

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
PROGRAMA DOCENTE INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA



**ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA
FERMENTADA A BASE DE BETABEL (*Beta vulgaris spp*) Y LA EVALUACIÓN
DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD**

Por:

FLOR CECILIA MENDOZA HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA

Estandarización del Proceso de Elaboración de una Bebida Fermentada a Base de Betabel (*Beta vulgaris spp*) y la Evaluación de los Parámetros de Calidad.

Por:

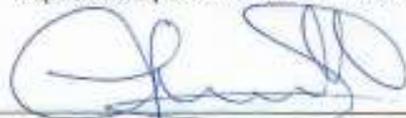
Flor Cecilia Mendoza Hernández

TESIS

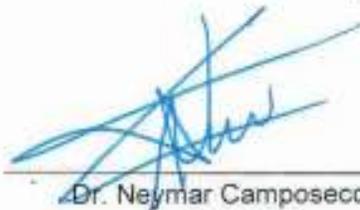
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Xóchitl Ruelas Chacón
Asesor Principal



Dr. Neymar Camposeco Montejó
Coasesor



Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA

Estandarización del Proceso de Elaboración de una Bebida Fermentada a Base de Betabel (*Beta vulgaris spp*) y la Evaluación de los Parámetros de Calidad.

Por:

Flor Cecilia Mendoza Hernández

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA

Aprobado por el Jurado Examinador:

M.C. Carlos Alberto Agustince García
Presidente

Dra. Xóchitl Ruelas Chacón
Vocal

Dr. Antonio Flores Naveda
Vocal

Dra. Neymar Camposeco Montejo
Vocal



M.C. Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2024

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega), reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio), comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia, omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas, emplear ideas o razonamientos de un autor sin citar, aplicar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Autor principal



Flor Cecilia Nereyza Hernández
Nombre y firma

Asesor principal



Xechiti Ruelas Chacón
Nombre y firma

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar expresando mi profundo agradecimiento a **Dios**, por ser mi guía y fortaleza durante todo este proceso, por iluminar mi mente y mi camino en momentos de confusión.

A mi padre **Feliciano Mendoza García**, a pesar de las dudas iniciales y las preocupaciones que mostraste, quiero agradecerte por permitirme seguir mi propio camino y apoyarme a lo largo de mi carrera, gracias por los sacrificios que hiciste para poder seguir estudiando. Estoy agradecida por el amor y la confianza que has dado, a pesar de ciertas circunstancias.

A mi madre **Evarista Hernández Alcantar**, quien, aunque partió ya hace mucho tiempo, sigue siendo una fuente eterna de inspiración y guía en mi vida, te extraño profundamente, pero sé que tu espíritu vive en mí y en todo lo que hago, este logro también es tuyo. Gracias por inculcarme valores de perseverancia y dedicación.

A mis queridos **hermanos y hermanas**, por su apoyo y sus palabras de aliento a lo largo de mi trayecto académico.

A mi cuñada **Rocío Mendoza Mendoza**, que desde el inicio de este proyecto confió en mí, por tu disposición y tiempo para escuchar mis ideas y brindarme consejos, aprecio profundamente tu paciencia y tu ánimo constante a lo largo de este camino. Tu apoyo emocional y tu capacidad para levantarme el ánimo en momentos de duda han sido fundamentales para mantenerme motivada y enfocada en mis objetivos. Gracias por estar siempre ahí, por tu apoyo incondicional y por formar parte de mi vida.

A mi mejor amiga **Tania Pineda Gaitán**, por tu apoyo incondicional y tu amistad desde el inicio de la universidad. Gracias por estar a mi lado, por escucharme, entenderme y por siempre animarme a seguir adelante. Gracias por ser mi confidente, mi cómplice, y mi mejor amiga, estoy profundamente agradecida por todo lo que has hecho y sigues haciendo por mí.

A **Ulises Ramírez** gracias por ser mi compañero de vida, mi amigo. Tus palabras de aliento han sido la fuerza que me impulsó a seguir adelante incluso en los

momentos más difíciles. Gracias por tu apoyo y sacrificios, tu paciencia, comprensión, por estar a mi lado, por creer en mí y por motivarme.

A mi suegra **Juana Alvarado y cuñados**, por su apoyo y palabras en momentos difíciles, por su cariño, comprensión, generosidad y por contribuir en mi crecimiento personal.

A mi hijo **Víctor Alexander Ramírez Mendoza**, aunque aún eres pequeño, has llenado mi vida de alegría, cada logro académico que he alcanzado es tuyo, porque tú has sido mi inspiración, mi motor y mi razón para esforzarme cada día más.

A mi alma mater, **la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, donde he tenido el privilegio de realizar mis estudios, por darme la oportunidad de aprender, y formarme profesionalmente.

A la **Dra. Xochitl Ruelas Chacón**, por su apoyo incondicional en este proyecto, consejos, agradezco infinitamente los conocimientos que me ha brindado, su dedicación, experiencia y paciencia han sido fundamentales para el éxito de este proyecto. Gracias nuevamente por confiar en mí y por la oportunidad de aprender y trabajar con usted.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente para seguir adelante ante los problemas que se me presentaron en el camino.

A mi madre que, aunque no esté aquí, se la dedico hasta el cielo.

A mi padre y a mis hermanos por su apoyo, consejos y comprensión para conseguir mis objetivos.

A mi cuñada Rocío Mendoza que siempre creyó en mí y me brindó su apoyo incondicional.

A la familia Ramírez Alvarado por su comprensión, cariño, por ayudarme y darme aliento en los momentos difíciles.

Y en especial a mi amado hijo Víctor Ramírez por ser mi fortaleza e inspiración para poder superarme cada día más como persona y como profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	5
DEDICATORIA	6
Índice de cuadros	10
Índice de figuras	12
RESUMEN	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	16
1.1 Justificación	22
1.2 Hipótesis	23
1.3 Objetivos	23
1.3.1 Objetivos generales	23
1.3.2 objetivos específicos	23
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	23
2.1 GENERALIDADES DEL BETABEL	23
2.1.1 Origen	23
2.2 Morfología y Taxonomía	24
2.2.1 Morfología del betabel	24
2.2.2 Planta	25
2.2.3 Raíz	25
2.2.4 Tallo	26
2.2.5 Hojas	26
2.2.6 Flores	27
2.2.7 Frutos y semillas	28
2.4 Composición nutrimental	30
2.5 Composición química	31
2.6 Producción y Distribución	31
2.7 Usos y consumo	32
2.8 VINO	33
2.8.1 Vino y vino de frutas	33
2.9 FERMENTACIÓN	33

2.9.1 Fermentación alcohólica	34
2.9.2 Química del proceso fermentativo	34
2.9.3 Levaduras en la fermentación	35
2.9.5 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	36
2.9.6 PARÁMETROS DE LA FERMENTACIÓN	37
2.9.6.1 Temperatura	37
2.9.6.2 °Brix	38
2.9.6.3 pH	38
2.9.6.4 Color	39
2.9.6.4.1 Tonalidades del vino Tinto	40
2.9.6.5 Acidez total	41
2.9.7 Agentes de clarificación y conservación de los vinos	41
2.9.7.1 Bentonita sódica	41
2.9.7.2 Metabisulfito de sodio	42
2.9.8 Pasteurización	43
2.9.9 Filtración y clarificación	44
2.9.9.1 Clarificación	44
2.9.9.2 Filtración	44
2.10 Análisis de componentes bioactivos del vino	45
2.10.1 Polifenoles	45
2.10.2 Flavonoides y taninos	45
2.10.3 Antocianinas	46
2.11 Evaluación sensorial	47
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.1 MATERIAL	49
3.1.1 Materia prima	49
3.1.2 Material de vidrio y otros materiales	49
3.1.3 Reactivos	49
3.1.4 Equipos e instrumentos	50
3.2 METODOLOGÍA	50
3.2.1 Materia prima	50
3.2.1.1 Lavado y preparación de la fruta	50
3.2.1.2 Extracción del jugo a partir de la pulpa de betabel	50

3.2.1.3 Ajuste del mosto	51
3.3 Fermentación	52
3.4 Clarificado y filtrado.	52
3.5 Análisis de parámetros fisicoquímicos de la bebida fermentada obtenida.	53
3.5.1 pH	53
3.5.2 °Brix	53
3.5.3 Grado Alcohólico	53
3.5 Envasado	54
3.6 Determinar polifenoles, flavonoides, antocianinas y capacidad antioxidante	54
3.6.1 Determinación de polifenoles hidrolizables por método Folin-Ciocalteu	54
3.6.2 DETERMINACIÓN DE FLAVONOIDEOS POR LA TÉCNICA HCL-TERBUTANOL	54
3.6.3 CONTENIDO DE ANTOCIANINAS	55
3.6.4 Determinación de actividad antioxidante DPPH y ABTS	55
3.6.4.1 Preparación del radical DPPH	55
3.6.4.2 Método ABTS	55
3.7 Evaluar sensorialmente la aceptabilidad y/o nivel de agrado del vino obtenido	56
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
4.1 Análisis físico-químicos de la pulpa de betabel	57
4.1.1 Peso	57
4.1.2 Color	58
4.2 Análisis fisicoquímico de la bebida fermentada de betabel.	59
4.2.1 Análisis de °Brix de la bebida fermentada.	59
4.2.2 pH	60
4.3 Recuperación de componentes funcionales de la bebida fermentada.	61
4.3.1 Polifenoles	61
4.3.2 Flavonoides	63
4.3.3 Antocianinas	64
4.3.4 Capacidad antioxidante	65
3.4 Evaluación sensorial de la bebida fermentada a base de mosto de betabel	66
3.4.1 Preferencia	66
3.4.2 Nivel de preferencia	67

3.4.3 Deseo de compra	67
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	70
ANEXO	79

Índice de cuadros

Cuadro 1. Taxonomía del betabel.....	29
Cuadro 2. Composición de la pulpa cruda de betabel por 100g.....	30
Cuadro 3. Tratamientos.....	52
Cuadro 4. Parámetros físico-químicos de la pulpa de betabel.....	57

Índice de figuras

Figura 1 Remolacha (Betabel)	23
Figura 2 Morfología del betabel	24
Figura 3 Raíz del betabel	25
Figura 4 Tallo del betabel	26
Figura 5 Hojas del betabel	27
Figura 6 Usos y consumo del betabel	33
Figura 7 Levaduras de la fermentación	36
Figura 8. Color del vino	41
Figura 9. Evaluación sensorial	48
Figura 10. Extracción del jugo del betabel	51
Figura 11. Ajustes de °Brix	53
Figura 12. pH	53
Figura 13. Color	53
Figura 14. Grados de alcohol	56
Figura 15. Medias del proceso de disminución de la masa	61
Figura 16. Parámetros de color (L, a y b)	61
Figura 17. °Brix	62
Figura 18. pH inicio y final de la fermentación	63
Figura 19. Contenido de polifenoles	64
Figura 20. Contenido de flavonoides	66
Figura 21. Contenido de antocianinas	67
Figura 22. Capacidad antioxidante	68
Figura 23. Promedio de rangos de la preferencia de 65 panelistas consumidores potenciales del estudio de Kruskal-Wallis	69
Figura 24. Nivel de preferencia (%) de los juicios de 65 panelistas consumidores potenciales del estudio de Kruskal-Wallis.	70
Figura 25. Nivel de deseo de compra (%) de los juicios de 65 panelistas consumidores potenciales del estudio de Kruskal-Wallis.	71

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo elaborar una bebida fermentada utilizando betabel (*Beta vulgaris spp.*) y analizar los parámetros de calidad. Se realizó la caracterización fisicoquímica del extracto del betabel (pH 5.7, 10.5 °Brix y color L=27.57, a=2.96 y b=-3.87). El extracto fue acondicionado para la fermentación mediante levadura *Saccharomyces cerevisiae* al 0.1%, a 22 -27 °Brix, y 5.6 de pH, manteniendo la temperatura entre 25 a 29 °C, midiendo el peso cada tercer día por 27 días, para cada tratamiento. Las medidas de la disminución de masa del mosto no mostraron diferencia significativa a una $p > 0.05$.

A la bebida fermentada se determinó sus características fisicoquímicas: para el tratamiento T1: pH; 5.03, 16.75 °Brix, color; L= 33.63, a=1.72, b= -7.17, T2: 5.06 pH, 16.5 °Brix, L=32.71, a= 1.89, b= -7.24. Cada tratamiento presentó un contenido de alcohol de 10 GL.

También se realizó el análisis de los componentes bioactivos, polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu, obteniendo valores de dos tratamientos el T1:74.16, y el T2: 69.73 g GAE/mL. Los valores de determinados de antocianinas fueron del tratamiento T1:7.72 mg/100g, y el tratamiento T2: 6.7 mg/100g. Los flavonoides fueron determinados por la técnica *HCL-Terbutanol* dando como resultados de los tratamientos T1:104.17 CA mg/100 g, y tratamiento T2: 154.44 con. De catequina mg/100 g y capacidad antioxidante por el método de DPPH, obteniendo valores de los tratamientos T1: 2611.03 ET μ M/100 g, y T2: 25447.12 ET μ M/100 g.

De acuerdo con la evaluación sensorial, los comentarios que dieron a conocer los consumidores mostraron descriptores positivos sobre los atributos de sabor, color, apariencia y aroma del tratamiento T1 sobre los atributos del tratamiento T2, el tratamiento 1 muestra un sabor afrutado, suave, ligeramente dulce, agradable, rico, un color rojo rubí, transparente característico de vinos tintos, también se considera como un producto innovador.

Palabras clave: Bebida fermentada, fermentación, características fisicoquímicas, componentes bioactivos, evaluación sensorial.

Correos electrónicos:

Tesista: Flor Cecilia Mendoza Hernández fm3400024@gmail.com

Asesora principal: Dra. Xóchitl Ruelas Chacón xruelas@yahoo.com

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega), reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio), comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia, omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas, emplear ideas o razonamientos de un autor sin citar, aplicar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

Flor Cecilia Mendoza Hernández

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un gran problema con los productos hortícolas, el precio y la calidad van estrechamente vinculados, ya que los frutos pasan diversas etapas que provocan cambios en sus metabolitos. Estas etapas incluyen el crecimiento, la maduración y la senescencia. La maduración a su vez se divide en dos fases importantes: la maduración fisiológica, donde el cultivo continúa madurando incluso después de ser cosechado, y la maduración organoléptica, que es el proceso mediante el cual los frutos desarrollan características sensoriales deseables para su consumo, como el color, sabor, aroma, textura y composición interna. Esta maduración puede ocurrir tanto en planta o árbol como después de la recolección. Sin embargo, una vez que los productos hortícolas alcanzan la etapa de senescencia, su calidad comienza a deteriorarse, lo que conduce al descarte de aquellos que ya no cumplen con los estándares requeridos. En este punto surge la oportunidad de agregar valor a estas frutas y hortalizas, ofreciendo una alternativa para su aprovechamiento (Agrícola, proain tecnología, 2020).

En México las frutas y plantas nativas contienen una rica variedad de compuestos como polifenoles, carotenoides, esteroides, etc., conocidos por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas. Estos compuestos bioactivos poseen un gran potencial para ser utilizados como ingredientes activos en una variedad de aplicaciones. Además, las frutas que no se aprovechan en la producción de alimentos, así como los residuos generados durante el procesamiento de frutas, representan una oportunidad para reducir el desperdicio y aprovechar una valiosa fuente de materias primas ricas en componentes bioactivos. A nivel mundial, muchos productos agrícolas y alimentarios pueden ser transformados en productos de valor agregado que se encuentran en la aplicación de la medicina, la cosmética y la alimentación. En México aproximadamente el 23% de la población aún reside en zonas rurales con condiciones socioeconómicas precarias, la desnutrición y la falta de

conocimiento sobre el valor nutricional de los alimentos. Estos problemas contribuyen a la aparición de enfermedades degenerativas, junto con la obesidad. Además, la falta de comprensión sobre las características de las plantas y la importancia de su conservación conduce a la acumulación de frutas y cultivos valiosos que podrían ser una fuente importante de nutrientes y recursos para comunidades vulnerables. Es esencial promover la educación y el conocimiento sobre el potencial nutricional y medicinal de los recursos vegetales locales, así como implementar estrategias efectivas para aprovecharlos de manera sostenible en beneficio de la salud y el bienestar de estas comunidades (Pacheco & Cuevas, 2020).

Así como necesitamos aprovechar al máximo los alimentos que tenemos, también tenemos la responsabilidad de reducir la cantidad de alimentos que se desperdician. Un tercio de los alimentos producidos anualmente son desechados, lo que contribuye a una pérdida significativa en el sistema global de los alimentos. Esta pérdida ocurre en diversas etapas, desde la recolección hasta el procesamiento. Se han realizado investigaciones para solucionar este problema que se presenta a nivel mundial, los desechos de la industria agrícola incluidos los jugos, mermeladas, almacenamiento, secado, congelación y fermentación de frutas y verduras producen grandes cantidades de desechos, las fibras y proteínas que se pierden en esos residuos, pueden ser utilizados como materias primas o subproductos en otros procesos de transformación. Gracias a los avances tecnológicos se ha ido buscando la manera de generar valor a esos residuos, y se ha llegado a desarrollar productos alimenticios como suplementos, polvos naturales, así como la extracción de antioxidantes, flavonoides y la elaboración de alimentos funcionales. Este enfoque no solo contribuye a reducir el desperdicio alimentario, sino que también permite aprovechar al máximo los recursos disponibles y crear productos de valor agregado con beneficios nutricionales y funcionales. (Hernández, et al., 2018).

Aprovechar las frutas y hortalizas que ya no cumplen con los estándares de calidad para la venta es de suma importancia por varias razones:

- **Reducción del desperdicio alimentario:** A nivel mundial, una cantidad significativa de alimentos se desperdicia cada año debido a la sobreproducción, los estándares de calidad estrictos y la falta de infraestructura adecuada para su distribución y almacenamiento. Utilizar frutas y hortalizas que no cumplen con los estándares de calidad para la venta ayuda a reducir este desperdicio y aprovechar al máximo los recursos alimentarios disponibles (Hall, Guo, Dore, & Chow, 2009).
- **Aprovechamiento de componentes nutricionales:** Aunque estas frutas y hortalizas pueden no ser visualmente perfectas o tener alguna imperfección, todavía conservan muchos de sus componentes nutricionales importantes, como vitaminas, minerales, fibra dietética y antioxidantes. Al utilizar estos productos en la elaboración de otros tipos de productos alimenticios, se puede aprovechar su valor nutricional y contribuir a una alimentación más saludable (Alzamora, Guerrero, Nieto, & Vidales, 2004).
- **Diversificación de la oferta alimentaria:** Las frutas y hortalizas que no cumplen con los estándares de calidad para la venta en fresco pueden ser utilizadas en la elaboración de una amplia variedad de productos alimenticios, como jugos, mermeladas, conservas, salsas, sopas, snacks saludables, entre otros. Esto permite diversificar la oferta de productos alimenticios disponibles en el mercado y ofrecer alternativas nutritivas y sabrosas a los consumidores (Alzamora et al., 2004).
- **Generación de valor agregado:** Al transformar estas frutas y hortalizas en productos alimenticios procesados, se puede agregar valor agregado

a los productos y generar nuevas oportunidades comerciales para los productores y empresas alimentarias. Esto puede contribuir al desarrollo económico de las comunidades agrícolas al aprovechar los recursos que de otro modo se desperdiciaron y generar en el sector agroindustrial (Alzamora et al., 2004).

El betabel o remolacha pertenece a la familia *Chenopodiaceae* y es originaria de Asia y Europa, estos vegetales son tubérculos que contienen una variedad de nutrientes, entre ellos carotenoides, nitratos, flavonoides, vitaminas y minerales como potasio, sodio, fósforo, calcio y magnesio, cobre, hierro, zinc, magnesio y pigmentos de betalaína solubles en agua como la betacianina (rojo violeta) y la betaxantina (amarillo-naranja), que aportan beneficios para la salud y el bienestar. Los polifenoles, carotenoides y nutrientes del betabel tienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y hepatoprotectoras y tienen efectos antidiabéticos, hipotensores y cardiovasculares. El uso del betabel como ingrediente en diversos alimentos tienen un efecto positivo en la salud humana, y permite el desarrollo de diversos alimentos funcionales. El betabel también se ha utilizado principalmente como colorante, yogurt, bebida probiótica, helados, gelatinas, caramelos, multicereales, galletas y pastas (Chhikara, Kushwaha, Sharma, Gat, & Panghal, 2019).

El betabel, es una de las hortalizas consumidas en todo el mundo y reconocida por sus numerosos beneficios para la salud. Se distingue por su alto contenido de vitaminas y minerales, lo que lo convierte en un alimento asociado con una mejor calidad de vida. Existen variedades de betabel, siendo las más comunes las rojas y blancas. El betabel es popular en la alimentación humana, mientras que el blanco se utiliza principalmente para la producción de azúcar. Consumir betabel aporta una serie de beneficios para la salud, es una buena fuente de hierro, vitamina B y ácido fólico, siendo este último beneficioso para mujeres embarazadas y producción de glóbulos rojos. La betanina es un flavonoide con propiedades antioxidantes que pueden tener efectos anticancerígenos, también es el que le da el color al betabel.

El betabel aumenta el nivel de óxido nítrico en la sangre, esta sustancia dilata los vasos sanguíneos, reduce la presión arterial y mejora la circulación sanguínea. Aporta energía a los deportista y atletas por la gran cantidad de carbohidratos, puede ayudar al sentido de la vista ya que contiene betacarotenos, un antioxidante que ayuda a mejorar el estado de la retina, y su consumo evita la aparición de cataratas, la fibra que contiene el betabel ayuda al buen funcionamiento intestinal, reduce el colesterol sanguíneo (Hernández H. , 2022).

En la industria alimentaria las betalaínas se han llegado a utilizar como colorantes naturales, además de que son muy importantes en la salud humana por su actividad antioxidante y antiinflamatoria. Actualmente existen productos betabel en jugos o en polvo especialmente para personas deportistas que practican deportes de resistencia mejoran su rendimiento gracias a los beneficios que contiene el betabel (Wruss, et al., 2015).

El betabel posee un sabor muy dulce, por lo cual esta se aprovecha para obtener azúcar y para obtener colorantes que son aprovechados de la pulpa, por lo regular esta hortaliza se consume en ensaladas, pastas, jugos, además de que se puede consumir cruda o cocida, El betabel es rico en componentes bioactivos como carotenoides, glicina, betaína, saponinas, betacianinas, folato, polifenoles y flavonoides. Por tanto, el consumo del betabel puede considerarse como protección contra el cáncer. Tienen propiedades antibacterianas y antifúngicas y pueden inhibir el crecimiento de células tumorales humanas (López, González, Maldonado, Luna, & Jiménez, 2018).

Las bebidas fermentadas son aquellas que han pasado por un proceso de fermentación, en el cual microorganismos como levaduras, bacterias transforman los azúcares presentes en el sustrato (como frutas, granos o jugos) en alcohol. Las bebidas fermentadas pueden tener una gran gama de sabores, aromas, texturas, y pueden incluir bebidas alcohólicas como vino, cerveza y sidra. Además de ser disfrutadas por su sabor, muchas bebidas fermentadas también pueden ofrecer

beneficios para la salud debido a la presencia de probióticos y componentes bioactivos (Monereo, Arnoriaga, Yoko, Martínez de Icaya, 2016).

El presente trabajo tiene como objetivo elaborar una bebida fermentada a base de betabel (*Beta vulgaris ssp*) y analizar los parámetros de calidad del producto.

1.1 Justificación

Hoy en día hay una gran demanda de productos alimenticios que además de aportar nutrientes, también ofrece beneficios para la salud. Por lo tanto, es necesario el desarrollo y evaluación de los productos naturales que cumplan con estas características.

Según datos proporcionados por FAOSTAT para el año 2020, la producción mundial del betabel alcanzó un total de 252,968,843 toneladas, obtenidas en una superficie cosechada de 4,439,073 hectáreas. Esto resulta en un rendimiento promedio de 57.0 toneladas por hectárea. En México la producción anual de betabel fue de 23,381 toneladas y cosechadas fueron 1,187 hectáreas y un rendimiento de 19.7 toneladas por hectárea.

La elaboración de bebidas fermentadas a base de betabel (*Beta vulgaris ssp*) es un campo de crecimiento dentro de la industria alimentaria, impulsado por la creciente demanda de productos funcionales. El betabel, es una raíz vegetal rica en componentes bioactivos, ofrece un potencial significativo para la producción de bebidas fermentadas únicas y nutritivas. Esta podría ser una estrategia de aprovechar el betabel que no se vende como vegetal fresco.

Sin embargo, para garantizar la calidad y consistencia del producto final, es fundamental estandarizar el proceso de elaboración y evaluar los parámetros de calidad.

1.2 Hipótesis

De acuerdo con lo que hemos revisado podemos establecer las siguientes hipótesis:

Ho: Es posible obtener una bebida fermentada a partir de betabel (*Beta vulgaris ssp*) con propiedades funcionales y aceptada por consumidores potenciales.

Ha: No es posible obtener una bebida fermentada a partir de betabel (*Beta vulgaris ssp*) con propiedades funcionales y aceptada por consumidores potenciales.

Para poder comprobar las hipótesis establecidas se han fijado los siguientes objetivos:

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un vino a base de betabel (*Beta vulgaris spp*) y analizar los parámetros de calidad.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Obtener la pulpa de betabel, y evaluar los parámetros de color, pH, SST, AT, componentes bioactivos y capacidad antioxidante de la pulpa.
2. Establecer las condiciones para elaborar el vino de betabel (*Beta vulgaris spp*).
3. Evaluar propiedades fisicoquímica-funcionales y sensoriales del vino obtenido

CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DEL BETABEL

2.1.1 Origen

Beta vulgaris, es el nombre científico de la remolacha también conocida como acelga blanca, betarraga (Chile y Perú), betarraga, (Islas Canarias) y betabel (México), es una planta de la familia *Chenopodioideae*, de la que sus hojas y raíz son comestibles (figura 1). Existen numerosas variedades de especies, de las cuales algunas son para la alimentación, otras para ganado y para la producción de azúcar (la remolacha azucarera, *Beta vulgaris subsp.*). El betabel es originario del sur de Europa, hace 3 mil años era cultivado principalmente por sus hojas además de su raíz. El betabel se domesticó en el Mediterráneo Oriental, donde hay betabeles silvestres (*Beta marítima*) el uso de sus hojas y raíces de especies silvestres dieron lugar a variedades que actualmente se cultivan y se consumen como vegetales. La remolacha se considera un vegetal de raíz, pero en realidad es un "tallo grueso con forma de bulbo", un órgano que almacena principalmente azúcar y almidón. La remolacha tiene un alto contenido de azúcar y se utiliza principalmente para la industria especialmente para su extracción (Pitalúa Cortés, 2007).



Figura 1. Remolacha (Betabel)

Fuente: Veterava, 2015

Según la SADER, menciona que el betabel se originó en la edad de piedra en el norte de África, y esta creció de manera silvestre a lo largo de las costas de Asia y Europa. El betabel (*Beta vulgaris* L) es considerado como tubérculos comestibles de color púrpura y forma bulbosa; de climas fríos y en México se cosecha todo el año (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016).

2.2 Morfología y Taxonomía

2.2.1 Morfología del betabel

La remolacha o betabel es una raíz grande y carnosa que se desarrolla bajo la tierra, perteneciente a la familia de las quenopodiáceas. Esta familia incluye cerca de 1.400 especies de plantas en su mayoría herbáceas que se encuentran comúnmente en zonas costeras o terrenos salinos templados. La raíz remolacha tiene una forma esférica con un diámetro de 5 a 10 cm y un peso de 80 a 200 g, su color varía desde rosáceo a violáceo, anaranjado rojizo o incluso marrón. Su pulpa es generalmente rojo oscuro, presenta anillos concéntricos de color blanco figura 2, debido a su alto contenido de azúcares, la remolacha tiene un sabor dulce (Gómez & Duque, 2018).



Figura 2. Morfología del betabel

Fuente: Hannia, 2015.

2.2.2 Planta

El betabel es una planta herbácea anual, bianual o perenne, lo que significa que produce su parte vegetal en el primer año y los tallos florares de color verdoso, lo cual necesita de frío para que se lleve a cabo, los frutos y producción de semillas en el segundo año (Gregorio, 2010). Su tamaño es de 60 a 100 cm de altura, es una planta herbácea de ciclo corto (Alvarado, Casillas, Camarillo, Ochoa, & Zamarripa, 2011)

2.2.3 Raíz

La raíz principal se caracteriza por ser gruesa, carnosa y de forma cónica, presenta un alto contenido de azúcar. El color de la raíz es rojo o morado, esto debido a que se encuentra el pigmento betanina o betacianinas (Garduño & Arzaluz, 2022). El sistema radicular del betabel es muy ramificado cuya longitud alcanza de 1.5 a 2 m de profundidad y 0.60m de ancho (Caguasango, 2023) figura 3. La raíz interna es carnosa y forma círculos concéntricos claros y oscuros (Ibañes, 2014).



Figura 3. Raíz del betabel

Fuente: Sciencephotolibrary, 2024.

2.2.4 Tallo

El tallo del betabel es un componente esencial de la planta ya que desempeña varias funciones, desde el soporte estructural hasta el transporte de nutrientes. Su forma, color y grosor cambian a medida que la planta crece y se adapta a las condiciones ambientales y a las prácticas del cultivo. El tallo es ramificado y muy profundo su crecimiento es limitado durante el primer año, con altura desde 0.80 a 1.20 m, sus flores son hermafroditas, los estambres y pistilos aparecen solos en racimos (Garduño & Arzaluz, 2022). El tallo se encuentra en el punto de inserción de la raíz y las hojas.



Figura 4. Tallo del betabel

Fuente: El Arbol.org., 2024.

2.2.5 Hojas

Las hojas son simples agrupadas formando una roseta. Sus ramas son de forma de limbo entero o lobulado, con superficie lisa o rugosa y peciolo largo, aproximadamente 20 cm de largo, son de color verde intenso, los tallos de las hojas presentan un color entre rojo o púrpura, figura 5. Las hojas basales tienen tallos largos, las hojas superiores son pequeñas y lanceoladas (Garduño & Arzaluz, 2022).

El limbo es triangular verde o morado y el pedúnculo es alargado y en algunas variedades es poco veloso, tienen una longitud generalmente entre los 10 y 30 cm (Ibañes, 2014).



Figura 5. Hojas del betabel

Fuente: Acosta, 2019.

2.2.6 Flores

Las flores no tienen tallo y son hermafroditas, esto quiere decir que presenta los dos órganos reproductivos, testículos y ovarios, pueden aparecer solas o en grupos. El cáliz se compone de cinco sépalos y pétalos, de color verde amarillo, cubriendo las semillas, formando un pequeño fruto con 2-6 semillas pequeñas en forma de frijol. Las flores se ubican en las axilas de brácteas cortas o en la mitad superior de inflorescencias sin brácteas, tienen forma de urna, de color verde rojizo, de 3-5 x 2-3 mm de tamaño, con 5 estambres y ovario semi-inferior con 2-3 estigmas (Garduño & Arzaluz, 2022). La polinización cruzada se realiza mediante el aire o insectos, estos son los encargados de transportar el polen al estigma (Caguasango, 2023).

2.2.7 Frutos y semillas

Las flores se agrupan en la base y crecen juntas en la madurez, produciendo frutos que a menudo contienen semillas como las flores del glomérulo. El fruto contiene de 2 a 6 semillas pequeñas, generalmente de color marrón (Garduño & Arzaluz, 2022). El betabel tiene semillas de varias formas, son planas duras, lisas, de color oscuro y tienen 18 cromosomas (Caguasango, 2023).

2.3 Clasificación taxonómica

Se reconocen las siguientes subespecies (o variedades botánicas): *Beta vulgaris* subsp. *marítima* o subsp. *perennis* para la planta silvestre; *B. vulgaris* subsp. *vulgaris* para el betabel; *B. vulgaris* subsp. para la acelga; *B. vulgaris* subsp. *altissima* para la remolacha azucarera (Garduño & Arzaluz, 2022).

De acuerdo con García & Polo (2017), la clasificación taxonómica del betabel rojo se clasifica de la siguiente manera y se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Taxonomía del betabel

Reino	Plantae
Dominio:	Eukaryota
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Chenopodiaceae
Subfamilia:	Betoideae
Género:	<i>Beta</i>
Especie:	<i>Beta</i>
Nombre científico:	<i>Beta vulgaris</i>

Fuente: García & Polo, 2017.

2.4 Composición nutrimental

El betabel está compuesto por 65,7 % de agua; 4% a 8% de carbohidratos, 1,4% de proteínas, 0.4% de grasas, 1% de fibra soluble, compuestos bioactivos (polifenoles, antocianinas, antioxidantes) y sales de nitrato, además de minerales como potasio, fósforo, y calcio (Fuentes, Muñoz, Aguilera, & González, 2018).

La raíz del betabel es un tubérculo que contiene componentes esenciales como vitaminas, minerales, fenólicos, carotenoides, nitratos y betalainas, también es rico

en carbohidratos, grasas, proteínas y macronutrientes y varios componentes funcionales, que ayudan a la salud (Chhikara et al., 2019).

La composición de los distintos nutrientes del betabel rojo se muestra en el cuadro 2, esta composición varía dependiendo del tamaño y la variedad del betabel, así como de su forma de preparación (crudo, cocido, etc.).

Cuadro 2. Composición de la pulpa cruda de betabel por 100 g.

Compuestos	Valor	
	Tubérculos	Hojas
Calorías kcal	43	22
Agua (g)	87	91
Proteína (g)	1.89	2.2
Carbohidratos (g)	9.6	4.3
Fibra dietética (g)	3.25	3.7
Azúcares (g)	6.8	0.7
Lípidos (g)	0.2	0.13
Ceniza (g)	1.08	2.3
α-Caroteno (μg)	0.25	3.5
β-Caroteno (μg)	2.4	2200
Licopeno (μg)	0.3	0
Luteína + zeaxantina (μg)	0.25	1.5
Betaína	28.7	0.3
Folato (μg)	109	15
niacina(mg)	0.3	0.4
VITAMINAS		
Vitamina A, UI	0	6.3

Vitamina B6 (mg)	0.1	0.2
Vitamina C (mg)	4.9	30
MINERALES		
Sodio, Na (mg)	78	226
Potasio, K (mg)	325	762
Fósforo, P (mg)	40	42
Magnesio, Mg (mg)	23	81
Calcio, Ca (mg)	16	117
Manganeso, Mn (mg)	0.359	0.3
Zinc, Zn (mg)	0.365	0.7
Cobre, Cu (mg)	0.075	0.2
Hierro, Fe (mg)	0.80	2.8

Fuente: Ceclu & Nistor, 2020.

2.5 Composición química

El betabel tiene una fuente de ácidos fenólicos como el ácido gálico, siríngico, café y compuestos bioactivos flavonoides, triterpenos, carotenoides, alcaloides etc. El color del betabel es un rojo intenso esto se debe a las altas concentraciones de betalaínas, un grupo de metabolitos secundarios fenólicos de la planta. Las betalaínas están almacenadas en las vacuolas y proporcionan el color rojo-violeta y se encuentran cerca del 95%, estas además de proporcionar el color al betabel, le confieren características antioxidantes (Pitalúa Cortes, 2007).

En la industria alimentaria, las betalaínas de la remolacha o betabel, se utilizan como agente colorante natural, en yogures de frutas, mermeladas, sopas, y productos cosméticos, estas también han recibido un importante papel debido a los beneficios que proporcionan a la salud de los humanos, antioxidantes y antiinflamatorias (Santamaria, 2006).

2.6 Producción y Distribución

En el año 2020, la Federación de Rusia fue el primer productor de betabel a nivel mundial con un total de 33,915,086 toneladas, lo que representó el (13.4%), Estados Unidos de América con 30, 497,740 toneladas (12.1%) y Alemania con 28,618,100 toneladas (11.3%). Estas 3 naciones representan el 36.8% de la producción a nivel mundial, (Axayacatl, 2023).

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural menciona que el betabel se desarrolla en climas fríos, en México se produce todo el año, por eso se le considera un cultivo perenne. Se cultiva en 15 estados, pero Puebla es el principal productor de betabel en el 2020, se cultivaron 10,535 toneladas, Jalisco 3,712 toneladas y Baja California 2, 704 toneladas. En cuanto al valor de la producción nacional de betabel fue de 125 millones de pesos. Cabe mencionar que este producto se exporta principalmente a Estados Unidos. La producción de betabel en México varía anualmente debido a factores como las condiciones climáticas, las prácticas agrícolas y las demandas del mercado (SADER, 2021).

2.7 Usos y consumo

La parte comestible del betabel son las raíces y las hojas y se consume en jugos, ensaladas o sopas (figura 6). El betabel se utiliza en la industria alimentaria como pigmento natural o en forma de polvo, este se obtiene de la extracción para elaborar pastas, postres, salsas, mermeladas, helados, productos lácteos, galletas, cereales tipo hojuelas, vino, cerveza y tortillas. Sin embargo, este vegetal, pocas personas son las que lo consumen habitualmente, por tanto, los beneficios son desaprovechados. Ya que el betabel tiene un alto contenido en vitaminas y minerales (vitaminas A y C, hierro, potasio, entre otros). Debido a que el betabel

también se ha usado para el tratamiento de diversas enfermedades, ya que posee función cardio proteica, antimicrobiana y antihipertensiva, además de que mejora el rendimiento físico (Gómez et al., 2022).



Figura 6 Usos y consumo del betabel
Fuente: SADER, 2018.

2.8 VINO

2.8.1 Vino y vino de frutas

Ingraham, (1997) menciona que “Los orígenes de la enología, técnica de la elaboración de vino, son tan antiguos como la vinicultura, el cultivo de la vid, y casi tan remotos como los de la propia agricultura. El vino era un artículo de comercio muy importante tres siglos antes que Jesucristo, durante el apogeo de la civilización griega”.

El vino es una bebida alcohólica que se produce principalmente de la fermentación de las uvas, aunque también puede elaborarse con otras frutas, los vinos se caracterizan por ser bebidas alcohólicas que han experimentado un proceso de fermentación y envejecimiento. Además de ser sabrosos y apreciados por su variedad de sabores y aromas, los vinos también son considerados como estimulantes suaves y pueden ofrecer algunos beneficios nutricionales (Otegbayo, Akwa, & Tanimola, 2020).

El vino se define como resultado de la fermentación del mosto de las uvas, mientras que el vino de frutas es la bebida alcohólica elaborada a partir de mostos de frutas frescas distintas de las uvas que han pasado por procesos similares. De acuerdo con esta teoría, es posible producir vino utilizando frutas que se caracterizan por tener aromas, sabores potentes y agradables, la fruta para elaborar vino debe cumplir ciertos parámetros como alto contenido de agua, carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales, acidez alta o moderada, pH bajo y altas cantidades de compuestos fenólicos, aromas, etc., (Vasquez, 2020).

2.9 FERMENTACIÓN

La fermentación es un proceso anaeróbico en el que las levaduras y bacterias descomponen los azúcares como fuente de alimento, obteniendo así la energía necesaria para su crecimiento y reproducción. Durante este proceso, se produce la oxidación de sustancias orgánicas sin presencia de oxígeno. Los carbohidratos principalmente la glucosa, fructosa, maltosa, sacarosa y lactosa, son los principales sustratos utilizados en la fermentación, estos azúcares se encuentran naturalmente en jugos de frutas como el betabel, caña de azúcar y suero de la leche, la fermentación puede ocurrir de forma natural en frutas o vegetales o puede ser llevada a cabo en condiciones controladas en biorreactores y fermentadores industriales para producir una variedad de productos como alimentos, medicamentos, dedicadas alcohólicas, productos lácteos, alcoholes y cetonas (Puerta G. , 2013).

2.9.1 Fermentación alcohólica

Durante miles de años, tanto en Mesopotamia como en Egipto, ha existido la tradición de utilizar la fermentación para la producción de vino y cerveza. A partir del siglo XIX, se reconoció la fermentación alcohólica como un proceso científico. En 1817, Gay-Lussac establece los principios básicos de cómo el azúcar se

convierte en alcohol. Pasteur, en 1866, reveló el importante papel que desempeña la levadura en este proceso. Después, en 1897, Buchner demostró que esta conversión es causada por enzimas presentes en los microorganismos (Peynaud & Blouin, 2006).

En la fermentación alcohólica, el piruvato experimenta una transformación en dos etapas, dando como resultado la producción de alcohol etílico o etanol. En la primera etapa, el piruvato libera dióxido de carbono y se convierte en acetaldehído. En la segunda etapa, el NADH reduce el acetaldehído para formar etanol, lo que permite que se genere el suministro de NAD + necesario para la glucólisis en funcionamiento (Morales, 2015).

2.9.2 Química del proceso fermentativo

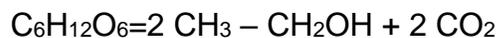
“La transformación del azúcar en alcohol mediante la fermentación alcohólica por la acción de levaduras es el fenómeno natural del proceso de vinificación. Esto es conocido desde hace mucho tiempo, se dio a conocer en profundidad hasta los estudios de Pasteur. “

Antoine Lavoisier (1798) formuló la transformación de la siguiente forma simple:



En 1815) el químico Gay-Lussac estableció la siguiente ecuación.

La ecuación básica, según Gay-Lussac es la siguiente:



En 1957 Pasteur relaciona la fermentación de forma totalmente convincente y estableció la fermentación como una forma de vida anaeróbica en las que el suministro energético se deriva de la degradación parcial de la materia orgánica (Puigi, 2016).

2.9.3 Levaduras en la fermentación

Las levaduras son microorganismos responsables de llevar a cabo la fermentación, convirtiendo el mosto con azúcar en vino. Estos microorganismos se encuentran naturalmente en el ambiente. Las levaduras más comunes que se utilizan en el proceso del vino son *Saccharomyces cerevisiae*, es un tipo de hongo unicelular eucariota que tiene un tamaño que varía entre 2 y 10 μm (Pérez, 2003).

Las levaduras son hongos unicelulares, de forma ovalada, esférica o elíptica, con tamaño que oscila entre 3 y 15 μm (figura 7). Su principal método de reproducción es por gemación, o por fisión binaria (Suárez, Gallardo, & Guevara, 2016).



Figura 7. Levaduras de la fermentación

Fuente: Aprenderdevino.es, 2017.

Las levaduras pertenecen a un amplio grupo de hongos unicelulares (Ascomicetos, Basidiomicetos y Deuteromicetes) incluyendo alrededor de 80 géneros, 600 especies y 4,000 nombres. Las levaduras del género *Saccharomyces* de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, son las más utilizadas e importantes para la fermentación (Peynaud & Blouin, 2006).

2.9.5 *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae, deriva del vocablo “*Saccharo*” (azúcar), “*myces*” (hongo) y “*cerevisiae*” (cerveza). Es una levadura heterótrofa obtiene su energía de la glucosa y posee una alta capacidad fermentativa. Se puede encontrar en plantas, suelo, así como en el tracto gastrointestinal y genital humano. Además de que es un producto del proceso de producción de alcohol, esta levadura es una fuente valiosa de proteínas y vitaminas para la alimentación de los animales. Su principal uso se encuentra en la panificación, así como en la fabricación de cerveza y vinos (Suárez et al., 2016).

Por otro lado, Valdez (2018) mencionó que la levadura de la cerveza también es conocida como *Saccharomyces cerevisiae*, es un organismo eucariota unicelular y que pertenece al reino fungí. Esta levadura es uno de los primeros organismos domesticados, según la teoría, alrededor de 7,000 A.C. China obtiene la primera evidencia de su uso en la fabricación de bebidas alcohólicas. También menciona que en Egipto 5,000 A.C hay evidencias de que las levaduras se usaban para la producción de bebidas y pan. El proceso de reproducción de las levaduras *S. cerevisiae* es por gemación, esta levadura no es tóxica, se multiplica rápidamente y es fácil de mantener.

Coronel (2008) afirma que se puede utilizar levadura de panadería, del género elíptica, *Saccharomyces cerevisiae*. Si está seca debe calentarse agua a 20°C para que esta pueda activarse.

2.9.6 PARÁMETROS DE LA FERMENTACIÓN

2.9.6.1 Temperatura

Según Chuma (2018) señala que la temperatura es uno de los parámetros más importantes en el proceso de la fermentación alcohólica, porque influye tanto en la vida como en el crecimiento de las levaduras. Es necesario mantener una temperatura controlada durante el proceso de fermentación, la temperatura alrededor de los 14 °C no es óptima para una fermentación adecuada, y temperaturas superiores a los 32 °C pueden afectar la calidad del producto. Para la elaboración de vinos tintos, se sugiere trabajar a temperaturas cercanas a los 28 °C.

Las levaduras sólo pueden actuar entre 10 y 40 °C; por su actividad será máxima a los 20-24°C e intensiva en producción de azúcar a los 30-35°C. Por eso, en zonas cálidas hay que enfriar el vino mediante trasiegos o anhídrido sulfuroso y/o añadirle ácido tartárico o cítrico para corregir su exceso de azúcar, que lo convertiría en un líquido turbio e insípido (Oriol, 2012).

Temperaturas bajas: las fermentaciones que se realizan en el laboratorio a baja escala en condiciones controladas se desarrollan mejor a 25°C que a 13°C, en términos de azúcar y tiempo involucrado. “La producción y retención de compuestos volátiles a bajas temperaturas de 10 a 15 °C ha llamado la atención de los enólogos porque proporciona un mejor perfil aromático del vino”. (Torija, 2003).

Temperaturas altas: las temperaturas altas superiores a 30°C en la fermentación afectan el metabolismo celular de las levaduras y al aproximarse a 40°C dejan de crecer y de reproducirse, y al mismo tiempo se pierden los compuestos volátiles esenciales para las características organolépticas (Suárez & Leal, 2004).

Según Hernández (2016), la temperatura óptima para la fermentación varía dependiendo el tipo de vino, ya sea blanco o tinto, según la opinión de los enólogos. Para tener un vino blanco de calidad, se recomienda una temperatura entre los 10 y 15.6 °C, mientras que, para el vino tinto, la fermentación es más lenta, la temperatura oscila entre los 20 y 27 °C.

Coronel (2008), afirma que la mejor temperatura para la fermentación es entre 24 y 32 °C siendo 27°C la más adecuada.

2.9.6.2 °Brix

Los grados Brix (°Brix) representan el contenido de azúcar en el mosto, es la unidad de medida utilizada para calcular la cantidad de sólidos solubles, estos se componen de azúcar, ácidos, sales y otros compuestos que son solubles en agua, los grados brix se determinaron con un refractómetro a una temperatura de 20 °C (Vasquez, 2020).

El mosto debe tener entre 16 y 20 °Brix para poder llevar a cabo la fermentación alcohólica. Si el Brix es demasiado bajo, se producirá un nivel bajo de alcohol, pero si el Brix es demasiado alto no se producirá la fermentación, porque la presión osmótica hace que las levaduras no permitan que actúen sobre los azúcares (Coronel, 2008).

2.9.6.3 pH

El ácido es un factor muy importante en el producto final y en el proceso de elaboración, los ácidos se encuentran tanto en la fruta como el vino, afectan directamente en el aroma, color y sabor durante la fermentación, así como la protección contra bacterias y al crecimiento de la levadura. La medición de la acidez durante la elaboración o una vez finalizado el producto se define por dos factores: la acidez total del vino y el pH (Vasquez, 2020).

González (2018), hizo referencia que el pH es un indicador numérico de la capacidad de un ácido para liberar iones de hidrógeno(H) en circunstancias específicas. También menciona que la escala de pH, que va del 1 al 14 tiene valor neutro el 7, se utiliza para medir la acidez de una solución. Cuando el pH de una solución está por debajo de este valor se considera ácida y cuando está por encima se considera alcalina o básica.

Según (Garcia & Xirau, 2018) la evaluación del pH en el mosto y vino es una medida adicional para comprender la acidez total, ya que nos brinda información de los ácidos presentes. El pH es definido como el logaritmo negativo de concentraciones de iones de hidrógeno ($\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$), influyen en diversos aspectos del vino, como su estabilidad, fermentación maloláctica, sabor, color, potencial redox y proporción de dióxido de azufre libre y total. El pH de un vino puede oscilar entre 2.7 a 3.8 dependiendo si es un vino blanco o tinto.

Hernández (2016) afirma, que el vino debe tener un valor del pH de 3 a 3.5. Por otro lado, Coronel (2008) resalta que “la levadura trabaja mejor en medio relativamente ácido por lo que el pH debe mantenerse entre 3.4 y 3.5, por lo que se deberá que ajustarse el mosto a este requerimiento”.

2.9.6.4 Color

La apariencia visual del vino es la primera sensación que percibimos, y algunos de los indicadores que determinan la calidad del vino es la transparencia, su brillo, el color, ya que estos elementos son indicadores de su aroma y su sabor. El color del vino puede deducir su edad y estado de conservación. Los compuestos fenólicos (no flavonoides y flavonoides) que se encuentran en las uvas son los responsables de su color. Aunque los no flavonoides no tienen efecto directo en el color, sí presentan riesgo de oxidación, lo que podría afectar la apariencia del vino con el tiempo. Las

antocianinas, taninos y flavonoides son los principales responsables del color del vino (Zamora, 2013).

Santamaria (2006), señaló que el betabel también se encuentran estos compuestos fenólicos que le dan el color rojo-púrpura.

En la figura 8 se muestra el espectro de absorción y la apariencia visual de tres vinos tintos de diferentes edades: 1,5 y 20 años. Se observa que el vino joven muestra 520nm, que corresponde al color rojo, además de algunos componentes amarillos (420nm) y azules (620nm). A los 5 años, el vino adquiere un color rojo teja, y presenta una pequeña cantidad de componentes rojos y una cantidad ligeramente mayor de componentes amarillos. Finalmente, el vino de 20 años tendrá una cantidad muy reducida de componentes rojos y una proporción de componentes amarillos relativamente mayor, por lo que resulta un color más marrón (Zamora, 2013).



Figura 8. Color del vino

Fuente: Zamora Marín, (2013)

2.9.6.4.1 Tonalidades del vino Tinto

Las tonalidades que pueden presentar los vinos tintos pueden clasificarse de acuerdo a lo siguiente:

- **Violáceos y azulados.** Se caracterizan por su frescura, cuerpo ligero y buena (Coviñas, 2022).

- **Granate.** Son vinos tintos al principio de su evolución, típicamente con menos de 3 años de crianza (Coviñas, 2022).
- **Rojo.** Son vinos con una evolución avanzada y largos periodos de crianza, lo que intensifica el cuerpo del vino, pero puede disminuir su frescura y acidez (Coviñas, 2022).
- **Caoba.** Son vinos con un periodo largo de evolución, donde los colores más vivos comienzan a desvanecerse. Estos vinos suelen tener largos periodos de crianza, con un cuerpo más pronunciado y menos frescura y acidez (Coviñas, 2022).
- **Teja.** Vinos tintos de mayor edad, con tonos que tienden hacia el naranja o el ámbar, sugiriendo una crianza prolongada donde el color, la opacidad y el brillo del vino han disminuido (Coviñas, 2022).

2.9.6.5 Acidez total

Garcia & Xirau (2018), definen la acidez total (AT) como la suma de los ácidos que se presentan en vino y en el mosto, cuando se ajusta el pH a 7 mediante la adición de hidróxido de sodio, sin embargo, organismos internacionales como la AOAC aconseja a 8,2 en lugar de 7, debido a que se trata de una valorización de ácidos débiles con una base fuerte. Los ácidos más comunes en el vino son el tartárico, málico y láctico, desempeñan un papel crucial en las propiedades organolépticas.

2.9.7 Agentes de clarificación y conservación de los vinos

2.9.7.1 Bentonita sódica

En el ámbito industrial, la bentonita se emplea en diversas funciones. Al comprender su estructura, composición y las propiedades que posee, se pueden identificar múltiples aplicaciones industriales. Estas propiedades suelen aprovecharse cuando la bentonita se presenta como polvo o gránulos que se dispersan en líquidos, como agua. Los compuestos que actúan como agentes en diversos líquidos orgánicos se generan a través de reacciones químicas y materiales orgánicos (Doehler, 1961).

Hanna (2018) mencionó que la clarificación del vino se realiza utilizando arcilla de bentonita, dado que el vino sin refinar suele ser bastante turbio debido a la presencia de partículas en suspensión durante el proceso de fermentación. Durante la etapa de clarificación, estas partículas son eliminadas al unirse mediante absorción. Es esencial aplicar la bentonita con precisión para evitar que afecte el color y sabor del vino, ya que en exceso puede causar pérdida de calidad.

Beatriz & Elizabeth (2009) afirman que la bentonita es el agente de clarificación más utilizado debido a su bajo costo, completamente inerte, inalterable, su estabilidad, facilidad de uso y su capacidad notable para estabilizar el vino.

2.9.7.2 Metabisulfito de sodio

El metabisulfito de sodio, de fórmula química es $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, es un compuesto orgánico empleado como antioxidante, agente antimicrobiano o como conservante. Es sólido, incoloro, blanco o amarillento cristalino. Tiene impacto en microorganismos particulares, lo cual resulta beneficioso en la industria vinícola para controlar el proceso de fermentación (Lifeder, 2019).

Puerta (2002) menciona que los compuestos bisulfito o metabisulfito funcionan como antioxidantes, previniendo el desarrollo de microorganismos y contribuyendo a la clarificación del vino. Para conservar y detener la fermentación del mosto, se emplean entre 240 y 400 gramos de metabisulfito de sodio por cada 100 litros.

Asimismo, González (2011) señala que la adición de sulfitos a los alimentos tiene como propósito inhibir diversas reacciones enzimáticas y también posee efectos antimicrobianos.

El metabisulfito de sodio se utiliza en la conservación de los vinos debido a su capacidad para detener el desarrollo de bacterias acéticas y lácticas. Además, evita la entrada de oxígeno y su combinación con el vino, lo que previene la formación de ácido sulfúrico y posterior producción de sulfatos. La adición de bisulfato de sodio o potasio, equivale a 1 g por cada 10 litros de vino, lo que equivale a 2 g de metabisulfito de potasio según Beatriz & Elizabeth (2009).

2.9.8 Pasteurización

Según González M. (2018), Louis Pasteur, desarrolló la técnica de pasteurización en 1864 tras investigar la causa del deterioro de la cerveza. Aunque se considera que una temperatura entre 72°C y 85°C durante 20 es efectiva, esto puede variar según factores como el pH, acidez, presencia de alcohol e inhibidores. En el caso del vino, se deben evitar temperaturas para no alterar el sabor o aroma; es preferible mantenerla por debajo de los 78°C para evitar la pérdida de alcohol y la evaporación de compuestos aromáticos. En la industria, se emplean pasteurizadores de alta eficiencia que regulan con exactitud tanto la temperatura como el tiempo mediante el uso de placas intercambiadoras de calor.

De acuerdo con el trabajo de investigación de Beatriz & Elizabeth (2009) hacen mención que la temperatura del vino debe ser a 60 °C durante 30 minutos lo que hará que los microorganismos se inactiven.

Alpaca & Postigo (2015) mencionan que el proceso de calentamiento de los vinos, es el método más efectivo para protegerlos y mejorar su calidad. Sin embargo, se debe aplicar en condiciones específicas, ya que un calentamiento inadecuado puede resultar en un aroma no deseado, conocido como “vino cocido”. Las temperaturas durante este proceso no deben superar los 75 o 80 °C.

2.9.9 Filtración y clarificación

2.9.9.1 Clarificación

La clarificación implica el proceso de mejorar la transparencia del vino mediante la adición de ciertas sustancias. Estas sustancias provocan la formación de precipitados, haciendo que las partículas se depositen en el fondo o formando copos coloidales. Este proceso tiene como objetivo mejorar el rendimiento del filtrado, eliminar sustancias del vino que causan precipitaciones o turbidez y lograr mejorar en el sabor y color del vino (Rosales, 2019).

Según el autor González M. (2018), en el vino recién elaborado, se encuentran numerosas partículas en suspensión, como “fragmentos de cáscaras, semillas, fibra de pulpa, cristales de ácidos y levaduras muertas”, que contribuyen a su aspecto turbio. Para solucionar esto, se recurre a procesos de clarificación, que buscan dar al vino aspecto claro y brillante. Este proceso puede realizarse utilizando agentes clarificantes fabricados a partir de minerales, proteínas o materiales sintéticos.

Beatriz & Elizabeth (2009) indican que hay dos métodos de clarificación, uno artificial o provocado, ambos con el fin de lograr la transparencia del vino. Además, destacan que la clarificación del vino puede llevarse a cabo utilizando bentonita de sodio o de calcio, aunque la bentonita de sodio se considera más efectiva debido a su mayor capacidad de hidratación.

2.9.9.2 Filtración

El método más común para separar una mezcla “líquido-sólido” es filtrar a través de un filtro con poros que atrapan las partículas sólidas y dejan pasar el líquido. La viabilidad del procedimiento de filtración depende del tamaño y morfología del microorganismo, la presencia de capas mucosas dentro del microorganismo, la viscosidad y el pH (Hernández A. , 2016).

El material utilizado en la filtración debe ser completamente inerte para evitar alterar las propiedades del vino. Los vinos de frutas requieren una transparencia absoluta, por lo que es necesario filtrarlos de manera que no se modifiquen sus propiedades (Rosales, 2019).

2.10 Análisis de componentes bioactivos del vino

2.10.1 Polifenoles

En la naturaleza, encontramos una diversidad de compuestos con una estructura molecular que incluye uno o varios anillos fenólicos, los cuales son conocidos como polifenoles y se producen principalmente en plantas como parte de su metabolismo secundario (Quiñones et al., 2012).

Según Castro (2019) los polifenoles son compuestos bioactivos que se encuentran en alimentos de origen vegetal como frutas, verduras y bebidas como el té, café y vino tinto. Se dividen en cuatro grupos: flavonoides, ácidos fenólicos, lignanos y estilbenos. Estos compuestos son responsables del sabor y el color de los vegetales.

Por otro lado, el autor (Rebolo López, 2007) también menciona sobre las cualidades sensoriales u organolépticas de los alimentos están muy influenciadas por los compuestos fenólicos. La presencia de estos compuestos tiene un gran impacto, las oxidaciones ayudan al vino a envejecer y madurar, desarrollando su buen sabor y evitando la oxidación de otros constituyentes que producirían compuestos de mala calidad.

2.10.2 Flavonoides y taninos

El término “flavo” deriva del latín “flavus”, que describe un color entre amarillo y rojo, similar al de la miel o el oro. Por otro lado “flavonoide” se refiere a un grupo de pigmentos aromáticos heterocíclicos. Los flavonoides poseen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antitrombóticas, antimicrobianas, anti alérgicas, anti tumorales, anti asmáticas, además de ser inhibidores de enzimas. Además de los beneficios que brinda a la salud, estos se emplean en diferentes industrias como la cosmética y alimentaria. Son resistentes a tratamientos térmicos en la manufactura de alimentos enlatados (Escamilla et al., 2009).

Los flavonoides son la clase más común de polifenoles, se originan a partir de aminoácidos aromáticos como fenilalanina y tirosina. Los flavonoides son los responsables de una amplia gama de colores en plantas, flores y hojas incluyendo amarillo, naranja, rojo, violeta y azul. Hay más de 400 flavonoides naturales que se clasifican según su estructura química, incluyendo chalconas, flavonas, flavonoles, catequinas isoflavonoides y retinoides (Valencia et al., 2017).

Los taninos se clasifican en: Taninos hidrolizables o taninos condensados dependiendo de la vía biosintética en se producen, son antioxidantes, antitumorales, antibacterianas, etc. Los taninos se encuentran en los vinos ya que son los responsables del color, el sabor amargo y de las sensaciones de astringencia y sequedad, se suavizan con el envejecimiento, y se aportan al vino en la maceración

con los hollejos y en la crianza en barrica, los taninos aparecen en todos los vegetales (García et al., 2009).

2.10.3 Antocianinas

Según Fuentes et al., (2018) las antocianinas son otro tipo de compuestos bioactivos, son pigmentos vegetales solubles en agua y se encuentran en frutas y verduras, los colores van desde rojo brillante hasta el púrpura y azul oscuro.

Las antocianinas, también conocidas como antocianidinas glicosiladas, son compuestos polifenólicos, que se consideran metabolitos secundarios de las plantas. Estos compuestos poseen al menos un anillo aromático en su estructura, al cual están unidos uno o más grupos hidroxilo. Las antocianinas son pigmentos que se disuelven en agua y suelen ser los principales responsables de una gama de colores presentes en las plantas, que van desde el rojo hasta el azul y el morado (García et al., 2022).

Las antocianinas corresponden a un subgrupo de los flavonoides. Son los pigmentos hidrosolubles responsable de los colores anaranjados, rojos y púrpuras de flores, frutas, tallo hojas y raíces. Estas son usadas en la industria alimentaria como colorantes naturales, las antocianinas juegan un papel importante en las propiedades antidiabéticas, tales como el control de lípidos, secreción de insulina y efectos vasoprotectores (Aguilera et al., 2011).

2.11 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se describe como la práctica científica dedicada a inducir, medir analizar y entender las respuestas a los productos por medio de los sentidos como la vista, el olfato, el tacto el gusto y el oído. Nace en el siglo XX, como una solución a la falta de metodología y objetividad en la evaluación de alimentos

producidos en esa época para su comercialización. Antes de la revolución industrial, las características de los alimentos se determinaban principalmente según el gusto y las preferencias del productor o fabricante, basándose en su conocimiento personal del consumidor (Severino, 2021).

La Evaluación Sensorial es una disciplina científica que se encarga de analizar las características organolépticas de los alimentos utilizando uno o más de los sentidos humanos (figura 9). Estas características son los estímulos que interactúan con los receptores sensoriales del cuerpo humano. Estos receptores convierten la energía recibida en impulsos nerviosos que transmiten a través de los nervios hacia las áreas corticales del cerebro, donde se perciben diferentes sensaciones como color, forma, tamaño, aroma, textura y sabor (Espinosa, 2007).



Figura 9. Evaluación sensorial

Fuente: UAAAN, 2020.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La elaboración y los análisis desarrollados se realizaron en el laboratorio del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila.

3.1 MATERIAL

3.1.1 Materia prima

La materia prima que fue utilizada para la elaboración de la bebida fermentada fueron tubérculos de betabel (*Beta vulgaris spp*), jengibre, limones y azúcar morena fueron adquiridos en un centro comercial de la ciudad Saltillo, Coahuila.

3.1.2 Material de vidrio y otros materiales

Se utilizaron cuatro fermentadores de 1 galón de capacidad, vasos de precipitado de 50, 250 y 1000 mL matraces de aforación de 100 mL, matraz Erlenmeyer de 250 mL, pipetas graduadas y de vidrio de 10 mL, tubos de ensaye de 18 mm x 150 mm, probetas de vidrio de 500 mL y botellas de vidrio de 750 mL.

También se usaron utensilios de cocina, cajas Petri, papel filtro, papel aluminio, y embudos de filtración.

3.1.3 Reactivos

Reactivo de Folin Ciocalteu (SIGMA), carbonato de sodio (JALMEK), ácido clorhídrico (JALMEK), reactivo férrico (JALMEK), peróxido de hidrógeno (JALMEK), metanol (JALMEK), solución amortiguadora de acetatos a pH 5 (JALMEK), reactivo DPPH (JALMEK) y reactivo ABTS (JALMEK).

Microorganismo para la fermentación *Saccharomyces cerevisiae*.

3.1.4 Equipos e instrumentos

Alcoholímetro marca TFA Dostmann, balanza analítica marca HR-250A, termómetro Mod 6333-p, marca Taylor, potenciómetro manual marca EZ, refractómetro digital marca Unbranded, espectrofotómetro VIS/UV marca GENESYS 5, estufa marca Mabe, extractor de jugos marca Hamilton Beach, y centrifuga marca DLAB.

3.2 METODOLOGÍA

El procedimiento que se siguió para la obtención de la bebida fermentada a base de betabel se describe a continuación.

3.2.1 Materia prima

3.2.1.1 Lavado y preparación de la fruta

Se lavó el betabel y desinfectó con solución de cloro al 0.5% por 15 minutos, esto con el fin de eliminar bacterias y suciedad de la fruta. Se retiró la cascara para facilitar la extracción de jugo a partir de los tubérculos de betabel.

3.2.1.2 Extracción del jugo a partir de la pulpa de betabel

Empleando un extractor de jugos (marca Hamilton Beach) se obtuvo el jugo de los tubérculos de betabel en trozos, este jugo turbio con sólidos o mosto será empleado para obtener la bebida fermentada, (figura 10).



Figura 10 Extracción del jugo de betabel

3.2.1.3 Ajuste del mosto

Antes de poder realizar la fermentación se debe evaluar el porcentaje de grados Brix. Los grados brix deben estar entre 22 y 27 grados Brix en caso de que el mosto se encuentre con los grados Brix mencionados se debe de realizar un ajuste del mosto añadiendo azúcar (figura 11).

Además de analizar los grados Brix, también se evaluó el pH (figura 12), y los parámetros de color (L, a y b) del mosto corregido (figura 13).



Figura 11. Ajustes de °Brix



Figura 12. pH



Figura13.Color

3.3 Fermentación

Para llevar a cabo la fermentación de la bebida fermentada se preparó el inóculo activado de *Saccharomyces cerevisiae* al 0.1% (w/v) y se agregó al 30% de mosto corregido (v/v), manteniendo la temperatura entre 35-37°C, agitando suavemente hasta homogenizar, y se dejó reposar por 30 minutos.

Después de ese tiempo se agregó al resto del mosto que se encuentra en el fermentador. Se prepararon dos tratamientos con los siguientes componentes (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos

TRATAMIENTOS	
T1 (con un 60% de jugo de betabel)	1.10% jugo de limón, 0.067% de jengibre, 0.007% pimienta, 60.00% jugo de betabel.
T2 (con un 75% de jugo de betabel)	0.96% jugo de limón, 0.053% de jengibre, 0.005% pimienta, 75.00% jugo de betabel.

El proceso de fermentación se mantuvo en un rango de temperatura de 25 a 29 °C. Durante la fermentación de cada tratamiento se realizó el seguimiento de la disminución de masa del mosto durante los 27 días del estudio. Cada tercer día se realizó el registro del peso de cada fermentador.

3.4 Clarificado y filtrado.

Transcurridos los días de incubación se realizó el filtrado de cada uno de los fermentadores (tratamientos) para obtener una bebida fermentada clarificada. Para lo cual se agregó a cada fermentador la bentonita sódica (0.2%, w/v) y el Metabisulfito de sodio (0.01%, w/v), para alargar la vida de anaquel. Se dejaron reposar los fermentadores en el refrigerador por 4 días, a continuación, se volvió a

realizar otra filtración para después envasar en botellas de 750 mL. Antes del envasado se analizaron los °Brix, el pH y los parámetros de color (L, a y b).

3.5 Análisis de parámetros fisicoquímicos de la bebida fermentada obtenida.

Para determinar los parámetros fisicoquímicos de la bebida fermentada, se midieron los °Brix y pH de cada uno de los tratamientos antes de pasteurizar, para ver la masa perdida de la fermentación, después se procedió a pasteurizar y nuevamente se evaluó el pH, el color y el alcohol del vino ya pasteurizado.

3.5.1 pH

Se realizó la medición del pH por triplicado empleando un potenciómetro manual (marca OEM), a una temperatura ambiente.

3.5.2 °Brix

La cuantificación de grados Brix se realizó directamente colocando una gota en el refractómetro digital (marca Generic) por triplicado de cada uno de los tratamientos.

3.5.3 Grado Alcohólico

El grado alcohólico de cada tratamiento se evaluó utilizando un densímetro (marca TFA Dostmann), el cual nos dio 10 GL de alcohol, (figura 14).



Figura 14. Grados de alcohol

3.5 Envasado

Se lavaron los envases, ya previamente secas se llenaron con el vino pasteurizado y las botellas se taparon con tapón de corcho y fueron refrigeradas.

3.6 Determinar polifenoles, flavonoides, antocianinas y capacidad antioxidante

3.6.1 Determinación de polifenoles hidrolizables por método Folin-Ciocalteu

Se colocaron 800 μL de la muestra en un tubo de ensayo. Posteriormente 800 μL del reactivo de Folin-Ciocalteu se agregaron a cada tubo de ensayo, se agitaron hasta homogenizar y se dejaron reaccionar por 5 min. Después de este tiempo, 800 μL de carbonato de sodio (0.01 M) fueron agregados y mezclados, con un nuevo periodo de reposo de 5 minutos. Finalmente, la solución fue diluida con 5 mL de agua destilada y su absorbancia fue leída a 790 nm. Todo esto se realizó por triplicado (Medina-Morales et al., 2012).

3.6.2 DETERMINACIÓN DE FLAVONOIDES POR LA TÉCNICA HCL-TERBUTANOL

Se agregaron a tubos de ensayo con tapón de rosca la cantidad de 0.5 mL de la muestra, 3 mL HCl-Terbutanol (1:9), y 0.1 mL reactivo férrico, se cerraron los tubos de ensayo. A continuación, se calentaron los tubos por 1 h en baño maría a 100 °C. Se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se procedió a leer a 460 nm, las lecturas obtenidas se registraron en mg/g, en equivalentes de catequina (Medina-Morales et al., 2012).

3.6.3 CONTENIDO DE ANTOCIANINAS

Se colocaron 2.5 mL de la muestra en vasos de precipitado de 50 mL, se agregó la solución extractora de antocianinas (5 partes de metanol al 85 % + 1 parte de HCl 3 N) hasta cubrir la muestra. Se taparon con papel aluminio y se dejaron reposar por 24 horas en refrigeración. Posteriormente se aforó lo anterior a 100 mL con la solución extractora de antocianinas. A continuación, se agregó 2 mL de la muestra aforada en una celdilla para espectrofotómetro con 1 mL de peróxido de hidrógeno al 30 %. Se realizaron las lecturas de absorbancia a una longitud de onda de 525 nm, utilizando como blanco 2 mL de solución extractora de antocianinas + 1 mL de peróxido de hidrógeno al 30 % (Medina-Morales et al., 2012).

3.6.4 Determinación de actividad antioxidante DPPH y ABTS

3.6.4.1 Preparación del radical DPPH

Se preparó el radical a una concentración de 60 µM, en solución metanólica, y determinó a la longitud de onda de absorbancia del radical, mediante un barrido en el rango visible. Se empleó como blanco de lectura solo metanol y como absorbancia control la de la solución DPPH-metanol.

Se añadió a la celda de reacción 2900 μL de solución metanólica de DPPH y 100 μL de muestra, se agita vigorosamente y se mantiene en oscuridad por 30 min. A continuación, se lee y registra la absorbancia a 517 nm, y después se registra otra lectura después de otros 30 minutos (Af). Los resultados se expresan en μmol equivalente de Trolox (ET)/g de muestra (Medina-Morales et al., 2012).

3.6.4.2 Método ABTS

Se preparó una solución de ABTS 7 mM y se mezcló con una solución de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ hasta que este último tenga una concentración de 2.45 mM. Ambas soluciones son en agua. Se dejaron reposar en oscuridad por 12 h a temperatura ambiente. Posteriormente se diluyó con etanol, hasta obtener una absorbancia de 0.700 ± 0.02 . Se utilizó etanol como blanco de lectura y ABTS-etanol como absorbancia control. La longitud de onda para determinar absorbancia fue de 734 nm.

Para analizar las muestras se añadió a la celda del espectrofotómetro 1 mL de solución etanólica de ABTS y 10 μL de muestra. Se dejó reaccionar 1 min y se leyó la absorbancia. Todo esto se realizó por triplicado. Los resultados se expresaron mediante la construcción de una curva patrón usando como antioxidante trolox (0-200 $\mu\text{mol/L}$) (Medina-Morales et al., 2012).

3.7 Evaluar sensorialmente la aceptabilidad y/o nivel de agrado del vino obtenido

La evaluación sensorial se realizó en el evento de la expo UAAAN 2023, donde se expuso el proyecto de investigación. Se aplicó un análisis afectivo a 65 consumidores potenciales mayores de edad, elaborando un formato donde se evaluó la preferencia global y de compra por los tratamientos T1 y T2.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis fisicoquímicos de la pulpa de betabel

En el siguiente cuadro se muestran los resultados fisicoquímicos de la pulpa de betabel (cuadro 4).

Cuadro 4. Parámetros fisicoquímicos de la pulpa de betabel

Parámetro	Análisis	Cantidad
pH		5.7
Sólidos solubles	°Brix	10.5
Color	L,a y b	L=27.57 a=2.96 b=-3.87

El resultado obtenido en el análisis de pH del jugo extraído del betabel, sin ajustes del mosto, es equivalente al reportado por Soriano et al. (2007) de 5.8. En el análisis de los grados Brix también son similares a los datos reportados en la investigación de López et al. (2018) de 8.5 °Brix, y el color de acuerdo con Otegbayo B. (2020) también informaron la misma tendencia del parámetro L fue de 29.16 a 39.04, mayor luminosidad, la cual aumentaba a medida que avanzaba la fermentación para el vino tinto.

4.1.1 Peso

Durante la fermentación de cada tratamiento se realizó el seguimiento de la disminución de masa del mosto durante los 27 días de fermentación, cada tercer día se realizó el registro del peso de cada fermentador. A continuación, se muestran los datos obtenidos (figura 15).

Las medidas de la disminución de masa del mosto no mostraron diferencia significativa a una $p > 0.05$, es decir que cualquiera de los dos tratamientos la cantidad de disminución de masa es similar (figura 15).

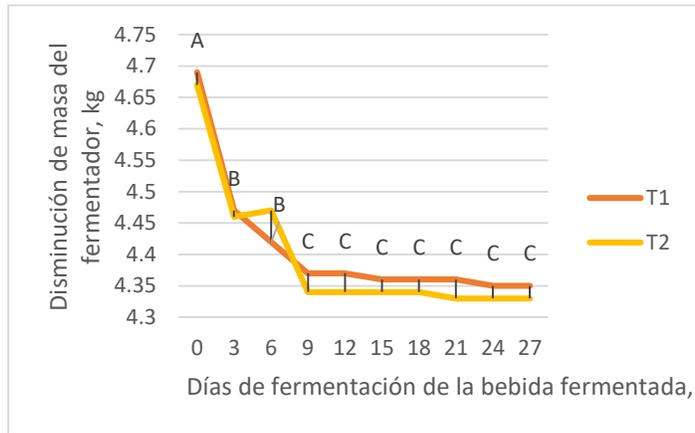


Figura 15. Medias del proceso de disminución de la masa

4.1.2 Color

En la figura 16 se muestra que no hubo diferencia significativa a una $p > 0.05$ en cuanto al color de la bebida fermentada, el color se midió cada tercer día desde el primer día de la fermentación.

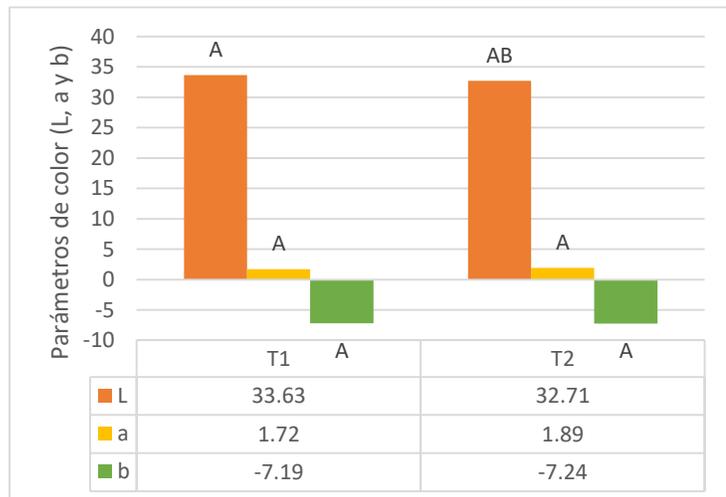


Figura 16. Parámetros de color (L, a y b)

Los parámetros de color mostraron similitud comparados con los resultados de Otegbayo (2020) en la L fue de 29.16, 33.89 y 39.04. La L representa el componente de luminosidad o luminancia.

4.2 Análisis fisicoquímico de la bebida fermentada de betabel.

4.2.1 Análisis de °Brix de la bebida fermentada.

En el estudio realizado por López et al. (2018) elaboraron una bebida fermentada de jugo de betabel, en el cual los °Brix iniciales eran de 20 y disminuye la concentración de azúcares a los ocho días a 8.5 °Brix, con una concentración de alcohol entre 12 y 13 % v/v, y un pH final de 4.3-4.5. Esto se debe a que, en la producción de vinos, se lleva a cabo el proceso de fermentación en cual los microorganismos, especialmente levaduras, utilizan los azúcares presentes en el sustrato. Por lo tanto, la evaluación de este proceso implica observar cambios en los grados Brix.

Como se puede observar en la figura 17, los tratamientos no muestran diferencia significativa a un $p > 0.05$, entre ellos, sin embargo, sí hubo diferencia significativa considerando el inicio de la fermentación y final de la misma. Debido a lo anterior se observa valores de los grados Brix mayores al inicio que al final, muestra de que se dio la fermentación de los azúcares del betabel.

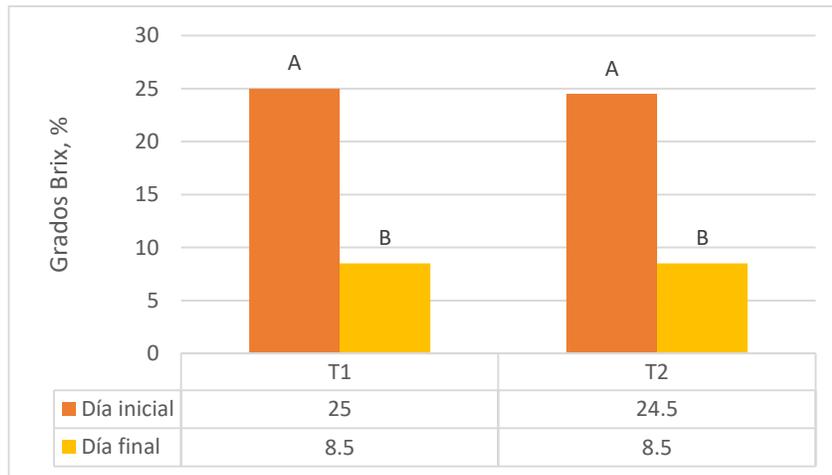


Figura 17. °Brix

De acuerdo con los resultados presentados en la figura 17, corresponden a cada uno de los tratamientos que se realizaron, el valor obtenido de los °Brix del final fue de 8.5 respectivamente, cuyos valores son un poco superiores a la investigación de Apaza & Choque (2018), el cual indican valores de 7.50 y 7.30. La concentración de azúcares es un factor crucial durante la fermentación, ya que la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la producción de vino se nutre de glucosa y fructosa.

4.2.2 pH

En cuanto a los resultados de pH, al inicio de la fermentación fue de 5.71, los cuales descendieron al final del proceso, entre 4.34 y 4.4, como se muestra en la figura 18, y estadísticamente no hubo diferencia significativa a una $p > 0.05$.

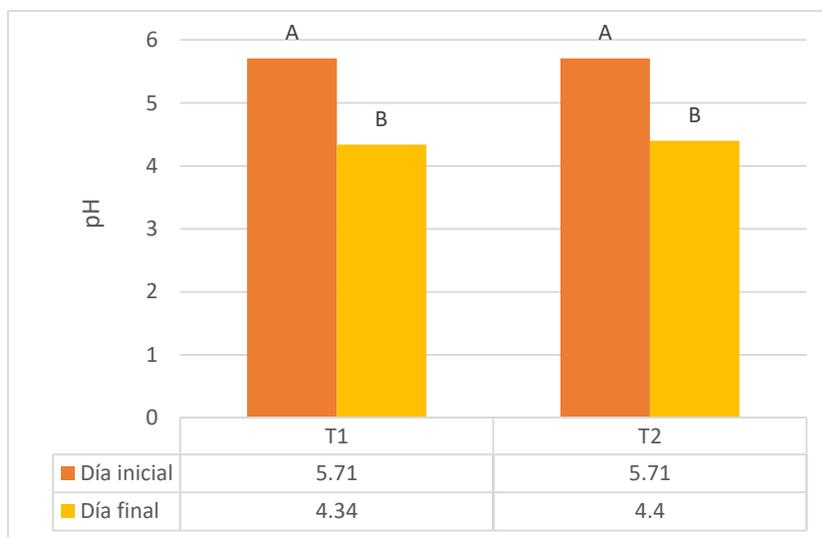


Figura 18. pH inicio y final de la fermentación

En el caso de los vinos, la velocidad de oxidación está influenciada por la concentración del ión fenolato, la cual, a su vez, está determinada por el pH. A medida que el pH aumenta, también lo hace la cantidad de moléculas presentes en forma de fenolato, lo que incrementa la susceptibilidad a la oxidación, en cuanto a los valores reportados en la investigación de López et al. (2018), el pH final de su bebida fermentada fue de 4.3-4.5 cuyos valores son similares en comparación a los resultados obtenidos que se muestran en la figura 18.

De acuerdo con Otegbayo et al. (2020) los resultados de su vino mostraron que la acidez aumentó a medida que aumentaban los días de fermentación el pH disminuyó de 5.51 a 3.37.

4.3 Recuperación de componentes funcionales de la bebida fermentada.

Una vez que se obtuvo la bebida fermentada se procedió a realizar el análisis de los componentes funcionales. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

4.3.1 Polifenoles

En la figura 19 se muestra el contenido de polifenoles en el cual el tratamiento T2 presentó mayor cantidad con un (74.16 µg GAE/mL), mientras que el tratamiento T1 obtuvo (62.18 µg GAE/mL), estadísticamente no hubo diferencia significativa entre el tratamiento T1 y T2.

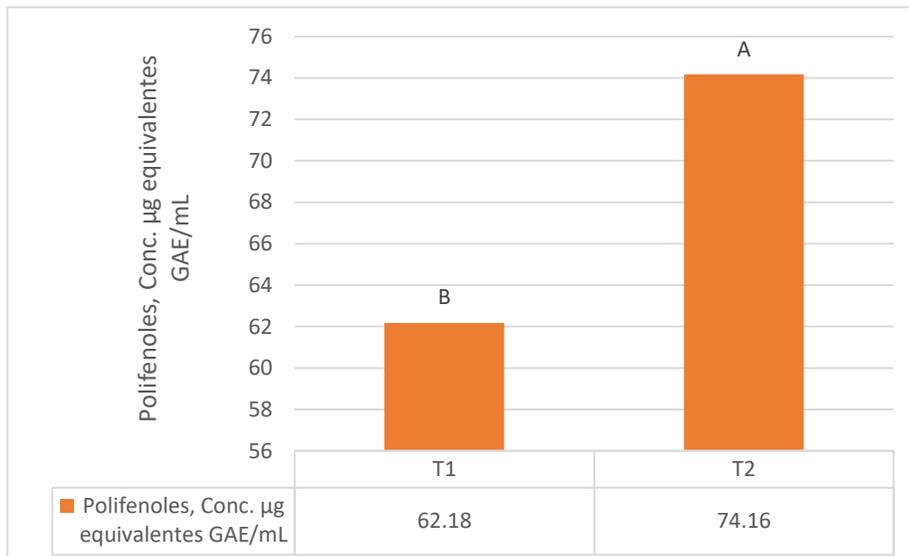


Figura 19. Contenido de polifenoles

En la investigación realizada por Apaza & Choque (2018), se elaboró una bebida fermentada de dos variedades de betabel, en el cual presentaron resultados de 1131.34 y 854.33 mg/L de ácido gálico en su bebida fermentada, en comparación a los resultados obtenidos que se muestran en la figura 19, están por debajo de estos valores.

Fuentes et al. (2018) mencionó La remolacha (*Beta vulgaris L.*) es una excelente fuente de polifenoles, con concentraciones que varían entre 218.00 mg GAE/100g y 887.75 mg GAE/100 g dependiendo de la variedad botánica.

Según el estudio de Santos et al. (2017), el jugo del betabel contiene aproximadamente 1450.3 ± 42.1 mg/L de ácido gálico equivalente a fenoles totales.

Según Apaza & Choque, (2018) en sus resultados de su investigación la cantidad de polifenoles en el extracto de betabel fueron de 1950 y 1450.98 mg/L de ácido gálico polifenoles totales. La variación en el contenido de polifenoles puede ser por la variedad del betabel, los factores intrínsecos y extrínsecos afectan la calidad como la cantidad de los compuestos fenólicos presentes en las plantas.

Según Torrenegra et al. (2016) los resultados que presentó fueron de 147.88 ± 0.22 mg AG/100 mg, son superiores en comparación con los resultados obtenidos.

En un estudio llevado a cabo por Avalos et al.(2003), se analizaron diferentes muestras de vino mediante el método de Folin-Ciocalteu, y reportó que el contenido de polifenoles en los vinos tintos oscilaba entre 853 y 1083 mg/L de ácido gálico.

4.3.2 Flavonoides

En la figura 20, se muestra la cuantificación de flavonoides en cada uno de los tratamientos no mostró diferencia significativa a una $p > 0.05$.

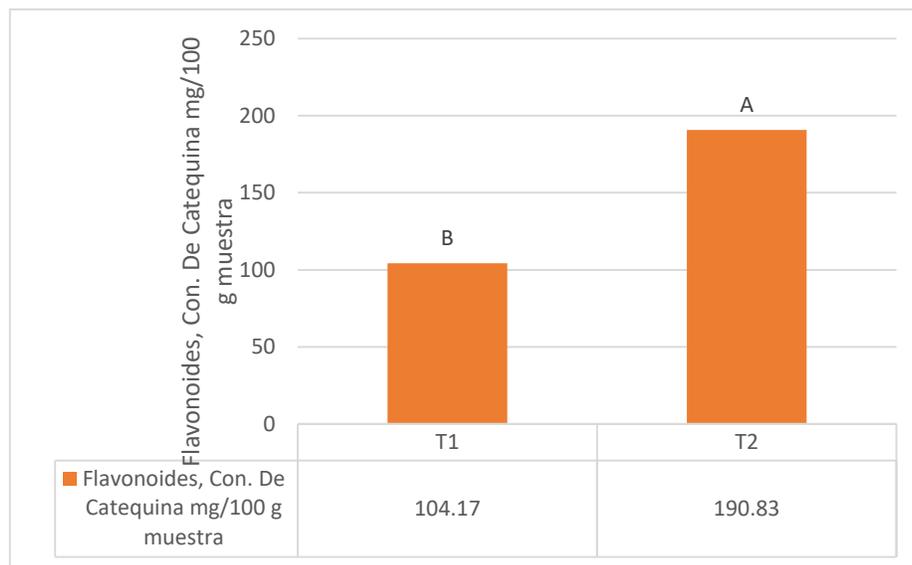


Figura 20. Contenido de flavonoides

Los datos obtenidos que se encuentran en la figura 20 en comparación con los datos obtenidos de Salazar, Espinoza & Ruíz (2011) son inferiores, puesto que la concentración de flavonoides totales estuvieron en los rangos 1870 a 3139 mg/L.

El contenido de flavonoides se encuentra en un rango de 104.17 a 190.83 mg CAT/100 g si hay diferencia significativa estadísticamente, los flavonoides son

componentes que influyen en la calidad sensorial de un vino, son benéficos para la salud.

En el trabajo de investigación de Naranjo (2022), se realizaron pruebas de 4 vinos tintos de diferentes variedades de uvas, el contenido de flavonoides del vino *Syrah* fue de 185.60 conc. de quercetina mg EQR/L (Miligramos de equivalente de quercetina por Litro). de acuerdo con los resultados de esta investigación los valores fueron similares. Los vinos con variedades de uva *Malbec*, *Merlot* y *Cabernet*, son superiores con valor de 803.30 a 1089.10 conc. de quercetina mg EQR/L (Miligramos de equivalente de quercetina por Litro). Esto puede deberse principalmente a los procesos de maceración del vino.

4.3.3 Antocianinas

En la figura 21, la cuantificación de antocianinas no mostró diferencia significativa a una $p > 0.05$ entre los tratamientos T1 y T2.

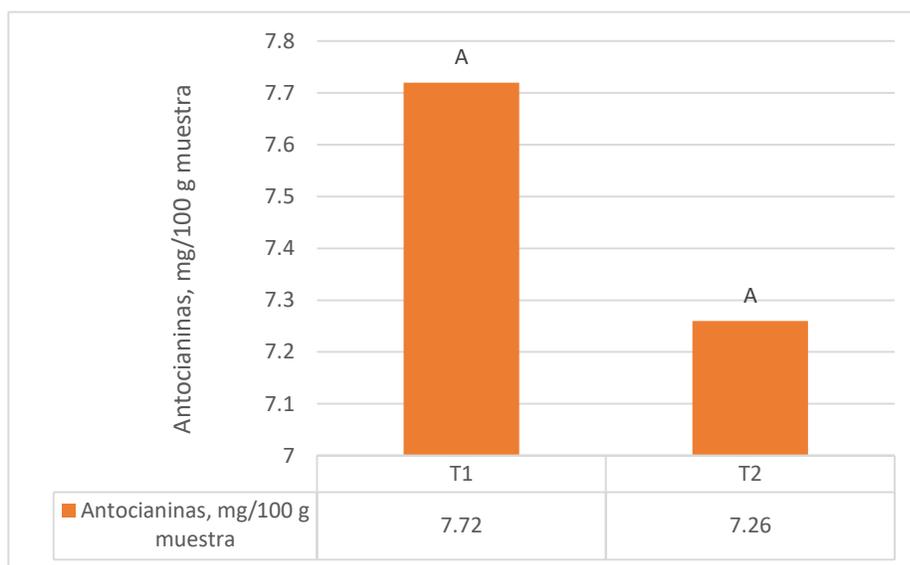


Figura 21. Contenido de antocianinas

El contenido de antocianinas en el betabel varía según la especie botánica, con valores que van desde aproximadamente 14.48 ± 0.40 mg/100g hasta 84.50 ± 4.71 mg/100g (Fuentes et al., 2018).

Los resultados comparados con la investigación de Avalos et al. (2003), son inferiores al contenido de antocianinas totales, que menciona en los resultados de vinos tintos, estuvieron en el rango de 27.4 ± 3.0 mg/l a 116.8 ± 1.7 mg/l. y los resultados obtenidos en esta investigación estuvieron entre 7.72 y 7.26 antocianinas Mg/100 g de muestra.

En la investigación de Salazar et al. (2011) se hizo un análisis de la composición química de los vinos peruanos y en la evaluación mostró la concentración de antocianinas totales de 102.64 a 317.50 mg/L.

4.3.4 Capacidad antioxidante

En la figura 22, se muestra que si hubo diferencia significativa a una $p > 0.05$ entre los tratamientos, el tratamiento que mostró mayor capacidad antioxidante es el T2 con una concentración de 2351.26 ET $\mu\text{M}/100$ g, mientras que el tratamiento T1 tuvo 2611.03 ET $\mu\text{M}/100$ g.

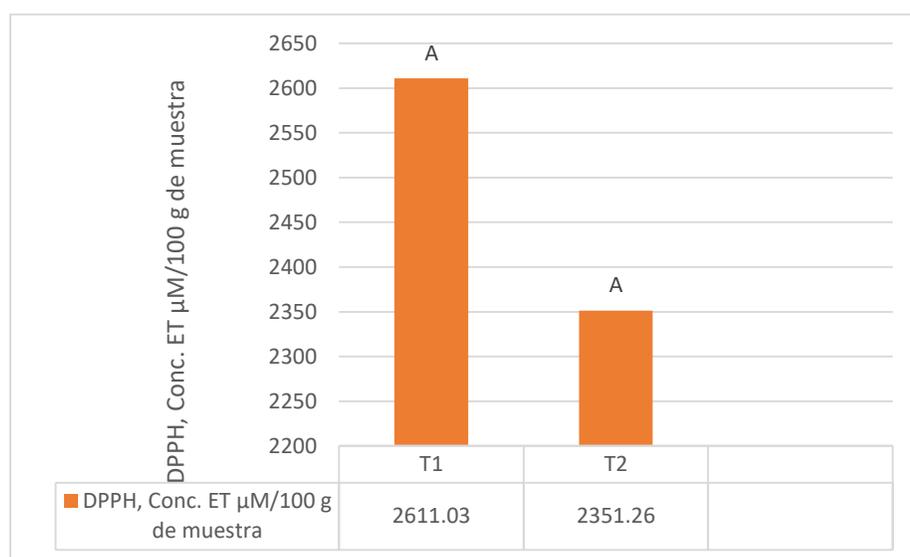


Figura 22. Capacidad antioxidante

La actividad antioxidante determinada por el método DPPH fue mayor en el tratamiento T2 mostrando un total de 2725.12 ET μ M/100 g. Los resultados fueron inferiores a los que reportó Torrenegra et al. (2016), siendo 141.88 ± 0.18 como actividad antioxidante.

Según Fuentes (2018) la remolacha muestra una actividad antioxidante que varía, con valores que oscilan entre aproximadamente $8.37 \pm 0.29\%$ y $21.83 \pm 0.35\%$ de AOA (% de inhibición).

En la investigación de Apaza & Choque (2018), los resultados que obtuvieron sobre la actividad antioxidante del betabel fueron de 7.96 y 9.37 mg/mL. Diversos factores como el ambiente, el momento de la cosecha, el grado de maduración, así como el transporte y almacenamiento, pueden tener impacto significativo en las diferencias observadas en la actividad antioxidante.

3.4 Evaluación sensorial de la bebida fermentada a base de mosto de betabel

La evaluación sensorial se realizó con la participación de 65 consumidores potenciales en la EXPO UAAAN 2023 en la exposición de los proyectos de investigación. Se evaluaron los tratamientos 1 y 2.

3.4.1 Preferencia

Los resultados se analizaron mediante una prueba de Kruskal-Wallis a una $p > 0.05$ debido a que se muestrearon 65 panelistas consumidores potenciales. Los resultados se muestran en la figura 23, se puede apreciar que hubo una diferencia significativa por parte de los consumidores hacia el tratamiento 1.

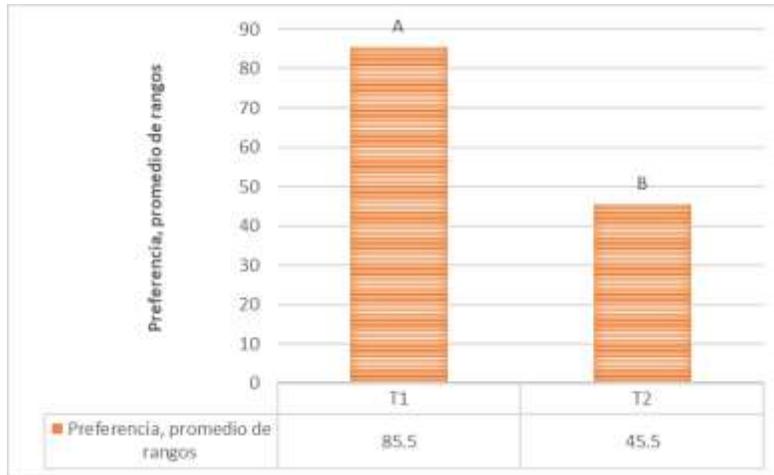


Figura 23. Promedio de rangos de la preferencia de 65 panelistas consumidores potenciales del estudio de Kruskal-Wallis a un $p > 0.05$, del tratamiento 1 y 2 de las bebidas fermentadas a base de mosto de betabel. medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

3.4.2 Nivel de preferencia

De los 65 consumidores que participaron en la prueba de preferencia veinticinco consumidores prefirieron tanto al tratamiento 1 y 2, mientras que 40 sí prefirieron el T1 sobre el T2, por lo que al considerar como el total de los juicios emitidos para los dos tratamientos para poder expresar en porcentaje el nivel de preferencia de las bebidas fermentadas (Figura 24). Donde el 65.27% de los panelistas consumidores prefirieron el tratamiento 1 y el 34.73% prefirieron el tratamiento 2.

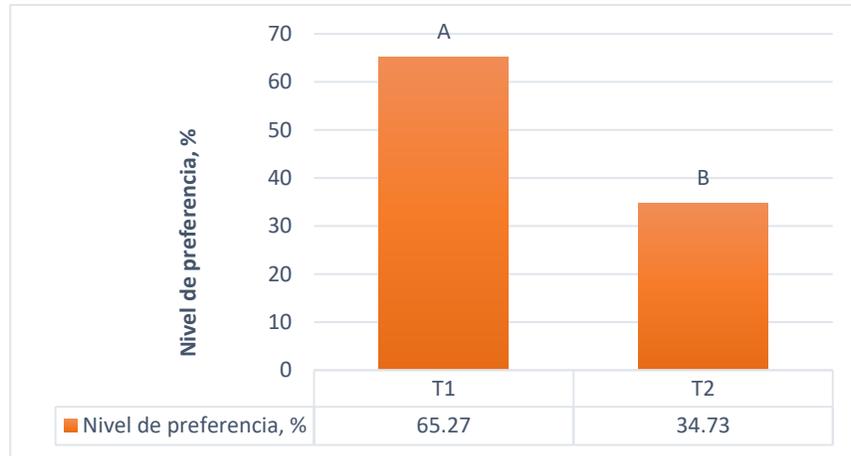


Figura 24. Nivel de preferencia (%) de los juicios de 65 panelistas consumidores potenciales del estudio de Kruskal-Wallis a un $p > 0.05$, del tratamiento 1 y 2 de las bebidas fermentadas a base de mosto de betabel.

3.4.3 Deseo de compra

Además de aplicar una prueba de preferencia se les preguntó a los consumidores sobre el deseo de compra por uno de los dos tratamientos obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la figura 25. De las respuestas de los consumidores podemos ver que el 72.52% de ellos mostraron deseo de compra del tratamiento 1, y únicamente el 27.48% mostraron el deseo de comprar el tratamiento 2.

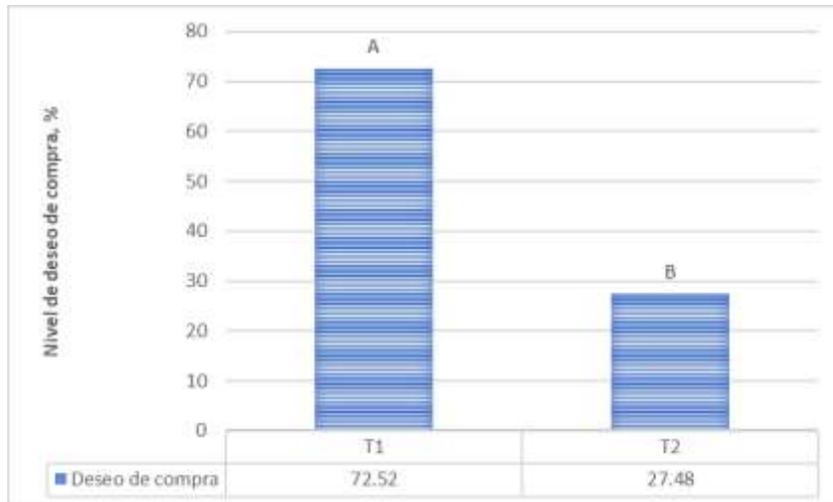


Figura 25. Nivel de deseo de compra (%) de los juicios de 65 panelistas consumidores potenciales del estudio de Kruskal-Wallis a un $p > 0.05$, del tratamiento 1 y 2 de las bebidas fermentadas a base de mosto de betabel.

Los comentarios que dieron a conocer los consumidores mostraron descriptores positivos sobre los atributos de sabor, color, apariencia y aroma del tratamiento 1 sobre los atributos del tratamiento 2.

Los comentarios del tratamiento 1 concuerdan con los resultados del análisis estadístico de Kruskal-Wallis, ya que la bebida fermentada T1 muestra un sabor afrutado, suave, ligeramente dulce, agradable, rico, un color rojo rubí, transparente característico de vinos tintos, y un aroma frutal suave y rico. También consideraron al producto como un producto innovador y no refleja características que denoten que la base es betabel, mencionan que ambas muestras poseen características de vinos tintos.

En la investigación de Otegbayo B. (2020), realizó un vino de betabel fermentado durante 7, 14 y 21 días, de acuerdo con los resultados obtenidos el vino fermentado durante 7 días fue más preferido por el color, según las puntuaciones de panelistas, prefieren vinos de color “rojo violáceo”. De acuerdo con el aroma, sabor y aceptabilidad global, el vino fermentado a los 21 días tuvo una aceptabilidad

y puntuación más alta. Este estudio demuestra que al fermentar el betabel en 7 días se producirá un vino nutritivo y mejor aceptado por los consumidores. Y el vino preferido fue el que tuvo fermentación a los 21 días.

Ocaña (2012), En su investigación elaboró tres vinos con diferentes proporciones de mora y agua, a1b2 (20% mora y 80% agua), a2b3 (25% mora y 75% agua) y a3b1 (33% mora y 67% agua), siendo las proporciones de la siguiente manera a1b2 (1:4), a2b3(1:3) y a3b1 (b11:2), para determinar cuál era el mejor vino, se llevó a cabo una evaluación sensorial con un total de 54 catadores semi-entrenados. El vino que destaca con las mejores características fue el tratamiento a1b2, con un promedio de 5,688 en apariencia global. El tratamiento a1b2, tenía un nivel de dulzor de 12 °Brix. Los resultados fueron agradables al paladar del consumidor, con su color intenso, aroma, acidez y dulzor aceptable.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

En este estudio, se logró elaborar la bebida fermentada de betabel (*Beta vulgaris spp*) y se analizaron los parámetros de calidad. Los resultados obtenidos permiten concluir que la bebida fermentada de betabel es una opción saludable y nutritiva

La estandarización del proceso de elaboración de una bebida fermentada a base de betabel (*Beta vulgaris spp*) y la evaluación de parámetros de calidad revelan un avance significativo en la industria de alimentos y bebidas. A través de este estudio, se ha demostrado la viabilidad técnica y la calidad consistente del producto final obtenido mediante el control del proceso de fermentación.

La pulpa de betabel presentó un color intenso, pH ligeramente ácido y una cantidad significativa de componentes bioactivos, lo que sugiere su potencial como ingrediente funcional.

Las condiciones óptimas para la elaboración de la bebida fermentada de betabel se establecieron en función de la temperatura, el tiempo de fermentación y el porcentaje de la cantidad de mosto. Estas condiciones permitieron obtener una bebida con propiedades fisicoquímicas y sensoriales deseables.

La presente investigación no solo contribuye al conocimiento científico sobre el potencial del betabel como materia prima en la industria de las bebidas fermentadas, sino que también ofrece una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones en el desarrollo de productos saludables y funcionales.

La bebida fermentada de betabel es una alternativa para producir vino con características de color, sabor, aroma y textura requeridos por los consumidores. La cantidad de jugo utilizada en la fermentación es un factor determinante para el sabor y color del producto final: un aumento en la concentración de jugo mejora el color, pero puede disminuir la preferencia por el sabor, lo que permite optimizar la materia

prima, ya que con una menor concentración de jugo es posible obtener un vino de buena calidad sensorial.

De acuerdo con los resultados, en cuanto los °Brix final se tuvieron valores de 8.5, pH final de 4.34 y 4.4, la cantidad de polifenoles de cada tratamiento fue de T1: 62.18 y T2: 74.16 mg/L de ácido gálico, los flavonoides obtenidos en cada tratamiento fueron de T1: 104.17 y T2: 190,83 Con. De catequina mg/100 g, el contenido de antocianinas en los tratamientos fue de T1: 7.72 y T2: 7.26 mg/100g, en cuanto la capacidad antioxidante T1 presentó 2611.03 y T2: 2725.12 DPPH, Con. De $\mu\text{M}/100\text{ g}$.

El tratamiento 1 tuvo una preferencia del 65.27% de los panelistas consumidores y un 72.52% de deseo por adquirirlo. De acuerdo con los comentarios el tratamiento 1 muestra un sabor afrutado, suave, ligeramente dulce, agradable, rico, color rojo rubí, transparente característico de vinos tintos. También se consideró como un producto innovador, sin embargo, cabe mencionar que ambos tratamientos presentan características de vinos tintos.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- Acosta, B. (2019). Sembrar remolacha: cuándo y cómo hacerlo. *Ecología verde*. Recuperado el 24 de julio de 2024 de <https://www.ecologiaverde.com/sembrar-remolacha-cuando-y-como-hacerlo-2436.html>
- Agrícola, proain tecnología. (2020). Calidad de los productos hortofrutícolas . Recuperado el 05 de octubre de 2023 de <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/calidad-de-los-productos-hortofruticolas>
- Agrícolas, S. N. (2013). Estacionalidad por año. Recuperado el 10 de diciembre de 2023 de http://infosiap.siap.gob.mx/estacionalidad_gb/est_agricola/index.php
- Aguilera Ortiz, M., Reza Vargas, M. d., Chew Madinaveitia, R. G., & Meza Velázquez, J. A. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. Recuperado el 30 de agosto de 2023, de <https://biotecnia.unison.mx.php/biotecnia/viewFile/81/75>
- Alpaca Rogriguez , J. A., & Postigo Torres, L. G. (2015). Determinación de los parámetros a nivel de laboratorio de pH, temperatura, grado glucómetro, concentración de nutrientes y cantidad del inóculo para optimizar el proceso de fermentación alcohólica del zumo de piña a fin de obtener una bebida. Recuperado el 28 de septiembre de 202, de <https://docplayer.es/72330433-Universidad-nacional-de-san-agustin.html>
- Alvarado, J., Casillas, E., Camarillo, M., Ochoa, X., & Zamarripa, A. (2011). Producción de Remolacha Azucarera en el valle de Mexicali, B.C. *SAGARPA(19)*. Recuperado el 24 de julio de 2024 de <https://www.compucampo.com/tecnicos/produccion-remolachaazucarera-mexicali.pdf>
- Alzamora, S., Guerrero, S., Nieto, A., & Vidales, S. (2004). Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. (D. J. L., Ed.) *Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación*. Recuperado el 22 de enero de 2024 de <https://www.fao.org/3/y5771s/y5771s.pdf>
- Apaza, V., & Choque, R. (2018). Evaluación de la actividad antioxidante y polifenoles totales de una bebida fermentada a base de Betarraga (*Beta vulgaris* L.) de la variedad Globe Dark. Recuperado en mayo de 2023 de https://www.academia.edu/91391424/Evaluaci%C3%B3n_de_la_actividad_antioxidante_y_polifenoles_totales_de_una_bebida_fermentada_a_base_de_betarraga_Beta_vulgaris_L_de_la_variedad_Globe_Dark

- Avalos, K., Sgroppo, S., & Avazar, J. (2003). Actividad antioxidante y contenido en fenoles totales en vinos de origen nacional. *FACENA*, 19, 11-19. Recuperado en enero de 2023 de <https://exa.unne.edu.ar/revisfacena/19/11-19.pdf>
- Axayacatl, O. (2023). Estadísticas mundiales de producción de remolacha. Recuperado el 22 de enero de 2024 de <https://blogagricultura.com/estadisticas-remolacha-produccion/>
- Beatriz, C. L., & Elizabeth, P. A. (2009). Evaluación de la capacidad de clarificación de la arcilla de la zona de Texistepeque, en vino obtenido a partir de Hibiscus sabdariffa (Flor de Jamaica). Recuperado el 09 de septiembre de 2023, de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2547/1/16100871.pdf>
- Berg, J., Tymoczko, J., & Stryer, L. (2007). Bioquímica 6ta ed. En *Bioquímica 6ta ed.* España: REVERTÉ. Recuperado en agosto de 2023 de https://medicinafortyone.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/11/bioquimica_stryer.pdf
- Caguasango, A. (2023). Determinación de la duración del ciclo de cultivo de Remolacha (*Beta vulgaris* L) Var. Boro". 6-10. Recuperado el 19 de enero de 2024, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38230/1/Tesis-361%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-%20Caguasango%20Bayas%20Andrea%20Lorena.pdf>
- Castro Acosta, M. L. (2019). Polifenoles: Compuestos bioactivos con efecto benéfico en la prevención de diabetes tipo 2. 1(3). Recuperado el 23 de septiembre de 2023 de https://cmnutriologos.org/recursos/revista00_3.pdf
- Ceclu, L., & Nistor, O. V. (2020). Remolacha roja: composición y efectos sobre la salud: una revisión. 1(6). Recuperado el 20 de enero de 2024 de <https://www.clinmedjournals.org/articles/jnmddc/journal-of-nutritional-medicine-and-diet-care-jnmddc-6-043.php?jid=jnmddc>
- Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., & Panghal, A. (2019). Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review,. 272, 192-200. Recuperado el 10 de enero de 2024 de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157515001003>
- Chuma, B. W. (2018). Evaluación del proceso de clarificación de vino de uva artesanal e industrial, utilizando látex de papaya y gel de yausabara *Pavonia sepium*. *Universidad Técnica del Norte*, 8-10. Recuperado el 1 de febrero de 2024, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8484/1/03%20EIA%20466%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Coronel, M. (2008). Los vinos de fruta. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial. Recuperado en agosto de 2023 de

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40005373/coronel_1-libre.pdf?1447534351=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DInforme_de_Investigacion.pdf&Expires=1693304524&Signature=JYN33~YisBiE6yUaETDfxE9a7hBw93N2c-HDAIcqS2gagH1k~tQm1P6c2p4Cn8MHKcX

Coviñas, G. (2022). El color del vino tinto. Recuperado el 30 de agosto de 2023, de <https://covinas.com/colores-vino-tinto>

Doehler, A. G. (1961). Aplicaciones industriales de la bentonita. Arcillas Minero de arcilla. 272-283. Recuperado el 31 de agosto de 2023, de <https://doi.org/10.1346/CCMN.1961.0100122>

El Arbol.org (2024). Remolacha. Recuperado en febrero de 2024 de https://elarbol.org/remolacha/#google_vignette.

Escamilla, C., Cuevas, E., & Guevara, J. (2009). Flavonoides y sus acciones antioxidantes. 52(2). Recuperado en septiembre de 2023 de <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2009/un092g.pdf>

Espinosa, J. (2007). Evaluación Sensorial de los Alimentos. En J. Espinosa Manfugás, & R. Torricella Morales (Ed.). Ciudad de La Habana, Cuba: Editorial Universitaria. Recuperado el 01 de octubre de 2023, de <https://s47003acac0f1f7a3.jimcontent.com/download/version/1463707242/module/8586131883/name/LIBRO%20ANALISIS%20SENSORIAL-1%20MANFUGAS.pdf>

Fuentes, H., Muñoz, D., Aguilera, C., & González, R. (2018). Influencia de los compuestos bioactivos de betarraga (*Beta vulgaris* L) sobre el efecto cardioprotector: una revista narrativa. págs. 178-182. Recuperado el 5 de enero de 2023 de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182018000300178

García Ortiz , P., Gil Muela, M., & García Ortiz, F. (2009). Vino y su servicio. En S. Ediciones Paraninfo (Ed.). España: PARAFINO, S.A. Recuperado el 23 de septiembre de 2023, de https://www.google.com.mx/books/edition/El_vino_y_su_servicio/uttXxQg3828C?hl=es-419&gbpv=1&dq=polifenoles+en+vino&pg=PA20&printsec=frontcover

Garcia, I., De la Rosa, X., Hernández, J., & Quiroz, J. (2022). Antocianinas, propiedades funcionales y potenciales aplicaciones terapéuticas. *Revista Boliviana de Química*, 39(5). Recuperado en febrero 2024 de <https://www.redalyc.org/journal/4263/426374726001/html/>

- García, J., & Xirau, M. (2018). Técnicas usuales de análisis en Enología. Recuperado en febrero de 2023 de <https://laboaragon.com/docs/marcas/panreac/Enologia%20Manual%20de%20Tecnicas.pdf>
- García, M., & Polo, E. (2017). Taxonomía en plantas: Remolacha. Recuperado en 2 de octubre de 2023 de <http://taxonomiaenplantas2017.blogspot.com/2017/10/remolacha.html>
- Garduño, M., & Arzaluz, C. (Octubre de 2022). Efecto de la fertilización química completada con Boro en el rendimiento de Betabel rojo (*Beta Vulgaris* L.). 20-25. Recuperado el 18 de enero de 2024, de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/138202/Tesis%20alumnos%20.pdf?sequence=1>
- Gómez, C., & al, e. (2022). Use of beetroot (*Beta vulgaris*) as an alternative for treatment of iron deficiency. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 10(20). Recuperado en agosto 25 de 2023 de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/download/7743/8971/>
- Gómez, M., & Duque, A. (2018). Chemical Physical Characterization and Phenolic Content of Beet (*Beta vulgaris* L.) in Fresh and Subjected to Thermal Treatment. *Revista Ion*. Recuperado en julio de 2023 de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-100X2018000100043
- González, M. (2011). En M. González, & Lulu.com (Ed.), *Elaboración Artesanal de Vino de Frutas* (págs. 30-33). Recuperado el 06 de agosto de 2023 de https://www.google.com.mx/books/edition/Elaboraci%C3%B3n_Artesanal_de_Vino_de_Frutas/a9N6PxzJR2QC?hl=es-419&gbpv=0
- González, M. (2018). Principios de elaboración de los Vinos artesanales teoría y práctica de la fabricación de vinos en pequeña escala. En M. González, & L. Enterprises (Ed.). Recuperado el 29 de agosto de 2023 de https://www.google.com.mx/books/edition/Principios_de_Elaboraci_n_de_los_Vinos_A/3XVvDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1
- Gregorio, M. J. (2010). Producción orgánica de betabel (*Beta vulgaris* L): evaluación de variedades y efecto de dos compuestos. Recuperado en marzo de 2023 de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6392/T17946%20GREGORIO%20MENDEZ%2C%20JUDITH%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Hall, K., Guo, J., Dore, M., & Chow, C. (2009). El aumento progresivo del desperdicio de alimentos en Estados Unidos y su impacto ambiental. (I. d. Thorkild IA Sorensen, Ed.) Recuperado el 22 de enero de 2024 de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0007940>
- Hanna (2018). *Medición de bentonita*, Industria alimentaria. Recuperado el 26 de agosto de 2023, de <https://hannainst.com.mx/blog/industria-alimenticia-boletines/medicion-de-bentonita-en-vino/#:~:text=La%20arcilla%20de%20bentonita%20se,de%20un%20proceso%20de%20adsorci%C3%B3n.>
- Hannia, S. (2015). Remolacha. Frutas y verduras. Recuperado el 23 de julio de 2024 de <https://frutasyverdura.weebly.com/blog-verduras/remolacha>
- Hernández , H. (2022). Remolacha: propiedades, beneficios y cómo tomarla. Recuperado en enero 18 de 2024 de <https://www.bonviveur.es/gastroteca/remolacha-el-ingrediente-ideal-para-dar-color-y-dulzor>
- Hernández, A. (2016). En Microbiología industrial. Universidad de Guadalajara: EUNED. Recuperado el 10 de septiembre de 2023 de https://www.google.com.mx/books/edition/Microbiolog%C3%ADa_Industrial/KFq4oEQQjdEC?hl=es-419&gbpv=1&dq=filtraci%C3%B3n+del+vino&pg=PA144&printsec=frontcover
- Hernández, A. (2016). Microbiología industrial. En A. Hernández, *Microbiología industrial*. EUNED. Recuperado el 26 de agosto de 2023 de https://www.google.com/books/edition/Microbiolog%C3%ADa_Industrial/KFq4oEQQjdEC?kptab=editions&gbpv=1
- Hernández, A., Real, N., Delgado, M., Bautista, L., Velasco, J., & . (2018). Residuos agroindustriales con potencial de compostaje. Recuperado el 18 de enero de 2024 de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/795>
- Ibañes, I. (2014). Evaluación del efecto de tres abonos orgánicos en el comportamiento agrónomo de dos variedades de Betarraga (*Beta vulgaris*) en el mundo. Recuperado el 19 de enero de 2024 de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5367/T-1966.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ingraham, J. (1997). Introduction to microbiology. In J. L. Ingraham. España: REVERTÉ. Recuperado en mayo de 2023 de https://books.google.com.mx/books?id=_A5rAAAAMAAJ

- Lifeder (2019). Metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$): estructura, propiedades, usos, riesgos. Recuperado el 25 de enero de 2024 de <https://www.lifeder.com/metabisulfito-de-sodio/>.
- López, K., González, N., Maldonado, E., Luna, A., & Jiménez, R. (2018). Jugo de betabel (*Beta vulgaris* L.) y panela fermentados con *Saccharomyces bayanus*. Recuperado el 12 de enero de 2023 de <https://typeset.io/pdf/jugo-de-betabel-beta-vulgaris-l-y-panela-fermentados-con-zjk0iety2t.pdf>
- Monereo, S., Arnoriaga, M., Yoko, O., & Martínez de Icaya, E. A. (2016). Papel de las bebidas fermentadas en el mantenimiento del peso perdido. 33. Recuperado el 03 de octubre de 2023 de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112016001000009#:~:text=Las%20bebidas%20fermentadas%20son%20las,la%20cerveza%20y%20la%20sidra.
- Morales, V. (2015). *Desarrollo e Innovación para la obtención de un producto fermentado a partir de Frambuesas (*Rubus idaeus*)*. Recuperado el 13 de agosto de 2023 de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/fam828d/doc/fam828d.pdf>
- Naranjo, V. (2022). Influencia de las variedades en la calidad fisicoquímicas y funcional de vino tinto. Recuperado el 08 de julio de 2024 de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/2937/AT26616.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ocaña, I. (2012). Estudio del vino de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) elaborado a tres proporciones de distintas variedades de fruta, agua y tres niveles de dulzor. Recuperado en junio de 2023 de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3071/1/AL496.pdf>
- Ochoa, C., Garcia, V., Luna, J., Luna, M., & Hernández, P. (2012). Características antioxidantes, fisicoquímicas y microbiológicas de jugo fermentado y sin fermentar de tres variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp). *Scientia Agropecuaria*, 3(4), 279-289. Recuperado en mayo de 2023 de <https://www.redalyc.org/pdf/3576/357633704002.pdf>
- Oriol, S. (2012). La Cultura del vino. En S. M. Oriol, *La Cultura del vino* (págs. 75-77). Barcelona: Amat. Recuperado den mayo de 2023 de https://books.google.com.ec/books?id=4dmqvAp5lqUC&printsec=frontcover&source=gbs_book_other_versions_r&cad=3#v=onepage&q&f=false
- Otegbayo, B. (2020). Physico-chemical properties of beetroot (*Beta vulgaris* L.) wine produced at varying fermentation days. *ELSEVIER*. Recuperado en julio de 2023 de <https://api.thesis.ng/server/api/core/bitstreams/da96a1c3-5d16-44cf-9023-7921bf74c95e/content>

- Otegbayo, B., Akwa, I., & Tanimola, A. (2020). Propiedades físico-químicas del vino de remolacha (*Beta vulgaris* L.) producido en distintos días de fermentación. *Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad Bowen, Iwo, PMB 284, Estado de Osun, Nigeria*, 8. Recuperado el 22 de enero de 2024, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227620301587>
- Pacheco, N., & Cuevas, J. (2020). Importancia del aprovechamiento de los frutos, productos y subproductos tropicales. Editores N. A. Pacheco López, J. C. Cuevas Bernardino, & T. Ayora Talavera. Recuperado el 18 de enero de 2024, de https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5fd2835e8160f.pdf
- Pérez, C. (2003). Análisis químico y control digital en la producción de vino. Recuperado el 25 de enero de 2024 de https://e-natura.unsa.edu.ar/moodle/pluginfile.php/157529/mod_resource/content/1/Analisis-Quimico-y-Control-Digital-en-la-Produccion-del-Vino_%28refractometro%29.pdf
- Peynaud, E., & Blouin, J. (2006). Enología práctica "Conocimiento y elaboración de vino" 4a Ed. Mundiprensa. Recuperado en mayo de 2023 de https://books.google.com.mx/books/about/Enolog%C3%ADa_pr%C3%A1ctica_Conocimiento_y_elabo.html?id=HY1FCrwd5PQC&redir_esc=y
- Pitalúa Cortes, E. E. (2007). Estudios de las propiedades fisicoquímicas y Antioxidantes de betabel (*Beta vulgaris* L) secado por asperción. Recuperado el 15 de agosto de 2023, de Universidad Veracruzana: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46919/PitaluaCortesErendiraEsther.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pitalúa Cortés, E. E. (2007). Estudios de las propiedades Físicoquímicas y Antioxidantes de jugo de betabel (*Beta Vulgaris* L) secado por aspersion. Recuperado en febrero de 2023 de Universidad Veracruzana: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46919/PitaluaCortesErendiraEsther.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Puerta, A. (2002). Elaboración de vino. In A. Puerta, & S. P. Ambiental (Ed.), *Elaboración de vino*. Recuperado el 6 de septiembre de 2023 de https://www.google.com.mx/books/edition/Elaboraci%C3%B3n_de_vino/Se6CvjaWV20C?hl=es-419&gbpv=1&dq=metabisulfito+sodio+para+vino&pg=PA13&printsec=frontcover
- Puerta, G. (2013). Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). *Puerta, G.I.* Recuperado en enero de 2023 de <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/345>

- Puigi, V. E. (2016). *La cultura del vino*. Barcelona: Oberta UOC Publishing SL. Recuperado en febrero de 2023 de https://www.google.com.mx/books/edition/La_cultura_del_vi/i4ypOwgky40C?hl=es-419&gbpv=1&dq=inauthor:%22Eduard+Puig+i+Vayreda%22&printsec=frontcover
- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. 27(1). Recuperado en febrero de 2024 de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112012000100009
- Rebolo López, S. (2007). En S. Rebolo López, & U. S. Compostela. (Ed.), Estudio de la composición polifenólica de vinos tintos gallegos con D.O:Ribeiro, Valdeorras y Ribeira Sacra. Recuperado el 25 de septiembre de 2023, de https://www.google.com.mx/books/edition/Estudio_de_la_composici%C3%B3n_polifen%C3%B3lica/UbN4WFSt-WsC?hl=es-419&gbpv=0
- Reece, J., & Campbell, N. (2007). Biología. En *Biología* p. 175). España: Médica Panamericana. Recuperado en mayo de 2023 de <https://books.google.com.co/books?id=QcU0yde9PtkC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- Rosales, D. (2019). Determinación de los parámetros fisicoquímicos y antocianinas del fruto y el vino de Untusha (*Berberis lobbiana*). Recuperado el 26 de enero de 2024 de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/15525/Rosales_ld.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SADER (2021). Betabel, dulce verdura que nos pigmenta de rojo. Recuperado en febrero de 2023 de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/betabel-dulce-verdura-que-nos-pigmenta-de-rojo>
- SAGARPA (2016). Betabel, un vegetal con mucha historia. Recuperado en noviembre de 2023 de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: [https://www.gob.mx/agricultura/articulos/betabel-un-vegetal-con-mucha-historia#:~:text=Se%20cree%20que%20el%20origen,costas%20de%20Asia%20y%20Europa.&text=Tambi%C3%A9n%20conocido%20como%20remolacha%2C%20el%20betabel%20\(Beta%20vulgaris%20L.\)](https://www.gob.mx/agricultura/articulos/betabel-un-vegetal-con-mucha-historia#:~:text=Se%20cree%20que%20el%20origen,costas%20de%20Asia%20y%20Europa.&text=Tambi%C3%A9n%20conocido%20como%20remolacha%2C%20el%20betabel%20(Beta%20vulgaris%20L.))
- Salazar, R., Espinoza, G., & Ruíz, C. (2011). Compuestos fenólicos, actividad antioxidante, contenido de resveratrol y componentes del aroma de 8 vinos peruanos. *Revista de la sociedad Química del Perú*, 77(2), 135-143. Recuperado en julio de 2023 de

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2011000200006

- Santamaria, P. (2006). Nitrato en vegetales: Toxicidad, contenido, ingesta y Reglamento CE. *Revista de la ciencia y la alimentación y la agricultura*, 86 (1),, págs. 10-17. Recuperado en mayo de 2023 de <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20063010030>
- Science Photo Library. (2024). Beta bulgaris. Recuperado en junio de 2023 <https://www.sciencephoto.com/media/38347/view/beta-vulgaris->.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2016). Recuperado el 05 de noviembre de 2023 de Gobierno de Mexico: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/betabel-un-vegetal-con-mucha-historia..>
- Severino, P. (2021). Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial. *Interdisciplina*, 7(19). Recuperado en noviembre de 2023 de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-57052019000300004&script=sci_abstract
- Soriano, J., Franco-Zavaleta, E., Pelayo-Zaldívar, Armella-Villappando, M., Yáñez-López, M., Guerrero-Legarreta, I., & . (2007). Caracterización parcial del pigmento rojo del fruto de la "Jiotilla" (*Escontria chiotilla* [Weber] Britton & Rose). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 6(1), 19-25. Recuperado en agosto de 2023 de <https://www.redalyc.org/pdf/620/62060103.pdf>
- Suárez, C., Gallardo, N. A., & Guevara, C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y producción de alcohol. *Revisión Bibliográfica*. 50(1), 20-28. Recuperado el 23 de enero de 2024, de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420004.pdf>
- Suárez, J., & Leal, B. (2004). *Microbiología enológica: fundamentos de vinificación* 2a ed. España: Mundi-Prensa. Recuperado en mayo de 2023 de <https://pdfcoffee.com/libro-microbiologia-microbiologia-enologica-fundamentos-de-vinificacion-suarez-iigo-3-edicion-pdf-free.html>
- Torija, M. (2003). *Ecología de levaduras: selección y adaptación a fermentaciones vinicas*. Obtenido de Tesis Dr. Bioquímica. Dep de bioquímica y biotecnología. Univ. Rovira I Virgili. Facultad de Enología. Recuperado en enero de 2023 de <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/8643/Tesismjt.pdf?seq>
- Torrenegra, M., Villalobos, O., Castellar, E., León, G., Granados, C., Pajaro, N., & Caro, M. (2016). Evaluación de la actividad antioxidante de las pulpas de *Rubus glaucus* B, *Vaccinium floribundum* K y *Beta vulgaris* L. *Revista cubana*

de plantas medicinales, 21(4). Recuperado en febrero 2023 de <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v21n4/pla09416.pdf>

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (2020). Taller de Descriptores Sensoriales. Recuperado en agosto de 2023 de <https://www.uaaan.edu.mx/2020/03/30/taller-de-descriptores-sensoriales/>.

Valdez, C. C. (2018). La levadura *Saccharomyces cerevisiae*: De la cerveza a la Biología de Sistemas. *Bitácora Digital*, 2-4. Recuperado en mayo de 2023 de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/Bitacora/article/view/24262/23644>

Valencia, E., Figueroa, I., Sosa, E., Camacho, M., Martínez, E., & García, M. (2017). Polyphenols: antioxidant and toxicological properties. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*. Recuperado el 23 de septiembre de 2023 de from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29781/1/2.%201583-4794-2-PB.pdf>

Valls, S., Prieto, J., & Castro, M. (1999). Introducción al análisis sensorial de los alimentos. En P. i. Barcelona (Ed.). Barcelona. Recuperado el 25 de septiembre de 2023 de https://www.google.com.mx/books/edition/Introducci%C3%B3n_al_an%C3%A1lisis_sensorial_de/-cw1_dn02l8C?hl=es&gbpv=1

Vasquez, C. (2020). Determinación de la concentración óptima de pulpa de Camu (Myrciaria Dubia H.B.K. Mc. Vaugh.) como mosto para elaboración de vino dulce en Pucallpa. Recuperado el 19 de enero de 2024, de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5894/B11_2022_UNU_AGROINDUSTRIAL_2022_T_CHARLYS_VASQUEZ_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vogt, E., Jakob, E., & Lemperle, E. (1986). El vino: obtención, elaboración y análisis. Jaime Esain Escobar (trad.) 2a ed. España: Acriba. Recuperado en enero de 2023 de https://www.bibliotecadonbosco.com.ar/index.php?p=show_detail&id=6446&keywords=

Wruss, J., Waldenberger, G., Huemer, S., Uygun, P., Lanzerstorfer, P., Müller, U., . Weghuber, J. (2015). Características de composición de productos comerciales de remolacha y jugo de remolacha preparados a partir de siete variedades de remolacha cultivadas en Alta Austria. *Revista de composición y análisis de alimentos: publicación oficial de la Universidad de las Naciones Unidas, Red internacional de sistemas de datos alimentarios*, 42, 46-55. Recuperado en enero de 2023 de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157515001003>

Zamora, M. (2013). La química del color del vino. Grupo de investigación en Tecnología Enológica (TECNENOL) Departamento de Bioquímica y Biotecnología Facultad de Tarragona, Universidad Rovira i Virgili (URV). Tarragona, España. Recuperado el 28 de agosto de 2023 de Bioquímica del vino una biocatálisis de alta expresión: https://www.acenologia.com/quimica_color_vino_cienc1213/

ANEXO

ANEXO 1. ANOVA de la disminución de masa de la bebida fermentada de betabel durante la fermentación

Análisis de varianza

Disminución de masa, Kg

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Disminución de masa, Kg	20	0.98	0.97	0.45

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	0.22	10	0.02	55.87	<0.0001
Día	0.22	9	0.02	61.11	<0.0001
Tratamientos	3.4E-03	1	3.4E-03	8.64	0.0165
Error	3.5E-03	9	3.9E-04		
Total	0.22	19			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.04474

Error: 0.0004 df: 9

Día	Means	n	S.E.	
0	4.68	2	0.01	A
3	4.46	2	0.01	B
6	4.45	2	0.01	B
9	4.35	2	0.01	C
15	4.35	2	0.01	C
12	4.35	2	0.01	C
21	4.34	2	0.01	C
18	4.34	2	0.01	C
27	4.34	2	0.01	C
24	4.34	2	0.01	C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.02001

Error: 0.0004 df: 9

Tratamientos	Means	n	S.E.	
T1	4.41	10	0.01	A
T2	4.38	10	0.01	B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

ANEXO 2. ANOVA color de la bebida fermentada durante la fermentación

L

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
L	20	0.97	0.93	2.08

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	119.02	10	11.90	25.30	<0.0001
Día	112.29	9	12.48	26.52	<0.0001
Tratamientos	6.73	1	6.73	14.30	0.0043
Error	4.23	9	0.47		
Total	123.25	19			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=1.55164

Error: 0.4705 df: 9

Día	Means	n	S.E.	
12	36.08	2	0.49	A
27	35.90	2	0.49	A
15	35.06	2	0.49	A B
9	34.14	2	0.49	B C
6	33.07	2	0.49	C D
18	32.61	2	0.49	C D
21	32.31	2	0.49	D
24	32.11	2	0.49	D
3	31.64	2	0.49	D
0	27.57	2	0.49	E

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.69392

Error: 0.4705 df: 9

Tratamientos	Means	n	S.E.	
T1	33.63	10	0.22	A
T2	32.47	10	0.22	B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

b

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
b	20	0.93	0.85	6.92

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	27.16	10	2.72	11.40	0.0006
Día	26.82	9	2.98	12.51	0.0004
Tratamientos	0.34	1	0.34	1.44	0.2606
Error	2.14	9	0.24		
Total	29.30	19			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=1.10395

Error: 0.2382 df: 9

Día	Means	n	S.E.	
0	-3.87	2	0.35	A
24	-6.36	2	0.35	B
21	-6.99	2	0.35	B C
15	-7.22	2	0.35	B C
27	-7.29	2	0.35	B C
3	-7.51	2	0.35	C
6	-7.70	2	0.35	C
18	-7.79	2	0.35	C
9	-7.81	2	0.35	C
12	-8.04	2	0.35	C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.49370

Error: 0.2382 df: 9

Tratamientos	Means	n	S.E.	
T1	-6.93	10	0.15	A
T2	-7.19	10	0.15	A

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

ANEXO 3. ANOVA pH inicio y final de la bebida fermentada de betabel

pH

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
pH	12	0.99	0.98	1.70

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	4.53	2	2.27	302.18	<0.0001
Día	4.47	1	4.47	595.36	<0.0001
Tratamientos	0.07	1	0.07	9.00	0.0150
Error	0.07	9	0.01		
Total	4.60	11			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.11311

Error: 0.0075 df: 9

Día	Means	n	S.E.
Día inicial	5.71	6	0.04 A
Día final	4.49	6	0.04 B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.11311

Error: 0.0075 df: 9

Tratamientos	Means	n	S.E.
T2	5.18	6	0.04 A
T1	5.03	6	0.04 B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

ANEXO 4. ANOVA de °Brix inicio y final de la fermentación

oBrix

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
oBrix, %	12	1.00	1.00	2.23

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	882.44	2	441.22	3132.91	<0.0001
Día	882.37	1	882.37	6265.33	<0.0001
Tratamientos	0.07	1	0.07	0.48	0.5062
Error	1.27	9	0.14		
Total	883.70	11			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.49013

Error: 0.1408 df: 9

Día	Means	n	S.E.
Día inicial	25.40	6	0.15 A
Día final	8.25	6	0.15 B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.49013

Error: 0.1408 df: 9

Tratamientos	Means	n	S.E.
T2	16.90	6	0.15 A
T1	16.75	6	0.15 A

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

ANEXO 5. ANOVA de los polifenoles de la bebida fermentada de betabel.

Polifenoles, Conc. µg equivalentes

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Polifenoles, Conc. µg equi..	6	0.89	0.87	3.69

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	215.02	1	215.02	34.04	0.0043
Tratamientos	215.02	1	215.02	34.04	0.0043
Error	25.27	4	6.32		
Total	240.29	5			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=5.69761

Error: 6.3168 df: 4

Tratamientos	Means	n	S.E.
T2	74.16	3	1.45 A
T1	62.18	3	1.45 B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

ANEXO 6. ANOVA de los flavonoides de la bebida fermentada de betabel.

Flavonoides, Con. De Catequina mg/1

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Flavonoides, Con. De Categ..	6	0.92	0.90	10.67

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	11266.67	1	11266.67	45.51	0.0025
Tratamientos	11266.67	1	11266.67	45.51	0.0025
Error	990.28	4	247.57		
Total	12256.94	5			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=35.66908

Error: 247.5694 df: 4

Tratamientos	Means	n	S.E.
T2	190.83	3	9.08 A
T1	104.17	3	9.08 B

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

ANEXO 7. ANOVA de las antocianinas de la bebida fermentada de betabel

Antocianinas, mg/100 g muestra

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Antocianinas, mg/100 g mue..	6	0.11	0.00	10.84

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	0.32	1	0.32	0.48	0.5251
Tratamientos	0.32	1	0.32	0.48	0.5251
Error	2.64	4	0.66		
Total	2.95	5			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=1.84007

Error: 0.6588 df: 4

Tratamientos	Means	n	S.E.
T1	7.72	3	0.47 A
T2	7.26	3	0.47 A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

ANEXO 8. ANOVA de la actividad antioxidante DPPH de la bebida fermentada de betabel

DPPH, Conc. ET μ M/100 g de muestra

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
DPPH, Conc. ET μ M/100 g de..	6	0.33	0.16	9.20

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	101224.21	1	101224.21	1.94	0.2357
Tratamientos	101224.21	1	101224.21	1.94	0.2357
Error	208271.22	4	52067.80		
Total	309495.43	5			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=517.28277

Error: 52067.8049 df: 4

Tratamientos	Means	n	S.E.
T1	2611.03	3	131.74 A
T2	2351.26	3	131.74 A

Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$)

ANEXO 10. ANOVA Análisis de la varianza, prueba de Preferencia con consumidores

Análisis de la varianza
Prueba de Preferencia con consumidores

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Preferencia	130	0.81	0.61	60.76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	28.19	63	0.40	4.11	<0.0001
Tratamiento	2.22	1	2.22	22.67	<0.0001
Juan	23.97	64	0.37	3.82	<0.0001
Error	6.28	64	0.10		
Total	32.47	129			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.10974

Error: 0.0981 gl: 64

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
874	0.63	63	0.04	A
529	0.38	63	0.04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.62563

Error: 0.0981 gl: 64

Juan	Medias	n	E.E.	
6	1.00	2	0.22	A
7	1.00	2	0.22	A
8	1.00	2	0.22	A
9	1.00	2	0.22	A
12	1.00	2	0.22	A
11	1.00	2	0.22	A
10	1.00	2	0.22	A
1	1.00	2	0.22	A
2	1.00	2	0.22	A
3	1.00	2	0.22	A
5	1.00	2	0.22	A
4	1.00	2	0.22	A
22	1.00	2	0.22	A
21	1.00	2	0.22	A
20	1.00	2	0.22	A
25	1.00	2	0.22	A
24	1.00	2	0.22	A
23	1.00	2	0.22	A
19	1.00	2	0.22	A
15	1.00	2	0.22	A
14	1.00	2	0.22	A
13	1.00	2	0.22	A
18	1.00	2	0.22	A
17	1.00	2	0.22	A
16	1.00	2	0.22	A
40	0.50	2	0.22	A B

29	0.50	2	0.22	A	B
30	0.50	2	0.22	A	B
39	0.50	2	0.22	A	B
37	0.50	2	0.22	A	B
36	0.50	2	0.22	A	B
38	0.50	2	0.22	A	B
41	0.50	2	0.22	A	B
42	0.50	2	0.22	A	B
35	0.50	2	0.22	A	B
31	0.50	2	0.22	A	B
28	0.50	2	0.22	A	B
27	0.50	2	0.22	A	B
34	0.50	2	0.22	A	B
33	0.50	2	0.22	A	B
32	0.50	2	0.22	A	B
26	0.50	2	0.22	A	B
65	0.00	2	0.22		B
64	0.00	2	0.22		B
44	0.00	2	0.22		B
58	0.00	2	0.22		B
59	0.00	2	0.22		B
57	0.00	2	0.22		B
56	0.00	2	0.22		B
63	0.00	2	0.22		B
62	0.00	2	0.22		B
61	0.00	2	0.22		B
60	0.00	2	0.22		B
50	0.00	2	0.22		B
49	0.00	2	0.22		B
48	0.00	2	0.22		B
47	0.00	2	0.22		B
45	0.00	2	0.22		B
52	0.00	2	0.22		B
51	0.00	2	0.22		B
46	0.00	2	0.22		B
54	0.00	2	0.22		B
53	0.00	2	0.22		B
43	0.00	2	0.22		B
53	0.00	2	0.22		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)