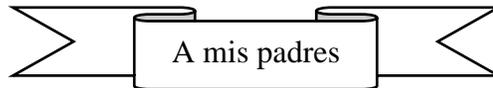
Agradezco al **Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio**, a la carrera de **Ingeniería en Industrias Alimentarias** quienes abrieron sus puertas para poder adquirir los conocimientos necesarios .

¡Gracias a todos por su confianza!

DEDICATORIAS

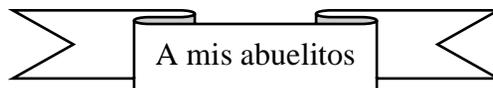


Dedico esta tesis a **Dios**, por permitirme culminar satisfactoriamente la Ingeniería, brindándome sabiduría, fortaleza y perseverancia para poder concretar una de mis metas.

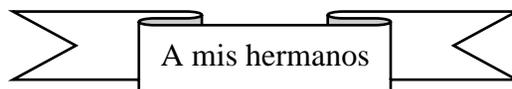


Este logro lo dedico a ustedes ya que no solo es mío, de hecho, es mas de ustedes que mío. Si, así es, hablo de ti papá **Agustín Burgoa Pérez** y de ti mamá **Elizabeth Moran Rodríguez**, que a pesar de las dificultades que presenta la vida siempre han sabido enseñarme a salir adelante y a no rendirme, que con apoyo y consejos han logrado que llegara a esta meta.

A su lado la vida es un regalo divino, porque son y siempre serán un ejemplo en mi vida.

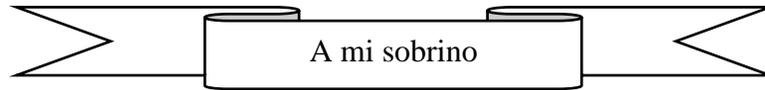


Dedico esta tesis con cariño a dos queridas personas **Fulgencia Rodríguez Ramos** y **Roberto Moran Guerrero**, porque gracias a su apoyo y consejos he llegado a culminar una de mis metas; quienes confiaron en mí y en lo que podía lograr.

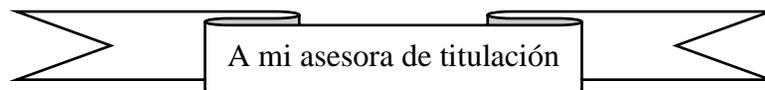


Quiero dedicar este logro a mis hermanos, **Lic. Ana Guadalupe Burgoa Moran, Lic. Blanca Rosa Burgoa Moran, Ing, Ulises Agustín Burgoa Moran**, por ser parte importante

en mi proceso de estudiante, por acompañarme en los momentos más difíciles de mi formación, cuando necesite fuerzas, consejos y ánimos para poder afrontar el presente y continuar mis estudios.



Este logro se lo dedico a mi sobrino **Omar Abdiel García Burgoa**, sé que eres muy pequeño, pero en lo más mínimo me estuviste apoyándome cuando estuve a punto de rendirme en mi proceso de formación, demostrándome con una risa, un abrazo hasta por un beso que todo en esta vida se puede para salir adelante.



I. A. Gabriela F. Lara Ruiz

Quien representa uno de los pilares más importantes en mi proceso de formación profesional; gracias por su paciencia, dedicación y profesionalismo durante este largo tiempo y por exigir lo mejor de mí para una superación permanente.

¡Gracias Ingeniera!

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	XVI
DEDICATORIAS.....	XVIII
INDICE GENERAL.....	XX
INDICE DE FIGURAS	XXVI
INDICE DE TABLAS.....	XXVII
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIMBOLOS.....	XXVIII
RESUMEN	XXIX
ABSTRACT	XXXI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	2
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivo especifico	2
2.3 Hipótesis	2
3. REVISION DE LITERATURA.....	3
3.1 <i>Sideroxylon</i>	3
3.1.1 <i>Sideroxylon Capiri</i>	3
3.1.2 Frutos de <i>Sideroxylon capiri</i> (A.D.C.) Pittier	4
3.1.3 Distribución geográfica de <i>Sideroxylon capiri</i> (A.D.C.) Pittier.	4
3.1.4 <i>Sideroxylon palmeri</i> (tempesquistle).....	6
3.1.5 Fruto del tempesquistle (<i>Sideroxylon palmeri</i>).....	7

3.1.6 Distribución geográfica de tempesquistle (<i>Sideroxylon palmeri</i>).	7
3.1.7 Producción de <i>Sideroxylon palmeri</i> (tempesquistle).....	8
3.2 Fermentación.....	9
3.2.1 Fermentación alcohólica	10
3.3 Levaduras utilizadas en vino.....	11
3.3.1 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	11
3.4 Factores para el crecimiento y desarrollo de la levadura.	13
3.4.1 Presión osmótica	13
3.4.2 Temperatura	14
3.4.3 Deseccación	14
3.4.4 Luz.....	14
3.4.5 pH.....	14
3.4.6 Alcohol.....	14
3.5 Vino.....	15
3.5.1 Concepto.....	15
3.6 Vino de frutas.....	16
3.6.1 Factores a controlar en el proceso de elaboración de vino en frutas.....	16
3.7 Caracterización fisicoquímica del mosto base y del producto final.	17
3.7.1 pH en vinos.....	17
3.7.2 Sólidos solubles (°Brix)	18
3.7.3 Acidez total.	18

3.7.4 Temperatura	18
3.7.5 Obtención del mosto.....	19
3.7.6 Corrección del mosto.	19
3.7.7 Siembra de levadura.	19
3.7.8 Liberación de CO ₂	20
3.7.9 Descube	20
3.7.10 Trasiego.....	20
3.7.11 Clarificación.	20
3.8 Grado de alcohol.....	21
3.9 Propiedades funcionales.....	21
3.9.1 Fenoles totales.....	21
3.9.2 Método de Folin Ciocalteau.	21
3.9.3 Flavonoides.	23
3.9.4 Antocianinas.....	24
3.9.5 Método de pH diferencial.....	25
3.9.6 Betalainas	25
3.9.7 Determinación de betalainas por espectrofotometría.	27
3.8.8 Evaluación sensorial.....	28
4. ORIGINALIDAD.....	33
5. MATERIALES Y MÉTODOS	34
5.1 Localización del lugar experimental.....	34

5.2 Obtención de la materia prima.....	34
5.3 Elaboración del vino de tempesquistle (<i>Sideroxylon palmeri</i>).....	34
5.3.1 Biorreactor.....	35
5.3.2 Materia prima.....	35
5.3.3 Extracción de la pulpa.....	35
5.3.4 Determinación del rendimiento del fruto.....	36
5.3.5 Conservación de la materia.....	36
5.3.6 Determinación de las características físico-químicas del fruto.....	36
5.3.7 Obtención del mosto.....	36
5.3.8 Corrección del mosto.....	36
5.3.9 Activación de la levadura.....	36
5.3.10 Fermentación.....	37
5.3.11 Control de la temperatura.....	37
5.3.12 Liberación de <i>CO2</i>	37
5.3.13 Monitoreo de pH.....	37
5.3.14 Toma de muestra.....	37
5.3.15 Descube.....	38
5.3.16 Trasiego.....	38
5.3.17 Clarificación.....	38
5.3.17 Envasado.....	38
5.3.18 Almacenamiento.....	38

5.3.19 Rendimiento del producto final.....	38
5.4 Determinación de características fisicoquímicas del vino.....	39
5.4.1 Sólidos solubles.....	39
5.4.2 pH.....	39
5.4.3 Acidez titulable.....	39
5.5 Determinación de características funcionales.....	40
5.5.1 Fenoles totales.....	40
5.5.2 Flavonoides.....	41
5.5.3 Antocianinas.....	42
5.5.4 Betalainas.....	43
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	45
6.1 Características físicoquímicas del tempesquistle.....	45
6.2 Rendimiento de la fruta madura del tempesquistle.....	46
6.3 Rendimiento del vino de tempesquistle.....	46
6.5 Caracterización fisicoquímica del vino de tempesquistle.....	46
6.5.1 pH.....	46
6.5.2 Acidez titulable.....	48
6.5.3 Sólidos solubles.....	48
6.6 Caracterización funcional del vino de tempesquistle maduro (<i>sideroxylon palmeri</i>).....	50
6.6.1 Contenido de fenoles solubles totales.....	50
6.6.2 Contenido de flavonoides totales.....	50

6.6.3 Determinación de antocianinas.	51
6.6.4 Cuantificación de betalainas.....	51
6.6.5 Evaluación sensorial.....	52
7. CONCLUSIONES	54
8. RECOMENDACIÓN.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
APÉNDICES	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol y fruto de tempesquistle (<i>Sideroxylon capiri</i>).	4
Figura 2. Árbol y fruto de <i>Sideroxylon capiri</i>	4
Figura 3. Distribución geográfica de la especie <i>Sideroxylon capiri</i> en el estado de Puebla y Oaxaca	6
Figura 4. Distribución geográfica de la especie <i>Sideroxylon palmeri</i> en el estado de Puebla y Oaxaca. .	8
Figura 5. Mecanismo de acción del reactivo Folin-Ciocalteu.....	22
Figura 6. Ácido gálico.....	22
Figura 7. Estructura de algunas antocianinas.....	24
Figura 8. Reacción de las antocianinas con bisulfito para formar antocianinas-sulfónicas incoloras. .	25
Figura 9. Estructura química del ácido betalámico.....	26
Figura 10. Comportamiento de pH durante la fermentación.....	47
Figura 11. Comportamiento de sólidos solubles (°Brix) con respecto al tiempo.	49
Figura 12. Determinación de aceptación del vino de tempesquistle.	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Levaduras más frecuentes en vinos	12
Tabla 2. Parámetros de calidad sensorial en vinos	32
Tabla 3. Tratamientos establecidos	35
Tabla 4. Características fisicoquímicas del fruto de tempesquistle	45
Tabla 5. Rendimiento del fruto de tempesquistle	46
Tabla 6. Concentración de ácido gálico para curva de calibración.	63
Tabla 7. Concentración de quercetina para la elaboración de curva de calibración.	70

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

msnm	Metros sobre el nivel del mar.
% (v/v)	Porcentaje del volumen total de la disolución.
pH	Potencial de hidrogeno.
° Brix	Solidos solubles.
nm	Nanómetros.
UV-VIS	Ultravioleta visible.
PC	Puntos de control.
PCC	Puntos críticos de control.
°C	Grados Celsius.
ppm	Partes por millón.
EtOH	Etanol.
Na₂CO₃	Carbonato de sodio.
mg	Miligramos.
NaNO₂	Nitrito de sodio.
gr	Gramos.
AlCl₃	Cloruro de aluminio.
NaOH	Hidróxido de sodio.
HCL	Cloruro de hidrogeno.
CO₂	Dióxido de carbono.

RESUMEN

El tempesquistle es un fruto de la especie *Sideroxylon palmeri*, conocido como aceituna mexicana, se caracteriza por producir látex; se comercializa principalmente en estado inmaduro para la elaboración de diferentes platillos típicos de la región de producción, en cambio en estado maduro, torna de color rojo y sabor dulce no posee valor productivo a pesar de que se caracteriza por presentar alto contenido de carbohidratos que lo convierte en un ambiente excelente para el crecimiento de levaduras y producción de metabolitos de interés para la industria alimentaria. Por tal motivo, el objetivo del presente estudio fue elaborar y caracterizar la calidad fisicoquímica-funcional de una bebida alcohólica tipo vino de tempesquistle maduro como una alternativa productiva de la aceituna mexicana. El trabajo experimental consistió en evaluar el factor de inoculación con y sin *Saccharomyces cerevisiae* y tiempo de escaldado conformado por cuatro niveles incluyendo fruta sin escaldado (fruta fresca). El mosto de tempesquistle fue corregido a 25 °Brix, 5.32 de pH y 2 % de acidez y fue inoculado con *Saccharomyces cerevisiae* marca la florida, para la fermentación se llevó a cabo a temperatura ambiente. La calidad fisicoquímica del vino fue determinada mediante las pruebas de °Brix, pH y acidez; mientras que la calidad funcional a través de la determinación de fenoles totales por el método de Folin Ciocalteu, flavonoides por el método de espectrofotometría, antocianinas totales con el método del pH diferencial, contenido de betalaínas con el método de espectrofotometría y una evaluación sensorial aplicando un ADC. El vino de tempesquistle presentó 564.4253 ± 2.769 mg EAG/100 g de M. S de fenoles totales, 94.1086 ± 0.13491221 mg EAG/ 100 g de M. S de flavonoides, 43.1046 mg/100 g de M. S de betalaínas y 0.076523903 mg de cianidina 3-glucosido/100 g de M. S de antocianinas, además de 2% en acidez equivalente de ácido tartárico, un pH de 3.32 y solidos solubles de 12 °Brix, características similares obtenidos en otros vinos de frutas como: vino de pitaya roja y amarilla, bebida fermentada de zarzamora, vino de arándano y vino de frutas. La bebida alcohólica presentó atributos de olor, aroma y color

característico del fruto, sin embargo, el atributo de equilibrio y cuerpo es propio de un vino. Los resultados fisicoquímicos y sensoriales del vino, convierten al tempesquistle maduro, potencial para la producción de bebidas alcohólicas, además, una alternativa productiva y económica para la región de producción ya que en la actualidad este fruto es considerado, desecho orgánico.

Palabras clave: *Sideroxylon palmeri*, *Saccharomyces cerevisiae*, compuestos bioactivos, metabolitos secundarios.

ABSTRACT

The “tempesquistle” fruit is a fruit from the specie *sideroxylon palmeri* known as olive, its characteristic is the latex production; the best way to sell this product is when the product is partially ripe to make different kind of dishes from the region, by the other hand when the product is ripe its color is red and it has a sweet taste, it does not have a productive value it despite it is characterized by its high carbohydrates levels that make it in a great environment for yeasts growth and the metabolites production for the food industry. For that reason, the main object of this study it was to elaborate and characterize the physicochemical quality – functional of a beverage kind wine based on a ripe “tempesquistle” as an alternative of production from the Mexican olive. The field work was about to evaluate the factor of the inoculation with *saccharomyces cerevisiae* and without them and the blanching time conformed by 4 levels including the fruits without being blanching (fresh fruit). The “tempesquistle” wort was fixed at 25 °brix, 3.32 pH grades and 2% of acidity and it was inoculated with *saccharomyces cerevisiae* from Florida brand, the fermentation was developed in a room temperature way.

The physicochemical quality – functional of a beverage kind wine was determined through the grades brix tests, pH and acidity; the functional quality was determined thought total phenols based on folin ciocaltau method, flavonoids based on a spectrophotometry method, total anthocyanins based on a pH differential method, betalains based on a spectrophotometry method and a sensorial evaluation based on an ADC. The “tempesquistle” wine showed 564.4253 ± 2.769 mg EAG/100 g of M. S from total phenols, 94.1086 ± 0.13491221 mg EAG/ 100 g of M. S from flavonoids, 43.1046 mg/100 g of M. S from betalains and 0.076523903 milligrams of Cyanidin, 3 milligrams of glycoside//100 g of M. S from anthocyanins plus 2% of acidity; equivalent of tartaric acid, a ph. of 3.32 and 12 °brix soluble solids, characteristics similar found in another wines of different fruits: red and yellow “pitaya” wine, blackberry fermented beverage, blueberry wine and fruits wine. The beverage showed smell attributes, fragrance and a color

characteristic of the fruit, despite of this the attribute of the color and the body is characteristic of a wine. The physicochemical and sensorial results of the wine make the “tempesquistle” ripe in a potential ingredient to produce alcoholic beverage, instead it is a production option and low price option for the production region because this fruit is considering as an organic waste.

Keywords: *Sideroxylon palmeri*, *Saccharomyces cerevisiae*, bioactive compounds, secondary metabolites,

1. INTRODUCCIÓN

El tempesquistle (*sideroxylon palmeri*) es un árbol que puede alcanzar 25 m de altura, y de tronco recto y se caracteriza por producir látex. Se distribuye en el pacífico, en el noroeste de los estados de Durango y Sinaloa, así como en el Golfo de México en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Chiapas y en el centro de México en los estados de Oaxaca, Puebla y en la región Mixteca Poblana siendo el municipio de Petlalcingo parte de esta región. (Pennington, 1990).

El fruto de tempesquistle (*sideroxylon palmeri*) conocido como aceituna nacional, es empleado principalmente como alimento, se consume inmaduro (verde) en diferentes guisos (platillos) y ensaladas, mientras que en estado fenológico maduro torna a rojo intenso y de sabor dulce. El color característico del fruto se debe a las betalainas, pigmentos naturales hidrosolubles, que se dividen en dos grupos, las betacianinas, que brindan tonalidades rojas y las betaxantinas que proporcionan coloraciones amarillas y se sintetizan a partir de diferentes compuestos amino y el ácido betalámico (Granados et al., 2004).

El consumo de vino en México aumentó 22 % en la última década, al registrar un millón de hectolitros al cierre de 2021, mientras que el consumo per cápita es de un litro por persona, cifras que muestran el gran potencial que tiene el mercado mexicano en el mundo para los próximos años, afirmó el director general de la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV), Pau Roca. A pesar de la calidad sensorial del fruto de tempesquistle y el contenido alto de carbohidratos, en la actualidad no posee valor productivo ni económico incluso es considerado como desecho orgánico, por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue elaborar una bebida alcohólica tipo vino de tempesquistle maduro como una alternativa de aprovechamiento del fruto de tempesquistle en la región mixteca.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivo general

Determinar la calidad fisicoquímica y funcional de una bebida alcohólica tipo vino de tempesquistle maduro como una alternativa de aprovechamiento del fruto de tempesquistle.

2.2 Objetivo específico

- Obtener vino a partir de un proceso de fermentación del fruto de tempesquistle.
- Determinar las características fisicoquímicas del vino de tempesquistle.
- Determinar las características funcionales del vino de tempesquistle.
- Determinar la aceptación de vino de tempesquistle mediante una evaluación sensorial.

2.3 Hipótesis

El tempesquistle maduro provee propiedades fisicoquímicas y funcionales para elaborar una bebida tipo vino aceptable por el consumidor.

3. REVISION DE LITERATURA

En la presente sección se describe la clasificación de tipos de tempesquistles, de igual manera se encuentran descritas las características de la materia prima a utilizar, así como los fundamentos para la elaboración de vino de frutas.

3.1 *Sideroxylon*

México posee una gran diversidad de *Sideroxylon*, dos especies de este género predomina en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán de acuerdo a Smith (1967) quien reportó la existencia de *Sideroxylon capiri* (A.D.C.) Pittier, localmente conocido como “cosahuico” y *Sideroxylon palmeri*, comúnmente como tempesquistle. *Sideroxylon capiri* (A.D.C.) Pittier al igual que *S. palmeri* pertenece a la familia de Sapotaceae.

3.1.1 *Sideroxylon Capiri*

El árbol de tempesquistle *S. capiri* (A.D.C.) se encuentra categorizado entre uno de los árboles a nivel nacional como una especie en vías de extinción, siendo un árbol maderable que puede alcanzar hasta 40 m de altura, de forma cilíndrico, blanco grisáceo y exfoliación de corteza en pequeñas placas a lo largo del tronco. Es un árbol que requiere de sol directo para su desarrollo y con frecuencia crece en forma aislada en algunos potreros y parches de bosque secundario (Figura 1) (Jiménez 1999).

Pennington (1990) reconoce dos subespecies *S. capiri* subespecie *capiri* y *S. capiri* subespecie *tempisque* (A.D.C.) Pittier. La subespecie *capiri* presenta hojas y brotes tomentosos; el recubrimiento es persistente en ambas superficies o al menos en la superficie inferior de las hojas, mientras que la subespecie *tempisque* tiene las hojas y brotes lisos o finamente pubérulos y pierden el indumento cuando maduran o solo persisten en la cara inferior de la vena media.



Figura 1. Árbol y fruto de tempesquistle (*Sideroxylon capiri*).

Fuente. CONABIO, 2017.

3.1.2 Frutos de *Sideroxylon capiri* (A.D.C.) Pittier

Los frutos son carnosos, elipsoides a globosos, de 2.5 a 5 cm de largo y 1 cm de ancho. Contienen una sola semilla de 1.5 a 2.5 cm de largo, elipsoide a globosa y cubierta café claro, dura y lisa (Pennington 1990). Los frutos se caracterizan por ser dulces, son comestibles, en fresco o cocidos, siendo también alimento para la fauna silvestre, especialmente en la época seca, como son los murciélagos, los monos y los venados. En general, la mayor producción de flores y frutos ocurre durante la época seca entre enero y abril (Figura 2) (Jiménez, 1999).



Figura 2. Árbol y fruto de *Sideroxylon capiri*

Fuente. CONABIO, 2022.

3.1.3 Distribución geográfica de *Sideroxylon capiri* (A.D.C.) Pittier.

S. capiri (A.D.C.) se distribuye desde México hasta Panamá, principalmente entre los 0 y 900 msnm en climas secos hasta húmedos con temperatura que oscilan entre 22 y 30°C siendo

una especie que requiere de la luz del sol directamente, se desarrolla en un amplio rango de suelos tanto en sitios secos como en algunos húmedos. Se encuentra, principalmente, en Costa Rica, en la parte occidental del Valle Central, en el Pacífico Seco y en la Zona Norte. En México tiene una amplia distribución desde Veracruz, Guerrero, Jalisco, Colima, Chiapas, Michoacán, Nayarit, Sinaloa, México, Morelos, Oaxaca y Puebla (Figura 3) (Newman, 2008).

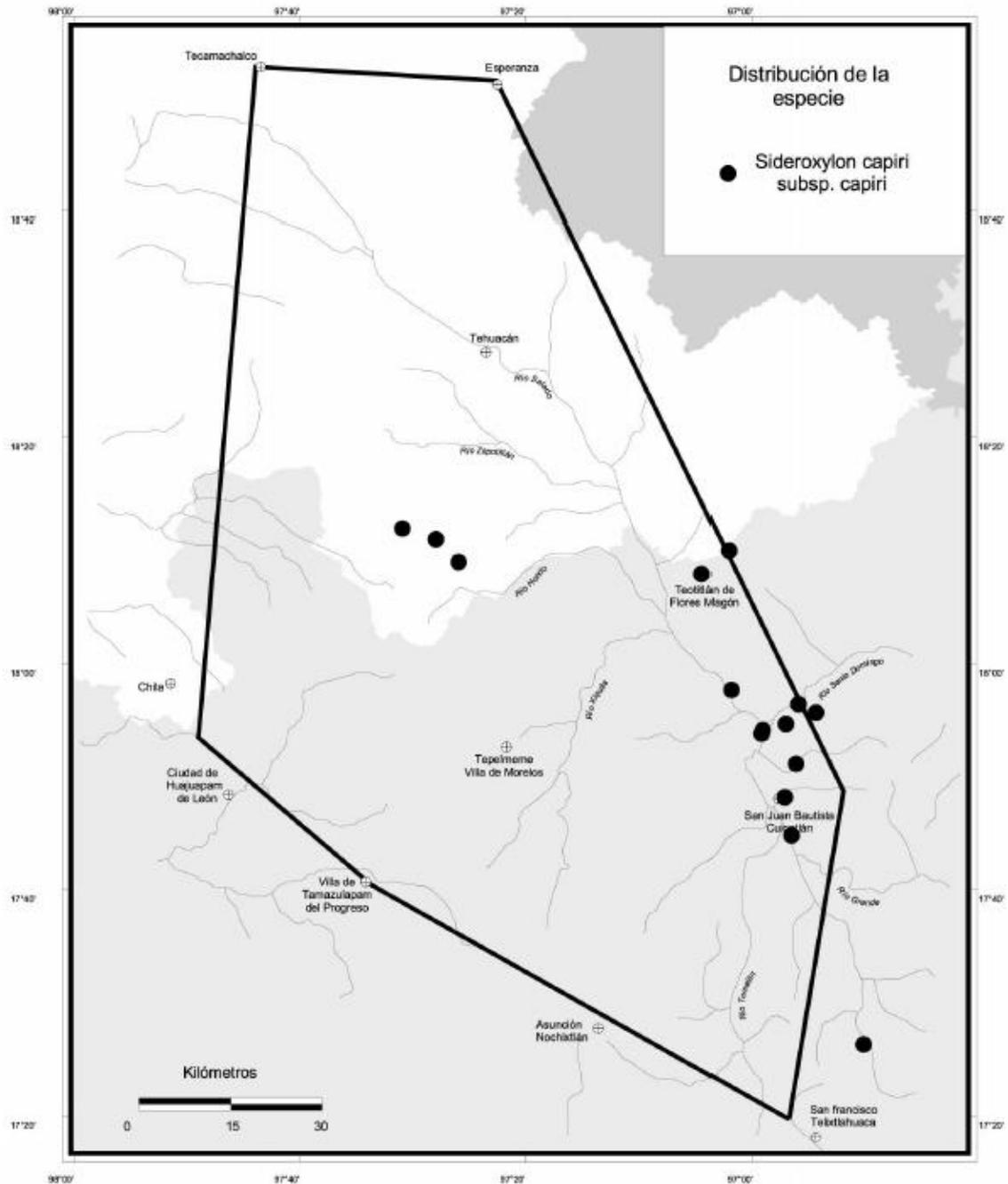


Figura 3. Distribución geográfica de la especie *Sideroxylon capiri* en el estado de Puebla y Oaxaca

Fuente: Newman, 2008.

3.1.4 *Sideroxylon palmeri* (tempesquistle).

S. palmeri es un género de plantas perteneciente a la familia Sapotaceae, es endémica de México. La especie *Sideroxylon palmeri* llega a crecer hasta 25 m de altura, tronco recto y se caracteriza por producir látex en el tronco. Las ramas jóvenes son puberosas, grisáceas o

parduscas usualmente sin espinas. Las hojas son elípticas, en espiral, con margen entero y ápice agudo, redondeado, verde oscuro y brillante en las superficies superiores con pubescencia blanquecina en las superficies inferiores. Las flores son hermafroditas, axilares, dispuestas en fascículos, blancos y aromáticos, con una corola glabrosa de 4-4.5 mm de diámetro (Pennington, 1990).

3.1.5 Fruto del tempesquistle (*Sideroxylon palmeri*).

El tamaño del fruto de tempesquistle *Sideroxylon palmeri* oscila entre 1.6 a 2 cm de largo, con hojas alargadas que anchas, truncadas, sobre pedúnculos de casi 1 cm de largo, verdes con látex pegajoso, jugosas, con una semilla de 0.8-1 cm de diámetro, testa dura, lisa y brillante, con ornamentación, cicatriz del hilo circular, basal (Pennington, 1990). Según Cocotle y Uscanga (1997) su valor nutricional radica en la fuente de energía (185.7 Kcal/100 g de peso fresco), aporta entre el 30 y 50 % del requerimiento diario y alto contenido en fibra.

3.1.6 Distribución geográfica de tempesquistle (*Sideroxylon palmeri*).

Newman, 2008; indica que el fruto del tempesquistle *Sideroxylon palmeri* se distribuye en los estados de Chiapas, Durango, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz.

Esta especie se ha registrado principalmente en el Valle de Tehuacán – Cuicatlán, en los municipios de Coixtlahuaca, Cuicatlán, Huajuapán de León, Teotitlán de Flores Magón, pertenecientes al estado de Oaxaca. En Puebla la existencia de esta especie predomina en los municipios de Ajalpan, Caltepec, Coxcatlán, Tehuacán y la región Mixteca Poblana, siendo el municipio de Petlalcingo parte de esta región (Figura 4) (Pennington, 1990).

Los precios del tempesquistle en el mercado varían a lo largo de la temporada, según fluctuaciones en la oferta y demanda de frutas. La temporada de producción comienza de octubre a diciembre y la temporada media de enero a febrero es cuando la fruta llega a escasearse teniendo un precio alto, pero el mercado se satura de marzo a mediados de abril, es cuando el precio promedio baja. Estos precios de tempesquistle variarán según el tamaño de la fruta, la fruta pequeña siendo más económicas (Gonzalez & Casas, 2004).

3.2 Fermentación

La fermentación es una transformación que tiene lugar a través del proceso metabólico originado por las levaduras, que se alimenta de la glucosa y fructosa existentes en la fruta. Mediante su acción metabólica, se consigue principalmente etanol, aunque también se libera dióxido de carbono. Por este motivo, en su primera fermentación el vino acumula espuma en sus capas superiores y tiene la apariencia de estar hirviendo. El volumen de alcohol tiene un impacto en el vino para que tenga buqué y aroma, así como cuerpo, suavidad y sabor (Grandes Vinos, 2020).

La etapa de fermentación es relevante en la fabricación de bebidas alcohólicas, debido a que determina la cantidad de etanol que se producirá. La naturaleza biológica de dicho proceso implica que incidan sobre su desarrollo una gran variedad de variables y parámetros operacionales como: concentración de azúcares, temperatura, pH, concentración de células vivas, cepa utilizada y otros (López de la Maza et al. 2019).

Las altas temperaturas de fermentación estimulan rápidas tasas de metabolismo acelerando la producción de etanol y conducen a una mayor pérdida de caracteres volátiles. Sin embargo, si la fermentación se vuelve demasiado caliente, el crecimiento y el metabolismo de *Saccharomyces cerevisiae* se inhibirán. Es decir, que el impacto de una mala elección de la

temperatura durante la fermentación puede afectar la concentración de etanol al final de la fermentación y la capacidad de la levadura para consumir todo el azúcar posible (Bison, 2001).

3.2.1 Fermentación alcohólica

De acuerdo con Dacosta y Vázquez (2007), la fermentación alcohólica es una biorreacción que permite degradar azúcares en alcohol y dióxido de carbono. La conversión se representa de acuerdo a la Ec. 1.



La principal levadura para esta transformación es *Saccharomyces cerevisiae*, especie usada con más frecuencia, pero es importante destacar, que existen estudios para producir alcohol con otros hongos y bacterias, como *Zymomonas mobilis*, aunque su explotación a nivel industrial es poco común. A nivel estequiométrico, es una transformación simple, las cuales son una secuencia de transformación para degradar la glucosa hasta dos moléculas de alcohol y dos moléculas de dióxido de carbono (Dacosta y Vázquez, 2007).

La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico, realizado por las levaduras básicamente, de ella se obtienen muchos productos como: vino, cerveza, alcohol, cigarrillos, chocolate, pan, etc. Las levaduras son hongos unicelulares, que pueden vivir en ausencia de oxígeno, consiguiendo su energía por medio de la fermentación alcohólica, en la que rompen las moléculas de glucosa para obtener la energía para sobrevivir cuando el medio es rico en azúcar.

La transformación de la misma en alcohol hace que llegue una cierta concentración que las levaduras no pueden sobrevivir en tal medio. Aunque hay distintos tipos de levaduras con diferentes tolerancias, el límite suele estar en torno a los 14 grados de alcohol para las levaduras del vino. La fermentación alcohólica produce gran cantidad de anhídrido carbónico, el cual

desplaza el aire, pudiendo llegar a crear bolsas sin oxígeno. Por ello es necesario ventilar bien los espacios dedicados a tal fin.

3.3 Levaduras utilizadas en vino

En la actualidad las levaduras se aplican a diversos procesos tecnológicos e industriales. Por lo tanto, en las fermentaciones vínicas intervienen un gran número de especies de levaduras del género *Saccharomyces*, las utilizadas en vino son *Saccharomyces cerevisiae*.

De los 100 géneros de levaduras, representados por unas 700 especies, tan solo 13 géneros están relacionados con los procesos de vinificación: *Candida*, *Cryptococcus*, *Debaryomyces*, *Hanseniaspora* (y su anamorfo *Kloeckera*), *Kluyveromyces*, *Metschnikowia*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, *Saccharomycodes*, *Schizosaccharomyces* y *Zygosaccharomyces*.

3.3.1 *Saccharomyces cerevisiae*

La levadura *S. cerevisiae* es probablemente el microorganismo más ampliamente utilizado por el hombre a través del tiempo; aunque no se tuviera, en un principio, conciencia plena de la participación del microorganismo en la elaboración de diversos alimentos como el pan o las bebidas alcohólicas.

Saccharomyces cerevisiae, es una levadura que constituye el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad; su nombre deriva del vocablo *Saccharo* (azúcar), *myces* (hongo) y *cerevisiae* (cerveza). Es una levadura heterótrofa, que obtiene la energía a partir de la glucosa y tiene una elevada capacidad fermentativa (Suarez, Garrido, & Guevara, 2016).

A continuación, se presentan los dos grupos taxonómicos a los que pertenecen los géneros de levaduras más frecuentes en los mostos y en los vinos (Tabla1):

Tabla 1. *Levaduras más frecuentes en vinos*

Levaduras	Esporógenas	No esporógenas
Subdivisión	Ascomycotina	Deuteromycotina
Clase	Hemiascomycetes	Blastomycetes
Orden	Endomicetales	
Familia	Saccharomycetaceae	Cryptococcaceae
Subfamilias	Schizosaccharomycetoideae	
	Nadsonnicideal	
	Haromycetoideae	
Géneros	Shizosaccharomyces, Hanseniaspora, Dekkera, Saccharomyces, Hansenula, kluyveromyces, Pichia, Saccharomyces, Torulaspora, Zygosaccharomyces.	Brettanomyces

Fuente: Aranibar, 2007.

Collado (2021) clasifica las levaduras fermentativas en tres grandes grupos:

Levaduras de inicio de fermentación.

Se trata generalmente de levaduras apiculadas, es decir con forma de limón, que tienen un bajo poder fermentativo hasta un 4-5% Vol. Muchas de ellas son poco beneficiosas ya que producen bastante acidez volátil a excepción de *Schizosaccharomyces Verona*.

Consiste encabezar los mostos con alcohol hasta 4% Vol. Con el fin de evitar este tipo de levadura.

Levaduras de poder Fermentativo medio-alto.

Una vez que se han superado los 4-5% Vol. De alcohol, otras especies de levaduras dominan el proceso como es el caso de *Saccharomyces cerevisiae* var. *Ellipsoedeus*, *Saccharomyces pastorianus* y otras.

Levaduras de elevado poder fermentativo

Alcanzar los 10-11% Vol. De alcohol, existen otras especies de levaduras que comienzan a ejercer su debido poder elevado fermentativo como son *Saccharomyces ellipsoideus*, entre otras. Exceptuando microvinificaciones de laboratorio en las que se han llegado a alcanzar hasta 18-20% Vol. De alcohol, lo habitual es que no puedan fermentar más allá de los 13.5-14.5% Vol. De alcohol. Dentro de este grupo se encuentran también las levaduras típicas de la segunda fermentación de vinos espumosos.

3.4 Factores para el crecimiento y desarrollo de la levadura.

Peynaud (1984) señala que las levaduras tienen necesidades en lo que se refiere a su nutrición y en el medio en que viven. Son muy sensibles a la temperatura, necesitan de oxígeno, una alimentación apropiada en azúcares, en elementos minerales, en sustancias nitrogenadas, en factores de crecimiento.

De acuerdo con (Suárez et al., 2016), los factores a tener en cuenta para el crecimiento y desarrollo de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, los cuales se describen a continuación:

3.4.1 Presión osmótica

La nutrición de la levadura es un proceso puramente osmótico, es importante evitar medios hipertónicos o hipotónicos para evitar la plasmoptisis y plasmólisis. El estrés osmótico

puede causar una disminución en el volumen celular, afecta, además, la velocidad de fermentación, así como la viabilidad celular.

3.4.2 Temperatura

Las altas temperaturas ocasionan una disminución de la biomasa, producto de un descenso en el contenido de proteínas, RNA; DNA y aminoácidos libres e induce a la rigidez de la membrana celular. Temperaturas muy bajas provocan un estado de latencia en la célula, deteniendo su desarrollo.

3.4.3 Desecación

Es uno de los principales agentes que inhiben las actividades y desarrollo de los microorganismos.

3.4.4 Luz

En general la luz es perjudicial para los microorganismos que carecen de clorofila, o cualquier otro pigmento que les permita usar la energía de las radiaciones en el proceso de fotosíntesis.

3.4.5 pH

El pH óptimo en el cual se desarrollan mejor los microorganismos, está entre 4 y 5. Las levaduras tienen la ventaja de soportar, medios más ácidos, que otros microorganismos, lo que es aprovechado en los procesos industriales para mantener el medio controlado de bacterias que puedan competir por el sustrato.

3.4.6 Alcohol

El efecto del etanol en la célula es una combinación de inhibición del crecimiento y disminución de la viabilidad, puede actuar como inhibidor de la fermentación a partir de un 8 %. No es recomendable terminar la fermentación con un grado de alcohol muy elevado.

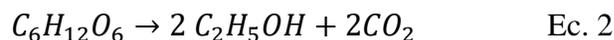
3.5 Vino

3.5.1 Concepto

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana de Bebidas alcohólicas-Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba, señalan que el vino es la fermentación alcohólica que se obtiene únicamente de los mostos de uva fresca (*Vitis vinifera*) con o sin orujo, o de la mezcla de mostos concentrados de uva (*Vitis vinifera*) y agua. Su contenido alcohólico es de 8% a 16% Alc. Vol.

El contenido de alcohol podrá llegar hasta 18% Alc. Vol. para los productos que estén regulados en una denominación de origen. En caso de los vinos de cosechas tardías, procedente de la fermentación natural el contenido de alcohol podría llegar a los 18% Alc. Vol. (NOM-199-SCFI-2017, 2017)

El vino es una bebida que se produce a partir de la fermentación alcohólica del mosto, en donde los azúcares reductores como glucosa y fructosa son convertidos a etanol y dióxido de carbono debido a la acción de las enzimas presentes en las levaduras. En el caso de la molécula de glucosa, se producen dos moléculas de etanol y dos moléculas de dióxido de carbono, como lo menciona Gay-Lussac en la Ec. 2.



Además, durante la fermentación alcohólica de vinos se producen otros compuestos asociados a una fermentación glicéropirúvica, la cual Neuberg la menciona en la Ec. 3.



Hexosa

Glicerina

Acido pirivico

Uno de los mecanismos por el cual se lleva a cabo la fermentación alcohólica se conoce como glicolisis. Este se lleva a cabo en el citoplasma de las levaduras, generando energía para

mantener el crecimiento y el metabolismo. La glicolisis, involucra diez reacciones intermedias en las que el producto final es el ácido pirúvico, posteriormente este es descarboxilado a acetaldehído y finalmente es reducido a etanol. Durante el inicio de la fermentación, las levaduras mantienen un crecimiento exponencial logarítmico. La presencia del alcohol inhibe el crecimiento de otros microorganismos en el mosto (mohos, bacterias y levaduras silvestres). Esto también influye en el crecimiento de las levaduras genuinas cuando la cantidad de alcohol presente en el medio es de 15 -17.5 % (v/v). Existen otras frutas que pueden ser usadas para producir este tipo de bebidas alcohólicas. Según su contenido alcohólico no exceda el 24 % (v/v) de alcohol. (Ramírez, 2005).

3.6 Vino de frutas.

El vino de frutas, así como el vino tradicional de uvas, tiene su origen en el proceso bioquímico de la fermentación alcohólica. Por el contrario, los vinos de frutas requieren en mayor o menor medida un cierto ajuste químico para rendir una correcta fermentación (Becerra, Haro, Salinas, & Velasco, 2013)

Según Coronel (s.f.), para elaborar vino de frutas, tendrá que poseer las características de sabor, aroma, color, untuosidad, etc., es decir, que sean agradables al consumidor. Para lograr esto, se deberá considerar las características intrínsecas de la fruta a emplear, y de ser necesario, se podrá diluir, hacer mezclas, agregar aditivos o reforzar sabores.

3.6.1 Factores a controlar en el proceso de elaboración de vino en frutas.

La calidad de un vino está altamente relacionada con el sabor y el aroma. Existen algunos factores que influyen marcadamente en las características sensoriales de un vino como lo son: la variedad de la fruta, los microorganismos usados para la fermentación y el tiempo de añejamiento.

Una característica muy importante en los vinos es la acidez, la cual influye en las propiedades finales del producto (vino). Algunas de estas características son conservación,

estabilidad y propiedades organolépticas. La acidez de los vinos está determinada por la composición de los ácidos presentes, dentro de los ácidos encontrados en los vinos se encuentran: los originarios de la fruta, los procedentes de la fermentación y los ácidos inorgánicos (Ramirez, 2005).

3.7 Caracterización fisicoquímica del mosto base y del producto final.

De acuerdo con Pájaro et al., (2018), para el análisis de la materia prima, mosto base y producto final (vino) se toman en cuenta aspectos fundamentales como los que se describen a continuación:

3.7.1 pH en vinos.

La velocidad de oxidación depende de la concentración del ión fenolato, y ésta, a su vez, depende del pH. El ión fenolato es capaz de transferir un electrón a una molécula de oxígeno, originando el radical libre anión superóxido, mientras que el fenol se convierte en quinona. Esto origina una reacción en cadena, que acelera la velocidad de oxidación. A medida que el pH crece, aumenta la cantidad de moléculas bajo la forma de fenolato, y por lo tanto la susceptibilidad a la oxidación.

El pH del vino define la velocidad de oxidación y deterioro de la calidad desde un punto de vista organoléptico: a mayor pH, mayor riesgo de oxidación del vino durante su conservación. Por otra parte, el pH condiciona el equilibrio entre las distintas fracciones de dióxido de azufre.

A mayor pH, menor concentración de dióxido de azufre libre y molecular, por lo tanto, menor protección ante la oxidación. (Paladino et al., 2008)

La levadura trabaja mejor en medio relativamente ácido por lo que el pH debe mantenerse entre 3.4 y 3.5, por lo que deberá ajustarse el mosto a este requerimiento (Coronel, 2008).

3.7.2 Sólidos solubles (°Brix)

El contenido de azúcar, por otro lado, determina la cantidad final de alcohol que se habrá producido por fermentación y que, al ejercer una acción antiséptica, limitará la población de levaduras. Esta concentración límite de alcohol está entre 12 y 14% para la mayoría de las levaduras, la cual se alcanza partiendo de un contenido inicial de azúcar de 20- 22%.

El mosto para fermentación alcohólica debe tener entre 16 y 20 °Brix, si es muy bajo el grado alcohólico obtenido será pobre, por lo contrario, si es muy alto la fermentación no se efectúa, pues la presión osmótica que se ejerce sobre las levaduras es grande y no permite que actúen sobre los azúcares.

La concentración de azúcar determina la cantidad final de alcohol en el vino y asegura su estabilidad al actuar como antiséptico del mismo. Su valor óptimo está en 20-22%, con el cual se obtiene la máxima concentración posible de etanol, 12-14% (Coronel, 2008).

3.7.3 Acidez total.

Uno de los principales factores que se determina en el desarrollo de la fermentación en un vino de frutas es la acidez, la cual es determinante para las funciones básicas de las levaduras, llegando a mostrar un óptimo crecimiento cuando el medio posee un valor cercano al 0.55% siendo equivalente a un pH cercano a 3.2 (Coronel, 2008).

3.7.4 Temperatura

El control de la temperatura durante el proceso de elaboración es muy importante para la calidad final del vino.

La temperatura influye en la actividad de las enzimas, que están presentes durante todo el proceso de producción. Las enzimas se encuentran en la fruta y pueden afectar el aroma a

través de la oxidación e influir en la degradación de la masa del fruto durante la maceración, son responsables de procesos metabólicos útiles para bacterias, levaduras y hongos.

La actividad de los microorganismos depende siempre de la temperatura del entorno, la actividad de la fermentación de *Saccharomyces cerevisiae*, está influenciada por la temperatura del mosto.

Durante la fermentación la temperatura debe controlarse en el transcurso de la misma debido a que ocasiona un relativo aumento de esta, mientras que la descomposición de los azúcares produce una reacción exotérmica es decir con desprendimiento de calor. La temperatura óptima para la fermentación oscila entre 24 y 32° siendo 27 ° C la más adecuada. Si la temperatura es muy baja la fermentación es lenta, si la temperatura excede de los 35°C disminuye la acción de las levaduras y si esta aumenta por encima de los 40 °C esta se puede detener (Coronel, 2008).

3.7.5 Obtención del mosto.

La fruta debe lavarse antes del proceso de estrujado, esta operación se conoce como obtención del mosto y puede contener jugo, cascara, semillas dependiendo la fruta que utilice, las cascara o semillas pueden impartir sabores indeseables o bien pueden ser deseables para el vino.

3.7.6 Corrección del mosto.

Las correcciones que se realizan en el mosto son con la finalidad de mejorarlo y son con la corrección de azúcares adicionándole azúcar comercial al mosto, en cambio no se autoriza agregar azúcares al mosto ya fermentado.

3.7.7 Siembra de levadura.

La siembra de levaduras consiste en la adición de levaduras activas al mosto.

3.7.8 Liberación de CO₂

La acción de las levaduras es transformar el azúcar presente en el mosto, en alcohol y dióxido de carbono. Este último es importante liberarlo del biorreactor para evitar una presurización.

3.7.9 Descube

El descube es la operación que consiste en separar la máxima cantidad de líquido de la parte sólida del vino de fruta. Se recomienda realizarlo al 5to o 6to día, de tal manera que el vino este en amplio contacto con el aire, con el objetivo de dar una nueva actividad a las levaduras para la fermentación complementaria pueda darse rápida y completamente, así como, eliminar las pequeñas cantidades de ácido sulfhídrico que se hubieran producido durante la fermentación.

3.7.10 Trasiego.

Consiste en la salida de la cuba de fermentación que el vino contiene en suspensión materias tenues que no han podido precipitar a consecuencia del desprendimiento continuo de gas carbónico debido a la fermentación, y en particular, levaduras y gérmenes de enfermedades. Estas sustancias y fermentos se depositan rápidamente en el fondo del recipiente, contribuyen a la formación de las heces, siendo indispensable separarlos mediante trasiegos.

3.7.11 Clarificación.

La clarificación es la eliminación del enturbiamiento del vino mediante agregación de determinadas sustancias que por acción superficial se adhiere a las partículas enturbiadora y las sedimenta, o bien provocan la floculación coloidal de un determinado componente del vino que envuelve a la sustancia enturbiadora y la hace precipitar.

3.8 Grado de alcohol.

La proporción de alcohol de una bebida, para un volumen dado de la misma, se denomina grado alcohólico. La graduación de los vinos varía entre un 7 y un 16% de alcohol por volumen, aunque la mayoría de los vinos embotellados oscilan entre 10 y 14 grados. Los vinos dulces tienen entre un 15 y 22% de alcohol por volumen. (Sanz, y otros, 2014)

3.9 Propiedades funcionales

3.9.1 Fenoles totales.

Los compuestos fenólicos se relacionan estrechamente con la capacidad antioxidante de un vino. No existe un único compuesto fenólico responsable de la actividad antioxidante del vino, sino que se explica por el conjunto de todos ellos. Los principales compuestos asociados a la capacidad antioxidante son los derivados de ácidos benzoicos, ácidos cinámicos, estilbenos y flavonoides. Debido a su estructura química, estos compuestos pueden neutralizar radicales libres a través de la donación del átomo de hidrogeno del grupo hidroxilo del anillo aromático.

Los fenoles son los compuestos lábiles a oxidarse más importantes, debido a su facilidad para reaccionar con especies reactivas de oxígeno (ROS). Además, de ser donadores de electrones a bajo pH, son conocidos por participar en reacciones de oxidación y son bastantes diversos en cuanto a su estructura y propiedades redox. Los compuestos fenólicos constituyen una de las principales clases de metabolitos secundarios de los vegetales, donde desempeñan diversas funciones fisiológicas.

3.9.2 Método de Folin Ciocalteu.

Folin-Ciocalteu se utiliza como medida del contenido en compuestos fenólicos totales en productos vegetales. Se basa en que los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo de Folin-Ciocalteu, a pH básico, dando lugar a una coloración azul susceptible de ser determinada espectrofotométricamente a 750 nm. Este reactivo contiene una mezcla de wolframato sódico y

molibdato sódico en ácido fosfórico y reacciona con los compuestos fenólicos presentes en la muestra. El ácido fosfomolibdotúngstico (formado por las dos sales en el medio ácido), de color amarillo, al ser reducido por los grupos fenólicos da lugar a un complejo de color azul intenso, cuya intensidad es la que medimos para evaluar el contenido en polifenoles (Figura 5).

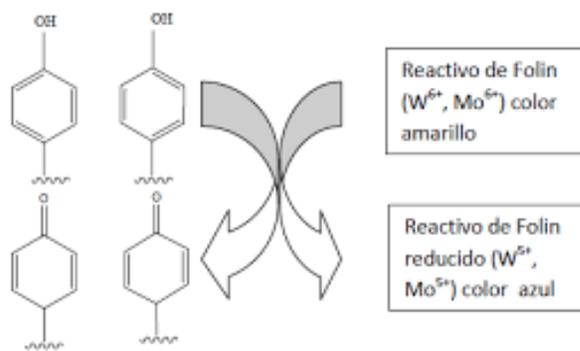


Figura 5. Mecanismo de acción del reactivo Folin-Ciocalteu.

Fuente: García Martínez, 2015.

El mecanismo de reacción es una reacción redox, por lo que además puede considerarse también, como un método de medida de la actividad antioxidante total. La oxidación de los polifenoles presentes en la muestra, causa la aparición de una coloración azulada que presenta un máximo de absorción a 750 nm, y que se cuantifica por espectrofotometría en base a una recta patrón de ácido gálico, (Figura 6). Se trata de un método preciso y sensible, que puede padecer numerosas variaciones, fundamentalmente en lo relativo a los volúmenes utilizados de la muestra a analizar, concentración de reactivos y tiempo de reacción.

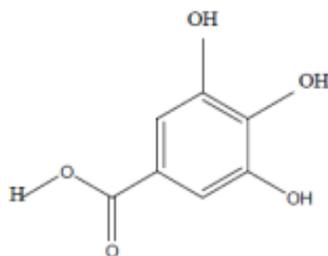


Figura 6. Ácido gálico.

Fuente: García Martínez, 2015.

También se pueden producir variaciones en el modo de expresar los resultados, sin embargo, el patrón recomendado es el ácido gálico. Este ensayo de análisis de los polifenoles totales, se utiliza con frecuencia en el estudio de las propiedades antioxidantes de alimentos vegetales, como zumos de fruta, al tratarse de un parámetro que generalmente, muestra una estrecha correlación con los diferentes métodos de medición de la actividad antioxidante.

3.9.3 Flavonoides.

Los flavonoides (del latín flavus, amarillo) y las antocianinas son compuestos fenólicos solubles en agua, metanol y etanol, con características de glucósidos; contienen como aglucón un núcleo flavilo al cual se une una fracción de azúcar por medio de un enlace β -glucosídico. En realidad, algunos flavonoides son precursores en la biosíntesis de antocianinas.

Son pigmentos no nitrogenados, con un esqueleto de difenilpropano derivado del ácido shiquímico. Los flavonoides pueden tener estructuras simples o muy complejas, debidas a la polimerización, como es el caso de los taninos condensados. Hay 13 subclases de flavonoides, lo que da un total de más de 5,000 compuestos que proporciona colores amarillos y naranjas a frutas como peras, fresas, manzanas, cerezas, duraznos, naranjas y limones; así como a hortalizas como cebollas y brócoli, y otros alimentos como el té verde, en donde son responsables en gran parte de su astringencia. Otros flavonoides proporcionan el color rojizo de las hojas de otoño. Muchas veces los flavonoides son la respuesta adaptativa de las plantas a la radiación intensa. Dado que tienen una estructura química muy parecida a la de las antocianinas, normalmente se encuentran en diversos frutos junto con ellas ya que ambos grupos de pigmentos siguen un proceso biosintético común. Muchos flavonoides son especies reactivas que sirven de sustratos a varias enzimas, a través de los cuales se forman otros pigmentos debido a degradación o decoloración, o por la formación de pigmentos por transformación de novo a partir de precursores coloridos o incoloros. (Dergal, 2006)

3.9.4 Antocianinas.

Las antocianinas (del griego anthos, flor y kyanos, azul) se consideran una subclase de los flavonoides; también se conocen como flavonoides azules (Figura 7). Son compuestos vegetales no nitrogenados pertenecientes a la familia de los flavonoides, de amplia distribución en la naturaleza. A pesar de contener pocos grupos cromóforos, se han identificado 300 de estos compuestos, que son responsables de una gama muy amplia de colores, desde el incoloro hasta el púrpura. Producen colores rojo, anaranjado, azul y púrpura de las uvas, manzanas, rosas, fresas y otros productos de origen vegetal, principalmente frutas y flores. Generalmente se encuentran en la cáscara o piel, como en el caso de las peras y las manzanas, pero también se pueden localizar en la parte carnosa, como en las fresas y las ciruelas. (Dergal, 2006)

El interés por los pigmentos antociánicos se ha incrementado en los últimos años, debido a su papel en la reducción de las enfermedades coronarias, cáncer y diabetes; así como por sus efectos antiinflamatorios, mejora de la agudeza visual y comportamiento cognitivo. (Mayordomo, 2016)

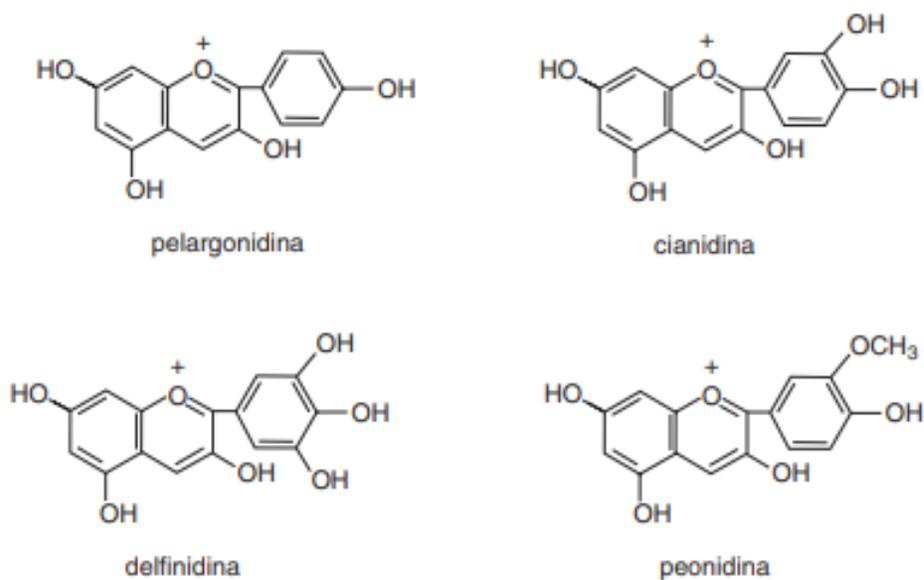


Figura 7. Estructura de algunas antocianinas.

Fuente: Mayordomo, 2016.

3.9.5 Método de pH diferencial.

Considerando al pH como uno de los principales factores del medio que afecta la estabilidad del color de las antocianinas, los espectros de UV-VIS a diferentes valores de pH también varían. Esto ayuda a determinar si las antocianinas están o no polimerizadas. La concentración de antocianinas entonces se determina con la absorbancia a un pH diferencial. Estas moléculas generan dos bandas de absorción en la región UV (260-280 nm) y la región visible (490-550 nm). Los resultados se expresan como pigmentos de antocianinas monoméricas, generalmente expresados como cianidina-3- glucósido (Figura 8).

El método de pH diferencial propuesto por Justin y Wrolstad (2001) citado por (Leyva, 2009) permite la estimación alternativa del contenido de antocianinas totales, incluso en la presencia de pigmentos polimerizados, se fundamenta en la particularidad de los compuestos antociánicos de adoptar diferentes coloraciones y estructuras a determinados pH, siendo para este método la concentración de antocianinas totales proporcional a la diferencia entre las absorbancias a pH = 1 y pH = 4.5 (Leyva, 2009).

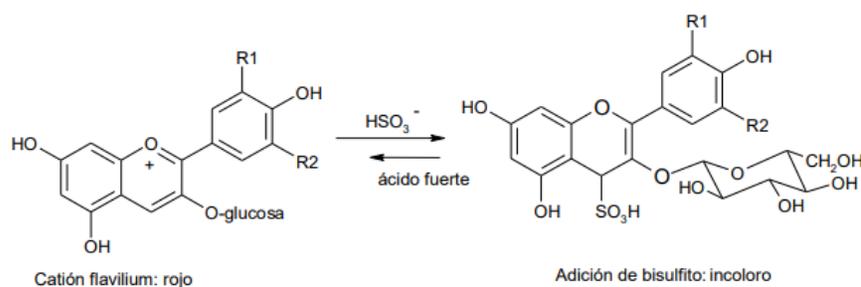


Figura 8. Reacción de las antocianinas con bisulfito para formar antocianinas-sulfónicas incoloras.

Fuente: Leyva, 2009.

3.9.6 Betalaínas

Este término se refiere a un grupo de aproximadamente 70 pigmentos hidrosolubles, con estructuras de glucósidos, derivados de 1.7-diazoheptametina, y que se han dividido en dos

grandes clases: los rojos o betacianinas, y los amarillos o betaxantinas. Estos pigmentos se encuentran sólo en 10 familias: *Aizoaceae*, *Amaranthaceae*, *Basellanaceae*, *Cactaceae*, *Chenopodaceae*, *Didiereaceae*, *Holophytaceae*, *Nyctaginaceae*, *Phytolaccaceae* y *Portulacaceae*. También se han encontrado algunas betalainas de origen fúngico. Las betalaínas, al igual que las antocianinas, se acumulan en las vacuolas celulares de las flores, frutas y hojas que las sintetizan, principalmente en la epidermis y subepidermis.

A la fecha se ha aislado una betacianina violeta, la muscapurpurina, y siete betaxantinas amarillas, las muscaurinas, del hongo venenoso *Amanita muscaria*. De las fuentes de betalaínas, sólo el betabel, el amaranto y las frutas de cactáceas (tunas rojas, pitaya, garambullo, jiotilla) son productos alimentarios. Los pigmentos amarillos más abundantes en el betabel son vulgaxantina I y II. La presencia de betalaínas en plantas es mutuamente excluyente de la de antocianinas. La del amaranto (*Amaranthus tricolor*), amarantina, es una de las betacianinas que últimamente ha sido motivo de investigación, se ha usado en algunos países para colorear diversos alimentos.

Las betalaínas (Figura 9) son pigmentos de naturaleza hidrosolubles cuyas fuentes vegetales más conocidas son la remolacha roja y los frutos del género *Opuntia*. Se divide en dos grupos, las betacianinas (color rojo, violáceo) y las betaxantinas (anaranjadas, amarillentas). La estructura de amina cuaternaria, en un sistema de dobles enlaces proporciona actividad reductora a las betalaínas, consideradas por ello fitoquímicos con actividad antioxidante (Mayordomo, 2016).

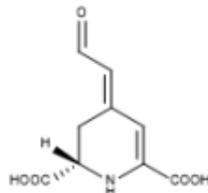


Figura 9. Estructura química del ácido betalámico.

Fuente: Mayordomo, 2016.

3.9.7 Determinación de betalaínas por espectrofotometría.

La espectrofotometría de absorbancia es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución. Cuando un haz de luz de una determinada longitud de onda de intensidad, I_0 , incide perpendicularmente sobre una disolución de un compuesto químico que absorbe luz o cromóforo, el compuesto absorberá una parte de la radiación incidente (I_0) y dejará pasar el resto (I_T), por lo que $I_0 = I_a + I_T$. Para realizar estos experimentos se emplea un espectrofotómetro, en el que se puede seleccionar la longitud de onda de la luz que pasa por una solución y medir la cantidad de luz absorbida por la misma, ya que la longitud de onda de la radiación que una molécula puede absorber depende de su estructura atómica y de las condiciones del medio. La absorción que a distintas longitudes de onda presenta una molécula, representa su espectro de absorción y constituye una señal de identidad de la misma, por lo que esta técnica permite medir la concentración e identidad de los pigmentos presentes en un alimento, acorde con la ley de Lambert-Beer que expresa la relación entre absorbancia de luz monocromática (de longitud de onda fija) y la concentración de un cromóforo en solución mediante la Ec. 4.

$$A = \log I/I_0 = \varepsilon \cdot c \cdot l \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

A = absorbancia del cromóforo en solución.

ε = constante de proporcionalidad o coeficiente de extinción.

l = distancia que atraviesa la luz a través de la solución del cromóforo en cm.

c = concentración en moles. La legislación mexicana permite el uso de más de 50 colorantes o pigmentos, siendo la mayoría de origen natural.

Estos pigmentos naturales pueden ser de origen vegetal, como la clorofila, las antocianinas y las betalaínas; de origen animal como la cochinilla, o de origen mineral como el dióxido de titanio de color blanco (Muñoz, 2003).

3.8.8 Evaluación sensorial.

El Instituto de Alimentos de EEUU (IFT), define la evaluación sensorial como “las características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. (Alarcon, 2005)

También se considera simplemente como: el análisis de las propiedades sensoriales, se refiere a la medición y cuantificación de los productos alimenticios o materias primas evaluados por medio de los cinco sentidos. La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que significa sentido.

En la antigüedad el hombre percibía los alimentos fundamentalmente por medio de sus sentidos. A través de ellos creaba su relación con base al criterio “me gusta o no me gusta” y de esta manera realizaba no sólo la valoración del sabor; sino también de otras características, las cuales influyen sobre la aceptación o rechazo de un cierto producto alimenticio. (Alarcon, 2005)

La importancia de la evaluación en las industrias de alimentos radica principalmente en varios aspectos como:

- Control del proceso de elaboración: la evaluación sensorial es importante en la producción, ya sea debido al cambio de algún componente del alimento o por que se varié la formulación; a la modificación de alguna variable del proceso o tal vez por la utilización de una máquina nueva o moderna.
- Control durante la elaboración del producto alimenticio: el análisis sensorial se debe realizar a cada una de las materias primas que entran al proceso, al producto intermedio

o en proceso, al producto terminado. Esto permite hacer un seguimiento al producto evitando o previniendo algunos inconvenientes que puedan alterar las características del producto en cada etapa del proceso principalmente en los PC y PCC.

- Vigilancia del producto: este principio es importante para la estandarización, la vida útil del producto y las condiciones que se deben tener en cuenta para la comercialización de los productos cuando se realizan a distancias alejadas de la planta de procesamiento o cuando son exportados, ya que se deben mantener las características sensoriales de los productos durante todo el trayecto hasta cuando es preparado y consumido.
- Influencia del almacenamiento: es necesario mantener el producto que se encuentra en almacenamiento, bajo condiciones óptimas para que no se alteren las características sensoriales, para lograr este propósito es necesario verificar las condiciones de temperatura, ventilación, tiempo de elaboración y almacenamiento, las condiciones de apilamiento y la rotación de los productos.
- Sensación experimentada por el consumidor: se basa en el grado de aceptación o rechazo del producto por parte del consumidor, ya sea comparándolo con uno del mercado (competencia), con un producto nuevo con diferentes formulaciones o simplemente con un cambio en alguno de los componentes con el fin de mejorarlo. (Alarcon, 2005)

Los parámetros involucrados en la evaluación sensorial de los vinos son el color, el aroma y el sabor.

El color del vino es una de las principales características organolépticas que se utilizan para establecer la calidad y aceptabilidad; la medición de este parámetro durante los paneles sensoriales es compleja, laboriosa, costosa y sujeta a error, debido a la subjetividad del juicio.

El color del vino es una percepción abstracta, definida por su intensidad y profundidad. Las condiciones de observación varían de acuerdo con la luminosidad del lugar en donde se

realice la cata; si la luminosidad es baja, el color se tomará oscuro, con una mala tonalidad; por ello, es importante que el tono sea neutro, para apreciar los matices reales de la coloración.

Las percepciones olfativas, vía retronasal o directa, dan una idea más específica de los criterios importantes para juzgar la calidad del vino; se denomina aroma a las sensaciones de los vinos jóvenes, y bouquet, al olor adquirido por los vinos envejecidos.

La evaluación sensorial de los vinos a través de sesiones de cata es el método universalmente aceptado para definir su calidad.

Las pruebas descriptivas o de perfil sensorial son las más comunes y permiten describir las diferentes sensaciones de los vinos, calificándolos a través de una escala. La técnica descriptiva con consenso de los evaluadores es la más utilizada. Se pueden utilizar escalas ordenadas de acuerdo con el orden lógico de degustación: primero la vista, luego el olfato y, finalmente, el gusto; aunque hay quienes prefieren no estructurarlas de esta manera.

Las características sensoriales de un vino se van a percibir a través del sentido del olfato (olor y aroma), a través del sentido del gusto (sabores), a través de determinadas sensaciones transmitidas por el nervio trigémino (sensaciones táctiles, picor, calor) y a través de la vista (características visuales) (Alarcon, 2005).

La apreciación del color proporciona la información sobre el cuerpo, la edad y el estado del vino, poniendo especial atención en dos aspectos fundamentalmente:

Intensidad del color (cantidad de color) da idea del cuerpo del vino. Esta apreciación se realiza solamente en vinos tintos, inclinando la copa hacia nosotros y observando su parte central. Si al colocar el dedo índice debajo de la copa, hay dificultad de observar la forma del dedo, entonces el vino tiene capa alta y, en caso contrario, (si la forma del dedo se apreciaría claramente) el vino es de capa baja).

Fluidez o viscosidad

La fluidez hace referencia a la viscosidad o untuosidad. Cuando la copa hace un movimiento rotativo, al hacer girar circularmente la mano que la sostiene, se forma un goteo adosado a la pared de la misma. Se dice que el vino llora. Estas gotas descienden en columnas irregulares y se llaman lágrimas, piernas, cachas o muslos del vino. Ello es debido a la tensión superficial entre el vino y el cristal, relacionada con la concentración de alcohol y extracto seco (glicerol y azúcares en el vino). Cuando un vino manifieste un lloro deficiente, se aplica el término de acuoso, líquido o fluido. En caso contrario, untuoso, graso o glicérico.

Fase Olfativa

Esta fase es fundamental en la cata, ya que se pueden apreciar las cualidades y defectos del vino, estando ésta muy relacionada con la siguiente, la gustativa, porque los aromas se perciben a través de dos caminos: vía nasal directa (u olfacción) y la vía retronasal.

A través de la vía nasal directa se deben seguir los siguientes pasos:

- Oler la copa en reposo: Se realizan varias olfacciones, detectando la intensidad o cantidad de aroma y los aromas más volátiles del vino.
- Oler tras agitar la copa: Al girar la copa, el vino se airea y facilita el desprendimiento de moléculas menos volátiles. En este momento, se realizan varias inhalaciones cortas (evitando la saturación de este sentido por el alcohol del vino) pero despacio para juzgar la complejidad del aroma.
- Oler tras dejar reposar la copa: Se vuelve a inhalar la copa quieta, analizando los cambios del aroma (apreciación de aromas que anteriormente no se han apreciado), analizando la persistencia aromática del vino (Tabla 2).

Tabla 2. *Parámetros de calidad sensorial en vinos*

PARÁMETROS DE CALIDAD SENSORIAL	
Parámetros de nariz	
Intensidad de olor	Parámetro cuantitativo que hace referencia a que el vino huela más o menos.
Parámetros de boca	
Intensidad de aroma	Parámetro cuantitativo que hace referencia a que el vino tenga más o menos aroma en la boca.
Equilibrio y cuerpo	<p>El equilibrio hace referencia al grado en el que el dulzor (debido al alcohol y al glicerol principalmente) compensa la acidez, la astringencia y el amargor.</p> <p>El cuerpo hace referencia a la intensidad de las sensaciones sápidas y táctiles del vino (debidas al etanol, taninos, extracto seco, otros elementos sápidos). Sería la "consistencia" del vino.</p>
Parámetros visuales	
Matriz	Color o tonalidad del vino, apreciable en el borde del vino servido en una copa.
Intensidad de color	Hace referencia a que el vino deje pasar más o menos luz, a que sea más o menos opaco.

Fuente: Alonso, y otros, 2007.

4. ORIGINALIDAD

El presente trabajo consistió en desarrollar una bebida alcohólica tipo vino como alternativa para el aprovechamiento del fruto de tempesquistle maduro (*Sideroxylon palmeri*), evaluando la mejor formulación para determinar la calidad fisicoquímica-funcional y la aceptación del vino mediante una evaluación sensorial.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del lugar experimental

El presente proyecto fue desarrollado en el laboratorio de investigación, ciencia e innovación del Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio (I.T.S.A.O) localizado en la carretera Acatlán - San Juan Ixcaquixtla kilómetro 5.5, Del Maestro, Unidad Tecnológica Acatlán, 74949 Acatlán, Pue.

5.2 Obtención de la materia prima

La obtención del material biológico del fruto de tempesquistle maduro *Sideroxylon palmeri* fue del municipio de Petlalcingo localizado en la parte Sur del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 17° 59' 12" y 18° 07' 30" de latitud norte y los meridianos 97° 46' 36" y 98° 00' 00" de longitud occidental.

5.3 Elaboración del vino de tempesquistle (*Sideroxylon palmeri*).

En la siguiente tabla 3 se muestran los 8 tratamientos que se establecieron para determinar la calidad del vino, de acuerdo a las características sensoriales se determinó el mejor tratamiento, siendo que los resultados fueron analizados solo para el T4.

Tabla 3. *Tratamientos establecidos*

Tratamientos	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Tiempo de escaldado
T1	Si	10 minutos
T2	Si	20 minutos
T3	Si	30 minutos
T4	Si	Fruta fresca
T5	No	10 minutos
T6	No	20 minutos
T7	No	30 minutos
T8	No	Fruta fresca

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe el proceso de elaboración del vino de tempesquistle maduro *S. palmeri* del municipio de Petlalcingo, Pue; mediante un diagrama de bloques. (Apéndice 1).

5.3.1 Biorreactor.

Se utilizó un fermentador, marca Beckhaus de una capacidad de 70 litros, el cual fue sellado perfectamente para mantener un sistema anaeróbico dentro del mismo.

5.3.2 Materia prima.

La recepción de la materia prima se realizó tomando en cuenta los parámetros de calidad e inocuidad, grado de madurez, finalmente identificando la coloración del fruto.

5.3.3 Extracción de la pulpa

Se prosiguió a estrujar el fruto ya sin hueso y sin pedúnculo con agua hasta obtener el fruto mayormente estrujado.

5.3.4 Determinación del rendimiento del fruto.

Utilizando una balanza de marca Ohaus modelo Spx2201 se pesó una muestra representativa del fruto de tempesquistle *Sideroxylon palmeri* para la obtención del rendimiento se pesó la fruta completa, el pedúnculo y el hueso por separado.

5.3.5 Conservación de la materia.

La materia prima se almacenó a una temperatura de congelamiento de 4°C, con la finalidad de mantener sus propiedades organolépticas hasta el momento de su procesamiento.

5.3.6 Determinación de las características físico-químicas del fruto.

Se selecciono el fruto con mayor grado de madurez y se determinó sólidos solubles (°Brix).

5.3.7 Obtención del mosto

Se realizó a través de una maceración del fruto con 16 litros con 400 ml de agua y 8 ½ kilos de tempesquistle hasta obtener un mayor desprendimiento de la pulpa con la cascara de acuerdo a la Ec. 5.

$$\%Rendimiento = \frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100 \quad \text{Ec. 5}$$

5.3.8 Corrección del mosto.

Se realizó evaluando la cantidad de sólidos solubles en °Brix, normalmente en el fruto del tempesquistle *Sideroxylon capire*, con la adición de agua, los sólidos solubles (°Brix) disminuyen; se adicionó azúcar para obtener un mosto con 25 °Brix e iniciar la fermentación.

5.3.9 Activación de la levadura.

En 500 mL de jugo de fruta de tempesquistle a temperatura ambiente se agregó 32.8 g de levadura *Saccharomyces cerevisiae* marca la florida que contiene como emulsificante al monoestearato de sorbitan (E491), cuyo rendimiento es de más de 10 billones de células vivas

por cada gramo, se dejó en reposo durante 10 minutos hasta observar la activación de la levadura.

5.3.10 Fermentación.

El mosto base, con los parámetros establecidos anteriormente, se inoculó con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* marca la florida, activada. Posteriormente, se procedió a colocar el mosto en un biorreactor cerrado herméticamente, el cual tiene una trampa de aire para permitir la liberación de los gases, con la finalidad de mantener las condiciones anaeróbicas, la temperatura se estableció a temperatura ambiente. El mosto se dejó fermentar hasta que terminó la liberación de CO₂ y se alcanzó la fase de estabilización de los °Brix.

5.3.11 Control de la temperatura.

Se realizó sin llevar una temperatura en el biorreactor dejándose fermentar a temperatura ambiente de 27.3°C en promedio.

5.3.12 Liberación de CO₂

Con una trampa de aire del biorreactor se liberó el oxígeno durante el proceso de fermentación.

5.3.13 Monitoreo de pH.

Durante la fermentación se monitoreo el pH utilizando un potenciómetro, modelo Conductronic pc18, cada lectura fue tomada cada 72 h durante los 12 días del proceso.

5.3.14 Toma de muestra.

Por medio de una llave de salida del biorreactor se obtuvo la toma de muestra para permitir la salida del mosto, tomando alícuotas de 10 ml, para determinar el porcentaje de acidez y grados brix cada 72 h durante el proceso de fermentación.

5.3.15 Descube

Por medio de la llave de salida se separó el vino ya fermentado del mosto hasta obtener el producto final.

5.3.16 Trasiego.

Se filtro el vino con manta de cielo en otro recipiente para eliminar los sedimentos solidos almacenados en el fondo.

5.3.17 Clarificación.

El vino se clarificó agregándole bentonita marca (Spring´Finer).

5.3.17 Envasado.

El vino fue envasado en botellas de vidrio grado alimenticio, para mantener sus propiedades fisicoquímicas, organolépticas, funcionales y microbiológicas.

5.3.18 Almacenamiento.

Las botellas con el producto final fueron almacenadas a temperatura ambiente para su conservación, protegidas de la luz exterior con papel aluminio y el lugar de almacenamiento se cubrió con papel opaco para evitar la entrada de la luz.

5.3.19 Rendimiento del producto final

El rendimiento del producto final consistió en el total de agua con la pulpa ya estrujada y el total de producto ya fermentado de acuerdo a la Ec. 6.

$$\%Rendimiento = \frac{rendimiento\ final}{rendimiento\ inicial} \times 100 \qquad \text{Ec. 6}$$

5.4 Determinación de características fisicoquímicas del vino.

5.4.1 Sólidos solubles.

Los sólidos totales en el vino de tempesquistle *Sideroxylon palmeri*, se determinaron con un refractómetro marca pocket. Los resultados se expresaron en °Brix, los cuales expresan el porcentaje de azúcares presentes en las muestras como se indica en el método 22.024 (AOAC). Utilizando el mismo método se registró el porcentaje de sólidos solubles cada 72 h durante el proceso de fermentación y en el producto final.

5.4.2 pH

Basado en el método 10.035 (AOAC), se midieron 10 mL de muestra de vino de tempesquistle *Sideroxylon palmeri* de los cuales se obtuvo la lectura del pH con la introducción directa del electrodo, el potenciómetro fue previamente calibrado con solución reguladora de 7.

5.4.3 Acidez titulable.

La acidez titulable se determinó por la titulación ácido-base de acuerdo al método 22.060 (AOAC), empleando NaOH 0.1 N en presencia de fenolftaleína como indicador.

En un matraz Erlenmeyer de 100 mL, se vertieron 3 mL de muestra y 10 mL de agua destilada. Posteriormente, se adicionaron 3 gotas de indicador de fenolftaleína al 1%. La muestra, se homogenizó y se tituló con NaOH 0.1 N, por adición gota a gota desde una bureta hasta observar el cambio de color. (Apéndice 2)

El procedimiento se realizó por triplicado. Finalmente se realizó la cuantificación de acidez en equivalentes de ácido tartárico (g de ácido tartárico por cada 100 g de muestra). Para la determinación del porcentaje de acidez utilizando la Ec. 7.

$$\% \text{Acido Tartárico} = (N * p \text{ Eq} * V) / (m) * 100$$

Ec. 7

Donde:

$N = \text{Normalidad del NaOH (meq/ml)}$

$V = \text{Volumen empleado en la titulación del problema (ml)}$

$p \text{ Eq.} = \text{Peso equivalente de ácido tartárico} = 0.064 \text{ g/meq}$

$m = \text{Muestra (g)}$

5.5 Determinación de características funcionales**5.5.1 Fenoles totales.****5.5.1.1 Extracción de la muestra**

Para la extracción de los compuestos del vino de tempesquistle, en una centrifuga marca SOLBAT J-40 se colocaron 6 tubos de ensayo Erlenmeyer con tapa, cada uno con 11 ml de muestra, se centrifugaron a 2500 rpm por 30 min, dicho procedimiento se realizó hasta obtener 1 litro de vino de tempesquistle clarificado y se almacenó en un frasco de vidrio grado alimenticio cubriéndolo con papel aluminio para evitar la oxidación del mismo.

5.5.1.2 Determinación de curva de Calibración

La determinación de la curva de calibración se realizó de acuerdo a lo descrito por Noriega (2021) con algunas modificaciones. A partir de la disolución de 100 ppm de ácido gálico se prepararon disoluciones de concentraciones de 5,10,15,20 y 25 ppm para la curva de calibración (Apéndice 3).

Posteriormente obtenidas las concentraciones de 5,10,15,20 y 25 en cada frasco ámbar se colocó 1 ml de cada concentración junto con 1 ml de reactivo Folin-Ciocalteu 0.1M, se dejó reposar durante 3 minutos a temperatura ambiente, transcurrido ese tiempo se agitó a velocidad variable durante 1 minuto, se retiró del agitador y se le adicionó 1 ml de Na_2CO_3 al 0.5% y se dejó reposar durante 30 min a 40°C , posteriormente se agitó nuevamente a velocidad media durante 1 minuto y se leyó la absorbancia a 750 nm.

Para la determinación del blanco de los estándares se tomó 1.5 de EtOH 90% y se sustituyó el ácido gálico por 1.5 de agua destilada posteriormente se agita a velocidad variable durante 1 min y se leyó la absorbancia a 750 nm.

5.5.1.3 Cuantificación de fenoles totales en la muestra de vino por el método de Folin Ciocalteu

La determinación de fenoles totales se llevó a cabo por lo descrito con Noriega (2021) con algunas modificaciones. En un frasco ámbar se le agregó 1 ml de muestra con un 1 ml del reactivó Folin Ciocalteu 0.1 M, se dejó reposar durante 3 minutos en ausencia de la luz, transcurrido el tiempo se agitó durante 1 minuto a una velocidad media, posteriormente se le adicionó 1 ml de Na₂CO₃ al 0.5% dejándose reposar por 30 min en ausencia de la luz a una temperatura de 40°C. transcurrido el tiempo se agitó a una velocidad media durante 1 minuto y se tomó lectura en un espectrofotómetro marca VELAB, modelo VE-5000V a una longitud de onda a 750 nm. La cuantificación se realizó por triplicado. Para la determinación del blanco de la muestra se tomó 1 ml de la disolución 1:20, se agregó 1 ml de agua destilada en lugar de Folin Ciocalteu, y se continua con el mismo procedimiento que la muestra.

5.5.2 Flavonoides.

5.5.3.1 Determinación de curva de calibración

La determinación de la curva de calibración se llevó a cabo por lo descrito por Herrera (2022) con algunas modificaciones. A partir de la disolución de 1000 µg/ml de quercetina se prepararon las disoluciones de concentración de 50, 100, 150, 200 y 250 µg/ml para la curva de calibración (Apéndice 4).

Posteriormente obtenidas las concentraciones de 50,100,150,200 y 250 en cada frasco ámbar se colocó 1 ml de cada concentración junto con 1 ml de NaNO₂, sucesivamente se agitó durante 5 min, posteriormente a partir de esta disolución se tomó 1 ml en otro frasco ámbar y se

le adicionó 1 ml de AlCl_3 al 3% se agitó por 1 minuto a velocidad media después se le adicionó 1 ml de NaOH y se agitó nuevamente por 1 minuto y finalmente se leyó la absorbancia a 490 nm.

Para la determinación del blanco de los estándares se tomó 1.5 ml EtOH 90% y se sustituyó la rutina por 1.5 ml de agua destilada posteriormente se agitó a velocidad variable por 1 min y se leyó la absorbancia a 490 nm.

5.5.3.2 Cuantificación de flavonoides

La cuantificación de flavonoides se llevó a cabo por lo descrito de Herrera (2022) con algunas modificaciones. En un frasco ámbar se agregó 1 ml de muestra con 1 ml de NaNO_2 al 1.5% se agitó en un vórtex durante 5 min. Posteriormente se transfirió 1 ml de esta muestra a otro frasco ámbar y se le adicionó 1 ml de AlCl_3 al 3%. Se colocó nuevamente en el vórtex Science MED MX-S y se agitó por 1 min a velocidad variable, finalmente se le agregó 1 ml de NaOH 1M y se agitó por 1 min, se leyó la absorbancia a 490 nm. para la determinación del blanco de la muestra se continua con el mismo procedimiento, solamente se sustituye el AlCl_3 por 1 ml de agua destilada.

5.5.3 Antocianinas.

5.5.3.1 Determinación de antocianinas.

La determinación de antocianinas se llevó a cabo por el método descrito por Noriega (2021) con algunas modificaciones. Se prepararon dos disoluciones diferentes de las muestras, una con disolución amortiguadora de cloruro de potasio 0.2M con un pH 1 y otra con una disolución amortiguadora de acetato de sodio 1M con un pH de 4.5, calibrándose con HCL hasta obtener el pH adecuado. Transcurrido este tiempo 2 ml de cada disolución se transfirió a una celda de poliestireno de 1 cm junto con 1 ml de extracto (vino) y se les realizó una lectura de absorbancia en un espectrofotómetro a 700 y 520 nm (Apéndice 5).

La concentración de las antocianinas monómeros se calcularon mediante la Ec. 8.

$$\text{Antocianinas totales (mg/1000g)} = \frac{A*PM*FD*1000}{\epsilon*1} \quad \text{Ec.8}$$

Donde:

A = Absorbancia

PM = Peso molecular de la cianidina – 3 – glucosido = 449.2 g/mol

FD = Factor de dilución

*ε = Absortividad molar de la cianidina – 3 – glucosido = 26900 g/(mol * cm)*

1 = Espesor de celda en cm

1000 = Factor de conversion de mg a g

5.5.4 Betalaínas.

5.5.4.1 Cuantificación de betalaínas

La cuantificación de betalaínas se llevó a cabo por el método de Noriega (2021) con algunas modificaciones. En un vaso de precipitado se diluyó 1 ml de muestra con 6 ml de metanol al 80%, posteriormente con una micropipeta se transportaron 3 ml a una celda de poliestireno y se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro a 538 para betacianinas y 483 para betaxantinas. (Apéndice 6)

La concentración de betalaínas se calculó a partir de la suma de betacianinas y betaxantinas, las cuales se calcularon a partir de la Ec. 9.

$$B(\text{mg/g}) = \frac{A*FD*PM*V}{\epsilon*P*L} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

B = Contenido de betacianinas o betaxantinas

A = Absorbancia a 538 nm para betacianinas y 483 nm para betaxantina

FD = Factor de dilución

$PM = \text{Peso molecular (Betacianina} = 550 \text{ g/mol e Betaxantina} = 308 \text{ g/mol)}$

$V = \text{Volumen del extracto (ml)}$

$e = \text{Coeficiente de extincion molar (60000 l/(mol * cm) para betaninas,$

$48000 \text{ l/(mol * cm) para betaxantinas}$

$L = \text{Longitud de cubeta (1cm)}$

$P = \text{Peso molecular de muestra (g)}$

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este apartado se detallan los resultados obtenidos de la elaboración y caracterización fisicoquímica-funcional del vino de tempesquistle maduro, del municipio de Petlalcingo.

6.1 Características fisicoquímicas del tempesquistle.

Las características fisicoquímicas aptas para la elaboración del vino de tempesquistle *S. palmeri* se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. *Características fisicoquímicas del fruto de tempesquistle*

Característica	Valor
Ph	5.12
Sólidos Solubles (°Brix)	25
Acidez titulable (% ácido tartárico)	0.425

Fuente: Elaboración Propia.

El resultado de la determinación del pH fue mayor a lo reportado por Smith et al. (2018) quien encontró un pH=4.8, dentro de la concentración de sólidos solubles (°Brix) de jugo del fruto maduro de tempesquistle fue de 8.8 °Brix, siendo menor al resultado obtenido. De acuerdo con Gamboa & Perez Reyes (2019) el resultado fue similar al jugo de zarzamora quien reportó un pH=5.48 y el contenido de sólidos solubles fue mayor al del jugo teniendo como resultado 6.9 °Brix. Con base en Bombon & Zambrano Changoluisa (2022) el resultado fue mucho menor dentro del pH de arandanos teniendo como resultado pH=3.83 y obteniendo menor contenido de sólidos solubles de 12°Brix dentro de sus características físicas.

Este resultado permite inferir que los azúcares durante la maduración sufren degradación o desdoblamiento.

6.2 Rendimiento de la fruta madura del tempesquistle.

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos del rendimiento del fruto utilizado y para la elaboración de vino, considerando solo la pulpa.

Tabla 5. *Rendimiento del fruto de tempesquistle*

Parámetro	Cantidad
Peso inicial (kg)	9
Peso del fruto (kg)	8 ½
Peso de hueso y pedúnculo (g)	500
Rendimiento (%)	94.4

Fuente: Elaboración propia.

6.3 Rendimiento del vino de tempesquistle.

El rendimiento del vino está basado en la obtención del producto final después de eliminar el sedimento formado por la biomasa en el fondo del recipiente y otras impurezas que son eliminadas en el descube y en los trasiegos realizados para clarificar el producto final, obteniéndose un rendimiento de 70.28 % de vino.

El rendimiento de vino de pitaya reportado por Noriega (2021) fue de 26.7% en vino de pitaya roja y 36.5% en pitaya amarilla, siendo menor al rendimiento del vino de tempesquistle.

6.5 Caracterización fisicoquímica del vino de tempesquistle.

Los resultados obtenidos de las características fisicoquímicas del vino de tempesquistle (pH, acidez titulable y solido solubles) fue monitoreado cada 72 h cada hasta el final del proceso que se llevó a cabo durante un periodo de 11 días.

6.5.1 pH

En la Figura 10 se observa el comportamiento del pH durante el proceso de fermentación del mejor tratamiento con las mejores características, con respecto al tiempo, hasta que se

alcanzó el estado estable de la concentración de sólidos solubles presentes en el vino. Transcurrido 2 días, de fermentación se produjo una disminución del pH. Este comportamiento se debe a la parte del CO_2 producido, durante la fermentación se fue absorbiendo por parte del mosto hasta su saturación, provocando una acidificación del medio.

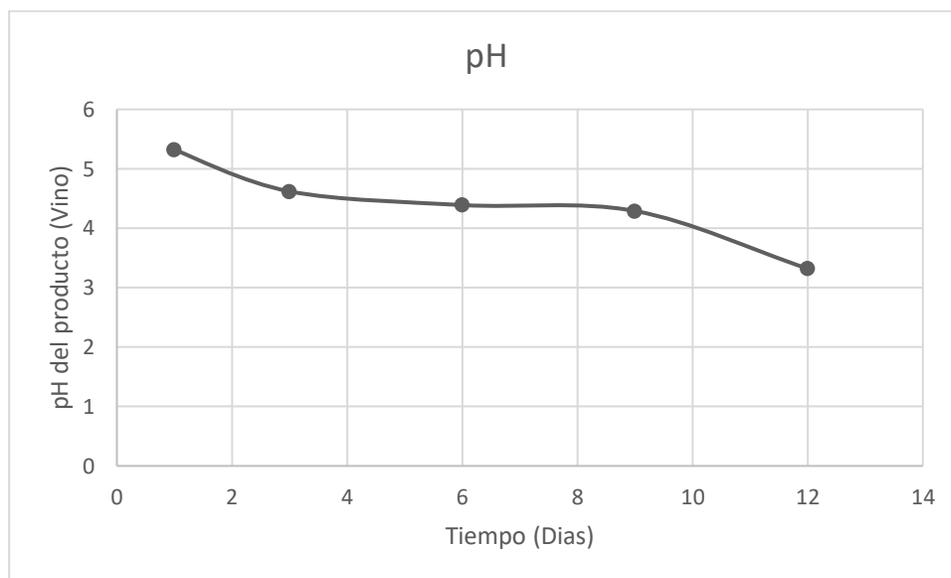


Figura 10. Comportamiento de pH durante la fermentación.

Fuente: Elaboración propia.

El pH final del vino de tempesquistle *S. Palmeri* fue de 3.32 respectivamente. Este valor fue cercano a lo reportado por Leyva (2009), para licores de mora, pH: 3.52.

Noriega (2021) reportó dos variedades de vino de pitaya roja y amarilla, con pH de intervalo de 2.8 y 3.1.

De acuerdo a lo reportado por Vazquez & Perez Hernandez (2014) mencionó que las características fisicoquímicas del fruto de zarzamora varían de acuerdo a la zona donde se cultivan ya que los resultados obtenidos de la bebida fermentada de zarzamora arrojó un pH: 3.8.

Bombon & Zambrano Changoluisa (2022) mencionó dos tratamientos de una bebida alcohólica tipo vino de frutas, la repetición dos presentó las mejores características en cuanto a la disminución de pH: 3.57. Con base a Coronel (2008) el pH adecuado para la fermentación es entre 3.4 y 4, ya que las levaduras prefieren ambientes relativamente ácidos.

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* crece más rápido a velocidades mayores que las bacterias a pH=3, ofreciendo la ventaja de operar una fermentación alcohólica sin contaminación bacteriana. El crecimiento de la levadura y la velocidad de fermentación no son afectadas por la variación.

La sacarosa es más sensible al pH que la glucosa, ya que la inversión de la sacarosa se acelera a pH bajos. Por lo tanto, es muy recomendable el uso de este azúcar en los procesos de producción de bebidas fermentadas a pH bajos.

6.5.2 Acidez titulable.

Vazquez & Perez Hernandez (2014) reportó la acidez (% de ácido málico) de una bebida fermentada de zarzamora de 1%, siendo menor a los cálculos realizados del vino de tempesquistle maduro teniendo como resultado en % de ácido tartárico una acidez de 2%.

De acuerdo con los datos obtenidos por Padilla (2022) reportó que el vino de frutas tuvo un resultado en acidez total en % de ácido tartárico de 6.82%, siendo mucho mayor que la acidez del vino de tempesquistle maduro.

Fernández et al (2009) menciona que los vinos tintos tienen mayor acidez que los vinos blancos.

6.5.3 Sólidos solubles.

En la figura 11, se observa el comportamiento del nivel de sólidos solubles medidos en °Brix, durante el proceso de fermentación hasta que se alcanzó el estado estable en la

concentración de los sólidos solubles presentes en el vino. Esto se debe a la cantidad de levadura utilizada y la concentración de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), iniciales en el mosto.

La disminución en los sólidos solubles se debe a la transformación de azúcares solubles a etanol y CO_2 . Las levaduras son las responsables de esta transformación y el resultado se atribuye a que las levaduras de uso industrial para vinificación están más preparadas genéticamente y con mejor adaptación que las utilizadas para panificación.

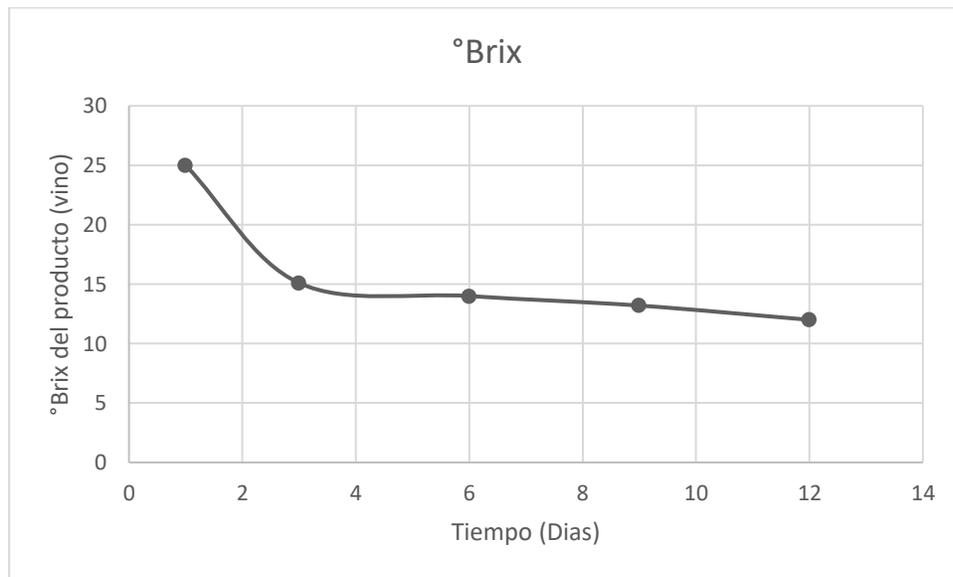


Figura 11. Comportamiento de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) con respecto al tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

Con base en Noriega (2021) reportó que las muestras de mosto de pitaya para la elaboración del vino se ajustaron a 21 $^{\circ}$ Brix teniendo como valor final 5 $^{\circ}$ Brix, en comparación del mosto de tempesquistle fue de 25 $^{\circ}$ Brix y obteniendo un valor final de 12 $^{\circ}$ Brix siendo mayor a lo reportado.

Ocaña (2012), reportó un contenido de sólidos solubles mediante la disminución o consumo de sólidos de azúcar causado en este caso por la levadura Vinica Lalvin QA23, debido

a que los mostos empezaron con una concentración de azúcar de 21 °Brix desendiendo paulatinamente, llegando a una estabilidad de 7 °Brix.

6.6 Caracterización funcional del vino de tempesquistle maduro (*Sideroxylon palmeri*).

6.6.1 Contenido de fenoles solubles totales.

El contenido de fenoles solubles totales, fue determinado por el método de Folin-Ciocalteu, para ello se preparó una curva de calibración de ácido gálico (Apéndice 3), el cual los resultados indican que el vino de tempesquistle *Sideroxylon palmeri* cuenta con una concentración de fenoles totales de 564.4253 ± 2.769 mg EAG/100 g de M. S del vino de tempesquistle.

Los resultados se encuentran por encima de lo reportado por Noriega (2021) en vino de pitaya roja donde se determinaron 444.50 ± 8.45 mg equivalente de ácido gálico/100 g de masa seca y en vino de pitaya amarilla de 190.67 ± 2.52 mg equivalente de ácido gálico/100 g de masa seca.

Daniel (2009) reportó un contenido de fenoles totales en licores de mora expresados como equivalentes de ácido gálico (EAG) que se encuentran en un intervalo de 477.12 ± 5.52 a 884.98 ± 16.11 mg EAG/L.

6.6.2 Contenido de flavonoides totales.

La cuantificación de flavonoides totales, fue determinado por el método de pH-diferencial, del cual se realizó una curva de calibración utilizando como estándar quercetina (Apéndice 4), los resultados indican que el vino de tempesquistle *Sideroxylon palmeri* cuenta con una concentración de flavonoides totales de 94.1086 ± 0.13491221 mg EAG/ 100 g de M. S del vino de tempesquistle.

Luna (2022) elaboró vinos de diferentes variedades de uva Malbec, Merlot, Cabernet Sauvignon y Syrah del cual determinó el contenido de flavonoides totales, obteniendo como resultado que en el vino de uva Cabernet Sauvignon tuvo mayor contenido de flavonoides con un valor de 1089.10 mg EQR/L, siendo mayor a los resultados del vino de tempequistle.

6.6.3 Determinación de antocianinas.

El contenido de antocianinas totales calculadas, en el presente trabajo fueron de 0.076523903 ± 0.13 en mg de cianidina 3-glucósido/100 g de masa seca, mucho menores a lo reportado por Noriega 2021 en vinos de pitaya roja y amarilla teniendo como resultado en vino de pitaya roja un total de antocianinas de 55.77 ± 0.56 en mg de cianidina 3-glucósido/100 g de masa seca y en vino de pitaya amarilla de 43.18 ± 0.13 en mg de cianidina 3-glucósido/100 g de masa seca.

Con base en Riquemel (2005) consideró el contenido de antocianinas para seis tratamientos de vino de arándano teniendo resultado que los valores fluctúan entre 245 y 354 mg/L (expresados como cianidin 3 glucoside), siendo mayores a los resultados obtenidos de vino de tempequistle.

Al igual que el contenido de antocianinas monoméricas totales en diferentes licores de mora, se encuentran en un intervalo de 3.56 ± 0.19 a 76.95 ± 1.20 mg eq de cianidina 3-glucósido/100 mL. Esta variabilidad en el contenido de antocianinas puede deberse, en gran parte, al proceso de elaboración, el estado de madurez del fruto y al tiempo de almacenamiento (Leyva, 2009).

6.6.4 Cuantificación de betalainas.

El contenido de betalainas totales (betacianinas y betaxantinas) en el vino de tempequistle maduro cuenta con una concentración de betalainas de 43.1046 mg/100 g de masa

seca, betacianinas de 25.26 mg/100 g de masa seca, betaxantinas de 17.83 mg/100 g de masa seca.

Los resultados son menores a lo reportado por Noriega (2021), de dos vinos diferentes, uno de pitaya roja teniendo como resultado betalainas totales de 388.22 ± 0.05 , betacianinas de 337.95 ± 0.97 y betaxantinas de 50.73 ± 0.21 en mg/100 g de masa seca y vino de pitaya amarilla con un total de betalainas de 377.06 ± 0.05 , betacianinas de 66.69 ± 0.71 y betaxantinas de 310.37 ± 0.87 en mg/100 g de masa seca.

6.6.5 Evaluación sensorial.

Se realizó un ADC a 13 catadores, evaluando 5 parámetros: **intensidad de olor**, **intensidad de aroma**, **equilibrio y cuerpo**, **persistencia aromática** e **intensidad de color** para la determinación de la aceptabilidad del vino de tempesquistle maduro.

La evaluación sensorial se realizó con atributos visibles a panelistas no entrenados, no se consideró una evaluación sensorial correspondiente para la elaboración de vinos ya que los panelistas no fueron entrenados y especializados para la evaluación sensorial.

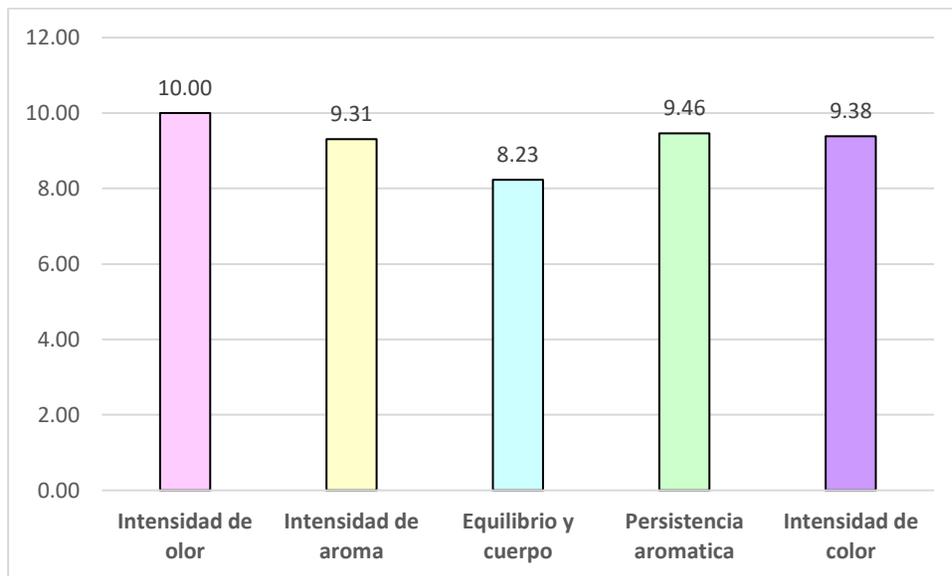


Figura 12. Determinación de aceptación del vino de tempesquistle.

Fuente: Elaboración propia.

La evaluación sensorial se realizó a través de un ADC, calificando con valores que van de 0 a 10 de acuerdo al nivel de percepción, se evaluaron 5 parámetros: intensidad de olor de acuerdo a la calificación fue de 10 ya que los panelistas perciben un olor fuerte, en cuanto a intensidad de aroma la calificación fue de 9.31 siendo la percepción que se obtiene al probar el producto y se desprenden volátiles de acuerdo a la calificación es bastante perceptible, equilibrio hace referencia al grado del dulzor y el cuerpo consiste a la intensidad de las sensaciones sápidas y táctiles del vino teniendo una calificación de 8.23, persistencia aromática es la sensación aromática que se llega a percibir del aroma al fruto teniendo una calificación de 9.46 e intensidad de color hace que el vino deje pasar más o menos luz, a que sea más o menos opaco teniendo un resultado de 9.38.

7. CONCLUSIONES

El fruto de tempesquistle (*Sideroxylon palmeri*) posee propiedades fisicoquímicas y funcionales favorables para elaborar una bebida alcohólica tipo vino, el proceso de fermentación se mantuvo durante 11 días hasta lograr la estabilización en relación a los grados brix de 12°, pH de 3.32 y obteniendo una acidez del producto final de 2%.

De acuerdo a los resultados de investigación, se encontró dentro de las características funcionales del vino de tempesquistle *Sideroxylon palmeri*, una mayor cantidad de fenoles totales de 564.4253 ± 769 mg EAG/100 g de M. S, así como flavonoides de 94.1086 ± 0.14491221 mg EAG/100 g de M. S, betalainas de 43.1046 mg/100 g de masa seca y antocianinas de 0.070523403 mg de cianidina, características benéficas para el producto, sensorialmente es un producto aceptado de acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba ADC.

8. RECOMENDACIÓN

- Determinar el grado de madurez idóneo para realizar el estrujado, posiblemente un determinado nivel de madurez facilite el estrujado.
- Establecer un método para eliminar la goma del tempesquistle.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcon, E. I. (2005). *Evaluacion Sensorial*. Bogota.
- Aranibar, N. B. (2007). Estudio comparativo de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la levadura *Saccharomyces bayanus* en la elaboracion de licor de mango (*Mangifera indica*. I). *Tesis*. Universidad Nacional de Callao, Peru.
- Becerra, M., Haro, V., Salinas, M., & Velasco, K. (2013). *Elaboracion de vino de fruta*. Universidad central de Ecuador.
- Bison L., (2001). Factors Influencing Wine Quality. University of California at Davis, University Extension.
- Bombon, J. M., & Zambrano Changoluisa, L. J. (2022). "Obtencion de bibida alcoholica tipo vino de frutas a base de arandano azul (*Vaccinium corymbosum*) y feijoa (*Acca sellowiana*)". *Proyecto de investigacion*. Universidad tecnica de Cotopaxi, Latacunga-Ecuador.
- Cocotle, R., & Uscanga, B. (1997). Evaluación de la calidad de diez frutales silvestres del estado de Veracruz. *Proc. Tropical Region*, 23:104-108. .
- Coronel, M. (2008). Los vinos de fruta. En F. d. Ingenieria, *Universidad Tecnologica Equinoccial* (págs. 57-69). Quito-Ecuador.
- Dacosta, O. y Vázquez, H.J. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 8(4), 249-259
- Daniel, D. E. (2009). "Determinacion de antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante en licores y fruto de mora". *Tesis*. Universidad tecnologica de la mixteca, Huajuapán de Leon, Oaxaca, Mexico.

- Dergal, S. B. (2006). *Química de los alimentos*. Mexico : Pearson educacion.
- Gonzalez, C., & Casas, A. (2004). Traditional management and domestication of tempesquistle. *Sideroxylon palmeri* (Sapotaceae) in the Tehuacan-Cuicatlan Valley, Central de Mexico. *Jornal of Arid Environments*, 245-258.
- Granados Sánchez, D., Hernández García , M. A., & López Ríos , G. F. (2004). Estudio integral del valle de Tehuacán-Cuicatlán: recursos genéticos de plantas. En J. L. Chávez Servia, J. Tuxil, & D. I. Jarvis, *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agrosistemas tradicionales* (págs. 97-109). Cali, Colombia : IPGRI.
- Grandes Vinos. (16 de noviembre de 2020). Los tipos de fermentación en los vinos. <https://www.grandesvinos.com/blog/tipos-fermentacion-vinos/>
- Herrera, Y. B. (2022). "Evaluacion de la actividad antidiabetica in vitro de los extractos de hoja de Salvia amarissima fresca y seca". *Tesis*. Instituto Tecnologico Superior de Acatlan de Osorio, Acatlan de Osorio.
- Jiménez, Q. (1999). *Árboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica*. . Instituto Nacional de Biodiversidad, San José, Costa Rica: p. 187.
- Leyva, 2009. Determinación de Antocianinas, Fenoles Totales y Actividad Antioxidante en Licores y Fruto de Mora. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Alimentos. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca, México.
- López de la Maza, L., Zumalacárregui de Cárdenas, L. y Pérez Ones, O. (2019). Análisis de componentes principales aplicado a la fermentación alcohólica. *Revista Científica de la UCSA*, 6(2), 11-19.

- Newman, M. F. (2008). Fascículo 57. SAPOTACEAE Juss. En *FLORA DEL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN* (págs. 10-18). México: Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Biología. Departamento de Botánica.
- Noriega, A. D. (2021). "Caracterización funcional antioxidante y fisicoquímica del jugo fermentado y sin fermentar de pitaya mayo *Stenocereus griseus*". *Tesis*. Instituto Tecnológico Superior de Acatlan de Osorio, Acatlan de Osorio.
- NOM-199-SCFI-2017. (30 de octubre de 2017). Bebidas alcohólicas-Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. *Diario oficial*, pág. 42.
- Padilla, J. X. (2022). "Evaluación y caracterización fisicoquímica de vino de frutas arándano (*Vaccinium myrtillus*) y mora (*Rubus ulmifolius*) y su incidencia en la calidad sensorial. *Proyecto de investigación*. Universidad técnica de cotopaxi, Latacunga-Ecuador.
- Paladino, S., Nazralla, J. J. B., Vila, H., Genovart, J., Sanchez, M. L., & Maza, M. A. (2008). Oxidación de los vinos tintos – Effect of pH on red wine oxidation. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, Vol. 40,2,105-112.
- Pennington, TD, 1990. *Flora Neotropica: Sapotáceas*. Jardín Botánico de Nueva York, Nueva York.
- PEYNAUD, E (1984). *ENOLOGIA PRÁCTICA* Ediciones Mundi Prensa. Segunda Edición Madrid – España
- Ramirez, M. A. (2005). *Elaboración de vinos a partir de frutas tropicales*.
- Suarez, C., Garrido, N. A., & Guevara, C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. *Revista de Investigación*, 20-28.

Vazquez, C. M., & Perez Hernandez, M. D. (2014). Elaboracion de una bebida fermentada a base de zarzamora (*Rubus fruticosus*). *Tesis profesional*. Universidad de ciencias y artes de chiapas, Tuxtla Gutierrez, Chiapas.

APÉNDICES

Apéndice 1. Diagrama de bloques para la elaboración de vino de tempequistle *Sideroxylon palmeri*

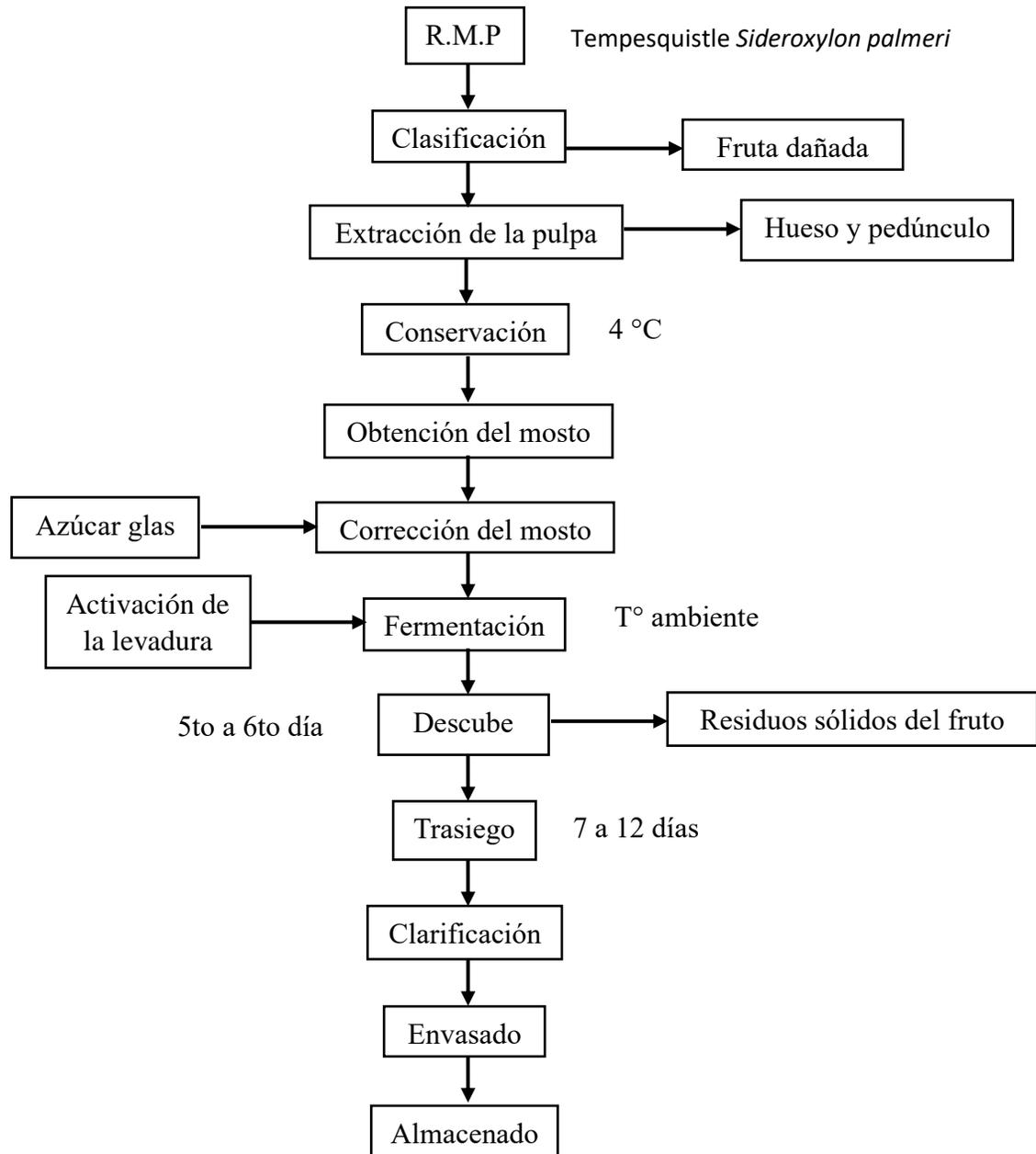


Figura 7. Diagrama de bloques para la elaboración de la fermentación del mosto de tempequistle.

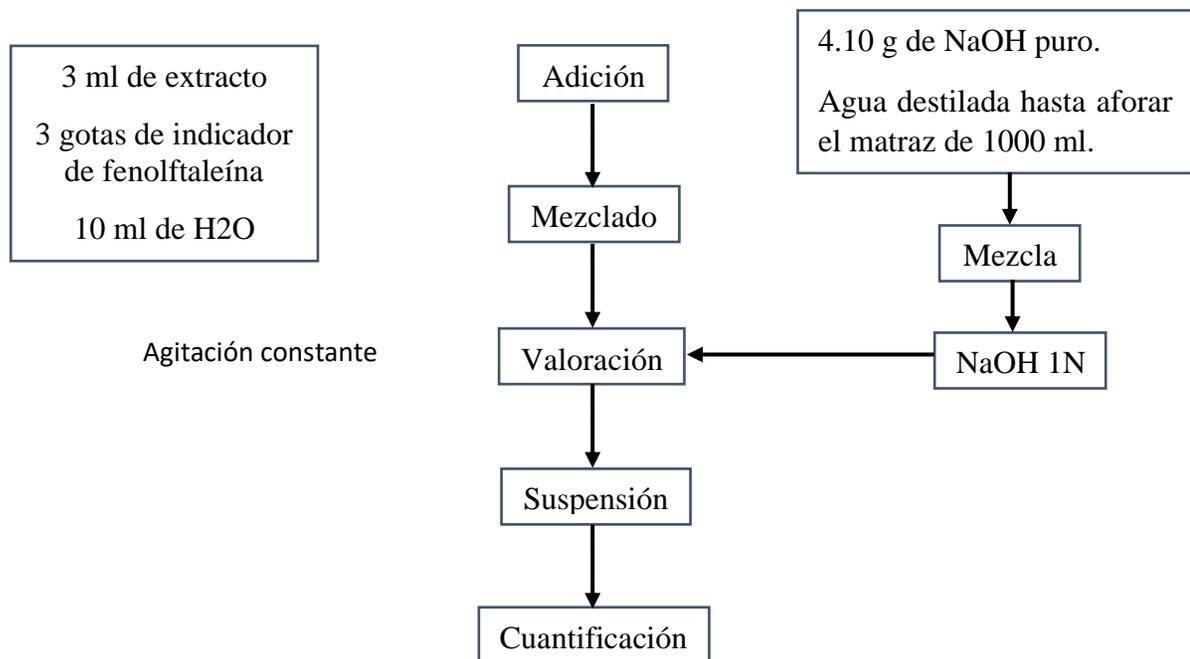
Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 2. Determinación de acidez titulable

Preparación de hidróxido de sodio al 0.1N

En un matraz aforado de 1000 mL se agregaron 4.10 g de hidróxido de sodio, se aforó el matraz con agua tipo 1 y se homogenizó la muestra, posteriormente se transfirió la disolución en un recipiente, se etiquetó y almacenó a temperatura ambiente para su posterior uso.

1. Diagrama de bloques para la determinación de acidez titulable.

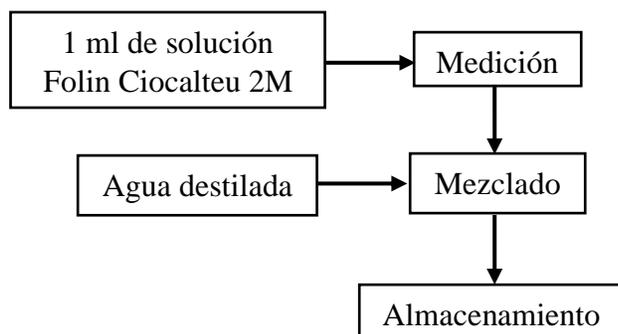


Apéndice 3. Determinación de fenoles totales.

Preparación de disoluciones

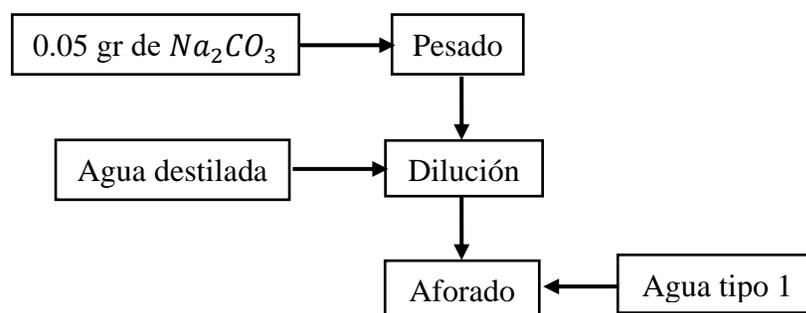
Disolución Folin-Ciocalteu 0.1 M. En un matraz volumétrico de 20 ml se colocó 1 ml de dilución de reactivo de Folin-Ciocalteu 2 M y posteriormente se aforo con agua tipo 1.

1. Diagrama de bloques para la preparación del reactivo Folin-Ciocalteu 0.1M a partir de una solución 2M.



Disolución de Na_2CO_3 0.05 %. En un matraz volumétrico de 10 ml se colocaron 50 mg=0.05gr de Na_2CO_3 , posteriormente se aforo con agua tipo 1.

2. Diagrama de bloques para la preparación de Na_2CO_3 al 0.5%



Disolución patrón de ácido gálico a 1000 ppm=ug/ml

En un matraz volumétrico de 10 ml se colocaron 10 mg=0.01 gr de ácido gálico y se aforo con EtOH acuoso al 90%, posteriormente, 1 ml de esta solución se transfirió a un matraz volumétrico de 10 ml y se aforo con EtOH acuoso al 90% (100 ppm=ug/ml).

3. Diagrama de bloques para la preparación de estándares de ácido gálico (5,10,15,20 y 25ppm).

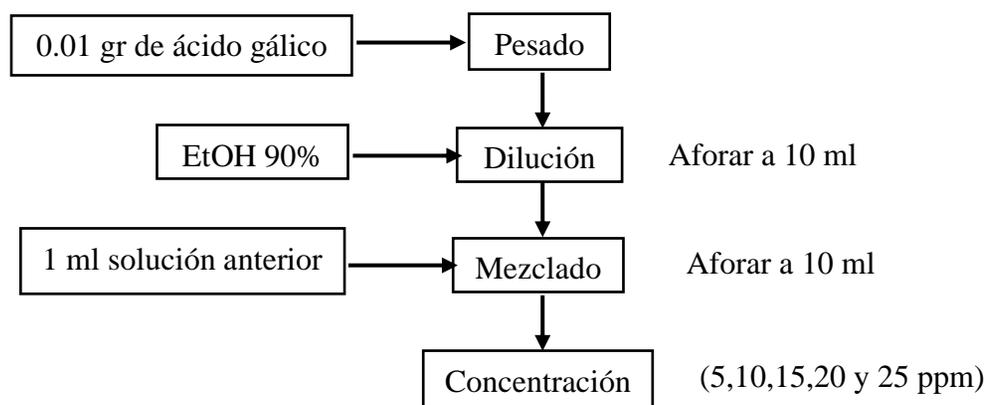
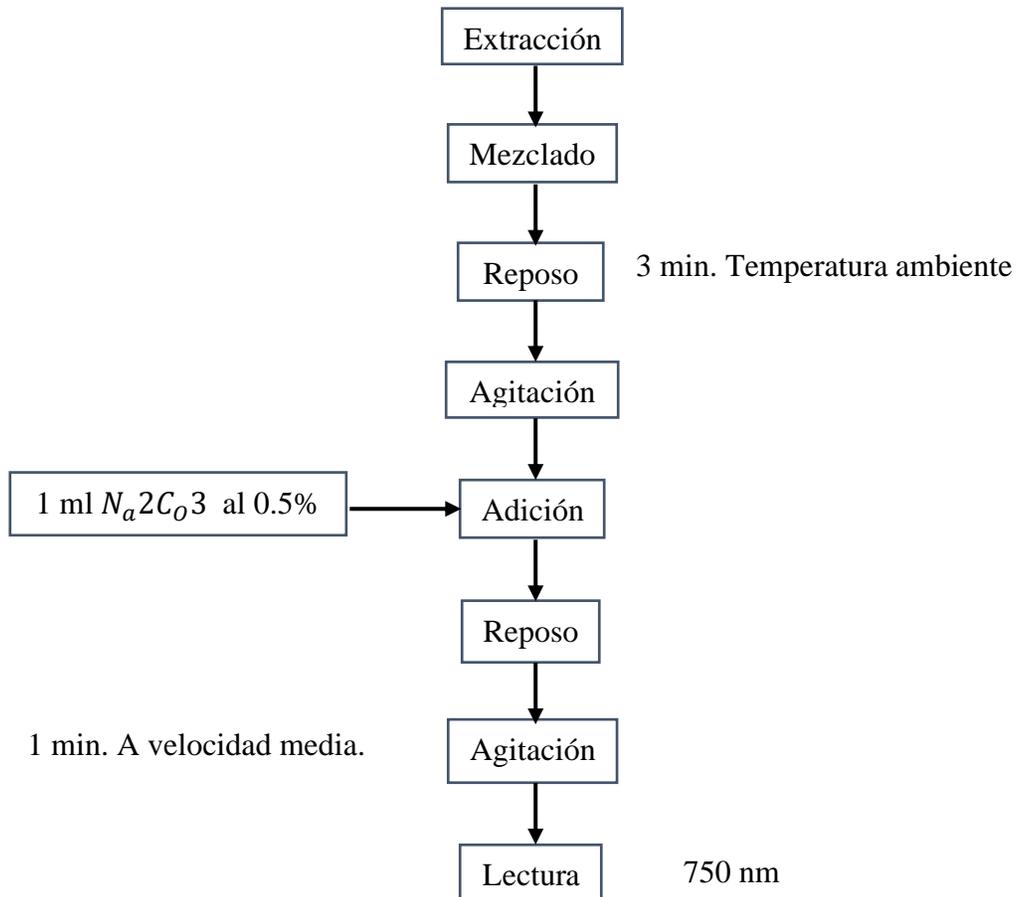


Tabla 6. Concentración de ácido gálico para curva de calibración.

Concentración (ug/ml)	EtOH al 90%	ml 100ug/ml ácido gálico	Volumen total
25	7.5	2.5	10
20	8	2.0	10
15	8.5	1.5	10
10	9	1.0	10
5	9.5	0.5	10

Fuente. Elaboración propia

4. Diagrama de bloques para la determinación de fenoles totales en vino.



Para el blanco de la muestra se tomó 1ml de muestra + 1 ml de carbonato de sodio y se le adicionó agua destilada en lugar del reactivo de folin-ciocalteu.

Cálculos de cuantificación de fenoles totales en vino.

Concentración de AG.mg/ml	ABS R1	ABSR2	ABSR3	ABS Promedio	Desv.Estd.	C.V.
BLK	0.055	0.057	0.055	0.056	0.001	2.074
5	0.198	0.199	0.201	0.211	0.002	0.724
10	0.332	0.337	0.335	0.384	0.003	0.655
15	0.515	0.513	0.512	0.496	0.002	0.308
20	0.695	0.700	0.699	0.657	0.003	0.403
25	0.897	0.907	0.901	0.876	0.005	0.575

Concentración de AG.mg/ml	ABS R1- BLK STD	ABS R2- BLK STD	ABS R3- BLK STD	ABS Promedio	Desv.Estd.	C.V.
5	0.143	0.142	0.146	0.144	0.002	1.449
10	0.277	0.280	0.280	0.279	0.002	0.621
15	0.460	0.456	0.457	0.458	0.002	0.455
20	0.640	0.643	0.644	0.642	0.002	0.324
25	0.842	0.850	0.846	0.846	0.004	0.473

ABSORBANCIA DE LA MUESTRA

Ctrl BLK	SPLC1	SPLC2	SPLC3	Promedio	Desv. Estd.	C.V
Ctrl BLK	0.003	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000
Muestra	0.006	0.005	0.005	0.005	0.000	5.587

Datos generales de la muestra de vino

Datos	Réplica 1	Réplica 2	Réplica3
ABS Ajustada	0.003	0.002	0.002
Factor de dilución	21	21	21
Mililitros de la muestra	0.0476	0.0476	0.0476
(g sólidos secos de vino de tempesquistle/mL muestra)	0.1300	0.1300	0.1300
% de humedad	87	87.00	87.00
% de masa seca en muestra	13	13	13
% de muestra	100	100	100

Ecuación general de regresión lineal

$$Y = A x + B \qquad \mathbf{A= 0.0354}$$

$$Y = \text{Absorbancia} \qquad \mathbf{B= 0.0567}$$

x = concentración de A.Gálico (mg/mL)

A=Pendiente

B=Intercepto

Datos para calcular fenoles en muestra de vino de tempesquistle

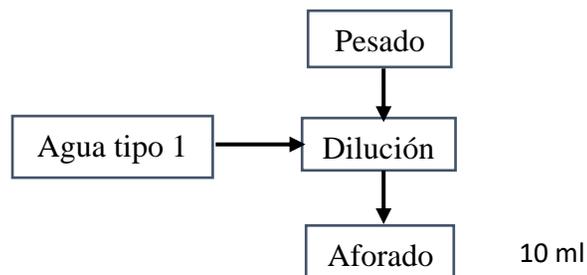
muestra	Concentración de FT en la muestra diluida mg/mL	Factor de dilución (FD) (mg EAG/mL de muestra concentrada)	mg EAG/mL Muestra	mg EAG/100 MI	mg EAG/100 g de M. S del vino de tempesquistle	Promedio	Desv.Estd.	C.V
R1	1.673	35.139	737.910	73.791	567.6231			
R2	1.659	34.842	731.674	73.167	562.8263	564.4253	2.769	0.492
R3	1.659	34.842	731.674	73.167	562.8263			

Apéndice 4. Determinación de flavonoides.

Preparación de disoluciones

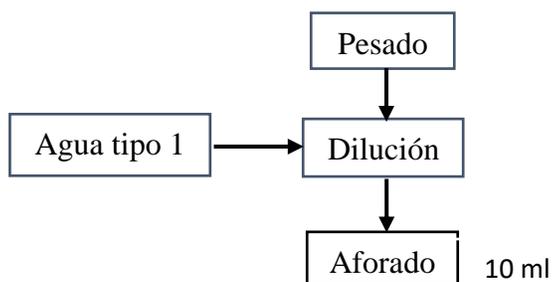
Disolución de NaNO_2 al 1.5%. En un matraz volumétrico de 10 ml se colocaron 0.15 gr de NaNO_2 y posteriormente se aforo con agua tipo 1.

1. Diagrama de bloques para la preparación de NaNO_2 1.5%.



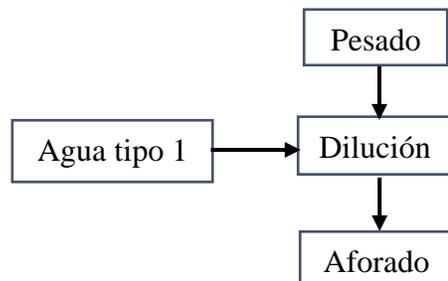
Disolución de AlCl_3 al 3%. En un matraz volumétrico de 10 ml se colocaron 0.3 gr de AlCl_3 y posteriormente se aforo con agua tipo 1.

2. Diagrama de bloques para la preparación de AlCl_3 al 3%.



Disolución de NaOH 1M. En un matraz volumétrico de 10 ml se colocaron 0.4 gr de NaOH y posteriormente se aforo con agua tipo 1.

3. Diagrama de bloques para la preparación de NaOH 1M.



Disolución patrón de quercetina 1000 ug/ml.

En un matraz volumétrico de 10 ml se colocaron 0.01 gr de quercetina y posteriormente se aforo con EtOH al 90%.

A partir de esta disolución se prepararon las disoluciones para la curva de calibración.

4. Diagrama de bloques para la preparación de estándares de quercetina (50,100,150,200 y 250 ppm)

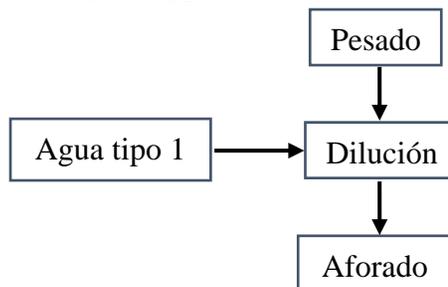
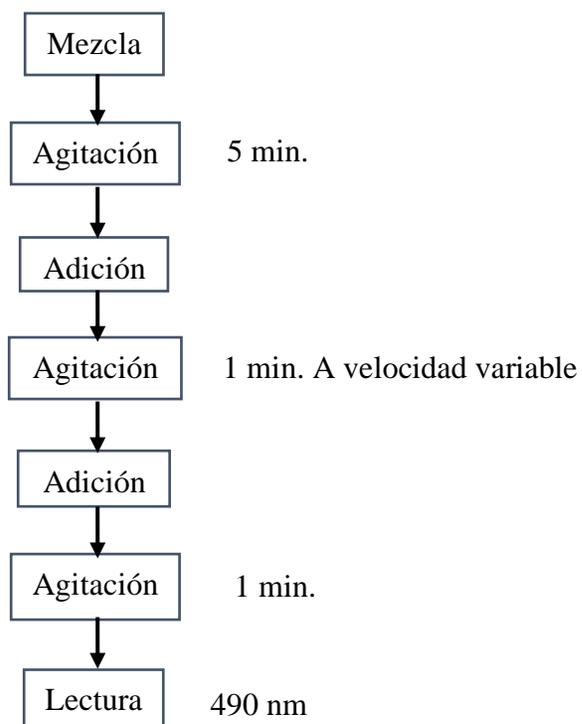


Tabla 7. Concentración de quercetina para la elaboración de curva de calibración.

Concentración (ug/ml)	EtOH al 90% (ml/l)	Quercetina 1000 ug/ml	Volumen total (ml/l)
250	7.5	2.5	10
200	8	2	10
150	8.5	1.5	10
100	9	1	10
50	9.5	0.5	10

Fuente. Elaboración propia.

5. Diagrama de bloques para la determinación de flavonoides.



Para el blanco de los estándares se utilizó el estándar de 250 $\mu\text{g/mL}$. Al blanco de los estándares y de la muestra se le agrega 1 mL de agua destilada en lugar de 1 mL de AlCl_3 al 3%.

Cálculos de cuantificación de flavonoides en muestra de Vino de Tempesquistle

Concentración de AG.mg/ml	ABS R1	ABSR2	ABSR3	ABS Promedio	Desv.Estd.	C.V.
BLK	0.08	0.082	0.084	0.0820	0.002	2.4390
50	0.135	0.13	0.132	0.1323	0.003	1.9017
100	0.215	0.216	0.217	0.2160	0.001	0.4630
150	0.325	0.322	0.327	0.3247	0.003	0.7751
200	0.42	0.417	0.425	0.4207	0.004	0.9607
250	0.535	0.533	0.538	0.5353	0.003	0.4701

Concentración de AG.mg/ml	ABS R1- BLK STD	ABS R2-BLK STD	ABS R3-BLK STD	ABS Promedio	Desv.Estd.	C.V.
50	0.055	0.048	0.048	0.0503	0.004	8.0294
100	0.135	0.134	0.133	0.1340	0.001	0.7463
150	0.245	0.24	0.243	0.2427	0.003	1.0371
200	0.340	0.335	0.341	0.3387	0.003	0.9492
250	0.455	0.451	0.454	0.4533	0.002	0.4592

ABSORBANCIA DE LA MUESTRA

	SPLC1	SPLC2	SPLC3	Promedio	Desv. Estd.	C.V
Ctrl BLK	0.126	0.127	0.127	0.1267	0.001	0.4558
Muestra	0.470	0.47	0.47	0.4700	0.000	0.0000

Datos generales de vino de tempesquistle

Datos	Réplica 1	Réplica 2	Réplica3
ABS Ajustada	0.344	0.343	0.343
Factor de dilución	21	21	21
Volumen de extracción mL	30	30	30
(g sólidos secos de jugo de pitaya/mL muestra)	0.1482	0.1482	0.1413
% de humedad	85.18	85.18	85.87
% de masa seca en muestra	14.82	14.82	14.13
% de muestra	100	100	100

Ecuación general de regresión lineal

$$Y = A x + B \quad A= \quad 0.0020$$

$$Y = \text{Absorbancia} \quad B= \quad 0.0594$$

x = concentración de Quercetina (mg/mL)

A=Pendiente

B=Intercepto

Datos para calcular flavonoides en muestra de vino de tempesquistle

muestra	Concentración de FT en la muestra diluida mg/mL	Factor de dilución (FD)(mg EAG/mL de muestra concentrada)	mg EAG/mL Muestra	mg EAG/100 mL	mg EAG/ 100 g de M. S del jugo de tempesquistle	Promedio	Desv.Estd.	C.V
R1	199.571	4190.996	139.700	13.970	94.2644			
R2	199.077	4180.607	139.354	13.935	94.0307	94.1086	0.134912215	0.14335795
R3	199.077	4180.607	139.354	13.935	94.0307			

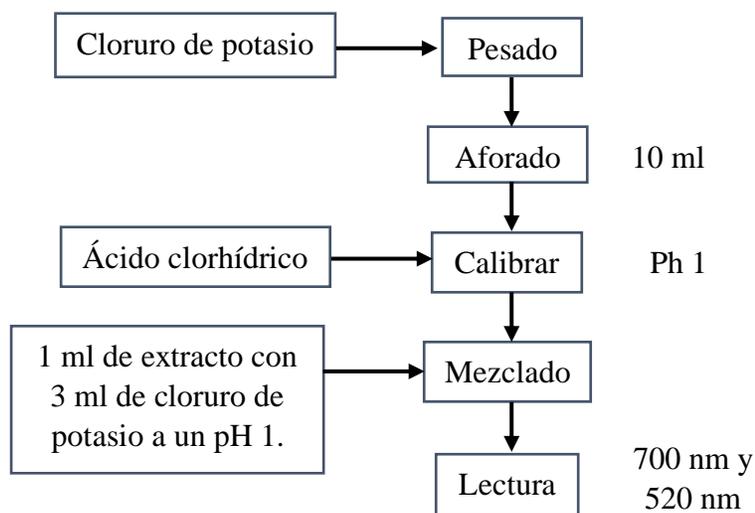
Apéndice 5. Determinación de antocianinas totales.

Preparación de soluciones buffer

Se realizaron dos disoluciones buffer en base al método de pH diferencial para la determinación del contenido de antocianinas.

1. Diagrama de bloques para la determinación de antocianinas totales por el método de pH diferencial.

Buffer cloruro de potasio pH 1(0.2M). Se peso 0.149 gr de cloruro de potasio y se colocó en un matraz volumétrico de 10 ml y se aforo con agua destilada hasta 9 ml y se ajustó el pH con ácido clorhídrico 0.5 M hasta obtener un pH 1. Una vez alcanzado el pH deseado, se afora hasta 10 ml con agua tipo 1.



Buffer acetato de sodio pH 4.5 (1M). Se peso 0.820 gr de acetato de sodio y se colocó en un matraz volumétrico de 10 ml y se aforo con agua destilada hasta 9 ml y se ajustó el pH con ácido clorhídrico 0.5 M hasta obtener un pH 4.5. Una vez alcanzado el pH deseado, se afora hasta 10 ml con agua tipo 1.

