



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 09 de junio del 2023

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Claudia Yurany Andrade Escarlante, con C.C. No. 1075321776 de Neiva,

Santiago Carvajal Prada _____, con C.C. No. 1075313496 de Neiva.

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

Titulado **Aprovechamiento tecnológico de la carambola (*Averrhoa Carambola*) en la elaboración de ginebra, a partir de la adición de levadura *Saccharomyces Cerevisiae* (var. *Bayanus*)** presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar al título de **Ingeniero Agroindustrial**;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Claudia Yurany Andrade Escarlante

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Santiago Carvajal Prada

Firma:



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: APROVECHAMIENTO TECNOLÓGICO DE LA CARAMBOLA (*AVERRHOA CARAMBOLA*) EN LA ELABORACIÓN DE GINEBRA, A PARTIR DE LA ADICIÓN DE LEVADURA *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* (VAR. *BAYANUS*).

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Andrade Escarlante	Claudia Yurany
Carvajal Prada	Santiago

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Amorocho Cruz	Claudia Milena
Ladino Garzon	Wilmer Licerio

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGROINDUSTRIAL

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA O POSGRADO: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2023 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 91

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías_x_ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general_x_ Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas
o Cuadros_x_

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria): Meritoria

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>bebida fermentada</u>	<u>fermented beverage</u>	6. _____	_____
2. <u>fermentación</u>	<u>fermentation</u>	7. _____	_____
3. <u>destilación fraccionada</u>	<u>fractional distillation</u>	8. _____	_____
4. <u>licor</u>	<u>liqueur</u>	9. _____	_____
5. <u>bayas de enebro</u>	<u>juniper berries</u>	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El licor es un destilado obtenido de zumos fermentados, que se re-destilada con especias aromáticas. Por otro lado, la carambola no es una fruta consumida, y no se aprovecha su contenido en vitamina C y ácido oxálico. Con lo anterior se busca determinar el potencial biotecnológico de las cepas Oenoferm® Freddo y Oenoferm® Color (marca Erbslöh) de la especie *Saccharomyces cerevisiae* (var. *Bayanus*) en distintos espacios de cabeza de tanques de fermentación, evaluando microbiota y propiedades fisicoquímicas del zumo (sólidos solubles, pH, acidez titulable y viscosidad) durante la fermentación. Esta investigación caracteriza el zumo, chaptalizado a 20 °Brix con azúcar invertida y clasificado tratamientos F₁, F₂, C₁ y C₂, fermentando por nueve días a temperatura ambiente (26 °C aprox). La bebida fermentada se clarificó con bentonita durante una semana. Ya para obtener el licor, el vino clarificado se lleva a destilación fraccionada en alambique, luego se re-destiló con bayas de enebro y otras especias aromáticas para la obtención de ginebra; finalmente se evaluó sensorialmente a 36 catadores sin experiencia. Los resultados mostraron un descenso en contenido de sólidos solubles y viscosidad, desde 19,35±0,13 a 7,11±0,06 °Brix y 5,75±0,31 a 3,25±0,19 cP respectivamente, mientras que el pH entre 4,23±0,12 y 3,54±0,04 y porcentaje de acidez desde



0,37±0,04 a 0,75±0,04%, el crecimiento de levaduras en fermentación fue entre 6,63±0,41 y 8,76±0,57 UFC/mL. Finalmente, los tratamientos presentaron diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos-microbiológico durante la fermentación, las levaduras lograron la adaptación y que el fraccionamiento de cortes garantiza calidad en el destilado.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The liquor is a distillate obtained from fermented juices, which is re-distilled with aromatic spices. On the other hand, carambola is not a consumed fruit, and its vitamin C and oxalic acid content is not used. The aim is to determine the biotechnological potential of the Oenoferm® Freddo and Oenoferm® Color (Erbslöh brand) strains of *Saccharomyces cerevisiae* (var. *Bayanus*) in different fermentation tank headspaces, evaluating microbiota and physicochemical properties of the juice (soluble solids, pH, titratable acidity and viscosity) during fermentation. This research characterizes the juice, chaptalized at 20 °Brix with invert sugar and classified as treatments F1, F2, C1 and C2, fermenting for nine days at room temperature (26 °C approx.). The fermented beverage was clarified with bentonite for one week. To obtain the liquor, the clarified wine was fractional distilled in a still, then re-distilled with juniper berries and other aromatic spices to obtain gin; finally, it was sensorially evaluated by 36 inexperienced tasters. The results showed a decrease in soluble solids content and viscosity, from 19.35±0.13 to 7.11±0.06 °Brix and 5.75±0.31 to 3.25±0.19 cP respectively, while pH between 4.23±0.12 and 3.54±0.04 and acidity percentage from 0.37±0.04 to 0.75±0.04%, yeast growth in fermentation was between 6.63±0.41 and 8.76±0.57 CFU/mL. Finally, the treatments presented significant differences in the physicochemical-microbiological parameters during fermentation, the yeasts achieved adaptation and the fractionation of cuts guaranteed the quality of the distillate.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Claudia Milena Amorocho Cruz

Firma: 

Nombre Jurado: Jaime Daniel Bustos Vanegas

Firma: 



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

4 de 4

Nombre Jurado: Natalia Puentes

NATALIA PUENTES

Firma: _____

**Aprovechamiento tecnológico de la carambola (*Averrhoa Carambola*) en la
elaboración de ginebra, a partir de la adición de levadura *Saccharomyces Cerevisiae*
(var. *Bayanus*)**

Claudia Yurany Andrade Escarlante

Santiago Carvajal Prada

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ingeniería

Neiva, Colombia

2023

Aprovechamiento tecnológico de la carambola (*Averrhoa Carambola*) en la elaboración de ginebra, a partir de la adición de levadura *Saccharomyces Cerevisiae* (var. *Bayanus*)

Claudia Yurany Andrade Escarlante

Santiago Carvajal Prada

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Agroindustrial

Director:

PhD Claudia Milena Amorocho Cruz

Co-asesor:

Wilmer Licerio Ladino Garzon

Línea de Investigación:

Investigación y desarrollo de nuevo producto de proceso agroindustrial – industria licorera

Universidad Surcolombiana

Facultad De Ingeniería

Programa De Ingeniería Agroindustrial

Neiva, 2023

Nota de aceptación

Firma director del proyecto



Firma del Jurado



Firma del Jurado

NATALIA PUENTES

Agradecimientos

Los Autores expresan sus agradecimientos a:

A la vida y a Dios por permitirnos avanzar y nunca desistir; que nuestro esfuerzo se vea reflejado en el empeño dado.

Claudia Milena Amorocho Cruz, Ingeniera Agrícola, PhD. del Departamento de Biotecnología, Área de Microbiología de la Escuela Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Valencia. Profesor de planta de la Facultad de Ingeniería, Área de Agroindustria del programa de Ingeniería Agrícola. Por toda su confianza, dedicación, comprensión y apoyo en todo el desarrollo del proyecto.

Wilmer Licerio Ladino Garzón, Ingeniero Agrícola, Magister en Ciencia y Tecnología del Café, miembro del Centro Sur colombiano de Investigaciones del Café – CESURCAFÉ, Universidad Surcolombiana Sede Neiva y co-asesor del proyecto. Por su colaboración, orientación y sugerencias durante la realización de este proyecto.

Luis Enrique Uribe Gonzáles, Ingeniero Químico y Microempresario de vinos Salome, por su ayuda en el proceso de destilación, por facilitar los equipos y materiales necesarios, así como su disponibilidad de tiempo y aclaración de dudas.

Universidad Surcolombiana y CESURCAFÉ, Laboratorios de procesos agroindustriales, microbiología, bromatología y sala de análisis sensorial, adscrito a la Facultad de Ingeniería, por permitir el espacio para el procesamiento, seguimiento y análisis de las muestras.

Productores de carambola, por su apoyo en la recolección y donación de la carambola para llevar a cabo la investigación.

Por último, y no menos importante, a nuestros familiares, amigos, compañeros y profesores que brindaron su respaldo y motivación.

A todos, muchas gracias

Resumen

El licor es una bebida alcohólica obtenida por destilación de zumos fermentados, que, al ser nuevamente destilada en presencia de especias aromáticas, principalmente enebro, dan lugar a ginebras con aromas y sabores distintos. De otro modo, la carambola (*Averrhoa carambola*) no ha resultado ser una fruta altamente consumida, pero teniendo en cuenta su alto contenido en vitamina C y ácido oxálico puede ser una alternativa en la elaboración de licores. Con el fin de determinar el potencial biotecnológico de las cepas Oenoferm® Freddo y Oenoferm® Color (marca comercial Erbslöh, para fermentación de vinos) de la especie *Saccharomyces cerevisiae* (var. *Bayanus*) en distintos espacios de cabeza de tanques de fermentación, se evaluó el crecimiento de los microorganismos y propiedades fisicoquímicas del zumo tales como: sólidos solubles, pH, acidez titulable y viscosidad durante el proceso fermentativo alcohólico. En la fase inicial de la presente investigación, se partió de la obtención y caracterización del zumo, siendo chaptalizado a 20 °Brix con azúcar invertida y clasificada en cuatro tratamientos (F₁, F₂, C₁ y C₂) para su respectiva fermentación de nueve (9) días a temperatura ambiente (26 °C aprox). Posteriormente, la bebida fermentada obtenida se clarificó con bentonita durante una semana. Para la obtención del licor, se sometió el vino clarificado a destilación fraccionada en el alambique, luego se re-destiló en acompañamiento de bayas de enebro y otras especias aromáticas para la obtención de la ginebra a fin de evaluar sensorialmente a 36 catadores sin experiencia. Los resultados más relevantes permitieron observar un descenso en contenido de sólidos solubles y viscosidad, desde 19,35±0,13 a 7,11±0,06 °Brix y 5,75±0,31 a 3,25±0,19 cP respectivamente, mientras que el pH redondeo entre 4,23±0,12 y 3,54±0,04 y porcentaje de acidez desde 0,37±0,04 a 0,75±0,04%, el crecimiento de levaduras durante la fermentación fue entre 6,63±0,41 y 8,76±0,57 UFC/mL. Se concluyó que los resultados obtenidos determinaron que los tratamientos presentaron diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos-microbiológico durante la fermentación, que ambas levaduras presentan extensas capacidades de adaptación y que el fraccionamiento de cortes en la destilación garantiza calidad en el destilado.

Palabras clave: bebida fermentada, fermentación, destilación fraccionada, licor, bayas de enebro.

Abstract

Liqueur is an alcoholic beverage obtained by distillation of fermented juices, which, when distilled again in the presence of aromatic spices, mainly juniper, give rise to gins with distinct aromas and flavors. On the other hand, carambola (*Averrhoa carambola*) has not been found to be a highly consumed fruit, but considering its high content in vitamin C and oxalic acid it can be an alternative in the elaboration of liqueurs. In order to determine the biotechnological potential of the Oenoferm® Freddo and Oenoferm® Color (Erbslöh commercial brand, for wine fermentation) strains of the *Saccharomyces cerevisiae* species (var. *Bayanus*) in different fermentation tank headspaces, the growth of microorganisms and physicochemical properties of the juice such as soluble solids, pH, titratable acidity and viscosity were evaluated during the alcoholic fermentation process. In the initial phase of this research, the juice was obtained and characterized, being chaptalized at 20 °Brix with inverted sugar and classified into four treatments (F₁, F₂, C₁ and C₂) for their respective fermentation for nine (9) days at room temperature (26 °C approx.). Afterwards, to obtain the liquor, the clarified wine was subjected to fractional distillation in the still, then re-distilled with juniper berries and other aromatic spices to obtain the gin for sensory evaluation by 36 inexperienced tasters. The most relevant results showed a decrease in soluble solids content and viscosity, from 19,35±0,13 to 7,11±0,06 °Brix and 5,75±0,31 to 3,25±0,19 cP respectively, while pH rounded between 4,23±0,12 and 3,54±0,04 and acidity percentage from 0,37±0,04 to 0,75±0,04%, yeast growth during fermentation was between 6,63±0,41 and 8,76±0,57 UFC/mL. It was concluded that the results obtained determined that the treatments presented significant differences in the physicochemical-microbiological parameters during fermentation, that both yeasts present extensive adaptation capacities and that the fractionation of cuts in distillation guarantees quality in the distillate.

Keywords: fermented beverage, fermentation, fractional distillation, liqueur, juniper berries.

Tabla de Contenido

Agradecimientos	4
Resumen.....	5
Abstract	6
Lista de figuras y gráficas	10
Lista de tablas.....	12
Lista de abreviaturas, siglas y símbolos	13
1. Introducción.....	14
1.1. Antecedentes	14
1.1.1. <i>Internacional</i>	14
1.1.2. <i>Nacional</i>	15
1.1.3. <i>Regional</i>	16
1.2. Justificación.....	18
1.3. Objetivos	19
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	19
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	19
2. Marco teórico.....	20
2.1. Carambola	20
2.1.1. <i>Propiedades atribuidas</i>	20
2.1.2. <i>Composición nutricional y fisicoquímica</i>	21
2.1.3. <i>Recolección, almacenamiento y aprovechamiento de la carambola</i>	21
2.2. Fermentación alcohólica	22
2.2.1. <i>Importancia de la fermentación</i>	23
2.2.2. <i>Mosto</i>	24
2.3. Levaduras	24
2.3.1. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	24
2.3.2. <i>Géneros de levaduras de importancia en la fermentación alcohólica</i>	25
2.4. Viscosidad de los fluidos.....	26
2.4.1. <i>Fluido newtoniano</i>	27
2.4.2. <i>Fluido no newtoniano</i>	27
2.4.3. <i>Medición de la viscosidad</i>	27
2.5. Destilación.....	27
2.5.1. <i>Principios de destilación</i>	28

2.5.2.	<i>Destilación fraccionada</i>	28
2.6.	Destilados	29
2.6.1.	<i>Licor</i>	29
2.6.2.	<i>Ginebra</i>	29
3.	Materiales y métodos.....	30
3.1.	Preparación de la muestra – fase 1	30
3.1.1.	<i>Recolección y clasificación de materia prima</i>	30
3.1.2.	<i>Trozado y despulpado de la materia prima</i>	30
3.1.3.	<i>Caracterización y estandarización del zumo</i>	31
3.2.	Proceso de fermentación - fase 2.....	31
3.2.1.	<i>Preparación levaduras y activador biológico</i>	31
3.2.2.	<i>Activación e inoculación de levadura</i>	32
3.2.3.	<i>Fermentación</i>	33
3.3.	Caracterización fisicoquímica y microbiológica – fase 3.....	33
3.3.1.	<i>Análisis fisicoquímico</i>	33
3.3.2.	<i>Análisis microbiológicos</i>	34
3.4.	Tratamientos finales del vino – fase 4.....	36
3.4.1.	<i>Primer trasiego</i>	36
3.4.2.	<i>Clarificación y segundo trasiego</i>	36
3.5.	Destilación – fase 5	37
3.5.1.	<i>Primera destilación</i>	37
3.5.2.	<i>Segunda destilación</i>	38
3.5.3.	<i>Caracterización de la ginebra</i>	39
3.6.	Envasado y almacenamiento final - fase 6	40
3.7.	Análisis sensorial - fase 7.....	40
3.8.	Análisis estadístico – fase 8	41
4.	Resultados y discusión	42
4.1.	Rendimiento de la materia prima	42
4.2.	Caracterización y estandarización de la materia prima	42
4.2.1.	<i>Análisis de sólidos solubles y densidad del zumo de carambola</i>	42
4.2.2.	<i>Chaptalización del zumo de carambola</i>	42
4.3.	Parámetros fisicoquímicos del vino de carambola.....	42
4.3.1.	<i>Sólidos Solubles (°Brix)</i>	42

4.3.2.	<i>pH</i>	45
4.3.3.	<i>Acidez titulable (% Ácido Cítrico)</i>	48
4.3.4.	<i>Viscosidad</i>	51
4.3.5.	<i>Clarificación y caracterización fisicoquímica del vino</i>	55
4.4.	Análisis microbiológicos en el zumo fermentado	56
4.4.1.	<i>Crecimiento microbiano</i>	56
4.4.2.	<i>Interpretación morfológica de las cepas Saccharomyces cerevisiae</i>	58
4.4.3.	<i>Prueba de catalasa</i>	59
4.5.	Destilación.....	60
4.5.1.	<i>Destilado del vino de carambola</i>	60
4.5.2.	<i>Destilado del licor de carambola</i>	63
4.5.3.	<i>Análisis ginebra de carambola</i>	65
4.6.	Análisis sensorial.....	66
4.6.1.	<i>Atributos generales</i>	66
4.6.2.	<i>Aromas específicos</i>	67
4.6.3.	<i>Sabores específicos</i>	68
4.6.4.	<i>Impresión general</i>	69
4.6.5.	<i>Probabilidad de compra</i>	70
5.	Conclusiones.....	71
6.	Recomendaciones.....	72
7.	Referencias	73
8.	Anexos.....	84

Lista de figuras y gráficas

Figura 2-1:	Fruta carambola.....	20
Figura 2-2:	Esquema del metabolismo de la fermentación alcohólica realizado por levadura <i>S. Cerevisiae</i> para obtención de etanol.....	23
Figura 2-3:	Ruta metabólica de la levadura en condiciones aerobias y anaerobia.....	25
Figura 2-4:	Fluidos newtonianos y no newtonianos.....	27
Figura 3-1:	Troceado transversal de la carambola (A) y despulpadora industrial de fruta JAVAR (B).....	30
Figura 3-2:	Levaduras comerciales <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>Bayanus</i> y VitaDrive.....	32
Figura 3-3:	Montaje de recipientes de fermentación, de izquierda a derecha: F ₁ , C ₁ , F ₂ y C ₂	32
Figura 3-4:	Reómetro digital Brookfield DV3T (A) y aguja SC4-18 (B).....	34
Figura 3-5:	Esquema de diluciones seriadas para análisis microbiológico en los tratamientos.....	35
Figura 3-6:	Extensión y aplicación del colorante en las muestras (A) y secado de los montajes (B).....	35
Figura 3-7:	Selección de colonia microbiana (A) y adición de gota de H ₂ O ₂ (B).....	36
Figura 3-8:	Vino de carambola primer (A) y segundo (B) trasiego.....	37
Figura 3-9:	Sistema de destilación fraccionada para la extracción de licor de carambola.....	38
Figura 3-10:	Medición de riqueza alcohólica real y temperatura en destilados.....	38
Figura 3-11:	Adición de licor destilado (A) y especias aromáticas (B).....	39
Figura 3-12:	Presentación final de ginebra de carambola.....	40
Figura 3-13:	Análisis sensorial en ginebra de carambola.....	41
Figura 4-1:	Morfología de las colonias formadas por las levaduras.....	59
Figura 4-2:	Burbujeo en prueba catalasa de las colonias seleccionadas.....	59
Figura 4-3:	Montaje de los componentes de izquierda a derecha: vino de carambola, vinaza y destilado.....	62
Figura 4-4:	Montaje de los componentes en redestilación de izquierda a derecha: residuo y ginebra.....	65
Figura 4-5:	Montaje de prueba cualitativa de metanol.....	66
Grafica 4-1:	Variación de sólidos solubles (°Brix) versus tiempo de fermentación.....	43
Grafica 4-2:	Comportamiento del pH versus tiempo en los tratamientos de cepas Freddo y Color.....	46

Grafica 4-3:	Comportamiento de % acidez versus tiempo en los tratamientos de cepas Freddo y Color.....	49
Grafica 4-4:	Variación de la viscosidad en la fermentación con cepas Freddo y Color.....	51
Grafica 4-5:	Representación esquemática de fuerza de cizalla vs rata de corte en fermentación.....	53
Grafica 4-6:	Variación de levaduras en la fermentación con cepas Freddo y Color.....	56
Grafica 4-7:	Relación de %ABV (A) y volumen obtenido (B) en destilación de los tratamientos.....	60
Grafica 4-8:	Relación temperatura de destilación en función del tiempo al destilado F ₁	62
Grafica 4-9:	Relación de %ABV (A) y volumen obtenido (B) en redestilación de los tratamientos.....	63
Grafica 4-10:	Relación temperatura de destilación en función del tiempo al destilado.....	64
Grafica 4-11:	Perfiles de aromas específicos en grafico radar/araña para ginebras de carambola.....	67
Grafica 4-12:	Perfiles de sabores específicos en grafico radar/araña para ginebras de carambola.....	68
Grafica 4-13:	Resultados sobre impresiones generales de ginebras de carambola.....	70
Grafica 4-14:	Resultados sobre preferencia de compra de ginebras de carambola.....	70

Lista de tablas

Tabla 2-1: Composición nutricional en 100 g de carambola.....	21
Tabla 2-2: Varios volátiles presentes en el lavado fermentado y algunas de sus propiedades.....	28
Tabla 4-1: Valores de contenidos sólidos solubles durante la fermentación.....	42
Tabla 4-2: Variación del pH en la fermentación con tratamientos cepas Freddo y Color	45
Tabla 4-3: Variación %Acidez en la fermentación con tratamientos cepas Freddo y Color.....	48
Tabla 4-4: Variación de viscosidad durante el proceso fermentativo.	51
Tabla 4-5: Requisitos específicos de vino clarificado de carambola en los distintos tratamientos...	55
Tabla 4-6: Variación del crecimiento microbiano durante el proceso fermentativo.	56
Tabla 4-7: Resultados primera destilación en los tratamientos de vino clarificado de carambola....	60
Tabla 4-8: Resultados segunda destilación en los tratamientos de carambola.	63
Tabla 4-9: Requisitos específicos de la ginebra y de la ginebra compuesta o gin.	65
Tabla 4-10: Puntuación de atributos generales en ginebra de carambola.	66
Tabla 4-11: Puntuación de aromas específicos en ginebra de carambola.	67
Tabla 4-12: Puntuación en sabores específicos en ginebra de carambola.....	68

Lista de abreviaturas, siglas y símbolos

g	Gramo
kg	Kilogramo
ppm	Partes por millón
L	Litros
mL	Mililitros
hl	Hectolitro
dm ³	Decímetro cubico
%ABV	Grado alcohólico volumétrico
Vd	Volumen destilado
%m/v	Porcentaje masa en volumen
%v/v	Porcentaje volumen en volumen
N	Normalidad
cP	Centipoise
dyne	Unidad de fuerza cm-g-s
YGC	Agar de extracto de levadura-glucosa cloranfenicol
UFC	Unidades Formadoras de Colonia
s	Segundos
min	Minutos
°C	Grados Celsius
ρ	Densidad
m	Masa
v	Volumen

1. Introducción

1.1. Antecedentes

Las bebidas alcohólicas a grandes rasgos se dividen en grupos tales como: cervezas, licores y otras bebidas alcohólicas. Para efecto de este, su definición se establece en el contenido de alcohol. En el caso de los licores, pueden ser elaborados directamente por la destilación de bebidas o mostos fermentados, por maceración de productos vegetales o adición de aromatizantes, edulcorantes y/o productos de origen agrícola permitidos. Los vinos y aperitivos no se consideran licores sino parte del grupo de otras bebidas alcohólicas, aunque la mezcla de alcohol etílico o alcohol de vino, especias y otras esencias naturales pueden dar distinción del grupo de licor que desee obtener (MinSalud, 2012).

El origen de la ginebra no es bien sostenido. La primera fecha se registró a principios del siglo XVII en Países Bajos, aunque se ha asociado a una presencia italiana, pueblo que introdujo el descubrimiento del valor medicinal de enebro por los monjes italianos medievales. Hasta el día de hoy, las bayas de enebro silvestres de la colina Toscana (Italia) siguen siendo catalogadas las mejores del mundo. Más tarde, fue optada por los británicos del Reino Unido de manera exitosa, razón por la cual ahora se considera la patria de la ginebra (do Amarante, 2016).

Ahora bien, el alcohol no es catalogado un producto cualquiera o recientemente estudiado; ha formado parte de la civilización durante miles de años y se asocia en la mayoría de los contextos placenteros, de sociabilidad y consumo frecuente. La interacción social de los seres humanos en momentos excepcionales (fiesta o luto) o cotidianos (charla y comida), han contado con la presencia estimulante de las bebidas alcohólicas, siendo elaboradas por el mismo humano producto de la curiosidad y paciencia de ensayos (de Cote Orozco, 2010).

1.1.1. Internacional

Los avances e investigaciones de licores a nivel internacional se han convertido en un pilar para la ampliación de la industria y el aprovechamiento de los crecientes procesos de integración económica en el mundo. El panorama mundial ha demostrado que el Reino Unido es fabricante líder de ginebra y que para el año 2014 se contaba con 202 destilerías, de las cuales 134 en Escocia, 61 en Inglaterra, 6 en Gales y 1 en Irlanda del Norte. En ese mismo año, el mercado interno de las bebidas espirituosas en el Reino Unido poseía el siguiente perfil: vodka (30,3%), bebidas espirituosas aromatizadas (19,6%), whisky escocés (18,8%), ginebra (9,4%), ron (9,3%), brandy (5,8%), whisky americano (5,1%), whisky irlandés (1,0%) y tequila (0,7%). A nivel de exportación, el 70% de toda la producción británica corresponde a la ginebra, convirtiéndose el Reino Unido en el mayor exportador mundial de

ginebra, distribuida en 139 países de los 5 continentes. En cuanto al posicionamiento mundial, Filipinas, Estados Unidos y España son las mayores mercaderías de ginebra a nivel mundial; sin embargo, los mayores consumidores per cápita por litro de ginebra son Filipinas (1,4), Eslovaquia (1,2), Países Bajos (0,8), España (0,6), Reino Unido (0,4), Estados Unidos (0,3), Canadá y Uganda (0,2) y Alemania (0,1) (do Amarante, 2016).

1.1.2. Nacional

La industria de las bebidas alcohólicas en Colombia es un sector que a través del tiempo ha ido creciendo y manejado estructuras de producción, distribución, ventas y aceptación en el mercado. Zapata *et al* (2019) menciona que una de las particularidades importantes son la existencia de un consumo muy regionalizado y que la importancia de recaudo en términos de impuestos de este sector se ha concentrado en ciertos departamentos donde las licoreras son fuertes. Sin embargo, la producción de estas bebidas se ha valorizado por la mayor producción de la industria cervecera la cual representa en promedio el 82% del total producido por las industrias colombianas de bebidas alcohólicas, siendo las de mayor contenido de alcohol, menos fuertes en el país. También menciona que el consumo de bebidas alcohólicas tiene una estimación regional muy marcada por los rasgos culturales que difieren según la zona: en la Cundiboyacense se consume más cerveza, en el Eje Cafetero el consumo de aguardiente es mayor y, en la Costa Atlántica el consumo de Whisky y Ron es más importante que en las otras regiones (Zapata y Sabogal, 2012).

Ahora con el mercado legal colombiano respecto a los licores, vinos, aperitivos y similares, se constituye una gran atracción para cualquier comercializador y/o productor por su alto volumen en ventas según las características de aceptación del consumo; debido a este comportamiento, es posible evidenciar las condiciones del mercado en precio al consumidor final están más dadas por condiciones de mercadeo, que por la fijación reglamentaria de condiciones por parte departamental; sin embargo, la comercialización de las bebidas alcohólicas posee un comportamiento atípico, siendo estable a través del tiempo, presentando un leve decrecimiento del 0,5% promedio anual, sin ser afectado por el crecimiento población colombiano en edad de consumo y manejo inadecuado, dando paso a productos que pueden ser perjudiciales a la salud del consumidor. La rentabilidad generada en una bebida reconocida ancestral, aporta un valor agregado nacional, pero de igual manera se muestra que el desarrollo de esto dependen de los intereses demandantes del producto, en este caso se evidencia en el despliegue de restricción y desprestigio que establecen por el consumo de las bebidas fermentadas que son consideradas tradicionales, por ende, es importante apoyar e impulsar productos locales puesto que tienen un gran potencial y los cuales podrían ser reconocidos (Bueno Vélez, 2018).

Un informe realizado por Caballero Argáez *et al* (2004) denominado “Evaluación inicial de la reforma a los impuestos a los licores en Colombia” analizaron mediante bases del DANE y Fedesarrollo que, en el año 2002, los productos nacionales representaron el 72% del valor del mercado y el 86% del volumen de este. Del valor total vendido por las empresas nacionales, 52% correspondió a aguardiente, 28% a ron, 6,5% a vinos, 5,9% a brandy, 5,3% a varios licores (saborizados y aperitivos principalmente) y menos del 2% a otros licores como esencias de whisky, vodka y ginebra. Zuleta y Jaramillo (2000) resalta que algunas características básicas de la demanda de bebidas alcohólicas en Colombia, tales como la elasticidad, precio e ingreso, han proporcionado el consumo frecuente en licores y la distribución de compra por estratos; concluyendo que el consumo es relativamente bajo y que la participación en los hogares es mínima.

Colombia al ser un país con variedad en todo contexto como se ha venido mencionando, aún no explora a gran escala su potencial en el aprovechamiento de frutos, sus investigaciones aún son pocas y abarcan solo escenarios con el manejo de los mismo cultivos o sembrados de granos y cereales como el maíz, la cebada y el trigo; los pocos estudios como: “Análisis de potencial competitivo de la industria de licores en el departamento del Valle del Cauca” por el artículo de Franco *et al* (2015) y “Elaboración de una bebida hidratante a base de carambola (*Averrhoa carambola L.*) y Mora (*Rubus glaucus*)” por Martelo Verbel y Porto Neira (2011), destacan los frutos poco comunes que pueden ser potencial en bebidas y fuente de desarrollo en proyectos investigativos.

1.1.3. Regional

Las bebidas alcohólicas a nivel general dan una amplia variedad desde el plan de desarrollo de la región. La industria de licores del Huila se basa en su fuerte de elaboración de aguardiente, representando solo una participación del 2%, respecto a otros productos de precios relativamente bajos como ron o brandy, aferrándose a la concentración de la demanda y en espera que una preferencia regional (Caballero *et al.*, 2004). A su vez el departamento maneja características de fronteras abiertas con respecto a bebidas alcohólicas en general, exceptuando el aguardiente, lo cual remite a crear convenios que suplan esta demanda del mercado, demostrando que la falta de planificación objetiva u apoyo a la producción de esta industria es mínima; todos estos datos se basaron del informe “Análisis del funcionamiento del monopolio de los licores en el Huila y diseño de una propuesta para mejorar su gestión” del año 2012. (Zapata y Sabogal, 2012) resaltan que el monopolio de los licores (destilados) con una graduación superior a 20 grados de alcohol, no solo se basan en su producción, sino también la distribución, comercialización e introducción tanto de licores nacionales como importados. Por ende, es necesario identificar que el Huila es insuficiente para aprovechar las

economías de escala que caracterizan la producción industrial de licores. Lo mencionado radica en que el coste medio de la producción aumenta a medida de las cantidades producidas. Esto, además, pide un uso óptimo de capacidades instaladas industriales. Sin embargo, en el caso del Huila y otros departamentos con mercados similares o más pequeños, la producción industrial se hace costosa en términos relativos (Zapata *et al.*, 2019).

Finalmente se identifica que el departamento del Huila no hay un desarrollo potencial con carambola, aun reconociendo la fruta como una apuesta productiva, así lo menciona Morales Romero *et al* (2019). Mediante los datos del DANE se identificó que solo el 4,2% de los productos agrícolas de la región tienen algún tipo de transformación. Dicho fruto puede ser un potencial de aprovechamiento agroindustrial en industrias vitivinícolas y de vinagre; de manera artesanal se puede trabajar en néctares, jugos, pulpas, mermeladas, conservas, etc. Un soporte de lo anterior es lo realizado por Acosta Cortes y Robles Puente (2020) mediante un “Plan de estudio de mercado enfocado en la producción, comercialización y distribución de vinos artesanales la Carambola en el departamento del Huila y Cundinamarca” destacan los vinos de frutas como una alternativa para un desarrollo de la región, el cual da valor agregado.

1.2. Justificación

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de contribuir al desarrollo de la agroindustria teniendo en cuenta los factores económicos, ambientales y sociales derivados de la actividad. El inadecuado manejo postcosecha en la carambola y la falta de aplicación en procesos agroindustriales han sido realmente uno de los problemas que hay que mirar desde una perspectiva regional. En la actualidad, el departamento del Huila no cuenta con estudios de investigación avanzados en la producción de licores frutales; además, el desarrollo de procesos agroindustriales y biotecnológicos es bajo. A eso agreguemos que, al ser una fruta altamente perecedera y de un sabor peculiar, no ha sido lo suficientemente comerciable. Es por ello, que la importancia del proyecto radicara en el aprovechamiento y generación de valor agregado de la carambola para una mayor diversificación de productos derivados del mismo. Dentro de los beneficios del proyecto, se implementará técnicas de transformación y desarrollo agroindustrial, logrando no solamente una disposición adecuada de la carambola o rentabilidad en los productores, si no, reducir los impactos ambientales que permitan mitigar focos de infección en nuestro entorno. Hoy por hoy, el mundo también ha apostado reducir este tipo de pérdidas y desperdicios de frutas para contribuir a la seguridad alimentaria y una mayor sostenibilidad; es aquí donde se encuentra una de las principales razones para fortalecer la cadena productiva del sector frutícola en la región, de modo que los productores adquieran destrezas en aprovechamiento y se puedan ejecutar. Por lo anterior, se propone desarrollar un proyecto en el que se aplique un proceso agroindustrial y biotecnológico mediante la fermentación alcohólica de la carambola y posterior destilación para la obtención de un licor. Ante esto se plantea, ¿es posible elaborar un licor de carambolo con aceptación por parte de los consumidores?

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

- Elaborar y evaluar un licor redestilado de carambola (*Averrhoa carambola*), a partir de la adición de levadura *Saccharomyces cerevisiae* (var. *Bayanus*) cepas Freddo y Color en el proceso de fermentación alcohólica.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Determinar el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación alcohólica.
- Evaluar propiedades fisicoquímicas (pH, sólidos solubles, acidez titulable, temperatura, viscosidad) durante la fermentación alcohólica.
- Realizar análisis sensorial del licor redestilado de carambola.

2. Marco teórico

2.1. Carambola

Proveniente de un árbol que da el nombre al fruto, perteneciente al reino vegetal de la clase dicotiledónea conocida popularmente como la fruta estrella por la forma de su corte transversal, procedente de Asia y cultivada en regiones tropicales o subtropicales, de nombre científico *Averrhoa carambola L.*, de la familia oxalidaceae del género *Averrhoa*, que ha atribuido un diverso contenido de antioxidantes en su estado maduro (Xoca-Orozco *et al.*, 2018). Es una fruta con forma de baya alargada de buen contenido de pulpa, de 4 a 5 secciones alrededor y una superficie lisa-brillante, en su bromatología tiene un pH de 1,79 a 3,4, sólidos solubles de 4 a 11°Brix, ácido oxálico (0,18%), ácido málico (0,26%), azúcar (1,14-5%), humedad (90%), densidad (0,360-0,380 g/mL) y %acidez (1,48-2,31) que puede variar significativamente según el estado de madurez. Sus dimensiones están en diámetro longitudinal (3,84-8,89 cm), diámetro transversal (5,38-5,71 cm), peso fruto fresco (66,36-95,10g), con 5 o más costillas longitudinales (Figura 2-1). El árbol de carambola tiene hojas perennes, en un tronco simple alargado y con ramas primarias, secundarias y terciarias que dan el fruto. Su altura aproximada es de 7 a 10 metros y sus hojas en promedio de 15 a 30 cm distribuyéndose entre las ramas. Las semillas por lo general son de 10 a 12 por carambola, pero son comestibles, cuya longitud es de 0,6 –1,3cm y de color marrón claro (Mohammed Saghir *et al.*, 2013; salguero herrera, 2014; Navarro, 2011; Gonzales *et al.*, 2001).



Figura 2-1: Fruta carambola.

2.1.1. Propiedades atribuidas

Según Martínez Navarro (2011) la carambola es una fruta rica en vitamina C, funciona como antioxidante y por su alto contenido de polifenoles, ayuda a prevenir algunos cánceres de órganos con mucosa como el estómago, aportando a la disminución de obtener cataratas, enfermedades crónicas o aquellas que puedan degenerar partes de gran importancia en los tejidos. Un papel importante que cumple su ácido fólico y las fibras solubles contenidas en gran proporción es prevenir estreñimientos crónicos o cáncer en el colón debido a su capacidad antioxidante, bloquea y desecha de la circulación aquellos radicales libres dañinos en el organismo humano. Sin embargo, como en

todos los casos, su consumo en exceso debe ser de manera precavida, puesto que sus altos contenidos de potasio, oxalato de calcio, y demás compuestos pueden ser perjudiciales.

2.1.2. *Composición nutricional y fisicoquímica*

Generalmente las propiedades pueden atribuir al alivio de malestares con sus características medicinales. Dicha calidad del fruto puede depender de su estado de madurez, edad, tipo de manejo y condiciones ambientales, también se encuentra estrechamente relacionado con el rendimiento (González *et al.*, 2001). Del mismo modo, la carambola aporta grandes beneficios nutricionales puesto que, al ser digestible, se puede utilizar para el tratamiento de hemorroides, sedativo para pacientes con asma, diurético, antídoto contra venenos y alivia malestares (Salguero Herrera, 2014).

La carambola tiene aminoácidos, carotenoides, minerales (calcio, fosforo, etc.), gran contenido de pectina, celulosa y ciertos componentes de interés como lípidos, proteínas, fibras, azúcar, entre otros; como lo reportaron (Hall *et al.*, 1980; Burguera *et al.*, 1992) según lo citado por (Narain *et al.*, 2001). En general, la carambola es una fruta que contiene carbohidratos los cuales son de alto interés para el proceso de fermentación alcohólica, con relación al agua, proteínas, calcio, fósforo tiamina, riboflavina y niacina, serán componentes importantes para la nutrición de las levaduras. En la Tabla 2-1 se listan los compuestos comunes de la carambola (González *et al.*, 2001).

Tabla 2-1: Composición nutricional en 100 g de carambola.

Compuesto	Cantidad
Calorías	35,7
Agua	89 – 91 g
Carbohidratos	9,38 g
Grasas	0,08 g
Proteínas	0,38 g
Fibra	0,8 – 0,9 g
Cenizas	0,26 – 0,4 g
Calcio	4,4 – 6,0 mg
Fosforo	15,5 – 21,0 mg
Hierro	0,32 – 1,65 mg
Tiamina	0,03 – 0,038 mg
Riboflavina	0,019 – 0,03 mg
Niacina	0,294 – 0,38 mg
Ácido ascórbico	62,0 – 53,1 mg

2.1.3. *Recolección, almacenamiento y aprovechamiento de la carambola*

Los comportamientos de las variables de interés del fruto siempre dependen del estado de madurez en el que se encuentre, puesto que tienden a ser muy susceptibles a daños mecánicos por su forma de estrella y su contenido de humedad, de ahí también radica la importancia de los tiempos de

recolección, manejo y almacenamiento. Algunos autores (Gonzales *et al.*, 2001; Pérez-barraza *et al.*, 2005; Cagua *et al.*, 2015) plantean que en las etapas de cosecha y postcosecha del fruto se debe manejar de manera manual y preferiblemente en estado maduro, ya que si se recolectan en etapas tempranas tienden a ralentizar su maduración, donde pueden disminuir los sólidos solubles, aumentar la acidez y retardar su comercialización; sin embargo, la vida de anaquel en el almacenamiento se acorta, dando una contra parte para indicar que el fruto es de manejo inmediato. Ahora bien, también mencionan que las etapas de aprovechamiento del fruto se dan por el buen manejo de las temporadas tanto de brote vegetativo como la de la floración, abarcando los meses desde enero hasta agosto como los indicados para el buen crecimiento bajo condiciones tropicales. Finalmente especifican que los meses de junio y julio brindan una intensidad del 80 % en producción, que va con la época de mayor precipitación y temperaturas de 27 y 28.5 °C; y los meses de septiembre-noviembre con intensidades de 60 %, resaltando que estas condiciones pueden variar según el entorno del cultivo y el terreno.

2.2. Fermentación alcohólica

Toda reacción química depende del medio y/o condiciones tanto externas como internas en las que se requiera trabajar, en este caso, la fermentación de azúcares es un proceso anaeróbico que, a través de levaduras, se consumen los monosacáridos presentes (glucosa y otros azúcares) en el medio generando alcohol, dióxido de carbono y energía por secuencias de reacciones químicas las cuales son catalizadas por enzimas específicas (Figura 2-2). Ante esto, se ha considerado como materia prima fundamental las levaduras de especie *Saccharomyces cerevisiae* para la etapa primordial de la vinificación o la presencia de la enzima glucosidasa. De ello resulta necesario decir que la importancia de conocer el proceso desde la selección del fruto, la siembra de los microorganismos presentes, su respectivo control y monitoreo, permiten obtener una fermentación completa y productiva (León y Portilla, 2017). Es de resaltar que la temperatura y la exposición al aire son claves para el proceso de fermentación y desarrollo de las levaduras.

Para comprender un poco más el comportamiento de la fermentación alcohólica y las bebidas derivadas, se ha relacionado el proceso con la ruta Embden-Meyerhoff mediante etapas metabólicas en la que se oxida la glucosa; en dicha fermentación, la reacción de los ácidos glicerolaldehidofosforico y diacetofosforico producen de manera simultánea ácido fosfoglicerico y ácido alpha- glicerofosforico, y que por medio de la deshidratación da paso al ácido pirúvico; a su vez, por acción de la enzima descarboxilasa se descompone en dióxido de carbono y acetaldehído, el cual es reducido a etanol. Para poder cumplir con un ciclo de fermentación este varía según los límites

como la temperatura, cantidad de azúcar disponible y tipo de cepa fermentadora, si se conserva la falta de oxígeno y parámetros de control de mosto (Carbonero Zalduegui, 1975; Bastos, 2017).

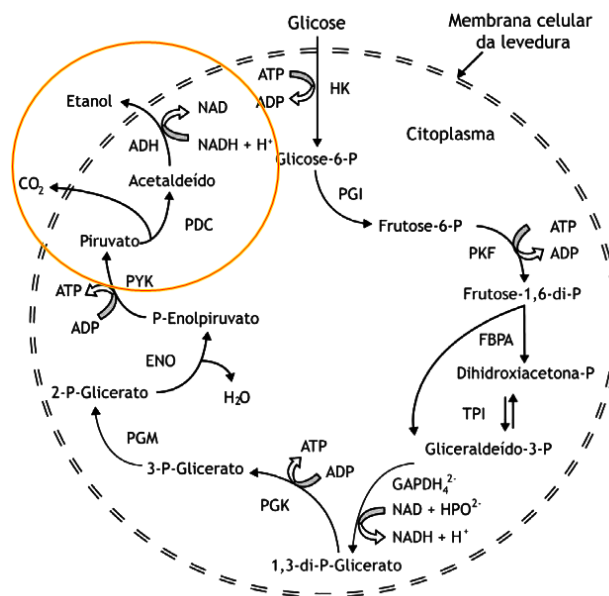


Figura 2-2: Esquema del metabolismo de la fermentación alcohólica realizado por levadura *S. Cerevisiae* para obtención de etanol. Adaptado por: (Bastos, 2017)

2.2.1. Importancia de la fermentación

La fermentación alcohólica ha sido una piedra angular para la producción de alcohol etílico puesto que, sin este proceso bioquímico, el mercado de vinos y cervezas colapsaría. Para ejemplificar su importancia, en la misma Figura 2-2 se representa que el etanol es el producto de mayor relevancia en el proceso; partiendo que cada ácido pirúvico generado se descarboxila (pierde un carbono en forma de CO_2), convirtiéndose en un acetaldeído que recibe electrones del NADH , convirtiéndose en etanol y regenerando NAD^+ .

Con la anterior explicación sobre el proceso fermentativo para la obtención de alcohol se identifica que la importancia radica en función a la desintegración de nutrientes en un medio específico denominado mosto, facilitando la digestión de los microorganismos presentes proporcionándoles la energía necesaria para sobrevivir y que estos a cambio brinden compuesto de sus desechos CO_2 y el etanol. A su vez como se realiza una biotransformación de azúcares que aporta en compuestos que estarán presentes en la bebida fermentada, de allí la importancia de controlar aspectos como la temperatura, la disponibilidad del oxígeno, los nutrientes y demás parámetros del proceso (Contreras Morales y Del Campo Romero, 2015). Es necesario resaltar que a pesar de la capacidad de metabolismo los compuestos del medio, el consumo de los azúcares no siempre se da en la misma

proporción, todo depende del tipo de azúcar principal que se añada al medio, algunos autores mencionan que chaptalizar o hidrolizar el azúcar que se añade, favorece el transporte directo con la célula microbiana en compuestos simples para un óptimo metabolismo (Bastos, 2017).

2.2.2. Mosto

Según ministerio de salud y protección social [MinSalud] (2021), el mosto es “sustrato fermentable sin riqueza alcohólica, obtenido a partir de uvas, frutas, cereales o de otros productos naturales agrícolas; ricos en carbohidratos, susceptibles de transformarse en etanol mediante procesos bioquímicos”. El mosto debe cumplir para fermentación alcohólica una concentración entre 12 a 22 °Brix, pues si la concentración es baja el grado alcohólico obtenido será pobre, pero si es muy alto la fermentación no se llevará a cabo, pues la presión osmótica que se ejerce sobre las levaduras es grande y no permite que actúen sobre los azúcares (Mora Dután, 2014).

2.3. Levaduras

Son un grupo de hongos unicelulares, esféricos o cilíndricos, que se proliferan por medio de la fusión de dos células que consumen azúcares y transforman los hidratos de carbono en CO₂ y alcohol. Son los principales responsables de la transformación del mosto y de proporcionar aromas característicos de la materia prima, al igual que sabor y textura. En la fermentación se debe identificar el tipo de cepa a trabajar ya que depende su resistencia a la concentración final del etanol (Mora Dután, 2014). Ahora bien, las condiciones para un desarrollo sano son: escala de temperaturas relativamente corta, 13 a 30 °C no son viables, aunque también dependerán de la especie de levadura, capacidad de resistencia y temperatura óptima de desarrollo. Cabe aclarar que no solamente depende los factores de manejo del microorganismo, sino también el control de temperatura según el tipo de bebida; para una graduación alcohólica baja, la fermentación se deberá hacer realizar a alta temperatura, mientras que para una alta graduación alcohólica se efectuará una baja temperatura. La temperatura idónea se sitúa entre los 25 y 30°C, en función a los requerimientos (León y Portilla, 2017). Otro factor es el pH, el cual es adecuado entre 3 a 5 (poco ácido). No obstante, las levaduras no solo cumplen el papel de fermentar, si no que resultan siendo responsables de crear otras moléculas pequeñas de interés (glicerol, acetato, succinato, piruvato, y varios ésteres) que dan la cualidad sensorial, liberan algunas proteínas y polisacáridos (Mora Dután, 2014).

2.3.1. *Saccharomyces cerevisiae*

Para esta levadura de interés, Jagnow (1991) como se citó en Mora Dután (2014), es un hongo unicelular, encontrado en agrupaciones cortas, en racimos o solitarias, con una apariencia de café claro, brillante o sin este, lisas o corrugadas, que se desarrollan en pH ácidos y fermentan azúcares

como la glucosa, maltosa, sacarosa, fructosa y maltotriosa. Esta levadura es perteneciente en su taxonomía al *Phylum Ascomycota*, de la clase *Hemiascomycetes*, del Orden *Saccharomycetales* y de la Familia *Saccharomycetaceae*. Identificada como un hongo levaduriforme de pared lisa en su interior, que presenta células alargadas, globoides a elipsoidales con gemaciones o blastoconidios multilaterales, con hasta cuatro ascosporas esféricas o elipsoides en un rango de 5 a 10µm de diámetro externo y de 1 a 7µm de diámetro interno (Londoño Durango, 2007).

La levadura de interés presenta dos rutas metabólicas que cambian según condiciones del medio (Figura 2-3). En fermentaciones aeróbicas el metabolismo de *S. cerevisiae* mediante procesos reductivos, usa los azúcares del medio para la producción de nuevas células; de igual manera, la tasa de transporte del piruvato a la mitocondria es igual al transporte de azúcar a la célula, se produce dióxido de carbono, pero con poca generación de etanol, proporcionando una alta tasa de consumo de oxígeno y sustratos. Por el contrario, bajo condiciones anaeróbicas se usan los recursos del sustrato o intermediarios para la generación de energía. La tasa de consumo de azúcar aumenta y el metabolismo favorece la producción de etanol y CO₂, con una tasa de consumo limitado de oxígeno y un bajo rendimiento en la producción de biomasa celular (Londoño Durango, 2007).

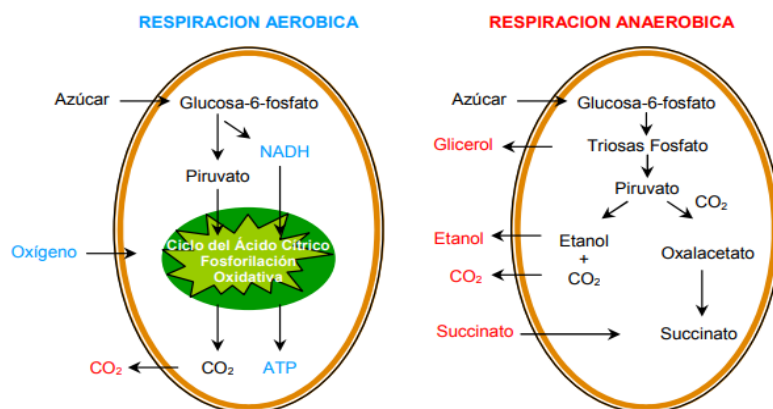


Figura 2-3: Ruta metabólica de la levadura en condiciones aerobias y anaerobia

2.3.2. Géneros de levaduras de importancia en la fermentación alcohólica

Las levaduras son las encargadas de llevar a cabo la fermentación alcohólica, y marcar diferencias entre vinos (o diferente tipo de bebida fermentada), el cual se activa en el mosto hasta llegar al alcohol de interés. Actualmente, el género mayormente utilizado para realizar diferentes tipos de fermentaciones es el *Saccharomyces*, destacando que no solo aportan el consumo del azúcar para transformar en alcohol, si no que ayuda al desarrollo óptimo y positivo en las características organolépticas de la bebida final (Epifanio Fernández, 2005). En la fermentación alcohólica se

considera el género *Saccharomyces cerevisiae* y algunas sub especies las responsables más comunes, esto debido a que no todas tienen la función de controlar el consumo del azúcar y el manejo de derivados del proceso (etanol, CO₂); no obstante, la riqueza de la naturaleza ha permitido la existencia de las *no-Saccharomyces* (*Candidas*, *Kloeckera*, *Metschnikowia*) las cuales por su sobrevivencia han aportado en el proceso de fermentación e influenciado en las características organolépticas del producto resultante (Torija Martínez, 2002).

La participación de los géneros de levaduras esporógenas es de clasificación según familia *Saccharomycetaceae*, donde destacan los géneros *Schizosaccharomyces*, *Saccharomycodes*, *Hanseniopsis*, *Saccharomyces*, entre otros; mientras que en la familia *Spermiophytaceae* se encuentra el género *Metschnikowia*; Por último, la familia de levaduras asporógenas *Cryptococcaceae* se destacan los géneros *Brettanomyces*, *Candida*, *Kloeckera* y *Rhodiotorula* (Bernardi, 2013).

2.3.2.1. Oenoferm Freddo.

Es una levadura deshidratada que se utiliza especialmente para inocular en frío entre 13-17 °C, pero puede tolerar hasta 8 °C, especial para vinos frutales y frescos, preservando el aroma en vinos de consumo joven. Es de la especie *S. cerevisiae* y tienen una fermentación rápida, segura (aun con bajas temperaturas) y con resistencia de alcohol hasta un 15% (AMG, 2017).

2.3.2.2. Oenoferm Color.

Es una levadura deshidratada que se utiliza especialmente para temperatura ambiente entre 18-28 °C, especial para vinos tintos estructurados de color estable, con aromas frutales, preservando el aroma en vinos con potencial de envejecimiento. Su tecnología enológica es con *Saccharomyces cerevisiae* (var. *Bayanus*) presentando una fermentación continua, completa, buscando la estabilidad del medio, con resistencia de alcohol hasta un 15% (AMG, 2017).

2.3.2.3. VitaDrive F3.

Es un nutriente que protege y estimula la levadura durante la rehidratación, además de aumentar el desarrollo de esta y su tasa de supervivencia final para una óptima fermentación. Mejora además la tolerancia del alcohol, perfil organoléptico del mosto y una resistencia al estrés osmótico, con una dosis máxima de 50 g/hl, aunque se recomienda 1 kg VitaDrive® F3 en el lote de rehidratación por 1 kg de levadura; se dosifica directamente en la mezcla de mosto y agua (37-42 °C) (Erbslöh, 2022).

2.4. Viscosidad de los fluidos

El estudio de las características del flujo y deformación en las sustancias se denomina reología (campo que estudia la viscosidad de los fluidos). El conocimiento de las propiedades reológicas es

fundamental no solo por la evaluación de textura, diseño de equipos o definición de vida útil del producto si no para determinar los cambios fisicoquímicos ocurridos en un proceso. En la Figura 2-4 se representa la diferencia entre fluidos newtonianos o newtonianos (Mott, 2006).

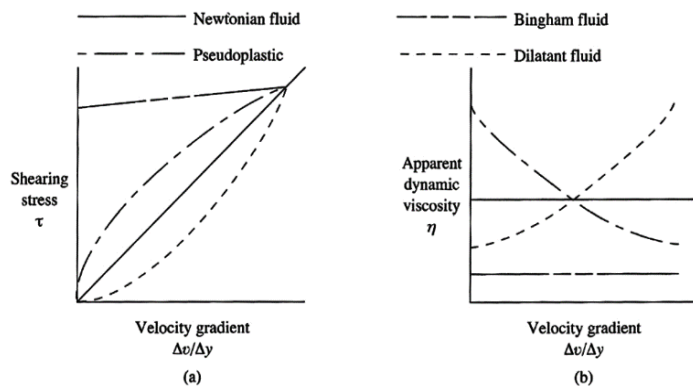


Figura 2-4: Fluidos newtonianos y no newtonianos.

2.4.1. Fluido newtoniano

Teniendo en cuenta que los fluidos newtonianos tienen una relación lineal entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad, tanto la pendiente como la viscosidad, son constantes.

2.4.2. Fluido no newtoniano

Los fluidos no newtonianos se clasifican según en dependiente (aquellos que la viscosidad si varía el tiempo) e independientes del tiempo (tienen una viscosidad que no varía con el tiempo, a cualquier esfuerzo cortante dado).

2.4.3. Medición de la viscosidad

Los equipos y métodos para la medición de viscosidad son numerosos. Algunos utilizan principios fundamentales de la mecánica de fluidos para expresar la viscosidad, otros indican solo valores relativos de la viscosidad, usados para la comparación de distintos fluidos. Los dispositivos para caracterizar el comportamiento del flujo se llaman reómetros o viscosímetros (Mott, 2006).

2.5. Destilación

La destilación es una técnica de separación de mezcla para líquidos con diferentes puntos de ebullición a través del proceso de evaporación controlada y la recolección de varias fracciones a través de la posterior condensación de vapores, es decir, el líquido se vaporiza (se convierte en vapor), se vuelve a condensar (se convierte de nuevo en líquido) y se recoge en un recipiente. La etapa de evaporación y condensación tiende a ocurrir en varias ocasiones dentro de un solo proceso de

destilación (Spaho, 2017; Bordiga, 2018). El proceso de destilación se compone de varios cortes puntuales: cabeza, corazón-cuerpo y cola son términos utilizados por los destiladores para indicar los tres subproductos de una destilación.

2.5.1. Principios de destilación

El principio de la destilación se basa en las diferencias que existen entre los puntos de ebullición del agua (100°C) y del etanol (78,4°C); sin embargo, existen ciertos componentes individuales que tienen una densidad, punto de ebullición y calor latente de vaporización únicos (Tabla 2-2) que pueden influir en el carácter sensorial y calidad. El proceso de evaporación inicia cuando se calienta la mezcla líquida de alcohol, agua, congéneres y aceites. En el transcurso del calentamiento, los componentes dentro de la mezcla comienzan a evaporarse, y aquellos con un punto de ebullición relativamente bajo se evaporan de primero; otros compuestos con puntos de ebullición más altos tienden a permanecer en gran medida en estado líquido. Durante la técnica de destilación, la mezcla de compuestos orgánicos comienza a evaporarse de la siguiente manera: primero, metanol, aldehídos simples y algunos alcoholes superiores (Bordiga, 2018).

Tabla 2-2: Varios volátiles presentes en el lavado fermentado y algunas de sus propiedades.

Compuesto	Densidad (g/mL)	Punto de ebullición (°C)	Calor latente de vaporización (kJ/mol)
Agua	1,000	100,0	40,6
Etanol	0,798	78,4	38,5
Metanol	0,791	64,7	35,3
Propanol	0,804	97,0	47,5
Butanol	0,810	117,7	62,5
Acetaldehído	0,788	20,2	26,1
Acetato de etilo	0,900	77,1	31,9
Alcohol isoamílico	0,823	131,6	53,1
Acetato de isoamilo	0,876	142,0	43,9
Acetato de butilo	0,882	126,0	36,8

2.5.2. Destilación fraccionada

Es un proceso de separación de los diversos compuestos en una mezcla mediante calentamiento. Las placas perforadas hacen que los compuestos con puntos de ebullición cercanos (muy próximos) no se destilen de manera simultánea y se lleve a cabo una separación incompleta. Los vapores calientes se elevan a través de la placa perforada donde algunos de los vapores se condensan y forman una capa líquida en la parte superior de la placa. Este es un equilibrio que está influenciado tanto por el punto de ebullición de los diversos volátiles como de la temperatura del líquido en la placa (Bordiga, 2018).

2.6. Destilados

Existen diversos licores en el mercado. Algunos son ampliamente reconocidos en múltiples países por su penetración cultural (tequila en México), otros se han mantenido únicamente en régimen locales o áreas en donde evolucionaron y se produjeron. Algunas de las diferencias entre las bebidas son las fuentes de materias primas utilizada como sustrato de fermentación, entre ellos, licores a base de frutas (brandy), granos (whisky), tubérculos, caña de azúcar (ron), agave, neutro (vodka) y botánicos destilados (ginebra, ouzo, raki, pastis, entre otros); dicha elección de la materia prima ha sido influenciada por la disponibilidad local. La diferenciación y desarrollo de los licores también han sido alterados por diferentes técnicas empleadas en la destilación (Bordiga, 2018).

2.6.1. Licor

Según MinSalud (2021), el licor hace referencia a aquella “bebida alcohólica con una graduación superior a 15 grados alcoholimétricos a 20 °C, que se obtiene por destilación de bebidas fermentadas o de mostos fermentados”. En este sentido, la calidad de la materia prima y condiciones de procesamiento garantiza la calidad del producto.

2.6.2. Ginebra

De acuerdo con MinSalud (2021), define como el licor obtenido por destilación y un rectificado que se le realiza al mosto de una materia prima natural (fruto, semillas), el cual se hace posteriormente en una segunda destilación con la presencia obligatoria de bayas de enebro (*Juníperos communis*) y opcionalmente otras especias aromáticas. Su grado de alcohol mínimo es de 37.5 grados alcoholímetros. Se utiliza una amplia variedad de otros productos botánicos, como la raíz de angélica, la raíz de lirio, regaliz, canela, eneldo, cardamomo, clavo, lavanda, almendra, jengibre, lúpulo, piel de naranja, piel de limón, piel de pomelo rosa (Bordiga, 2018).

3. Materiales y métodos

A continuación, se observa el procedimiento a través de las fases que se siguieron en el desarrollo:

3.1. Preparación de la muestra – fase 1

3.1.1. *Recolección y clasificación de materia prima*

En esta primera etapa, se recolectó la carambola de los árboles frutales del corregimiento el Caguán de la ciudad de Neiva – Huila y vereda Ulloa del municipio de Rivera-Huila, en los meses de octubre y noviembre. La recolección del fruto fue con indicios de maduración para asegurar un estado óptimo al momento del procesamiento. Se recolectó manualmente y de manera muy cuidadosa, evitando ocasionar daños físicos en la fruta. Se tuvo en cuenta un lavado previo de la fruta con agua potable para limpiar y eliminar suciedad de la superficie de la carambola.

3.1.2. *Trozado y despulpado de la materia prima*

La carambola recolectada fue transportada al laboratorio de procesos agroindustriales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Surcolombiana Sede Neiva. Se escogió aquella carambola que cumpliera con los requisitos mínimos del CODEX STAN 187-1993 para proceder al lavado y desinfección. La desinfección se realizó por inmersión durante 5 min con desinfectante timsen en dilución de 2 g/L (200ppm) según ficha técnica de proveedor CIMPA SAS, tiempo transcurrido, se realizó un enjuague final con abundante agua potable. Seguidamente se cortó en trozos pequeños de manera transversal Figura 3-1(a) y se procedió a despulpar con el uso de la despulpadora de fruta (JAVAR, Colombia) con su respectivo tamiz, Figura 3-1(b). Posteriormente, el zumo se filtró con un colador para eliminar los restos de fibra y sólidos insolubles.

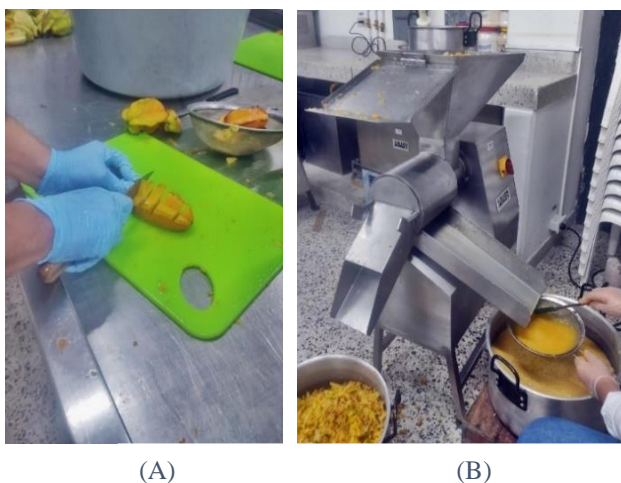


Figura 3-1: Troceado transversal de la carambola (A) y despulpadora industrial de fruta JAVAR (B).

3.1.3. Caracterización y estandarización del zumo

A la pulpa filtrada obtenida se realizó la medición del volumen alcanzado. Posteriormente, se determinó la densidad del zumo por el método picnómetro de acuerdo con la norma AOAC 962.37 empleando la siguiente ecuación (3-1). Los contenidos de sólidos solubles (°Brix) se midieron mediante el refractómetro digital de mano (Mettler Toledo, Columbus, OH, USA) de rango 0–60 °Brix, previamente calibrado con agua destilada según norma AOAC 932.12.

$$\rho_{\text{líquido de interés}} = \left(\frac{m_{\text{picnómetro+líquido}} - m_{\text{picnómetro}}}{m_{\text{picnómetro+agua}} - m_{\text{picnómetro}}} \right) \cdot (\rho_{\text{agua}}) \quad (3 - 1)$$

Para estandarizar el producto se realizaron los cálculos con base en los conceptos de balance de masa por componente y se aplicaron para los contenidos de sólidos solubles mediante la ecuación (3-2). Para la estandarización del zumo se calculó con la pulpa de carambola en kilogramos para determinar la cantidad de jarabe azúcar invertida (65% m/v) de sacarosa (Manuelita, Colombia), a fin de ajustar los sólidos solubles a 20 °Brix. Este proceso también se conoce como chaptalización.

$$F_1 \cdot (A_1) + F_2 \cdot (A_2) = F_3 \cdot (A_3) \quad (3 - 2)$$

Donde:

- F₁: masa del zumo de carambola
- A₁: Brix zumo de carambola: 8,3 °Brix
- F₂: masa del jarabe azúcar invertida:
- A₂: Brix jarabe azúcar invertida: 65 °Brix
- F₃: masa total de la preparación
- A₃: Brix deseado de la preparación 20 °Brix

3.2. Proceso de fermentación - fase 2

3.2.1. Preparación levaduras y activador biológico

Se prepararon dos tratamientos de zumo por duplicado para las cepas comerciales *Saccharomyces cerevisiae* var. *Bayanus* específicas para vino. Un tratamiento con la cepa Oenoferm® Freddo (según fabricante específica para vinos claros) y el otro con Oenoferm® Color (específica para vinos tintos). Para ellos, se calculó con las dosis máximas correspondiente a 40 g/hl levadura (Oenoferm Freddo, Erbslöh, Geisenheim, Alemania) y 30 g/hl de levadura (Oenoferm Color, Erbslöh, Geisenheim,

Alemania). En esa misma dosificación se estableció la cantidad del activador biológico de levadura VitaDrive® (Erbsloh, Alemania), suplemento nutricional para las levaduras (Figura 3-2).



Figura 3-2: Levaduras comerciales *Saccharomyces cerevisiae* var. *Bayanus* y VitaDrive.

3.2.2. Activación e inoculación de levadura

El volumen total del zumo de 20 °Brix y temperatura 26,5 °C se dividió en cuatro partes y se depositó en cada uno de los recipientes de fermentación, rotulados de la siguiente manera: F₁, C₁, F₂ y C₂ como se muestra en la Figura 3-3. Para la diferenciación del proceso se rotulo F₁ y C₁ los tanques de fermentación de color blanco mientras que F₂ y C₂ corresponde a los tanques transparentes, además, el subíndice F se refirió a la cepa Freddo y C correspondió a cepa Color.

Las levaduras y VitaDrive se pesaron en la balanza analítica de capacidad de 220 g (Sartorius Entris, Barcelona, España); para el tratamiento Freddo se pesó 5,6 g y tratamiento Color 4,2 g respectivamente. Cada una de las levaduras se rehidrataron con una pequeña porción del zumo a 37 °C y luego se agregó a cada uno de los recipientes fermentadores hasta completar su homogenización.



Figura 3-3: Montaje de recipientes de fermentación, de izquierda a derecha: F₁, C₁, F₂ y C₂.

3.2.3. Fermentación

La fermentación se realizó mediante un sistema semicerrado, en diferentes tipos de recipientes de fermentación y dimensionamiento. Los tanques blancos de fermentación F₁ y C₁ son de capacidad 25 litros con tapa, trampa de aire y llave, la cantidad de espacio de cabeza fue 2/5 (40%) de la capacidad total. Para los tratamientos restantes se realizó en tanques de 20 litros de capacidad, con sistema de liberación de CO₂ a través de una manguera transparente y llave para la toma de muestras, con un espacio de cabeza de aire de 1/4 (25%) de espacio de cabeza. Por último, se dejó fermentar durante 9 días logrando garantizar las condiciones de anaerobiosis del proceso a una temperatura ambiente entre 23,7 - 27,1 °C y humedad relativa promedio de 57,8%.

3.3. Caracterización fisicoquímica y microbiológica – fase 3

3.3.1. Análisis fisicoquímico

El zumo de carambola en fermentación fue caracterizado cada 24 horas durante un periodo de nueve (9) días, por duplicado, a través de los análisis presentados a continuación:

3.3.1.1. Porcentaje de acidez titulable medido en ácido cítrico.

La determinación de este parámetro se hizo de acuerdo con el método AOAC 942.15. En un beaker de 100 mL se pesó 10 g del zumo y se adicionó agua destilada hasta completar los 50 mL, se agregó 3 gotas del indicador fenolftaleína y se homogenizó con ayuda del agitador electromagnético. Posterior a ello, se tituló la muestra con una solución valorada de hidróxido de sodio 0,1N hasta obtener un pH de 8,1 o en su defecto un cambio de color rosa tenue. Por último, se registró el volumen gastado en la bureta y calculó el porcentaje de ácido expresado como ácido cítrico (Ecuación 3-3).

$$\% \text{ Acidez} = \frac{\text{Vol NaOH} \cdot N \cdot \text{PMA}}{W_{\text{muestra}}} \cdot (100) \quad (3 - 3)$$

Donde:

Vol NaOH: Volumen gastado en la titulación (mL)

N: Normalidad de NaOH (0,1N)

PMA: Peso molecular del ácido predominante (ácido cítrico: 0,064)

W_{Muestra}: Peso de la muestra (g)

3.3.1.2. Contenido Sólidos Solubles.

La medición de sólidos solubles expresado en °Brix se efectuó de la misma manera al ítem 3.1.3.

3.3.1.3. Potencial de hidrógeno (pH).

Se empleó mediante el método AOAC 981.12. Se determinó con el Medidor de pH Ohaus Starter 5000, equipado con un electrodo de combinación de vidrio previamente calibrado. La técnica consistió en tomar de 10 mL de muestra e introducir el potenciómetro esperando la estabilización.

3.3.1.4. Viscosidad.

Por su parte, la viscosidad se midió utilizando el reómetro DV3T (AMETEK Brookfield, Estados Unidos) ilustrado en la Figura 3-4(a), evaluado con muestras de 10 mL a velocidad de 150 RPM, torque promedio de 75.32%. y con aguja SC4-18 (18), según Figura 3-4(b). Las mediciones se tomaron con ayuda del programa Rheocalc T 1.2.19 proporcionado por el proveedor del reómetro. Para determinar la viscosidad (cP) y fuerza de cizalla (dyne/cm^2) se configuró con datos multi punto de intervalo tiempo de 2 s, e intervalos de tiempo entre cambio de revoluciones de 30 s a temperatura de 26 °C. Las revoluciones y el tamaño de la aguja se ajustaron a las condiciones de las muestras según las características de cada fluido y como condición base para validar la metodología, se estableció un valor mínimo de torque de 10% y máximo del 100%. Los valores de viscosidad, tiempo, fuerza de cizalla y rata de corte se graficaron para su respectiva interpretación.



(A)



(B)

Figura 3-4: Reómetro digital Brookfield DV3T (A) y aguja SC4-18 (B).

3.3.2. Análisis microbiológicos

Los métodos utilizados para los análisis microbiológicos se realizaron de acuerdo con la NTC 404 de 1998 en manejo de pulpas y se siguieron los análisis con lo establecido por la NTC 3954 de 2017 con algunas modificaciones, teniendo en cuenta disponibilidad del material en el laboratorio. A través del esquema de la Figura 3-5 se demuestra el proceso de dilución y siembra de muestras analizadas por tratamiento; el recuento de levaduras se realizó mediante la técnica de siembra en profundidad en el medio selectivo para levaduras en agar YGC (Condalab, España), para lo cual se prepararon y

realizaron diluciones seriadas en agua de peptona (Merck KGAA, Alemania). Posterior a ello, se realizó el conteo de crecimiento de levaduras en placa a las 24 ± 1 horas después de haber sido incubadas a 37 ± 1 °C, determinando la cantidad de unidades formadoras de colonia por mililitro (UFC/mL) presentes en cada muestra. Este procedimiento se realizó para cada uno de los tratamientos desde el día 0 al 9 del proceso fermentativo.

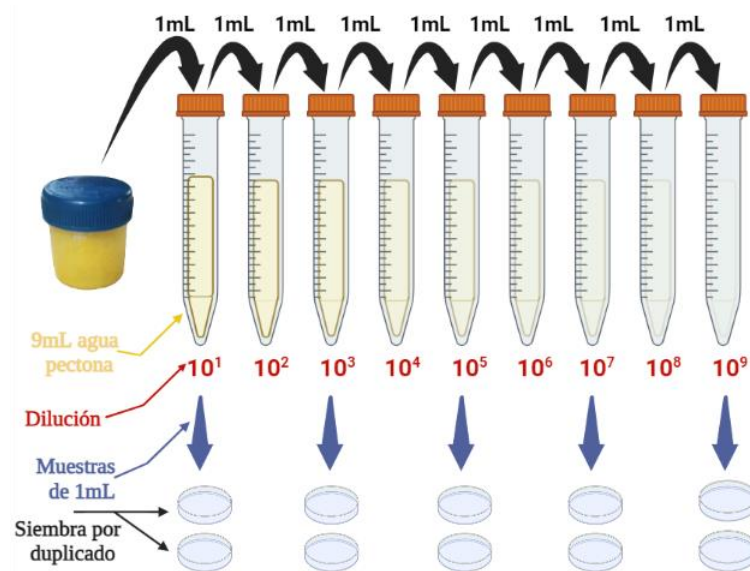


Figura 3-5: Esquema de diluciones seriadas para análisis microbiológico en los tratamientos.

Se realizó una selección de colonias de forma subjetiva, teniéndose en cuenta morfología y tamaño. Posteriormente se realizó una tinción simple con cristal violeta en tiempo de 30 s, como se muestra en la Figura 3-6, después, se procedió de manera inmediata a la observación en microscopio Leica Dm500 mediante el programa Leica LAS EZ. Por último, se aplicó la prueba bioquímica de la catalasa, en un portaobjetos se depositó dos gotas de peróxido de hidrogeno y se puso en contacto con ella una colonia para una identificación enzimática de las levaduras, se verificó mediante la formación de burbujas (Figura 3-7).

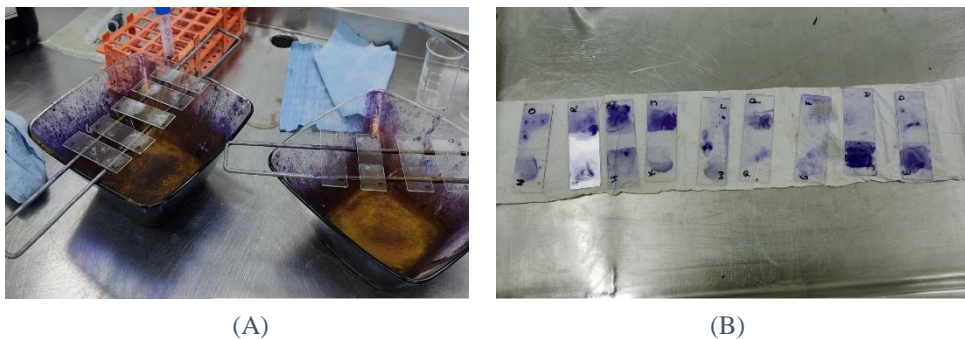


Figura 3-6: Extensión y aplicación del colorante en las muestras (A) y secado de los montajes (B).

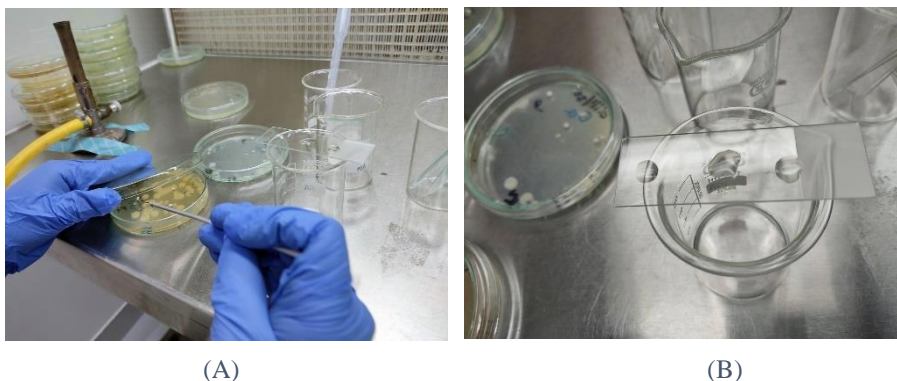


Figura 3-7: Selección de colonia microbiana (A) y adición de gota de H₂O₂ (B).

3.4. Tratamientos finales del vino – fase 4

3.4.1. *Primer trasiego*

Al final de la fermentación, las levaduras, residuos sólidos y elementos orgánicos se depositan en el fondo del fermentador y pueden transmitir atributos sensoriales indeseables al producto, siendo necesario su eliminación. Para ello, se hizo transferencias para garantizar la estabilización y claridad deseada. El trasiego se realizó con ayuda de una manguera transparente previamente higienizada, trasvasando el producto fermentado, por gravedad, desde los tanques de fermentación en nivel alto a un nuevo recipiente, previamente higienizado y puesto en nivel inferior, mostrado en la Figura 3-8.

3.4.2. *Clarificación y segundo trasiego*

En el proceso de clarificación y estandarización del vino se usó la bentonita de grado alimentario (Fossil, PowerW2, Estados Unidos). Se rehidrato el polvo de bentonita mezclando vigorosamente 9 gramos con 50 mL de agua potable a 60 °C para cada tratamiento, logrando evitar la generación de grumos. El tiempo de reposo fue de 48 horas antes de su incorporación, esto permitió un hidratado completo. Transcurrido dicho tiempo, se agregó y revolvió lentamente la bentonita a los tratamientos y se dejó reposar durante 7 días. Se realizó nuevamente un trasiego al vino, obteniendo una mayor uniformidad y homogeneidad de este. Después de la segunda transferencia, se hizo medición del contenido de alcohol a través del vinómetro con escala de 0-25% vol. de alcohol para la obtención de los grados alcoholímetros con su respectiva corrección de temperatura. Por último, los productos fermentados se trasladaron en recipientes higienizados y sin presencia de oxígeno a la planta del microempresario para su posterior destilación.



Figura 3-8: Vino de carambola primer (A) y segundo (B) trasiego.

3.5. Destilación – fase 5

3.5.1. Primera destilación

En el alambique de 17L de la Figura 3-9, se depositó el vino de carambola clarificado y se realizaron los respectivos cortes de destilación (cabezas, corazones y colas) mediante el monitoreo de temperatura del cuello de cisne. El proceso de destilación se compuso de un tanque alambique (1) cuya muestra se calentó mediante una llama de fuego media (2). Los componentes se evaporaron y atravesaron por la torre de relleno de bolas (3), luego por el cuello de cisne (4) en donde se midió la temperatura en cada uno de los cortes establecidos, verificando, además, los puntos de ebullición del etanol y metanol para finalmente llegar al condensador (5) cuyos vapores se condensaron por el efecto del enfriamiento en sus paredes de la entrada de agua a 25 °C. El destilado fue depositado en el embudo contenido de carbón activo (6) para eliminación de impurezas y ser recolectado en el Erlenmeyer de 2000 mL (7). Para la toma de datos del corte cabeza se recogió 4% del volumen del vino, siendo desechados por alta presencia de metanol; la fracción corazón se dividió en 3 partes hasta alcanzar una concentración de etanol de 40% v/v, y la cola hasta alcanzar una porción del 12,5% del volumen total del destilado (Rizzon y Meneguzzo (2001). Cabe aclarar que, finalizada la destilación, el equipo se desmontó, limpió, enfrió y seco para su posterior uso en los tratamientos restantes.

Cabeza:	2-4% del volumen total
Corazón 1:	entre 58 – 70 % ABV
Corazón 2:	entre 49 – 57 % ABV
Corazón 3:	entre 40 – 48 % ABV
Cola:	entre 10 y 20% del volumen total



Figura 3-9: Sistema de destilación fraccionada para la extracción de licor de carambola.

Una vez obtenida la bebida destilada, se evaluó por medio del alcoholímetro Al-Ambik® 0-100 % la riqueza alcohólica real. Se depositó la muestra del primer destilado en la probeta de 1000mL y, se dejó que el instrumento de medición equilibrara sin tocar las paredes de la probeta, haciendo lectura en la escala según base del menisco establecida por la NTC 5113 (Icontec, 2022). Al mismo tiempo, se utilizó el termómetro de vidrio, para determinar la temperatura actual del destilado, presentado en la Figura 3-10. Los valores obtenidos se corrigieron a través de las tablas de conversión correspondientes del grado alcohólico según la temperatura de los líquidos arreglada al termómetro (Lizabe y Zaragoza, 1896).



Figura 3-10: Medición de riqueza alcohólica real y temperatura en destilados.

3.5.2. Segunda destilación

Posteriormente se realizaron los cálculos para la dilución del contenido alcohólico a 38 grados alcohólicos utilizando la fórmula: $V1 \cdot C1 = V2 \cdot C2$, de manera que los cuatros tratamientos se ajustaran a las mismas condiciones iniciales para el redestilado con agua desmineralizada. Con el

propósito de incrementar los grados alcoholímetros, se adicionó nuevamente la bebida destilada al destilador de la Figura 3-11 con la adición de especias aromáticas tales como clavos de olor (*Syzygium aromaticum*), pimienta negra (*Piper nigrum*), Osmunda regalis, canela en astilla y enebro de miera, hasta la obtención mínima de 42 grados alcoholicos. Al igual que en el primer destilado, se tuvo en cuenta la temperatura del cuello de cisne y las fracciones establecidas de cortes cabeza, corazón y cola para este tipo de bebidas Zereshki (2012).

Cabeza: 1.5% del volumen destilado (72 a 75% vol).

Corazón 1: entre 60 – 68 % ABV

Corazón 2: entre 50 – 60 % ABV

Corazón 3: entre 40 – 50 % ABV

Cola: 30% de la carga inicial del destilado

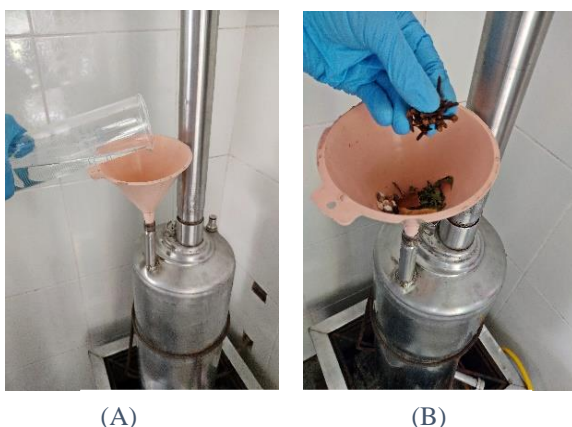


Figura 3-11: Adición de licor destilado (A) y especias aromáticas (B)

3.5.3. Caracterización de la ginebra

3.5.3.1. Grados alcoholímetros.

Teniendo en cuenta que la variación mínima de grados alcoholicos en cada uno de los tratamientos de ginebra se ajustó diluyo con agua potable a 42 grados alcoholímetros para establecer en igualdad de condiciones los productos. Se extrajo una muestra del líquido redestilado y, se aplicó la metodología anteriormente desarrollada a medición con alcoholímetro AI-Ambik® 0-100 % y temperatura. Del mismo modo, se realizó la corrección de grados alcoholímetros.

3.5.3.2. Acidez titulable.

El procedimiento se llevó a cabo según lo indicado en la Guía Técnica Colombiana 4 pagina 133. En un vaso de precipitado de 100 mL se depositó 25 mL de muestra y se introdujo el electrodo del pH-metro, mientras se agito, se fue adicionando el hidróxido de sodio 0,05N, hasta obtener un pH de 7. La acidez total se expresó como ácido acético en mg/dm³ de alcohol anhidro (Ecuación 3-4).

$$A = \frac{24 \times 10^4 \cdot V \cdot N}{G} \quad (3 - 4)$$

Donde:

A: Acidez total en miligramos ácido acético por dm^3 de alcohol anhidro.

V: Volumen de NaOH gastado para 25 cm^3 de alícuota.

N: Normalidad del NaOH (0,05).

G: Grado alcoholimétrico del producto.

3.5.3.3. Rendimiento.

El rendimiento se calculó dividiendo el volumen del destilado en el volumen inicial por 100.

3.5.3.4. Metanol por prueba cualitativa.

Este método se fue verificado por la prueba de llama. Para cada tratamiento se tomó una caja de Petri, la cual contenía 10mL de ginebra de carambola. En cada recipiente se depositó 3g de ácido bórico y se agitó suavemente. Una vez la preparación se encontraba homogénea, se procedió a encender con un encendedor. Posteriormente, se verificó el color de la llama en las muestras, para la presencia de metanol con una llama verde, mientras que etanol arde con una llama azul pálido.

3.6. Envasado y almacenamiento final - fase 6

El proceso de envasado se realizó manualmente, en botellas de vidrio transparentes previamente esterilizadas de capacidad 750 mL, y selladas con tapas plásticas, presentado en la Figura 3-12. Las botellas fueron rotuladas con la etiqueta diseñada (Anexo A) según lo establecido en la NTC 300 (Icontec, 1999). En la etapa de almacenamiento se colocaron las botellas en posición vertical dentro de cajas de cartón y se mantuvieron a temperatura ambiente (26 °C aprox) para su valoración.



Figura 3-12: Presentación final de ginebra de carambola.

3.7. Análisis sensorial - fase 7

El análisis sensorial se realizó con un panel de 36 evaluadores para una mayor relevancia estadística, 18 hombres y 18 mujeres en edades comprendidas de 23 a 45 años sin experiencia, dado que el

departamento del Huila no se encuentra en un contexto cultural del tema. Las pruebas se realizaron en cabinas individuales con acompañamiento de agua potable, pan baguette y café molido, productos para neutralizar las sensaciones entre muestras. Cada evaluador recibió cuatro (4) muestras, cada una de 10 mL, a temperatura de 9 °C, en copas pequeñas de vidrio y codificadas con números aleatorios de 4 dígitos para fines de randomización, presentado en la Figura 3-13.



Figura 3-13: Análisis sensorial en ginebra de carambola.

A través de la ficha de análisis sensorial del Anexo B, se realizó la evaluación atributos color, sabor, aroma e impresión mediante una escala hedónica de cinco puntos, con distinta valoración de escala por atributo. Para la valoración visual, cada evaluador observó color y aspecto sobre un fondo blanco o mediante el reflejo de la luz. En el factor de aroma, se solicitó a cada uno de los analistas sensoriales realizar giros del licor en la copa, permitiendo desprender los olores con el fin de llevar a cabo la percepción olfativa de la muestra; también se recomendó realizar de manera prolongada por la nariz captar el aroma e inhalarlo dos veces. A su vez se indicó la identificación de atributos específicos que fueron los siguientes: canela, enebro, clavos de olor, pimienta, regaliz, afrutado y floral (característico de la carambola y de la marca de levadura). Para la fase gustativa, se evaluó el sabor, el catador toma un pequeño sorbo que pasó alrededor de la boca y dejándolo reposar sobre la lengua; en este atributo, los evaluadores nuevamente identificaron atributos correspondientes a canela, enebro, clavo de olor, pimienta negra, regaliz, dulzor, opción otro, afrutado y cítrico (característico de la carambola). Finalmente, se evaluó la intención de compra e impresión general mediante una escala de aceptación, así como un espacio para comentarios y sugerencias.

3.8. Análisis estadístico – fase 8

Los datos obtenidos de los parámetros anteriormente descritos se tabularon estadísticamente mediante el análisis de varianza (ANOVA) para establecer si existían diferencias significativas ($p < 0,05$). Se trabajó en el paquete estadístico StatGraphics Centurion XVI.

4. Resultados y discusión

4.1. Rendimiento de la materia prima

El porcentaje de pulpa (74,1%) obtenido en esta investigación es similar al encontrado por Acosta y Castro (2022) quienes obtuvieron 74,7%. Los autores Hernández y Barrera (2004) reportaron un rendimiento para pulpa de carambola en estado verde 65,56%, pintón 68,88% y maduro 72,87%, valor ligeramente inferior con el obtenido. De ello resulta necesario decir que las diferencias se pueden atribuir al estado de madurez de la fruta, lugar de procedencia, suelo, clima, tamaño del tamiz de la despulpadora y filtrado de la pulpa.

4.2. Caracterización y estandarización de la materia prima

4.2.1. Análisis de sólidos solubles y densidad del zumo de carambola

El contenido de sólidos solubles del zumo de carambola dio como resultado $8,3 \pm 0,02$ °Brix mientras que la densidad por método del picnómetro fue $0,9984 \pm 0,00$ g/mL (Anexo C).

4.2.2. Chaptalización del zumo de carambola

Mediante los cálculos realizados por balance de masa por componente del Anexo D, se obtuvo que 48,5 kg de zumo de carambola en 8,3 °Brix mezclados con 12,6 kg de jarabe de azúcar invertida al 65 °Brix da como resultado una mezcla a 20,1 °Brix.

4.3. Parámetros fisicoquímicos del vino de carambola

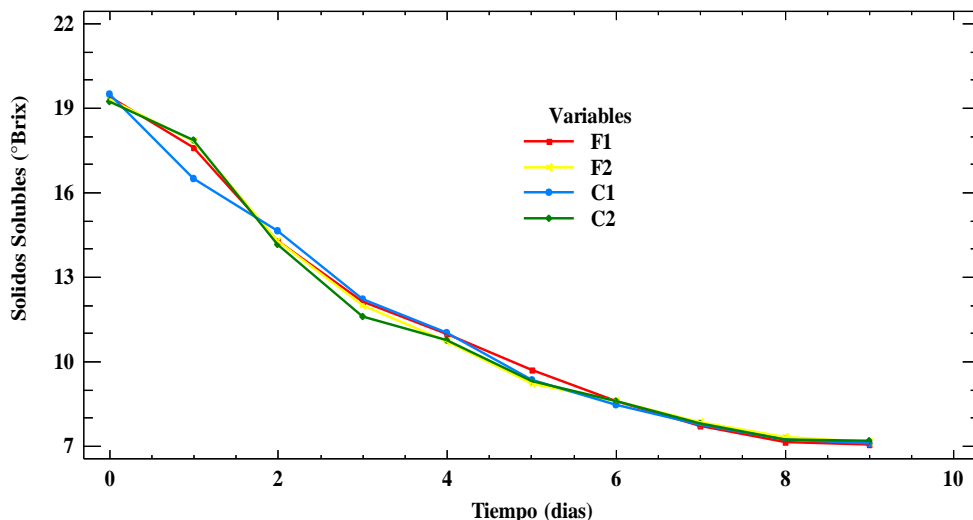
4.3.1. Sólidos Solubles (°Brix)

Los datos obtenidos en contenidos de sólidos solubles expresados en grados °Brix durante la fermentación se expresan en la Tabla 4-1 y Grafica 4-1.

Tabla 4-1: Valores de contenidos sólidos solubles durante la fermentación.

Tiempo (días)	Sólidos Solubles (°Brix)			
	F ₁	F ₂	C ₁	C ₂
0	19,40±0,00 ^a	19,30±0,03 ^a	19,50±0,00 ^a	19,20±0,14 ^a
1	17,70±0,00 ^b	17,80±0,06 ^b	16,50±0,00 ^b	17,85±0,07 ^b
2	14,30±0,00 ^c	14,30±0,14 ^c	14,65±0,07 ^c	14,15±0,07 ^c
3	12,10±0,00 ^d	12,00±0,00 ^d	12,20±0,00 ^d	11,60±0,00 ^d
4	10,97±0,06 ^e	10,70±0,00 ^e	11,00±0,00 ^e	10,75±0,07 ^e
5	9,70±0,00 ^f	9,20±0,06 ^f	9,33±0,06 ^f	9,30±0,00 ^f
6	8,60±0,03 ^g	8,57±0,06 ^g	8,47±0,06 ^f	8,60±0,00 ^g
7	7,70±0,0 ^h	7,85±0,06 ^h	7,73±0,07 ^h	7,80±0,00 ^h
8	7,13±0,06 ⁱ	7,30±0,00 ⁱ	7,20±0,00 ⁱ	7,20±0,00 ⁱ
9	7,03±0,06 ⁱ	7,14±0,06 ⁱ	7,11±0,06 ⁱ	7,17±0,06 ⁱ

*Letras diferentes en la misma columna indican que existe diferencia estadísticamente significativa en la prueba Tukey ($p < 0,05$).



Grafica 4-1: Variación de sólidos solubles (°Brix) versus tiempo de fermentación

Como se muestra en la Tabla 4-1, los sólidos solubles (°Brix) demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tiempos de fermentación, con un nivel del 95,0% de confianza. Con los resultados se observa que el día 0 presentó los mayores valores de sólidos solubles, mientras el día 9 los de menor valor; lo cual se atribuye a que las levaduras inoculadas consumieron la glucosa durante los 9 días de fermentación. No obstante, F₁ desde el día 7 presentó menores valores frente a los demás, lo que posiblemente indica que la dosificación máxima en cepa Freddo y cantidad de espacio de cabeza (40%) del tanque fermentativo, permitió que F₁ consumiera un poco más de azúcares.

Con lo anterior se evidencia como la fermentación alcohólica mediante la transformación anaeróbica de azúcares (principalmente glucosa y fructosa) generaba el etanol y dióxido de carbono (Liu *et al.*, 2015). De acuerdo con los resultados, los tratamientos de los zumos fermentados presentaron una variación de forma considerable, debido que al final de la fermentación, los sólidos solubles de los zumos de carambola disminuyeron significativamente en comparación con sus niveles iniciales, identificándose 9 grupos homogéneos. En la Grafica 4-1 se logra apreciar que los tratamientos estabilizan los valores en el día 8 y 9, dado a que probablemente son sólidos que los microorganismos no pueden degradar. Mediante el método estadístico se logró identificar que el tratamiento F₁ presentó la mayor media (11,453) entre sus datos, mientras que para C₂ fue la menor (11,362).

Ahora bien, los contenidos de sólidos solubles obtenidos en el último periodo de fermentación de la presente investigación variaron entre $7,03 \pm 0,06$ y $7,17 \pm 0,06$; sin embargo, en algunos reportes de la literatura de zumo en fermentación de carambola difieren con la información reportada. Vargas Molinary (2014) registró sólidos solubles de 7,0 °Brix el día 8 del proceso fermentativo, empleando levadura vínica LALVIN EC-1118 sin adición de enzima pectolítica, mientras que Bridgebassie y

Badrie (2004) reportaron un contenido de sólidos solubles de 6,35 al séptimo día de fermentación sin enzima péptica a 20-22 °C, diluido con levadura *Saccharomyces cerevisiae* var *ellipsoideus* (Unican Company, Norwich, England). En ese mismo periodo de tiempo, Moreira *et al* (2018) registraron 11,5, 12,3 y 13,7 °Brix para las cepas cote des blanc, Saflager y Montrachet respectivamente, teniendo en cuenta que la concentración inicial de sólidos solubles se ajustó a 25 °Brix y con una previa descongelación del zumo. Valim *et al* (2016) analizaron sólidos solubles de aproximadamente 7,0 °Brix el día 9 del proceso fermentativo, empleando levadura comercial liofilizada *S. cerevisiae* (Fermentais Lessaffe Group®), diferenciando, además, condiciones de concentración de sólidos solubles iniciales de 23,8 °Brix, una previa pasteurización-congelación y toma de muestras sin agitación; Zavala (2000) registró en el mismo lapso, un valor de 16 °Brix inoculando levadura seleccionada *Sacharomyces Cerevisiae* var *Ellipsoideus* (Montrachet, Lalvin), sobresaliendo con un previo sulfitado en el zumo de carambola. Sánchez y Montenegro (2021) evaluaron en bebida alcohólica suplementado con panela el día 4 de su fermentación e inoculado de levadura NYC 1425 *Kluyveromyces marxianus* y fosfato de amonio, un valor de 12 °Brix.

Los sólidos solubles determinados en el zumo fermentado de carambola de los tratamientos Oenoferm Freddo (F₁ y F₂) fueron 7,03±0,06 y 7,14±0,06, los cuales son inferiores a los reportados el día 7 por Amoroch-Cruz *et al* (2022) para vino de curuba “Son del Alba” (9,6±0,42) y superior al compararlo con el resultado de Prins (2020) para mosto de uva Riesling de 4,82 °Baumé (6,25 °Brix). En cuanto a la cepa Oenoferm Color (C₁ y C₂) fueron 7,11±0,06 y 7,17±0,06 los valores obtenidos; en los respectivos 8 días de fermentación, Díaz (2022) monitoreó sólidos solubles cercanos a 5 °Brix en la fermentación alcohólica de mosto de anón (*Annona squamosa*), Jiménez-Ochoa *et al* (2018) en el día 6 obtuvieron 4,75±0,07 °Brix en mosto de uva Isabella (*Vitis labrusca*) y Oviedo-Arbeláez *et al* (2018) determinaron 6,97±0,05 °Brix en vino de mora (*Rubus glaucus Benth*), dichos valores son inferiores a los reportados en la presente investigación. Buitrago (2022) registró sólidos solubles de 2,9 y 9,2 °Brix en cepas Oenoferm Freddo y Color respectivamente, datos registrados para el día 9 del proceso de fermentación en zumo del fruto dátil soatense.

Podemos afirmar que, con todo lo dicho, estos resultados son apropiados puesto que las levaduras logran consumir los azúcares presentes en el zumo fermentado para su crecimiento, multiplicación y producción de etanol. El descenso rápido de los contenidos de sólidos solubles se debe a que la levadura se reproduce y metaboliza vigorosamente, logrando descomponer los carbohidratos rápidamente a través del proceso de fermentación (Zhang *et al.*, 2020). Al analizar los datos del contenido de sólidos solubles (°Brix) del presente estudio, es posible distinguir la variación de los resultados frente a las demás investigaciones con relación a las operaciones preliminares aplicadas al

zumo, tipo de azúcar, sólidos solubles iniciales, cepa de levadura y temperatura de fermentación, a eso agreguemos la adición de nutriente recomendado, lo anterior también se puede relacionar con la aplicación de azúcar invertida en el zumo de carambola. Zoecklein *et al* (1999) aseguraron que la sacarosa puede generar complicaciones analíticas debido a que no es una azúcar reductora, y que es necesario un tratamiento preliminar de la muestra; generalmente se logra mediante la hidrólisis ácida del disacárido no reductor a sus componentes monosacáridos reductores glucosa y fructosa. La inversión del azúcar acelera la fermentación haciendo que las levaduras conviertan las moléculas de glucosa y fructosa en alcohol y dióxido de carbono. Fugelsang y Edwards (2007) manifestaron que la sacarosa es fermentable con *Saccharomyces* porque produce una invertasa extracelular, enzima que cataliza la hidrólisis de sacarosa para producir glucosa y fructosa.

Finalmente, en las fichas técnicas consultadas, una alta densidad de células de la cepa Oenoferm Freddo, puede garantizar un inicio de fermentación rápido y una inhibición de levaduras autóctonas, por lo que se puede deducir que la dosificación recomendada por el fabricante para Freddo (40 g/hl levadura) respecto a Color (30 g/hl) brindan resultados similares, con ello se identifica que las recomendaciones dadas por el fabricante son las adecuadas para este estudio (AMG, 2017).

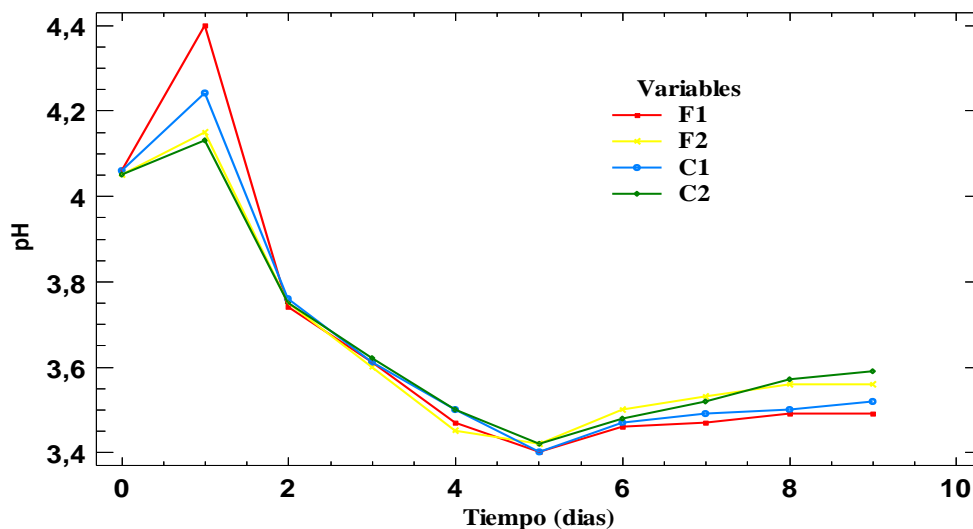
4.3.2. pH

En la Tabla 4-2 y Grafica 4-2 se relacionaron los datos obtenidos para la variable de pH en los diferentes tiempos de fermentación por tratamiento.

Tabla 4-2: Variación del pH en la fermentación con tratamientos cepas Freddo y Color

Tiempo (días)	pH			
	F ₁	F ₂	C ₁	C ₂
0	4,06±0,00 ^{bc}	4,05±0,04 ^{ab}	4,06±0,04 ^{ab}	4,05±0,04 ^{ab}
1	4,40±0,00 ^a	4,15±0,04 ^a	4,24±0,07 ^a	4,13±0,04 ^{ab}
2	3,74±0,07 ^{de}	3,75±0,00 ^c	3,76±0,04 ^c	3,75±0,04 ^c
3	3,61±0,00 ^e	3,60±0,00 ^d	3,61±0,00 ^d	3,62±0,04 ^d
4	3,47±0,07 ^{ef}	3,45±0,06 ^{de}	3,50±0,00 ^e	3,50±0,04 ^{de}
5	3,40±0,03 ^f	3,42±0,12 ^e	3,40±0,03 ^e	3,42±0,00 ^e
6	3,46±0,03 ^{ef}	3,50±0,12 ^{de}	3,47±0,03 ^{ef}	3,48±0,03 ^{de}
7	3,47±0,03 ^{ef}	3,53±0,03 ^{de}	3,49±0,06 ^{ef}	3,52±0,03 ^{de}
8	3,49±0,03 ^{ef}	3,56±0,03 ^d	3,50±0,03 ^{ef}	3,57±0,03 ^d
9	3,49±0,03 ^{ef}	3,56±0,03 ^d	3,52±0,00 ^{ef}	3,59±0,03 ^d

*Letras diferentes en la misma columna indican que existe diferencia estadísticamente significativa en la prueba Tukey (p<0,05).



Grafica 4-2: Comportamiento del pH versus tiempo en los tratamientos de cepas Freddo y Color.

En la Tabla 4-2 se evidencia que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) del pH a lo largo del proceso fermentativo, con un nivel del 95,0% de confianza. El día 1 presentó el mayor valor de media (4,23) y el día 5 con menor valor (3,41). A su vez, se identificó 6 grupos homogéneos para F₁, F₂ y C₁, mientras que C₂ presentó 5 grupos. En la Grafica 4-2 se demuestra que los cambios del pH en los tratamientos corresponden a un comportamiento decreciente desde el día 1 hasta el día 5, mientras que a partir del día 6 hasta 9 el zumo fermentado demostró estabilidad del pH. Del mismo modo, en el transcurso de los primeros días se presentó una leve diferencia entre los valores de los tratamientos F₁ y C₁ con respecto a F₂ y C₂; sin embargo, desde el día 5 al 9, mostraron datos menores de pH (mayor acidez) en los mismos tratamientos F₁ y C₁ que para F₂ y C₂. Al emplear el método estadístico se observó que el tratamiento C₂ presentó la mayor media (3,663), mientras que para C₁ fue la menor (3,655).

Analizando estos datos en los tratamientos se deduce que los recipientes fermentadores de mayor espacio de cabeza (2/5) tienden acidificar más el vino que los tanques de fermentación con espacio libre reducido (1/4), este caso se vio reflejado en el espacio de cabeza del tanque de subíndice 1 con 40% y subíndice 2 con 25%. Cabe resaltar que el proceso de fermentación también puede presentar múltiples condiciones de estrés debido a la temperatura, concentración de etanol, presión, desecación, acidez o alcalinidad, estrés osmótico e iónico y bajos niveles de oxígeno; por ende, una alta presión hidrostática por cambio en el volumen del sistema genera estrés en los microorganismos y brinda variabilidad en el proceso de fermentación (Tosi-Costa *et al.*, 2019).

Por otro lado, el cambio de este parámetro tiende a estar sujeto a la transformación del ácido málico en ácido láctico mediante la presencia de bacterias lácticas que forman parte de la flora natural de la

materia prima y trabajan a la misma vez con las levaduras inoculadas, brindando en la fermentación la variación del pH para dar las condiciones de desarrollo metabólico que se necesitan (Bastos, 2017). Además, la insolubilización del ácido en forma de sales puede alterar el pH durante la vinificación según el contenido de potasio del fruto (Rizzon y Miele, 2002). En cuanto a minerales, la carambola es una fruta destacada por contenido en potasio (Navarro, 2011).

Con el anterior análisis, los valores de pH obtenidos en el último periodo de caracterización de la presente investigación estuvieron entre $3,49 \pm 0,03$ y $3,59 \pm 0,03$. En este sentido, comparando con la literatura se encontró que en el día 9 por Valim *et al* (2016), obtuvieron un pH de 4,11 adicionando carbonato de calcio para una fijación inicial de 4,5 en la pulpa previamente pasteurizada y descongelada. De igual manera, Moreira *et al* (2018) ajustando un pH inicial a 4,5 con carbonato de calcio sólido y con cepas de levaduras Cote des Blanc, Saflager y Montrachet dieron como resultado 3,98, 3,80 y 3,75 respectivamente en el día 7. Sánchez y Montenegro (2021) evaluaron un pH de 3,67 en bebida alcohólica suplementada con panela el día 4 de su fermentación, con inoculado de Levadura NYC 1425 *Kluyveromyces marxianus*. Ahora bien, los resultados obtenidos en este estudio se asemejan a los registrados por Zavala (2000) en el mismo lapso, pH de 3,56 inoculando levadura seleccionada *Sacharomyces Cerevisiae* var *Ellipsoideus* (Montrachet, Lalvin); igualmente Ezeama y Ebia (2015) en el día 8 de fermentación, obtuvieron valores similares realizando dos prototipos inoculados, ambos tratamientos fueron sometidos a pasteurización y aplicación de ácido cítrico, sulfato y metabisulfito logrando registrar datos con y sin adición de azúcar correspondientes a 3,4 y 3,6 individualmente; Bridgebassie y Badrie (2004) determinaron en su séptimo día un pH de 3.03 sin adición de pectinasa, diluido con levadura *S. cerevisiae* var *ellipsoideus* (Unican Company, Norwich, England). Por último, Vargas Molinary (2014) preciso un pH de 3,0 el día 8, inoculando levadura vínica LALVIN EC-1118 sin adición de enzima pectolítica.

De igual forma, para comprender las diferencias del pH de distintos autores ante los resultados de la presente investigación, se analizó las operaciones previas a la fermentación. La aplicación de metabisulfito de sodio o potasio permite la destrucción o inhibición del crecimiento de microorganismos no deseados del ácido acético, levaduras y mohos nativos, mientras que carbonato de sodio es un agente que evita la aparición de bacilos indeseados que convierten el azúcar en vinagre (Saranraj *et al.*, 2017). El ácido cítrico permite la unión de iones férricos en un anión complejo soluble para la disminución la formación de neblina de hierro y el proceso de pasteurización inhibe la actividad de todo tipo de enzimas, microorganismos, patógenos o nativos del fruto, presentes en el mosto en el momento del tratamiento (European Commission, 2022).

En el caso del inoculado con cepas Freddo y Color para vinos de distintas frutas, únicamente Amoroch-Cruz *et al* (2022) registraron pH de $3,22\pm 0,00$ en el día 7 de la fermentación alcohólica del zumo fermentado de curuba con Freddo. En lo que respecta a la cepa Color, Oviedo-Arbeláez *et al* (2018) monitorearon un pH de $3,27\pm 0,01$ el día 8 de fermentación en vino de mora, Jiménez-Ochoa *et al* (2018) midieron pH de $3,15\pm 0,07$ en el sexto día de seguimiento para mosto de uva Isabella (*Vitis labrusca*), a su vez Díaz (2022), obtuvo un pH de 3,25 en el séptimo día con el seguimiento realizado al mosto de anón (*Annona squamosa*). Los resultados se asemejan a los obtenidos por Buitrago (2022), en una caracterización de zumo de Dátil Soatense el día 9 de fermentación con cepas Freddo y Color, valores correspondientes a 3,50 y 3,55 respectivamente. De lo anterior, se puede deducir que la principal diferencia de este parámetro se debe a la matriz alimentaria de cada fruta. Por ende, a partir de los hallazgos de Shourove *et al* (2020), se establece que el jugo de carambola es altamente ácido debido a su bajo pH; también otros factores pueden influir en el pH de los tratamientos (levadura, tanque de fermentación, temperatura, entre otros), los valores obtenidos logran mantenerse en el rango ácido. Esto da indicios que, sin importar el tipo de cepa de referencia Oenoferm, la fermentación se llevó a cabo idóneamente y no presento alteraciones que afectaran el proceso. Teniendo en cuenta lo anterior, algunos autores indican que el uso de cepas de levaduras para vinos blancos y tintos en la misma temperatura de fermentación, no presentan altas diferencias (Brunelli *et al.*, 2017; Franciskievicz *et al.*, 2022; Rosado, 2013).

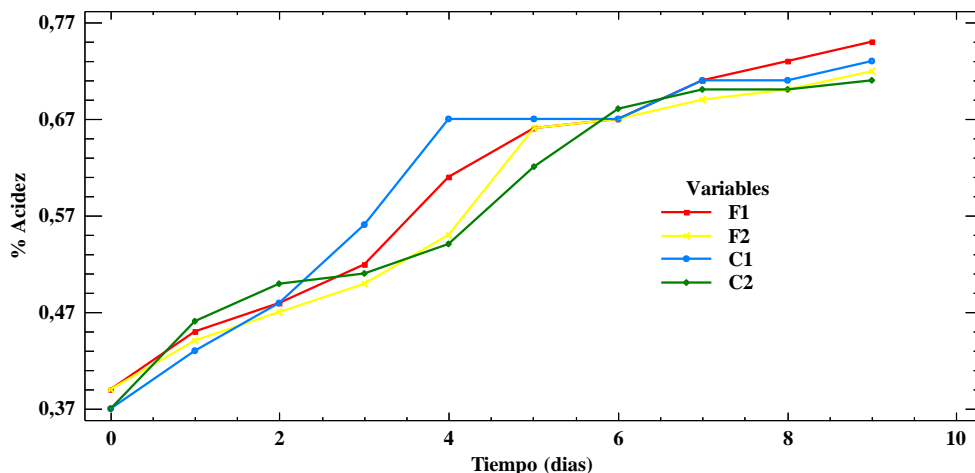
4.3.3. Acidez titulable (% Ácido Cítrico)

En la Tabla 4-3 se presentan los resultados obtenidos en la determinación de la acidez titulable y en la Grafica 4-3 se observa el comportamiento de este en la fermentación del zumo de carambola.

Tabla 4-3: Variación % Acidez en la fermentación con tratamientos cepas Freddo y Color.

Tiempo (días)	%Acidez			
	F ₁	F ₂	C ₁	C ₂
0	0,39±0,04 ^a	0,39±0,04 ^a	0,37±0,06 ^a	0,37±0,04 ^a
1	0,45±0,04 ^{ab}	0,44±0,05 ^b	0,43±0,06 ^b	0,46±0,06 ^b
2	0,48±0,05 ^b	0,47±0,06 ^b	0,48±0,04 ^{bc}	0,50±0,06 ^{bc}
3	0,52±0,03 ^b	0,50±0,02 ^c	0,56±0,02 ^c	0,51±0,03 ^{bc}
4	0,61±0,03 ^c	0,55±0,04 ^d	0,67±0,02 ^d	0,54±0,06 ^c
5	0,66±0,04 ^{cd}	0,66±0,08 ^f	0,67±0,01 ^d	0,62±0,00 ^{cd}
6	0,67±0,04 ^{cd}	0,67±0,08 ^f	0,67±0,04 ^d	0,68±0,01 ^{de}
7	0,71±0,02 ^d	0,69±0,06 ^g	0,71±0,04 ^{de}	0,70±0,03 ^{de}
8	0,73±0,03 ^{de}	0,70±0,06 ^g	0,71±0,04 ^{de}	0,70±0,04 ^{de}
9	0,75±0,04 ^{de}	0,72±0,04 ^g	0,73±0,02 ^e	0,71±0,04 ^{de}

*Letras diferentes en la misma columna indican que existe diferencia estadísticamente significativa en la prueba Tukey ($p < 0,05$).



Grafica 4-3: Comportamiento de % acidez versus tiempo en los tratamientos de cepas Freddo y Color.

Como se muestra en la Tabla 4-3, el %acidez demuestra que los valores presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en los tratamientos a lo largo del proceso fermentativo, identificando 7 grupos homogéneos para los tratamientos F_1 y C_1 , en tanto para F_2 y C_2 presentó 6 grupos. La actuación de la acidez bajo el proceso de fermentación en los diferentes tratamientos, se ilustran en la Grafica 4-3 en la que se evidencia un comportamiento creciente del día 0 hasta el día 9 en los cuatro tratamientos; siendo el día 9 con mayor valor (0,728) mientras que en el día 0 con menor valor (0,38). Aplicando el método estadístico se observó que el tratamiento C_1 presentó el mayor valor de 0,60 y los tratamientos F_2 y C_2 comparten el menor valor correspondiente a 0,579. Este cambio según Whiting (1976) puede darse por la presencia de microorganismos y sus reacciones enzimáticas con capacidad de neutralizar los ácidos del producto, en donde especies de levadura *S. cerevisiae* han sido capaces de producir ciertas cantidades de ácidos orgánicos, como ácido pirúvico, ácido láctico, L(-) o DL málico, succínico, fumárico, entre otros; la producción de estos ácidos depende de cierta manera de las condiciones ambientales, concentraciones de azúcar y temperatura de fermentación.

El aumento de la acidez posiblemente se deba a las actividades bacterianas del ácido láctico que descomponen los azúcares para producir ácido láctico entre otros productos secundarios (Whiting, 1976). Zoecklein *et al* (1999) afirmaron que la inducción exitosa de la fermentación maloláctica en vinos con alto contenido de acidez y pH bajo, es potencialmente, una técnica útil para el ajuste de la acidez y el pH. Una producción excesiva de ácidos puede indicar contaminación microbiana por bacterias acéticas, exceso de oxígeno en el medio de fermentación que se puede ver influenciado por el espacio de cabeza en el tanque o a un tiempo de fermentación excesivo (Valim *et al.*, 2016; Tosi-Costa *et al.*, 2019).

Como se ha mencionado en discusiones del pH, la presión cumple un rol importante que, al no ser monitoreada de manera directa, puede ser un factor que genere cambio en el sistema generando estrés en los microorganismos (Tosi-Costa *et al.*, 2019). Los tratamientos con espacio de cabeza mayor (F_1 y C_1) presentaron valores más ácidos con respecto a los espacios de cabeza menor (F_2 y C_2). Con lo anterior, se identifica que el espacio de cabeza en relación con el volumen del fruto a fermentar puede ser un factor que trabaje según la cantidad de oxígeno presente, creando un punto de control importante durante la fermentación; además, un volumen inadecuado (menor) puede presurizar el espacio de cabeza con suficiente CO_2 interno (Tosi-Costa *et al.*, 2019). Otro aspecto importante en lo que concierne a la geometría del tanque, es que puede aumentar o disminuir su área de superficie expuesta, logrando influir en la captación de aminoácidos durante la fase de excreción (Lea y Piggott, 2003).

Los resultados de la acidez expresada en porcentaje obtenidos en este estudio están entre $0,71 \pm 0,04$ y $0,75 \pm 0,04\%$, que, al ser comparados en la literatura de zumo fermentados de carambola, Vargas Molinary (2014) identificó acidez de 0,99 para el día octavo, empleando levadura vínica LALVIN EC-1118 sin adición de enzima pectolítica. En el caso de Ezeama y Ebia (2015) para el día 8 de fermentación, obtuvieron datos para dos prototipos inoculados; ambos con pasteurización y aplicación de ácido cítrico, sulfato y metabisulfito, diferenciando con y sin adición de azúcar correspondientes a $0,81 \pm 0,0$ y $0,79 \pm 0,0$ respectivamente. Bridgebassie y Badrie (2004) en su séptimo día acidez titulable de 0,041 empleando levadura *S. cerevisiae* var *ellipsoideus* (Unican Company, Norwich, England). Valim *et al* (2016), midieron en el día 9 una acidez de 42 mEq/L, ajustando inicialmente el mosto a un pH de 4,5 con carbonato de calcio. Zavala (2000) registró para el mismo día, acidez total de 5,93 (g de ácido tartárico/L) con *S. Cerevisiae* var *Ellipsoideus* (Montrachet, Lalvin) y un previo sulfitado. En lo que concierne a las cepas de la presente investigación, Amorocho-Cruz *et al* (2022) el día 7 de la fermentación alcohólica registró %Acidez de $0,87 \pm 0,56$ en vino de curúba con cepa Freddo, mientras que en cepa Color, Oviedo-Arbeláez *et al* (2018) para el día 8 obtuvo $0,16 \pm 0,01$ en mosto de mora y Jiménez-Ochoa *et al* (2018) informaron $0,88 \pm 0,03$ en mosto de uva Isabella. De acuerdo con estos resultados, los niveles de acidez obtenidos frente a las demás literaturas pueden estar influenciados por la variedad, las condiciones climáticas, las prácticas culturales y la madurez de la fruta (Zoecklein *et al.*, 1999). También se pudo notar que, al igual en el apartado de pH, la matriz alimentaria y el ajuste inicial del zumo mediante adición de ácidos orgánicos, puede diferenciar en los resultados.

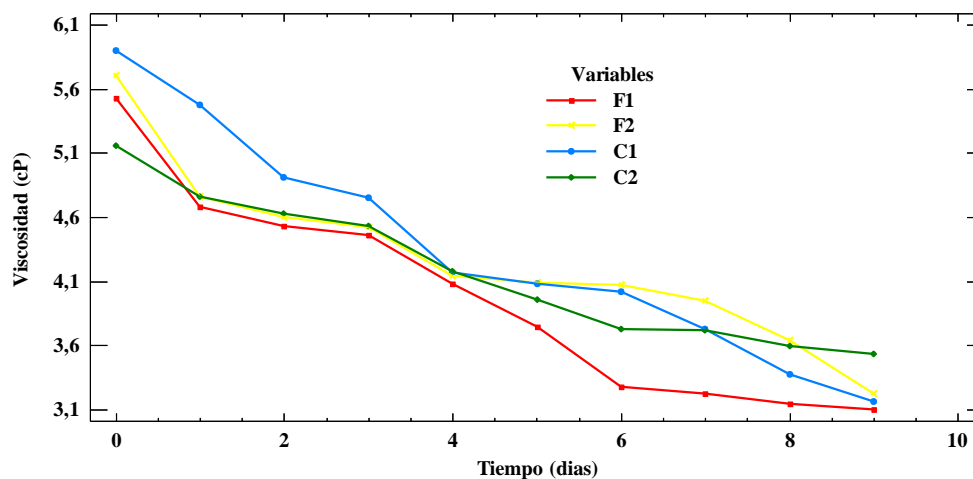
4.3.4. Viscosidad

Se obtuvieron las siguientes mediciones de viscosidad (cP), mostrados en la Tabla 4-4 y cuya evolución se representa en la Grafica 4-4.

Tabla 4-4: Variación de viscosidad durante el proceso fermentativo.

Tiempo (días)	Viscosidad (cP)			
	F ₁	F ₂	C ₁	C ₂
0	5,53±0,33 ^a	5,70±0,40 ^a	5,90±0,05 ^{ab}	5,16±0,24 ^{ab}
1	4,68±0,27 ^c	4,76±0,22 ^{bc}	5,47±0,28 ^{abc}	4,76±0,35 ^{bc}
2	4,53±0,28 ^{cd}	4,60±0,38 ^{bcd}	4,91±0,42 ^{bcd}	4,63±0,03 ^{cd}
3	4,46±0,27 ^{cd}	4,52±0,29 ^{cd}	4,75±0,32 ^{cd}	4,53±0,33 ^{cde}
4	4,08±0,22 ^{de}	4,14±0,33 ^{cde}	4,17±0,28 ^{def}	4,18±0,16 ^{de}
5	3,74±0,21 ^{ef}	4,09±0,36 ^{cde}	4,08±0,19 ^{ef}	3,96±0,33 ^{ef}
6	3,28±0,16 ^{efg}	4,07±0,15 ^{cde}	4,02±0,20 ^f	3,73±0,27 ^{efg}
7	3,22±0,17 ^{fg}	3,95±0,24 ^{de}	3,73±0,27 ^{fg}	3,72±0,05 ^{efg}
8	3,14±0,12 ^g	3,64±0,21 ^{def}	3,37±0,17 ^g	3,59±0,16 ^{fg}
9	3,10±0,19 ^g	3,22±0,21 ^f	3,16±0,17 ^h	3,53±0,24 ^g

*Letras diferentes en la misma columna indican que existe diferencia estadísticamente significativa en la prueba Tukey ($p < 0,05$).



Grafica 4-4: Variación de la viscosidad en la fermentación con cepas Freddo y Color.

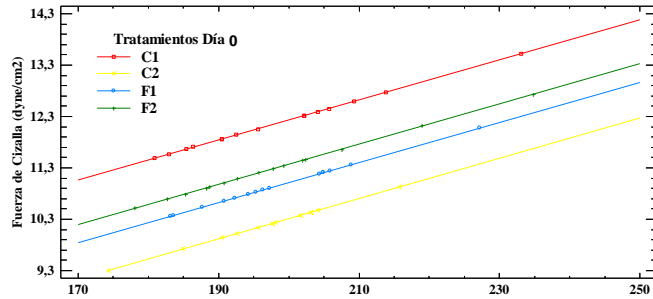
En la Tabla 4-4 se observa que los valores de viscosidad medidos en el transcurso de la fermentación presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. Con los resultados obtenidos se observa que el día 1 presentó el mayor valor (5,57) y el día 9 menor valor (3,25), reconociendo 8 grupos homogéneos para los tratamientos F₁ y F₂, 9 grupos para C₂ y 10 para el tratamiento C₁. Así mismo, se observó que el tratamiento C₁ presentó la mayor media (4,356), mientras que para F₁ fue la menor (3,976).

A lo largo del tiempo de fermentación (Gráfica 4-4), se observa una tendencia descendente de la viscosidad en función al periodo de fermentación, situándose en el último día, los tratamientos F₁ y C₁ con valores inferiores. También nos permite visualizar la variación debido al proceso de

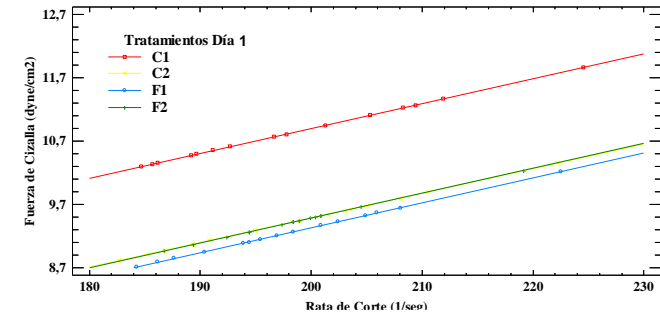
degradación de los azúcares por la actividad metabólica de las levaduras; de ello resulta necesario decir que la viscosidad en vinos blancos secos tiene una viscosidad más baja que los vinos tintos secos (Košmerl *et al.*, 2000). Como era de esperar, la viscosidad es proporcional al contenido de sólidos solubles debido a que los valores de viscosidad y sólidos solubles (°Brix) están fuertemente correlacionados; los sólidos solubles reflejan la cantidad de azúcares residuales en el vino y cuando este último aumenta, la viscosidad también aumenta. Con lo anterior, al generarse un aumento de alcohol por la fermentación disminuye la viscosidad en vinos blancos y tintos (Moshou, 2019).

Al ahondar los resultados de la viscosidad en otras investigaciones, se puede notar que es muy poca la información respecto al seguimiento de fermentación, lo cual hace que los datos obtenidos presenten cierto rango de incertidumbre vinculado. Únicamente se evidenció que la cepa Color en los mostos de mora de Oviedo-Arbeláez *et al* (2018) y uva Isabella de Jiménez-Ochoa *et al* (2018), las viscosidades fueron $2,33 \pm 0,29$ y $1,63 \pm 0,07$ (cP) respectivamente.

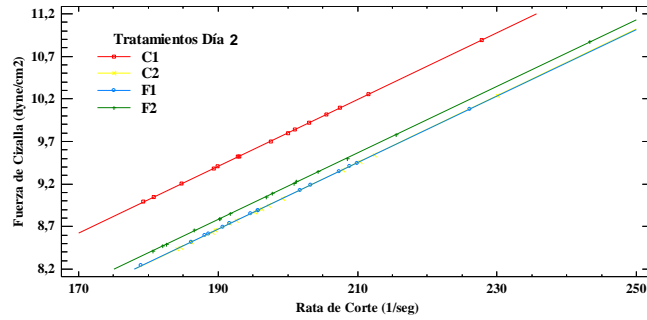
Finalmente, los ensayos reológicos de las muestras del zumo de carambola obtenidos para los distintos tratamientos a lo largo del proceso de fermentación se muestran en las Gráficas 4-5^a a 4-5^j. En estos reogramas se logra apreciar la inclinación de las líneas obtenidas ajustándose en los datos de fuerza de cizalla (dyne/cm^2) y rata de corte (s^{-1}) en un rango de corte de 198 s^{-1} para cada periodo de tiempo. Durante el transcurso de las fermentaciones, los tratamientos presentaron un comportamiento de flujo independiente del tiempo y de la velocidad, por lo que se considera newtoniano, como ocurre con el mosto o el agua (Rao, 2014). Hasta ahora, las propiedades reológicas (flujo) del vino están poco investigadas y han asociado la viscosidad con una relación a la percepción del cuerpo del vino.



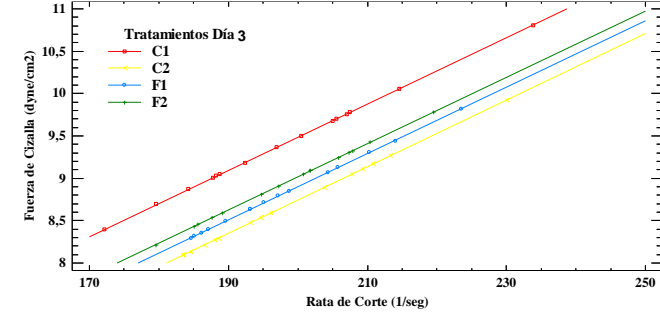
Grafica 4-5^a: Representación esquemática de fuerza de cizalla vs tasa de corte día 0 de fermentación



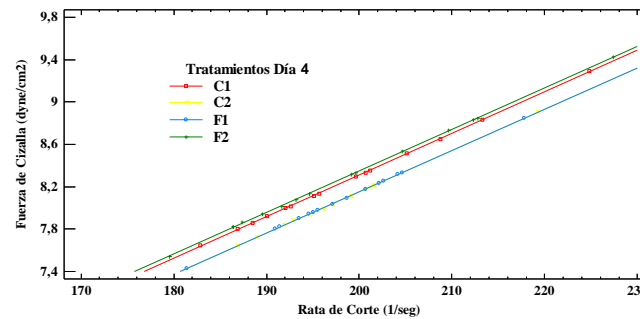
Grafica 4-5^b: Representación esquemática de fuerza de cizalla vs tasa de corte día 1 de fermentación



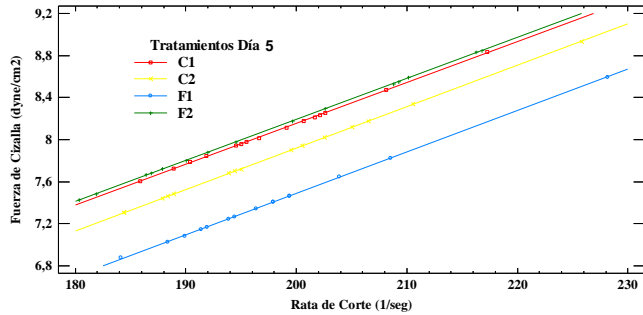
Grafica 4-5^c: Representación esquemática de fuerza de cizalla vs tasa de corte día 2 de fermentación



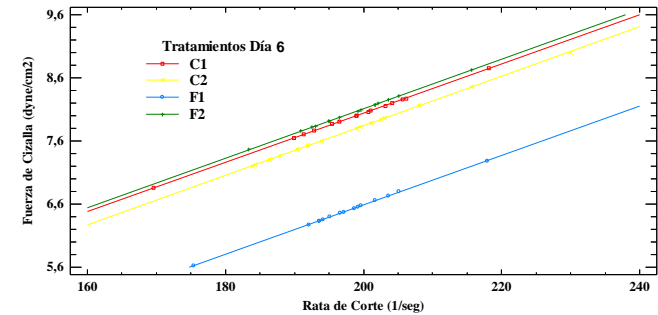
Grafica 4-5^d: Representación esquemática de fuerza de cizalla vs tasa de corte día 3 de fermentación



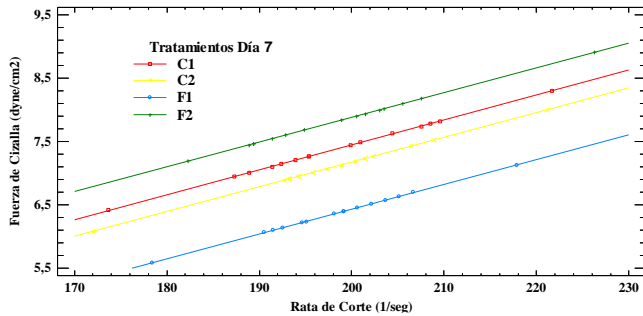
Grafica 4-5^e: Representación esquemática de fuerza de cizalla vs tasa de corte día 4 de fermentación



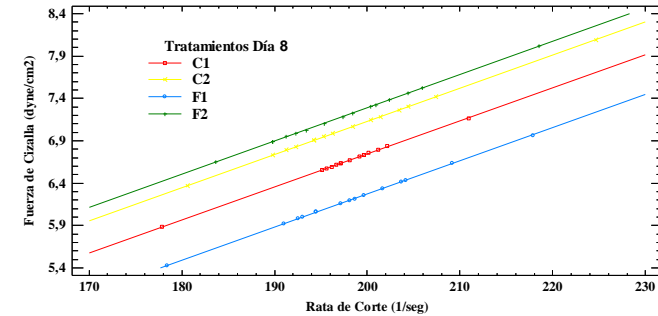
Grafica 4-5^f: Representación esquemática de fuerza de cizalla vs rata de corte día 5 de fermentación



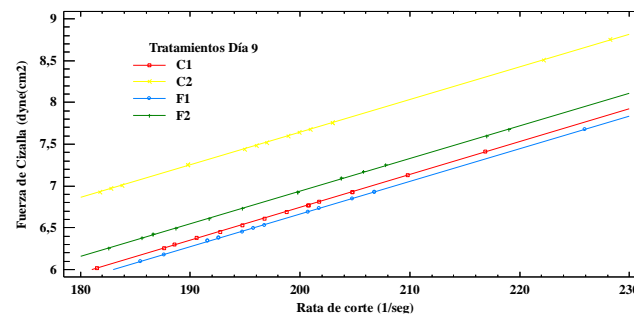
Grafica 4-5^g: Representación esquemática de fuerza de cizalla vs rata de corte día 6 de fermentación



Grafica 4-5^h: Representación esquemática de fuerza de cizalla vs rata de corte día 7 de fermentación



Grafica 4-5ⁱ: Representación esquemática de fuerza de cizalla vs rata de corte día 8 de fermentación



Grafica 4-5^j: Representación esquemática de fuerza de cizalla vs rata de corte día 9 de fermentación

4.3.5. Clarificación y caracterización fisicoquímica del vino

En las Tabla 4-5 se presenta los resultados de las características fisicoquímicas de las muestras de vinos de carambola clarificados obtenidos, incluyendo los requisitos específicos de los vinos de frutas especificado por la NTC 708 (Icontec, 2000).

Tabla 4-5: Requisitos específicos de vino clarificado de carambola en los distintos tratamientos.

Parámetros	Tratamiento				Valores permitidos NTC 708
	F ₁	F ₂	C ₁	C ₂	
Contenido del alcohol en grados alcoholimétricos (% v/v a 20 °C)	12,8±0,01 ^{cd}	11,5±0,00 ^{ab}	12,3±0,00 ^{bc}	11,1± 0,00 ^a	>6
Acidez total expresada en g/dm ³ (libre de SO ₂ , CO ₂ y C ₆ H ₈ O ₂)	5,81±0,00 ^c	5,77±0,02 ^a	5,79±0,00 ^b	5,77±0,01 ^a	3,5 – 10
pH	3,59±0,01 ^a	3,65±0,00 ^c	3,61±0,02 ^{ab}	3,65±0,01 ^c	2,8 – 4,0
Azúcares totales previa inversión expresado como glucosa, en g/dm ³	61,41 ^a	62,46 ^{bc}	62,46 ^{bc}	63,51 ^{cd}	>50 dulce

*Letras diferentes en la misma fila indican que existe diferencia estadísticamente significativa en la prueba Tukey (p<0,05)

Con base a la Tabla 4-5, se observa que los parámetros obtenidos se encuentran dentro de los rangos permitidos especificados por la norma, lo cual demuestra que la bebida cumple con estos estándares de calidad. En términos generales, los valores determinados en la presente investigación son muy similares a los reportados por Sánchez y Montenegro (2021) con 12% en alcohol, pH 3,5, acidez de 3,85. Fiscal y Chávez (2016) con un contenido de alcohol del fruto del 3,67 %, pH de 3,75; Paul y Sahu (2014) obtuvieron alcohol entre 12,15%, pH 4,5, azúcar 7,9 g, y acidez de 4,6 g. Sibounnavong *et al* (2010) identificaron 14,37% de alcohol; Wu *et al* (2005) midieron 12% de alcohol pH 3,8, acidez de 8,1 g y azúcares de 7,0 g; finalmente Zavala (2000) reportó alcohol de 12,53 °GL a 20 °C, pH 3,63, acidez total 6,25 g y azúcares reductores 12,93 g glucosa/L. Algunas diferencias de datos pueden estar relacionados al estado de madurez, variedad, clima, suelo, chaptalización, levadura empleada, jarabe de azúcar, proceso de sulfitado, periodo de envejecimiento, entre otros. Cabe destacar que todo tipo de vino que sobrepase los límites puede llegar ser más susceptible a contaminación por carga microbiana.

Ahora bien, en el proceso de clarificación del vino de carambola no vario el pH, teniendo en cuenta que el uso de la bentonita tiende a generar algún cambio al momento de su aplicación, debido al intercambio a nivel iónico que retiene las moléculas de mayor tamaño; ante los datos medidos, se puede relacionar que la cantidad de bentonita añadida no afecto este parámetro y no resultó disminuir el pH de la bebida final (Carrión *et al.*, 2018).

4.4. Análisis microbiológicos en el zumo fermentado

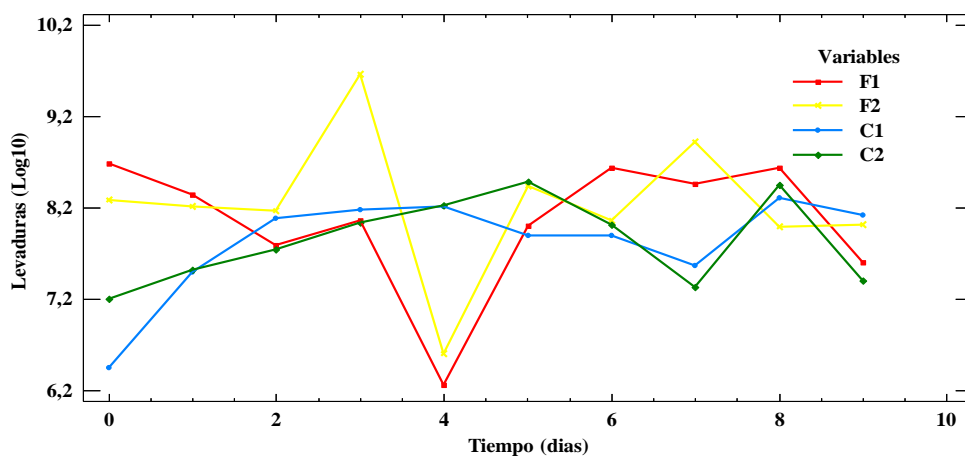
4.4.1. Crecimiento microbiano

Se obtuvieron los siguientes datos en la Tabla 4-6 y se ilustraron en la Grafica 4-6 para el respectivo análisis microbiológico del zumo fermentado.

Tabla 4-6: Variación del crecimiento microbiano durante el proceso fermentativo.

Tiempo (días)	Levadura (log 10 UFC/ml)			
	F ₁	F ₂	C ₁	C ₂
0	8,68±0,20 ⁱ	8,28±0,15 ^c	6,45±0,15 ^a	7,20±0,50 ^a
1	8,34±0,23 ^f	8,21±0,35 ^d	7,49±0,14 ^b	7,52±0,06 ^d
2	7,79±0,20 ^c	8,16±0,24 ^d	8,08±0,10 ^e	7,74±0,87 ^e
3	8,06±0,28 ^e	9,59±0,26 ^h	8,18±0,12 ^f	8,04±0,09 ^f
4	6,26±0,44 ^a	6,60±0,30 ^a	8,21±0,19 ^f	8,22±0,25 ^g
5	8,00±0,32 ^d	8,43±0,31 ^f	7,89±0,01 ^d	8,48±0,46 ⁱ
6	8,63±0,30 ^h	8,06±0,34 ^c	7,89±0,04 ^d	8,01±0,20 ^f
7	8,46±0,24 ^g	8,92±0,30 ^g	7,56±0,35 ^c	7,33±0,37 ^b
8	8,53±0,47 ^g	7,99±0,01 ^b	8,30±0,30 ^g	8,45±0,40 ^h
9	7,60±0,16 ^b	8,01±0,29 ^b	8,12±0,05 ^e	7,40±0,40 ^c

*Letras diferentes en la misma fila indican que existe diferencia estadísticamente significativa en la prueba Tukey ($p < 0,05$)



Grafica 4-6: Variación de levaduras en la fermentación con cepas Freddo y Color.

De acuerdo con la Tabla 4-6, el crecimiento microbiano presenta diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en los cuatro tratamientos, identificando 9 grupos homogéneos para los tratamientos F₁ y C₂, mientras que para C₁ y F₂ presentó 7 y 8 individualmente. En la Grafica 4-6 se evidencia el crecimiento transcurrido en el periodo de fermentación alcohólica en los tratamientos, además de como las levaduras establecen un ciclo de vida relacionado con la cantidad de azúcares presentes y factores que actúan en el medio, teniendo en cuenta que las condiciones iniciales de azúcar en el extracto son importantes y tienden a influir en la producción de CO₂, etanol y velocidad en la que se desarrolla el proceso (Amorocho-Cruz *et al.*, 2022).

Del mismo modo, en la Tabla 4-6 se evidencia que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) durante la fermentación alcohólica de los tratamientos con un nivel del 95,0% de confianza. Con ello se identifica que el día 4 presentó el menor valor de media (7,325) y que el día 3 obtuvo el mayor valor (8,475). Así mismo, se observó que el tratamiento C_1 presentó la menor media (7,82), mientras que para F_2 fue el mayor valor, 8,23 específicamente. Analizando los datos se observó que desde el día 0 al 2, los tratamientos F_1 y F_2 presentaron un decrecimiento leve, distinto a los tratamientos C_1 y C_2 ; hasta el día 5 se presenciaron variaciones en el crecimiento, lo que posiblemente en ese periodo de tiempo, la fase de fermentación alcohólica de las levaduras establecía un ciclo de vida. Los tratamientos con cepa Color presentaron comportamientos en sus datos muy similares mientras que en cepa Freddo muy variados, aunque en la etapa final del día 8 y 9, las levaduras llegaron a estimar su vida útil debido a que los azúcares en el medio son mínimos.

González Salazar (2021) profundizó acerca de cuatro fases. La primera fase de retraso es aquella en que la levadura busca una adaptación y que da inicio a la actividad enzimática para sintetizar los sustratos del medio; transcurrido un tiempo, la segunda fase de crecimiento exponencial es un periodo en el que la multiplicación es máxima y muestra niveles constantes. En el caso de la tercera fase que es estacionaria, los nutrientes del medio disminuyen y se agotan por actividad metabólica de la levadura, y no se observa un crecimiento variado, llegando finalmente a la última fase correspondiente a la muerte, donde la población disminuye por falta de nutrientes y minimiza su actividad en el medio. Con lo anteriormente aclarado, se observa en la Gráfica 4-6 que las levaduras C_1 y C_2 demostraron comportamientos claros de las fases mencionadas, para F_1 y F_2 se destacaron algunas variaciones durante la fase de crecimiento y multiplicación. Con base a lo anterior, Suárez-Machín *et al* (2016) mencionaron los factores para tener en cuenta en el crecimiento y óptimo desarrollo de las levaduras son temperatura, luz, pH, cantidad de alcohol generado y presión dada en el medio, en este caso los parámetros se daban por las diferentes cepas comerciales. En cepa Oenoferm Color, el rango de temperatura recomendado es de 18-28 °C con un transcurso de fermentación continuo mientras que Oenoferm Freddo establece un rango de 13-17 °C, indicando una fermentación rápida y fija (AMG, 2017); dicho esto, la temperatura de trabajo (26 °C) representó un papel importante en el proceso metabólico como activador o inhibidor del desarrollo microbiano, dada la observación del proceso de producción de levaduras en los tanques F_1 y F_2 . Un crecimiento microbiano en diferentes condiciones de estrés osmóticos puede forzar la levadura a regularse a las condiciones del medio para adaptarse al entorno y crecer nuevamente (Tosi-Costa *et al.*, 2019), caso de los tanques de fermentación ejecutados.

Bagheri B *et al* (2017) destacaron que la especie *S. Cerevisiae* tiende a predominar en etapas fermentativas donde encuentre un alto contenido de azúcar; sin embargo la levadura inoculada tiende a competir con las levaduras nativas del fruto, lo que puede contribuir de manera significativa, positiva o negativa, para llegar a completar el proceso y brindar la calidad del producto esperado; por esa razón se tomó la decisión de agregar el suplemento nutricional VitaDrive, el cual estimula a la levadura durante la rehidratación desde el inicio y aumenta la capacidad en la fermentación. De igual importancia, se resalta el uso de VitaDrive en el comportamiento de las curvas logro ayudar en la estimulación de la levadura y aportó en el aumento del desarrollo de esta. Cabe aclarar que el recuento final también puede estar sujeto a la flora microbiana nativa del fruto y la inoculada al zumo.

La disminución de los sólidos solubles es notoria, desde 19 a 7 °Brix, identificando el consumo fermentativo de las levaduras. También se observa al inicio de la fermentación el pH se encuentra entre valores de 4,13 y 4,40 que pueden afectar la óptima acidificación del medio, aunque se regula con el paso del tiempo, mientras que el % de acidez se relaciona con los adecuados y aporta valores para un óptimo crecimiento; el contenido de alcohol también juega un papel importante (Epifanio Fernández, 2005). Los cambios anteriormente mencionados, desencadenan mecanismos de percepción y respuesta que obliga a la levadura a su adaptación, crecimiento y proliferación, brindando un comportamiento que busca la estabilidad de las curvas. En tal caso que la levadura no logre adaptarse con facilidad al medio, puede presentar perturbaciones que alteran la actividad enzimática y afecten su entorno. Otra característica interesante de este tipo de respuestas a estrés es que puede ser transitoria, una vez realicen el cambio de las condiciones del entorno, las células pueden modificar su expresión génica, recuperar el equilibrio y buscan una expresión estándar (Martínez Pastor, 2011). En comparación a los demás estudios, únicamente Oviedo-Arbeláez *et al* (2018) analizaron que las levaduras presentaron un período de latencia corto y una alta velocidad en la transformación de azúcares en alcohol, siendo inoculado con cepa Color en mosto de mora.

4.4.2. Interpretación morfológica de las cepas *Saccharomyces cerevisiae*

La caracterización morfológica de las colonias se identificó con la selección de manera aleatoria en las siembras realizadas. En la selección se evidenció que la mayoría de las colonias presentaban formas circulares con algunos centros pigmentado en blanco, márgenes rugosas bien definidas, blanquecinas, convexas o planas, con una superficie brillante, lisas y cremosas (Figura 4-1). La textura y elevación de las colonias son las principales características en las que se basa la identificación macroscópica, así como el color, aunque con cierta dependencia al medio de cultivo en el que se encuentre (Arias *et al.*, 2019; Walteros Pinzón, 2020). A nivel microscópico mediante la

tinción simple de cristal violeta se visualizó células circulares, elípticas u ovoides con un núcleo diferenciado y de distintos rangos de diámetro, destacando las características típicas de *S. cerevisiae* con cierta forma en su centro, colonias simples o aglomeradas (Walteros Pinzón., 2020).

En el estudio de Arias *et al* (2019), se destaca que la observación de levadura *Saccharomyces* es en racimos laxos formados por levaduras grandes, con forma ovalada, cilíndrica o elíptica. Dependiendo de la edad de la célula y su aislamiento o no en colonias, el tamaño se puede encontrar entre 2-7 micras de largo, los cuales se asemejan microscópicamente a los obtenidos en la presente investigación (2,2 - 6,0) y (3,5 - 10,5) micras; ciertas colonias presenten un tamaño elevado, probablemente correspondan a levaduras nativas (Walteros Pinzón, 2020). El cuadro de identificación macro y microscópica mostrado en el Anexo E se utilizó para la recopilación de datos en las colonias seleccionadas.

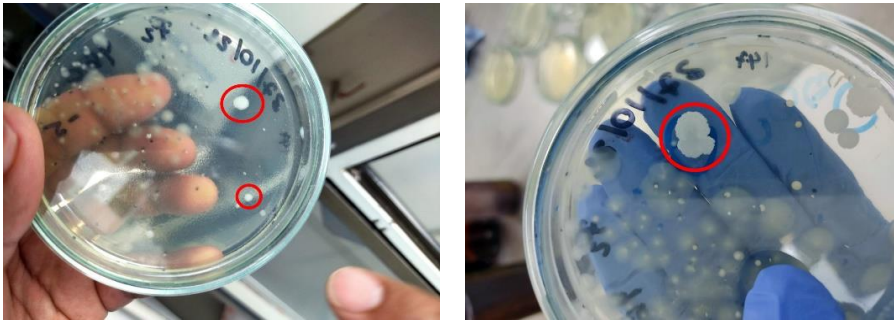


Figura 4-1: Morfología de las colonias formadas por las levaduras

4.4.3. Prueba de catalasa

El análisis bioquímico en las diferentes colonias seleccionadas dio resultado positivo en todas las pruebas debido a la formación de burbujeo, mostrado en la Figura 4-2. Las levaduras tienen la capacidad de descomponer H_2O_2 en agua y oxígeno, logrando que ciertos microorganismos se protegen del efecto tóxico que este agente pueda ocasionar (Martínez Pastor, 2011).



Figura 4-2: Burbujeo en prueba catalasa de las colonias seleccionadas.

4.5. Destilación

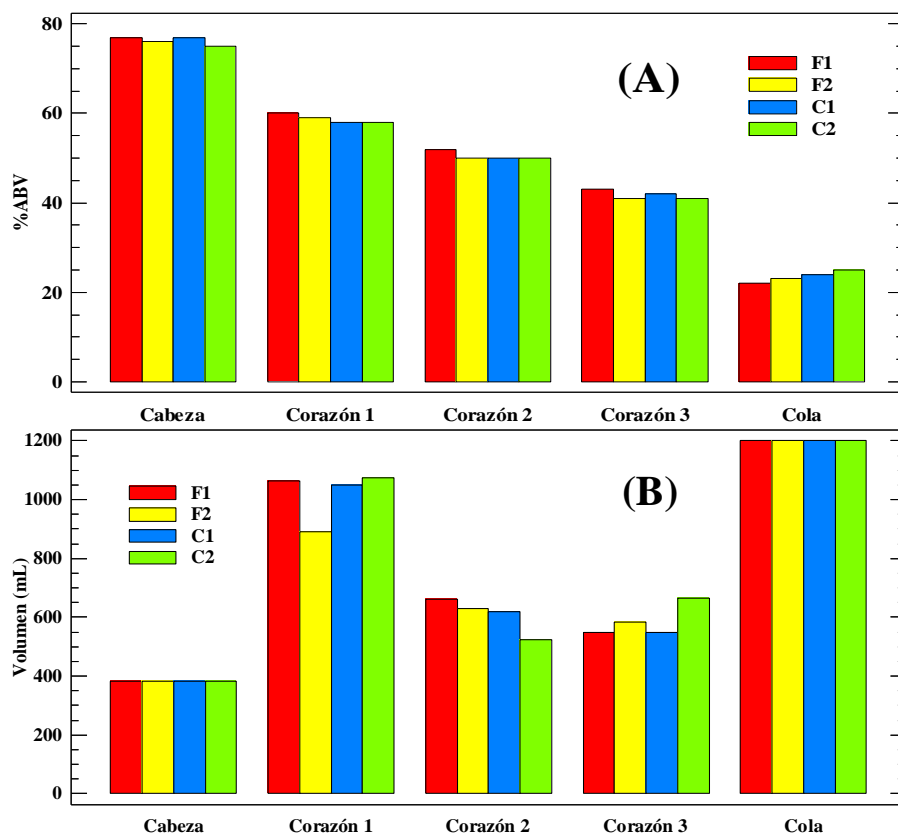
4.5.1. Destilado del vino de carambola

Durante el proceso de destilación en los vinos clarificados, se logró separar las tres fracciones principales (cabezas, corazones y colas) mediante una técnica común de rectificación térmica. En base a la Tabla 4-7, se puede observar el volumen obtenido y %ABV del primer destilado en cada corte, mismos que serán ilustrados en la Grafica 4-7.

Tabla 4-7: Resultados primera destilación en los tratamientos de vino clarificado de carambola.

Fracciones	F ₁		F ₂		C ₁		C ₂	
	Vd(mL)	%ABV	Vd(mL)	%ABV	Vd(mL)	%ABV	Vd(mL)	%ABV
Cabeza	384	77,0	384	75,8	384	76,6	384	74,6
Corazón 1	1064	59,7	890	58,9	1048	58,4	1075	58,0
Corazón 2	661	51,8	630	49,9	620	50,1	524	49,5
Corazón 3	550	42,8	585	41,4	550	41,7	665	41,2
Cola	1200	22,2	1200	22,7	1200	24,3	1200	24,8

*Vd: volumen destilado. %ABV: grado alcohólico volumétrico.



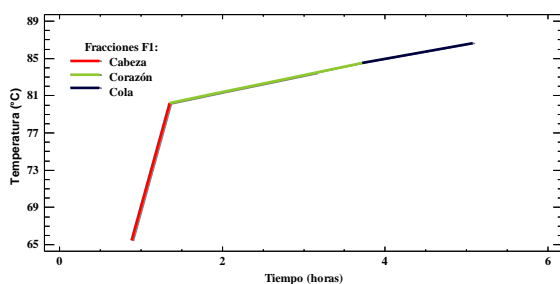
Grafica 4-7: Relación de %ABV (A) y volumen obtenido (B) en destilación de los tratamientos.

En la Grafica 4-7A se detalla claramente la disminución del %ABV en los cuatro tratamientos con respecto al aumento del volumen acumulado del destilado (Grafica 4-7B). Una posible razón de esto podría ser que, a lo largo del tiempo, el volumen de alcohol tiende a disminuir, seguido por el componente agua, pero aumentando los compuestos de baja volatilidad (Spaho, 2017). Así mismo, se correlacionó que el tratamiento de mayor contenido inicial de alcohol del vino obtuvo un mayor volumen del destilado del todo proceso, caso del tratamiento F₁, por tanto, fue el mayor en obtener la fracción corazón teniendo en cuenta que los cortes cabeza y cola se establecieron al mismo porcentaje. Aunque el rendimiento de producción de los licores de carambola fue relativamente bajo, posiblemente se asocie a la estructura del equipo, cantidad inicial del vino, presencia de impurezas, entre otros. Rizzon y Meneguzzo (2001) expresa que, en volumen, el corazón o cuerpo representa del 70% al 80% del destilado mientras que el corazón obtenido en la presente investigación fue entre el 22-24%, aunque se han informado hallazgos similares en aguardientes de carambola (Moreira *et al.*, 2018).

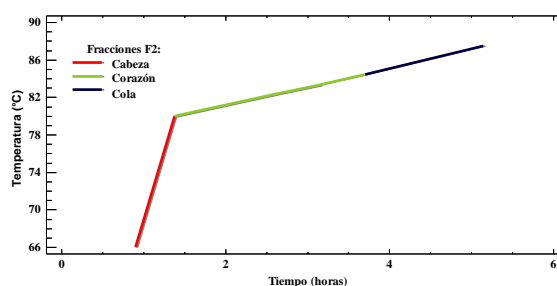
Al intentar de comprender las diferencias en rendimientos y grados alcoholimétricos obtenido en cada uno de los destilados, posiblemente se asocie al tipo de levadura y grado alcohólico del vino. Según Rizzon y Meneguzzo (2001), “La presencia de células de levadura en el vino para la destilación es beneficiosa para la calidad del destilado, ya que los ácidos grasos liberados le otorgan características propias al destilado. Sin embargo, cantidades excesivas de ácidos grasos son perjudiciales” (p. 17). Del mismo modo, Giudici *et al* (1993), afirmó que los alcoholes superiores son producidos por los respectivos aminoácidos presentes en el medio y que la cantidad formada está influenciada por la composición del medio (pH, concentración de azúcar y tipo de fuente de nitrógeno), por la temperatura, cepa de levadura y grado de aireación en la fermentación.

Ahora bien, el incremento de la temperatura se fue generando a medida que trascurría el periodo de tiempo de la destilación (Grafica 4-8). La viabilidad de los tratamientos respecto al tiempo de destilación, visualizada en el termómetro del cuello de cisne del alambique en cada fracción de corte, resultó demostrar la presencia del componente metanol en la fracción cabeza para cada uno los tratamientos; desde el primer goteo se fue observando claramente que la temperatura de trabajo en todas las muestras fue aproximadamente de 65 °C, lo cual corresponde al punto de ebullición del metanol. Una vez completado el volumen propuesto en dicho corte, se evidenció que para la recolección del corte corazón estaba trabajando a partir de los 78 °C, valor relacionado al punto de ebullición del etanol. Dicho esto, se interpreta la importancia de los cortes en los procesos de destilación, porcentaje de cada fracción e identificación del punto de ebullición en lo reportado en la literatura. La fracción cabeza contiene la mayor concentración de componentes de bajo punto de

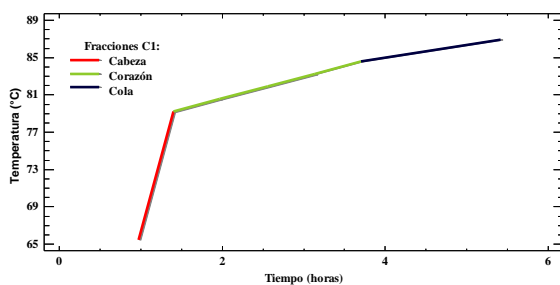
ebullición y compuestos no deseados que otorgan al producto un sabor fuerte, picante y desagradable, por lo que debe ser eliminado; esta concentración puede depender del tipo y variedad de la fruta. El corte del corazón suele ser la media de la destilación, identificada como la más rica en etanol y que genera aromas agradables de tipo afrutado. La parte final corresponde a la cola, contenida de compuestos grasos y oleosos desagradables que pueden ser recolectados para redestilar debido a la concentración relativamente baja de alcohol y congéneres valiosos (Spaho, 2017). Una correcta destilación del vino se puede lograr siempre y cuando se evite las alteraciones del destilado tales como turbiedades, contenido de metanol, olores indeseados (humo o quemado) y sabores de tipo amargos/metálicos (Rizzon y Meneguzzo., 2001).



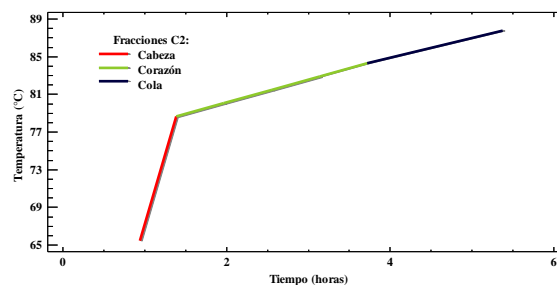
Gráfica 4-8ª: Relación temperatura de destilación en función del tiempo al destilado F₁



Gráfica 4-8b: Relación temperatura de destilación en función del tiempo al destilado F₂.



Gráfica 4-8c: Relación temperatura de destilación en función del tiempo al destilado C₁.



Gráfica 4-8d: Relación temperatura de destilación en función del tiempo al destilado C₂.

En la Figura 4-3 se demuestra que la destilación del vino dio como resultado un residuo (vino sin alcohol) y un destilado. El residuo es el líquido viscoso de color marrón denominado vinaza y el destilado el que contiene una apariencia translúcida y buen aroma.



Figura 4-3: Montaje de los componentes de izquierda a derecha: vino de carambola, vinaza y destilado.

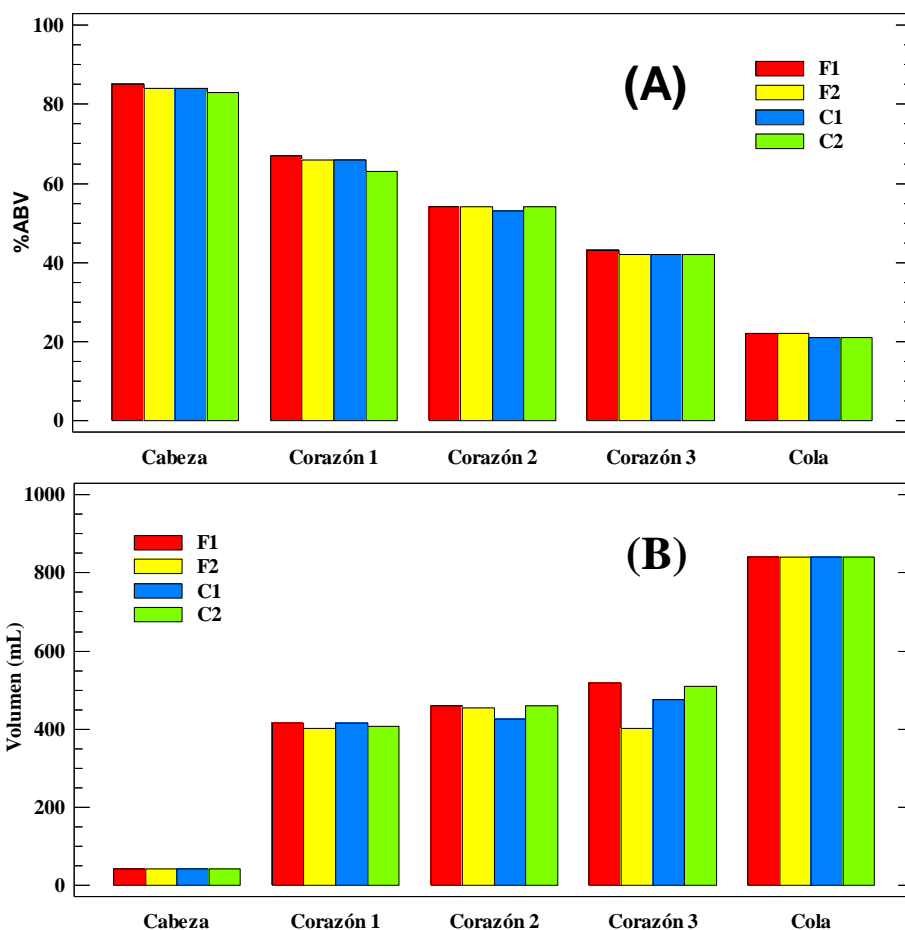
4.5.2. Destilado del licor de carambola

Los cambios en grado alcohólicos y volumen obtenido del redestilado se dan en la Tabla 4-8, mismos que serán graficados en la Grafica 4-9.

Tabla 4-8: Resultados segunda destilación en los tratamientos de carambola.

Fracciones	F ₁		F ₂		C ₁		C ₂	
	Vd(mL)	%ABV	Vd(mL)	%ABV	Vd(mL)	%ABV	Vd(mL)	%ABV
Cabeza	42	82,58	42	84,1	42	83,6	42	82,8
Corazón 1	416	65,7	402	65,7	415	65,5	408	63,3
Corazón 2	460	53,8	455	53,8	426	52,8	460	53,6
Corazón 3	518	42,4	402	42,4	475	41,5	510	42,1
Cola	840	22,0	840	21,6	840	20,7	840	21

*Vd: volumen destilado. %ABV: grado alcohólico volumétrico.

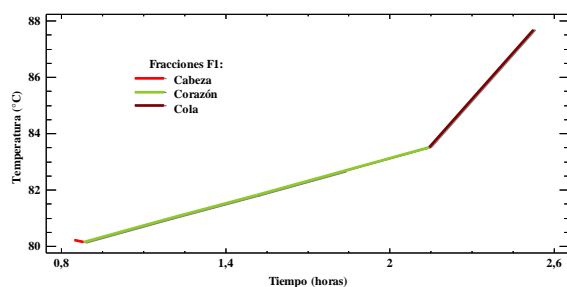


Grafica 4-9: Relación de %ABV (A) y volumen obtenido (B) en redestilación de los tratamientos.

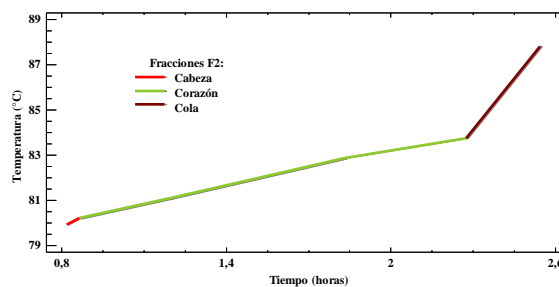
Al igual que en la primera destilación, la Grafica 4-9 demuestra que la tasa de concentración del alcohol disminuyó mientras que el volumen destilado acumulado aumentó. De los resultados obtenidos en la Tabla 4-8 se observa que los tratamientos presentan una variación baja entre los

volúmenes redestilados con respecto al primer destilado. Probablemente el ajuste alcohólico a 38 grados de alcohol para todos los tratamientos en su previa redestilación logró obtener una mayor homogeneidad en %ABV y volumen para cada fracción, mientras que, para el caso de los vinos con diferentes contenidos iniciales de alcohol, presentó una mayor variación en sus mediciones. La cantidad de corazón obtenida en la redestilación varió entre 1259 y 1394 mL, lo que representa un rendimiento de 44,96 a 49,78% de ginebra por litro de licor destilado.

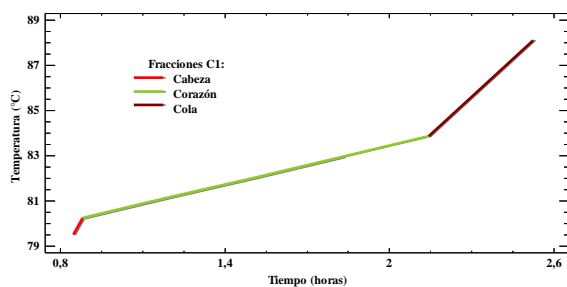
La Grafica 4-10 muestra que la temperatura del sistema de destilación aumentó rápidamente al comienzo del proceso de fracción, lo que indica una rápida volatilización del etanol a temperaturas superiores a 79 °C, asemejándose al punto de ebullición del etanol. La temperatura de ebullición en promedio de todo el proceso fue de 78 a 88 °C según el sensor de temperatura del alambique utilizado; rango que permitirá estandarizar la temperatura de operación del equipo para obtener un destilado con las características deseadas y sin riesgo alguno.



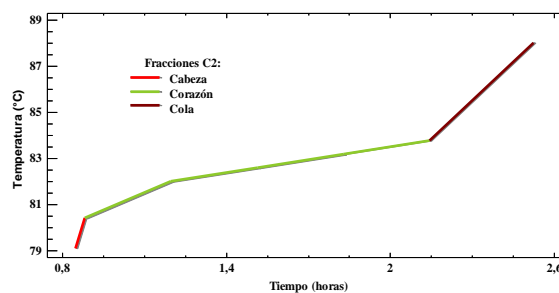
Grafica 4-10^a: Relación temperatura de destilación en función del tiempo al destilado F₁.



Grafica 4-10^b: Relación temperatura de destilación en función del tiempo al destilado F₂.



Grafica 4-10^c: Relación temperatura de destilación en función del tiempo al destilado C₁.



Grafica 4-10^d: Relación temperatura de destilación en función del tiempo al destilado C₂.

Con respecto a los tiempos requeridos para la obtención de los cortes, el tiempo de recolección de las fracciones cabezas para los redestilados fueron muy mínimos (2 min aprox.) con respecto al periodo de recolección de los primeros destilados (22-25 min). También se logra evidenciar que los cortes de corazón y cola de las ginebras se obtuvieron en menor tiempo respecto a los primeros destilados, teniendo en cuenta que los cortes propuestos en la metodología son casi similares. El tiempo requerido para realizar las redestilaciones no vario de manera drástica entre tratamientos teniendo en cuenta que

la velocidad de calentamiento, volumen y contenidos iniciales de alcohol fueron los mismos, en promedio la redestilación tardo 2,45 horas. En un mayor contenido alcohólico inicial, el periodo de destilación será menor, debido a que, en esta etapa del proceso, el compuesto (alcohol) ganará suficiente energía para cambiar su estado físico de líquido a gas, de igual manera, tendrá una mayor proximidad a la evolución de las fracciones volátiles (Bordiga, 2018). Del mismo modo, al evaluar la duración de la destilación en cada uno de los tratamientos con la literatura, posiblemente el tiempo empleado en redestilación varía en función a la intensidad de la llama, graduación alcohólica del destilado, tamaño y tipo del alambique.

En la Figura 4-4 se demuestra que la destilación del licor dio como resultado un subproducto y un redestilado. El subproducto es el líquido viscoso de color naranja oscuro denominado residuo, y el redestilado es el que contiene una apariencia translúcida con aromas mucho más agradables y resaltantes; estos cambios en cuanto a color y aroma frente al primer destilado pueden estar sujetos principalmente al uso de especias aromáticas.



Figura 4-4: Montaje de los componentes en redestilación de izquierda a derecha: residuo y ginebra.

4.5.3. Análisis ginebra de carambola

La Tabla 4-9 presenta los resultados obtenidos de las ginebras e incluyendo los requisitos especificados por la NTC 300 (Icontec, 1999).

Tabla 4-9: Requisitos específicos de la ginebra y de la ginebra compuesta o gin.

Parámetros	Tratamiento				Valores permitidos
	F ₁	F ₂	C ₁	C ₂	
Contenido alcohólico en grados alcoholimétricos a 20°C.	42±0,00 ^a	42,1±0,01 ^a	42±0,01 ^a	42± 0,00 ^a	>39
Acidez total expresada como ácido acético en mg/dm ³ de alcohol anhidro	48±0,00 ^a	48±0,01 ^a	48±0,00 ^a	48±0,01 ^a	<50

*Letras diferentes en la misma fila indican que existe diferencia estadísticamente significativa en prueba la Tukey ($p < 0,05$)

Al caracterizar el redestilado de los tratamientos se evidencia que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tabla 4-9). Para el caso del contenido de

alcohol se debe al ajuste alcohólico realizado con agua desmineralizada, esto con el propósito de estandarizar en las mismas condiciones para la respectiva catación. De acuerdo con estos resultados, se puede decir que la ginebra cumple con el contenido de alcohol y acidez total.

Por último, se efectuó el análisis cualitativo en determinación de metanol arrojando como resultado una llama azul pálida en los respectivos tratamientos, ilustrado en la Figura 4-5. El ácido bórico se hidroliza y reacciona fácilmente con el metanol para formar o producir borato de metilo (éster metílico), que viene siendo un volátil y se representa con una llama verde, mientras que la formación de flama azul representa el producto de la reacción entre el ácido bórico y etanol (Liu *et al.*, 2010), este comportamiento permite corroborar que las ginebras son aptas para su consumo.



Figura 4-5: Montaje de prueba cualitativa de metanol.

4.6. Análisis sensorial

4.6.1. Atributos generales

En el perfil de la ginebra se fue identificando que cierto número de individuos daban mayor relevancia a los sentidos de la vista y el olfato al momento de categorizar los diferentes parámetros, la evaluación de atributos generales no se relacionó de manera directa puesto que para cada parámetro se contaba con una escala evaluativa diferente. En la tabla 4-10 se evidencia que, para cada uno de los atributos generalizados, la aparición de 4 grupos homogéneos en la transparencia, resaltando que para este tipo de percepciones se presentó una alta variación en los evaluadores. En el caso de los atributos aroma y sabor a licor, se evidenciaron 3 grupos homogéneos, mientras que para color solamente un grupo homogéneo.

Tabla 4-10: Puntuación de atributos generales en ginebra de carambola.

Atributos generales	Tratamientos			
	F ₁	F ₂	C ₁	C ₂
Aroma (a licor)	3,86±0,93 ^c	3,11±1,14 ^{ab}	3,31±1,19 ^{ab}	3,06±1,15 ^a
Color	4,53±0,81 ^a	4,53±0,81 ^a	4,56±0,77 ^a	4,56±0,65 ^a
Transparencia	4,31±1,12 ^{ab}	4,53±0,61 ^{bc}	4,19±1,17 ^a	4,69±0,52 ^{cd}
Sabor (a licor)	4,14±1,31 ^{cd}	3,36±1,44 ^a	3,72±1,34 ^{ab}	3,72±1,34 ^{ab}

*Letras diferentes en la misma fila indican que existe diferencia estadísticamente significativa en la prueba Tukey ($p < 0,05$)

El análisis de diferencias significativas de los resultados evidenció que para atributo color, los tratamientos de cepa Freddo (F_1 y F_2) se presentó un valor de $4,53 \pm 0,81$ mientras que para cepa Color (C_1 y C_2) valor correspondiente a $4,56 \pm 0,77$, indicando que visualmente en los tratamientos se percibía unas ginebras extremadamente incoloras. En cuanto aroma se percibieron diferencias significativas, identificando que la presencia de aroma a licor estaba claramente presente; en transparencia, se presentaron diferencias siendo considerado casi cristalino sin identificación de partículas en suspensión, en especial, F_2 y C_2 . Para el caso del sabor a licor, tuvo mayor presencia en F_1 , seguidos de los tratamientos color (C_1 y C_2) aunque denotaban una alta percepción en nivel de alcohol denominándolo invasivo y molesto, que a su vez minimizaba su identificación.

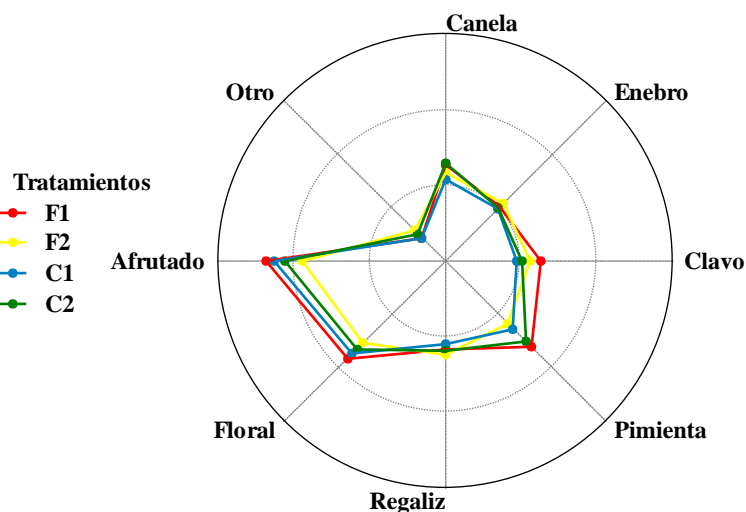
4.6.2. Aromas específicos

En la Tabla 4-11 se relacionó la identificación y percepción entre aromas específicos presentando los siguientes grupos homogéneos entre las especias y los tratamientos: 4 grupos en canela, enebro, clavo, floral, pimienta negra y otro, 3 grupos para regaliz y frutado.

Tabla 4-11: Puntuación de aromas específicos en ginebra de carambola.

Aromas específicos	Tratamientos			
	F_1	F_2	C_1	C_2
Canela	$1,69 \pm 1,55^c$	$1,56 \pm 1,46^b$	$1,44 \pm 1,50^a$	$1,72 \pm 1,56^{cd}$
Enebro	$1,36 \pm 1,57^b$	$1,44 \pm 1,68^c$	$1,31 \pm 1,47^a$	$1,33 \pm 1,62^{ab}$
Clavo	$1,69 \pm 1,43^{cd}$	$1,50 \pm 1,48^{bc}$	$1,25 \pm 1,23^a$	$1,36 \pm 1,31^{ab}$
Pimienta negra	$2,14 \pm 1,62^{cd}$	$1,56 \pm 1,27^a$	$1,69 \pm 1,58^{ab}$	$2,00 \pm 1,64^{bc}$
Regaliz	$1,56 \pm 1,56^{bc}$	$1,64 \pm 1,53^c$	$1,47 \pm 1,52^a$	$1,58 \pm 1,48^{bc}$
Floral	$2,42 \pm 1,56^{cd}$	$2,03 \pm 1,68^a$	$2,31 \pm 1,70^{bc}$	$2,19 \pm 1,56^b$
Afrutado	$3,14 \pm 1,46^{cd}$	$2,50 \pm 1,36^a$	$3,00 \pm 1,49^{bc}$	$2,81 \pm 1,47^{bc}$
Otro	$0,58 \pm 1,32^a$	$0,75 \pm 1,38^c$	$0,58 \pm 1,25^a$	$0,67 \pm 1,24^b$

*Letras diferentes en la misma fila indican que existe diferencia estadísticamente significativa en la prueba Tukey ($p < 0,05$)



Grafica 4-11: Perfiles de aromas específicos en gráfico radar/araña para ginebras de carambola.

La identificación de la presencia de los atributos ya mencionados por los evaluadores se representa en la Gráfica 4-11, teniendo como perfiles predominantes de mayor a menor lo siguiente: 1 el afrutado, 2 floral, 3 Pimienta, 4 canela, 5 clavo, 6 enebro, 7 regaliz y 8 otro, en este último algunos identificaron anís, almíbar, jengibre y nuez moscada. La mayor aceptabilidad de los aromas específicos fue para los tratamientos F₁ y C₁ donde indicaron que, a pesar de la percepción alcohólica, se balanceaban los aromas afrutados y florales.

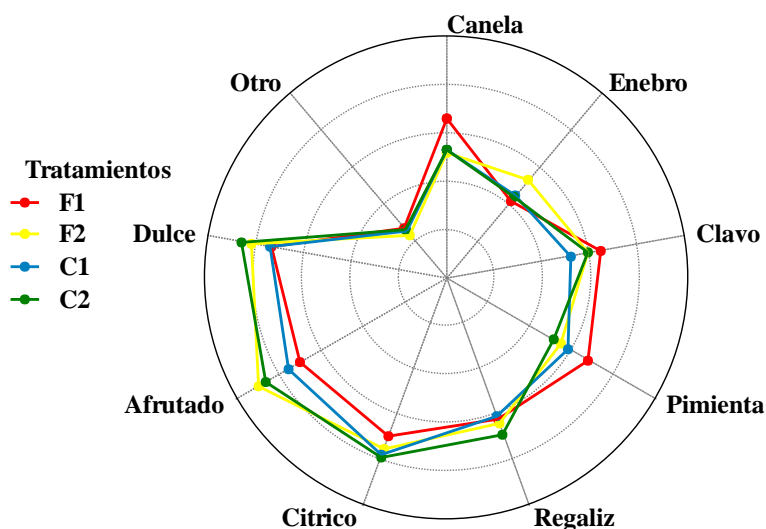
4.6.3. Sabores específicos

En el perfil de sabores específicos, la identificación y percepción de los factores se relacionan en la Tabla 4-12, presentando los siguientes grupos homogéneos en los tratamientos: 4 grupos en pimienta negra, regaliz y afrutado; 3 para clavo y cítrico, 2 grupos en canela, enebro y otro.

Tabla 4-12: Puntuación en sabores específicos en ginebra de carambola.

Sabores específicos	Tratamientos			
	F ₁	F ₂	C ₁	C ₂
Canela	1,97±1,66 ^c	1,56±1,38 ^a	1,58±1,40 ^{ab}	1,58±1,34 ^{ab}
Enebro	1,25±1,52 ^a	1,58±1,79 ^{cd}	1,33±1,66 ^{ab}	1,31±1,62 ^{ab}
Clavo	1,94±1,74 ^{cd}	1,78±1,59 ^{bc}	1,56±1,42 ^a	1,78±1,46 ^{bc}
Pimienta negra	2,03±1,59 ^{cd}	1,64±1,48 ^{ab}	1,75±1,57 ^b	1,53±1,52 ^a
Regaliz	1,86±1,68 ^{ab}	1,92±1,59 ^b	1,83±1,63 ^a	2,06±1,55 ^{cd}
Cítrico	2,08±1,46 ^a	2,25±1,57 ^{bc}	2,33±1,57 ^c	2,36±1,48 ^{cd}
Afrutado	2,08±1,65 ^a	2,67±1,76 ^{cd}	2,25±1,40 ^{ab}	2,58±1,42 ^{bc}
Dulce	2,19±1,45 ^a	2,44±1,58 ^{bc}	2,22±1,42 ^{ab}	2,58±1,52 ^c
Otro	0,89±1,65 ^a	0,69±1,55 ^a	0,75±1,52 ^a	0,78±1,53 ^a

*Letras diferentes en la misma fila indican que existe diferencia estadísticamente significativa en la prueba Tukey ($p < 0,05$)



Grafica 4-12: Perfiles de sabores específicos en grafico radar/araña para ginebras de carambola.

La identificación del sabor según atributos específicos mencionados, la Gráfica 4-12 reconoce los perfiles de mayor y menor predominancia en el licor, obteniendo los siguientes datos: 1 el afrutado,

2 dulce, 3 cítrico, 4 regaliz, 5 canela, 6 pimienta negra, 7 clavo, 8 enebro y 9 otro, al igual que en lo anterior, se identificaron anís, jengibre y nuez moscada. Los tratamientos con mayor puntuación de sabores específicos fueron F₁ y C₂ donde expresaron que a pesar de la percepción alcohólica se logró estandarizar una textura en los sabores afrutados, canela, clavo y leve sabor amaderado.

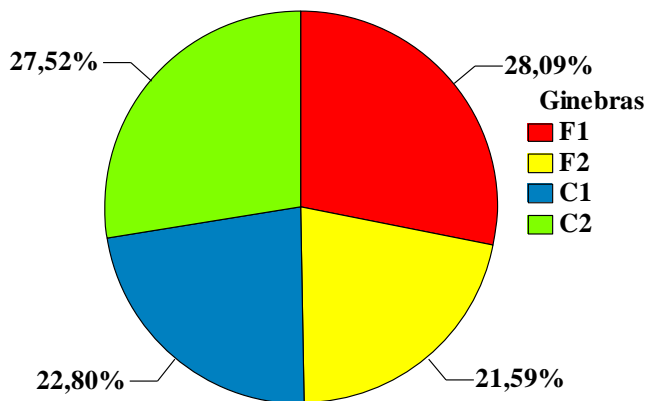
En esta fase se evaluó las características y atributos del licor mediante una ficha sensorial (Anexo B) que dependió de manera directa con la perspectiva del evaluador y de las etapas de elaboración de ginebra. Con base a esto, los consumidores no experimentados reportaron una mejor valoración de aroma tipo floral y afrutado en las ginebras de los tratamientos F₁ y C₁; dulce y afrutado para sabor en los tratamientos F₂ y C₂, también fue evidente la alta percepción de grado de alcohol en los cuatro tratamientos. Este perfil sensorial puede relacionarse con características de la gama comercial Oenoferm, indicando que en Freddo se aportaba aromas francos, con tonos florales e intensos, y para Color con atributos frutales con ligeros matices a vegetales (AMG, 2017). Otro dato importante para resaltar es que la mayoría de los evaluadores desconocían los aromas y sabores de las especias agregadas (enebro, regaliz y pimienta negra) lo cual dificultaba su identificación en la ginebra logrando deducir que los atributos sensoriales específicos marcaron diferencias con respecto al conocimiento sobre licores de los consumidores, puesto que, el consumo de bebidas a nivel regional de alto contenido de alcohol es casi nulo (Caballero *et al.*, 2004).

Brandao Pinheiro (2017) menciona que las bebidas destiladas suelen depender por la variedad de compuestos volátiles que se han sido captados durante el proceso, subdividida en dos clases, mayoritaria y minoritaria. Generalmente, los compuestos mayoritarios se producen durante el proceso de fermentación influenciada principalmente por las condiciones de fermentación (levadura, temperatura, etc.). Respecto a los compuestos minoritarios, en parte se derivan a la materia prima utilizada. Con lo anterior se puede identificar que la concentración de sabor y aroma en los licores dependen de los compuestos volátiles adquiridos durante el fermentado y destilado, dicho esto, se identifica que F₁ y C₁ predominaron en aroma, y en sabor F₁ y C₂.

4.6.4. Impresión general

En este apartado, se evaluó el grado de impresión general de las ginebras por parte de los evaluadores. Con base a la Grafica 4-13 se identificó que los tratamientos F₁ y C₂ presentaron las mejores impresiones, 28,09 y 27,52% individualmente. No obstante, la puntuación evaluativa promediada fue entre 3,93 y 3,85, lo que establece un gusto ligeramente en los tratamientos anteriormente mencionados; para el caso de F₂ y C₁, datos de 3,02 y 3,19, se estableció una parcialidad en la

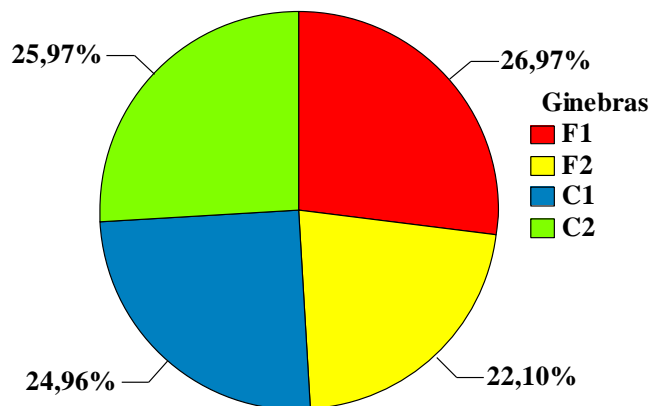
impresión general. Lo anterior demostró que no es muy relevante el consumo de licores de este tipo, posiblemente por el alto contenido de alcohol o poco desconocimiento.



Gráfica 4-13: Resultados sobre impresiones generales de ginebras de carambola.

4.6.5. Probabilidad de compra

Finalmente, se valoró la probabilidad de compra de las ginebras a través de la búsqueda de aceptación por parte de los evaluadores (Figura 4-14). Mediante los resultados en porcentajes, se logró identificar que la mayor preferencia de compra la presentó el tratamiento F₁, sin embargo, C₂ y C₁ presentaron proporciones casi similares al F₁, lo que demuestra que, a pesar de tener puntuaciones promediadas aceptables, no se descarta la idea de que se puede comercializar. Se buscaría múltiples opciones que faciliten su consumo y medios de preparación de gin tónica.



Gráfica 4-14: Resultados sobre preferencia de compra de ginebras de carambola.

5. Conclusiones

- El seguimiento de variables como sólidos solubles, pH, acidez titulable y viscosidad durante la fermentación alcohólica, pueden ser fundamentales para el desarrollo de las características organolépticas y estabilidad en el producto final. Se desprende que los cambios ocurridos en dichos parámetros por las cepas Freddo y Color contribuyeron benéficamente al proceso de fermentación.
- A pesar de las diferentes cinéticas de fermentación en las levaduras Oenoferm Freddo y Color, lograron presentar capacidades de adaptación en su crecimiento microbiológico al entorno, sin importar la variación en los parámetros de influencia de las cepas.
- A partir del fraccionamiento adecuado en los cortes y la medición de temperatura en el cambio de fase de las muestras del proceso de destilación fraccionada, se logró garantizar la calidad del destilado. Estos resultados ponen en manifiesto el papel fundamental del principio de la destilación e identificación de los puntos de ebullición de los compuestos.
- La destilación permite recuperar diferentes compuestos aromáticos responsables del sabor y olor que son agregados o provienen del zumo fermentado que pueden generar los perfiles sensoriales del producto, sin embargo, los beneficios que ofrecen las bebidas destiladas son pocos o nulos, dado que al destilarse se eliminan la mayoría de los compuestos responsables como vitaminas, proteínas etc. Por ello es considerado un aperitivo o acompañante.
- La cepa Freddo a pesar de ser utilizada para mostos fríos, tuvo una mejor aceptación sensorial en ginebra; la alta utilización de levaduras tuvo como ventaja la obtención del producto en un corto periodo de tiempo, mostrando un buen desarrollo a pesar de no llevarse a cabo en el rango de temperatura recomendado.

6. Recomendaciones

- Como recomendaciones para futuros proyectos a base de ginebra, se sugiere analizar los requisitos sanitarios restantes, esto con el propósito de verificar el cumplimiento total de los mismos, establecidos por la legislación colombiana. Unido a lo anterior, sería interesante realizar análisis de metanol por cromatografía de gases, total de congéneres, cobre, hierro y furfural.
- A su vez, se considera importante aumentar el número de evaluadores para una mayor valoración del licor, ya que, al ser una prueba de preferencia, el grado de aceptación e identificación de atributos no tiende a ser tan certero. Se recomienda continuar estudios, evaluando estos factores, pero con niveles diferentes a los estudiados, para determinar el nivel de aceptación de la bebida destilada de carambola. Así también utilizar esta materia prima para la elaboración de diversos procesos agroindustriales, haciéndola representativa y de importancia en la transformación.
- Para una evaluación sensorial de productos con alto nivel de alcohol es recomendable investigar alternativas que faciliten su capacidad valorativa, buscar que no sea evaluado de manera directa en el destilado, si no como un coctel o en preparado como gin tonic, teniendo en cuenta que no nos encontramos en un contexto cultural para este tipo de bebidas.
- Buscar nuevas alternativas de aprovechamiento en los residuos obtenidos en la presente investigación: fibra y cascara de carambola, sólidos resultantes por aplicación de bentonita, vinaza, cabezas y colas del proceso de destilación.
- Se recomienda evaluar continuamente la eficiencia del alambique o aumentar el número de variables, de modo que los rendimientos para futuras destilaciones se logren asemejar a los obtenidos en la literatura y no presenten pérdidas, permitiendo agilizar el control y/o seguimiento de las condiciones de la realización de la operación de destilación.

7. Referencias

- Acosta López, E. R., & Castro Garay , A. . (2022). Conservación de pulpa de carambola (averrhoa carambola) con aplicación de métodos de factores combinados. *prospectiva universitaria*, 8(1), 20–27. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2011.8.1244>
- Acosta Cortes, G. E., & Robles Puentes, I. Y. (2020). Vinos artesanales Glam–Gnocchi: Plan de estudio de mercado enfocado en la producción, comercialización y distribución de vinos Artesanales la Carambola en el departamento del Huila y Cundinamarca. [doi:https://repositorio.cun.edu.co/handle/cun/670](https://repositorio.cun.edu.co/handle/cun/670)
- Amorocho-Cruz, Claudia-Milena, Soto-Mora, Juan-Eduardo,, & Charry-Roa, Sebastian,. (2022). Caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial de vino de curuba (*Passiflora mollissima* var. Bailey). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(2), 45-59. Epub July 01, 2022. <https://doi.org/https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n2.2022.1562>
- AMG (2017). *Etnología levaduras*. <https://www.amg.com.ar/enologia/levaduras/>
- Bagheri B, Bauer FF y Setati ME (2017) El impacto de *Saccharomyces cerevisiae* en un consorcio de levadura de vino en fermentaciones naturales e inoculadas. *Frente. Microbiol.* 8:1988. doi: 10.3389/fmicb.2017.01988
- Bastos (2017), R, G pág 41-43. *Tecnologia das fermentações: fundamentos de bioprocessos*. Universidade Federal de São Carlos: Tecnologia Sucroalcooleira. doi: <http://hdl.handle.net/123456789/2761>
- Bernardi, A. M. (Febrero de 2013). Selección de levaduras vínicas provenientes de la provincia de Mendoza. Mendoza, Argentina. Recuperado el 02 de Mayo de 2022. URI: <http://bdigital.uncu.edu.ar/5049>
- Bueno Vélez, K. P. (2018). Plan de negocios para la producción y comercialización de licores artesanales, a partir de frutas tropicales y bajo los criterios de sustentabilidad. doi:<https://hdl.handle.net/11059/9490>

- Bordiga, M. (2018). Post-fermentation and Distillation Technology. Stabilization, aging, and spoilage. ISBN-10: 9781498778695
- Brandão Pinheiro, T. (2017). Processo integrado de produção de uma bebida destilada para a revalorização de drêche de uma microcerveja. Universidade do minho doi: <https://core.ac.uk/reader/517997402>
- Bridgebassie, V., & Badrie, N. (2004). Effects of different pectolase concentration and yeast strains on carambola wine quality in Trinidad, West Indies. *Fruits*, 59(2), 131-140. doi:10.1051/fruits:2004013
- Brunelli, L. T., Imaizumi, V. M., & Venturini Filho, W. G. (2017). Caracterização físico-química, energética e sensorial de hidromel produzido a partir de cinco tipos de leveduras alcoólica. *Energia na agricultura*, 32(2), 200–208. <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2017v32n2p200-208>
- Buitrago Gómez, L. Y. (2022). Desarrollo de bebidas alcohólicas a partir del Dátil Soatense. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia. <http://hdl.handle.net/1992/58207>
- Burguera, J. L.; Burguera, M.; Becerra, G. 1992. Mineral content of some fruits from Venezuela, *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 32(6), 667-672
- Caballero Argáez, C., Zuleta Jaramillo, A. L., & Jaramillo Giraldo, L. (2004). Evaluacion inicial de la reforma a los impuestos a los licores en colombia. *diageo Colombia*. doi:<http://hdl.handle.net/11445/998>
- Cagua, D. M., Arias C., M. E., & Orduz Rodríguez, J. O. (enero-junio de 2015). El cultivo de carambolo (*Averrhoa carambola* L.) y su comportamiento en el piedemonte del Meta (Colombia). Una revisión. *Meta, Colombia: Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 135-148. doi:<http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3752>
- Carbonero Zalduegui, P. (1975) pág 10-11. Bioquímica de las fermentaciones. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. ISBN 8460067548. doi:<https://oa.upm.es/55235/>

- Carrión Gutiérrez, C. V., Barraqueta Rojas, S. G., Mendoza Zurita, G. X., & Lara Freire, M. L. (2018). Mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del vino usando distintos niveles de bentonita. *Ciencia Digital*, 2(4.2.), 68-87. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2.202>
- CODEX, S. 187. 1993. Norma del Codex para la Carambola. Páginas del 1 al 6. Recuperado el 13 de enero de 2023.
- Contreras Morales, C y Del Campo Romero, M. (2015). Productos de la fermentación alcohólica; un beneficio para la salud: Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ingeniería. DOI: <http://hdl.handle.net/10819/2613>
- de Cote Orozco, M. (2010). Las bebidas alcohólicas en la historia de la humanidad. AAPAUNAM Academia, Ciencia y Cultura, 43. Recuperado el 22 de enero de 2023.
- Díaz Vallejo, C. A. (2022). Producción de destilados al 40% ABV a partir de fruta exótica Anón (*annona squamosa*). Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia. <http://hdl.handle.net/1992/57781>
- do Amarante, J. O. A. (2016). *Os segredos do Gim*. Mescla Editorial. ISBN 978-85-88641-47-1
- Erbsloch (2022). VitaDriveF3 ficha técnica de datos y aprobación del nutriente VitaDrive. Erbslöh-España. <http://www.erbsloeh.es/>
- Epifanio Fernández, S. I. (2005). La Influencia de la tecnología de vinificación en la microbiología y el desarrollo de la fermentación alcohólica. ISBN 84-689-4196-4. (U. d. Rioja, Ed.) Recuperado el 01 de 2023, de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=350>
- European Commission. (2022). Information from European Union institutions, bodies, offices and agencies. List and description of the files of the OIV Code of Oenological Practices referred to in Article 3(2) of Commission Delegated Regulation (EU (2022/C 187/01).
- Ezeama, C.F., & Ebia, O.O. (2015). Yeast performance, Chemical and Sensory properties of Wine produced from Chinese Star Apple (*Averrhoa carambola*). *American Journal Of Food And Nutrition*. ISSN 2157-1317, doi:10.5251/ajfn.2015.5.1.9.15

- Fiscal, R., & Chavez, A.C. (2016). Wine Potential of Different Philippine Fruits. <https://www.ijsr.net/archive/v5i10/ART20162301.pdf>
- Franciskievicz, A. C., Manichi, F., Nurimberg, L. E. C., Tonial, I. B., & Morés, S. (2022). Compostos voláteis e caracterização físico-química de vinhos coloniais produzidos em Francisco Beltrão-PR. *Revista Concilium*, 22(3), 589-601. DOI:10.53660/CLM-201-221
- Franco, C., López, N., Pinto, S., & Salazar, V. (Septiembre de 2015). Análisis de potencial competitivo de la industria de licores en el Departamento del Valle del Cauca. Recuperado el Diciembre de 2022, de Universidad Externado de Colombia: <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/proyecta/article/view/4268/4725>
- Fugelsang, K. C., & Edwards, C. G. (Eds.). (2007). *Wine microbiology: practical applications and procedures*. Boston, MA: Springer US. ISBN: 978-0-387-33349-6. Recuperado el 10 de enero de 2023.
- González, D. V., Hernández, M. S., Herrera, A., Barrera, J. A., Martínez, O., & Paez, D. (2001). Desarrollo del fruto e índices de cosecha de la carambola (*Averrhoa carambola* L.) producida en el piedemonte amazónico colombiano. Colombia: *Revista Agronomía Colombiana*, 18 (1-2), 7-13.
- González Salazar, A. (2021). Análisis teórico de las fases de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* con mediación de las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. <https://repositorio.unicolmayor.edu.co/handle/unicolmayor/5602>
- Giudici, P., Zambonelli, C., & Kunkee, R. E. (1993). Increased production of n-propanol in wine by yeast strains having an impaired ability to form hydrogen sulfide. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44(1), 17-21.
- Hall, N. H.; Smoot, R.; Knight Jr., R. J.; Nagy, S. 1980. Protein and amino acid composition of ten tropical fruits by gas-liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 28, 1217-1221.

- Hernández, G., María Soledad; Barrera G. Jaime Alberto. Bases técnicas para el aprovechamiento agroindustrial de especies nativas de la Amazonía. (2004). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI. Universidad de la Amazonia. Bogotá, Colombia. P. 57
- Icontec. (1999). Norma Técnica Colombiana NTC 300 - Bebidas alcohólicas. Ginebra y ginebra compuesta o Gin. Cuarta edición.
- Icontec. (1998). Norma Técnica Colombiana NTC 404 – Frutas procesadas. Jugos y pulpas de frutas. Sexta actualización edición Santafé de Bogotá.
- Icontec. (2000). Norma Técnica Colombiana NTC 708 - Bebidas alcohólicas. Vinos de frutas. Quinta actualización edición Santafé de Bogotá.
- Icontec. (2017). Norma Técnica Colombiana NTC 3954 - Azúcar, jugos, jarabes y mieles de caña. Determinación de mohos y levaduras. Método de recuento en placa.
- Icontec. (2022). Norma Técnica Colombiana NTC 5113 - Bebidas alcohólicas. Métodos para determinar el contenido de alcohol.
- Jagnow, H. — Biotecnología. Introducción con experimentos modelo. ISBN 978-84-200-0698-7 Editorial Acribia, S.A. Primera Edición, Zaragoza, 1991. p. 142
- Jiménez-Ochoa J.P, Otalora-Palmezano E & Amorocho-Cruz C.M (2018). Evaluación de la fermentación alcohólica del mosto de uva Isabella (*Vitis labrusca*). Ingeniería y Región, (20), 2-8. <https://doi.org/10.25054/22161325.1911>
- Košmerl, T., Abramovič, H., & Klofutar, C. (2000). The rheological properties of Slovenian wines. *Journal of Food Engineering*, 46(3), 165–171. doi:10.1016/s0260-8774(00)00079-0
- Lea, A. G., & Piggott, J. R. (Eds.). (2003). *Fermented beverage production Second Edition*. Springer Science & Business Media. ISBN 978-1-4615-0187-9 (eBook).DOI 10.1007/978-1-4615-0187-9

- Leon C, M. C., & Portilla, J. J. (Octubre de 2017). Efecto de la pasteurización y la temperatura de incubación en la fermentación alcohólica del mosto de mora. Norte de Santander , Colombia : Revista Limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria, 15(2), 45-52. ISSN 1692-7125. doi:<https://doi.org/10.24054/16927125.v2.n2.2017.2967>
- Liu, C.-H., Chen, B.-H., Lee, D.-J., Ku, J.-R., & Tsau, F. (2010). Trimethyl Borate Regenerated from Spent Sodium Borohydride after Hydrogen Production. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 49(20), 9864–9869. doi:10.1021/ie101309f
- Liu, X., Jia, B., Sun, X., Ai, J., Wang, L., Wang, C., ... Huang, W. (2015). Effect of Initial PH on Growth Characteristics and Fermentation Properties of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Food Science*, 80(4), M800–M808. doi:10.1111/1750-3841.12813
- Lizabe y C. Zaragoza. (1896). Tabla de corrección del grado alcohólico según la temperatura de los líquidos arreglada al termómetro centígrado para el uso de los fabricantes de alcohol. Imp. de Tomás Blasco, S, Felipe, 11.
- Londoño Durango, L, P. (2007). Evaluación y escalamiento de la producción de levaduras nativas tipo *Saccharomyces* spp. A nivel de laboratorio: Universidad EAFIT, Medellín, Escuela de Ingeniería. DOI: <http://hdl.handle.net/10784/399>
- Martelo Verbel, M., & Porto Neira, T. (2011). Elaboración de una bebida hidratante a base de carambola (*averrhoa carambola* L.) y mora (*rubus glaucus*) (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena). doi:<https://hdl.handle.net/11227/356>
- Martínez Navarro, B. E. (2011). Análisis bromatológico del carambolo (*Averrhoa carambola* L.) y determinación de su capacidad antioxidante. México: Universidad Veracruzana. Recuperado el 30 de Abril de 2022. ID: 170957894
- Martínez Pastor, MM. (2011). Análisis de la función y la regulación de la mitocondria de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en respuesta a estrés osmótico. Universitat Politècnica de València. Recuperado el 01 de 2023, de riunet: <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/10600>

- Ministerio de salud y protección social [MinSalud]. (9 de agosto de 2012). Decreto 1686 de 2012. Disposiciones generales y definiciones. Colombia. Recuperado el 25 de enero de 2023
- Ministerio de Salud y protección social [MinSalud]. (16 de Febrero de 2021). Decreto 162 de 2021. Definiciones. Colombia. Recuperado el 29 de Abril de 2022
- Mohammed Saghir, S. A., Sadikun, A., Khaw, K.-Y., & Murugaiyah, V. (Mayo de 2013). Star fruit (*Averrhoa carambola* L.): From traditional uses to pharmacological activities. Santiago de Chile , Chile : *Boletín Latinoamericano y del Caribe de*, 12(3), 209-219. ISSN 0717 7917. Recuperado el 01 de Mayo de 2022 , de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85626383001>
- Mora Dután, Y. E. (2014). Modelación cinética de la fermentación alcohólica del zumo de pomarrosa. Tesis de Grado para la obtención del Título de Ingeniera Química. Quito , Ecuador . Recuperado el 30 de Abril de 2022, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2308>
- Morales Romero, M., Guerrero Benavides, M. C., & Moreno Rodríguez, D. (2019). Hoja de ruta para la implementación de las BPA en el cultivo de Carambolo. doi:<https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/2728>
- Moreira, T. L., Oliveira, E. A., Kamimura, E. S., & Maldonado, R. R. (2018). Produção de aguardente de carambola / Production of carambola aguardent. *Brazilian Journal of Development*, 5(2), 961–971. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n2-1040>
- Moshou, D. (Ed.). (2019). *Sensors in Agriculture: Volume 2*. MDPI. ISBN 978-3-03897-859-6
- Mott, R. L. (2006). *Mecánica de fluidos Sexta edición*. Pearson Educación. ISBN: 970-26-0805-8
- Narain, N., Bora, P., Holschuh, H., & Vasconcelos, M., A. (2001). Physical and chemical composition of carambola fruit (*averrhoa carambola* l.) at three stages of maturity . *Revista Cienc. Tecnol. Aliment.* 3(3), 144-148. ISSN: 1135-8122. doi:<https://doi.org/10.1080/11358120109487721>

- Oviedo-Arbeláez, M., Lozano-Vera, J., & Amorocho-Cruz, C. M. (2018). Physicochemical and microbiological characterization of blackberry (*Rubus glaucus* Benth) wine, El Hobo (Huila). *DYNA*, 85(207), 107–112. doi:10.15446/dyna.v85n207.72957
- Paul, S. K., & Sahu, J. K. (2014). Process Optimization and Quality Analysis of Carambola (*Averrhoa carambola* L.) Wine. *International Journal of Food Engineering*, 0(0). doi:10.1515/ijfe-2012-0125
- Pérez-Barraza, M. H.; Vázquez-Valdivia, V.; Osuna-García, J. A. (2005). El cultivo del carambolo (averroha carambola l.): una alternativa para el tropico seco revista chapingo serie horticultura, vol. 11, núm. 1, pp. 83-87 Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México, doi: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60912502012>
- Prins, E. B. (2020). Experimental trial of four commercial wine yeasts on Riesling in South Australia. Professional training report at Mr. Mick: Vintage 2020 (Doctoral dissertation). <http://hdl.handle.net/10400.5/25435>
- Rao M. A. (2014). Rheology of fluid semisolid and solid foods principles and applications (3rd ed. 2014). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9230-6>
- Rosado, A. R. D. S. (2013). Evolução de parâmetros físicos, químicos e controlo microbiológico em vinhos brancos e tintos da Adega Cooperativa de Palmela (Doctoral dissertation, Faculdade de Ciências e Tecnologia). <http://hdl.handle.net/10362/10895>
- Rizzon, L. A., & Meneguzzo, J. (2001). Elaboração de destilado de vinho na propriedade vitícola. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/538734>
- Rizzon, L. A., & Miele, A. (2002). Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. *Ciência rural*, 32(3), 511-515. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000300023>
- Salguero Herrera, M. A. (Noviembre de 2014). Evaluación del aprovechamiento de la fracción soluble en agua del fruto del árbol de carambola (*Averrhoa carambola* L.), para la elaboración de un producto de consumo humano. Guatemala. Recuperado el 30 de Abril de 2022

- Sánchez Bautista, J. Y., & Montenegro Díaz, M. Y. (2021). Elaboración de una Bebida Alcohólica a Partir de Carambola (*Averrhoa Carambola L.*) Suplementado con Panela. Recuperado el 15 de enero de 2023. doi: <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/331>
- Saranraj, P., Sivasakthivelan, P., & Naveen, M. (2017). Fermentation of fruit wine and its quality analysis: A review. *Australian Journal of Science and Technology*, 1(2), 85-97. ISSN (2208-6404)
- Shourove, J. H., Zzaman, W., Chowdhury, R. S., & Hoque, M. M. (2020). Effect of thermal treatment on physicochemical stability and antioxidant properties of locally available underutilized star fruit juice. *Asian Food Science Journal*, 14(3), 41-53. ISSN: 2581-7752.
- Sibounnavong, P., Daungpanya, S., Sidtiphanthong, S., Keoudone, C., & Sayavong, M. (2010). Application of *Saccharomyces cerevisiae* for wine production from star gooseberry and carambola. *Int J Agric Technol*, 6, 99-105.
- Spaho, N. (2017). Distillation Techniques in the Fruit Spirits Production. *Distillation - Innovative Applications and Modeling*. doi: 10.5772/66774
- Suárez-Machín, Caridad, Garrido-Carralero, Norge Antonio, Guevara-Rodríguez Carmen Amarilys Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*. 2016, 50(1), 20-28. ISSN: 0138-6204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223148420004>
- Torija Martínez, J. (01 de Marzo de 2002). Ecología de levaduras: Selección y adaptación a fermentaciones vínicas. [Publicación para optar al grado de Doctora en Bioquímica]. Cataluña, España. Recuperado el 02 de Mayo de 2022
- Tosi-Costa, A., Turbay-Vasconcelos, C., Adami, L., Favarato, L., Bolivar-Telleria, M., Carneiro, T., ... M.B. Fernandes, P. (2019). High Hydrostatic Pressure Process to Improve Ethanol Production. *Fuel Ethanol Production from Sugarcane*. doi:10.5772/intechopen.78712

- Valim, F. de P., Aguiar-Oliveira, E., Kamimura, E. S., Alves, V. D., & Maldonado, R. R. (2016). Production of Star Fruit Alcoholic Fermented Beverage. *Indian Journal of Microbiology*, 56(4), 476–481. doi:10.1007/s12088-016-0601-9
- Vargas Molinary, M. E. (2014). Efecto de la concentración de enzimas pectolíticas (Lallzyme C-Max) en la clarificación de vino de carambola (*Averrhoa carambola*). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Recuperado el 03 de enero de 2023. <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/550>
- Walteros Pinzón, C. D. (2020). Caracterización de cepas de levadura colombiana *Saccharomyces cerevisiae* para su potencial uso en la producción de cerveza" Colombian Ale" (Bachelor's thesis, Uniandes). URI: <http://hdl.handle.net/1992/44911>
- Whiting, G.C. (1976), Organic acid metabolism of yeasts during fermentation of alcoholic beverages - a review. *Journal of the Institute of Brewing*, 82: 84-92. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1976.tb03731.x>
- Wu, J.S., Wu, M.C., Jiang, C.M., Hwang, Y.P., Shen, S.C. and Chang, H.M. (2005). Pectinesterase inhibitor from jelly-fig (*Ficus awkeotsang* Makino) achenes reduces methanol content in carambola wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(24), 9506–9511. doi:10.1021/jf0506277
- Xoca-Orozco, L. A., Zamora-Gasga, V., Espinosa-Alonso, G., Velázquez-Estrada, R. M., López-García, U., Sáyago-Ayerdi, S., & Alejandra, C.-L. (2018). Actividad antioxidante y antifúngica in vitro de extractos de carambola (*Averrhoa carambola* L.). México: *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 20(2), 104-109. ISSN 1665-1456. Recuperado el 01 de Mayo de 2022, de <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v20i2.608>
- Zapata, J. G., Zuleta, L. A., Camargo, D. C., & Studerus, A. P. (2019). Insumos de Fedesarrollo para la asesoría sobre el análisis del mercado de licores en el departamento del Huila. Bogotá: fedesarrollo. doi:<http://hdl.handle.net/11445/3898>

- Zapata, J. G., & Sabogal, A. (2012). Análisis del funcionamiento del monopolio de los licores en el Huila y diseño de una propuesta para mejorar su gestión. Bogotá: FEDESARROLLO. doi:<http://hdl.handle.net/11445/320>
- Zereshki, S. (Ed.). (2012). Distillation: Advances from modeling to applications. BoD–Books on Demand. ISBN 978-953-51 -0428-5
- Zhang, L., Lu, W., Yuan, Y., Wang, X., Zhou, W., Liao, L., & Li, J. (2020, July). Physicochemical characterization of pineapple peel wine. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 546, No. 4, p. 042075). IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/546/4/042075
- Zavala Solorzano, J. L. (2000). Determinación de parámetros óptimos para la elaboración de vino de carambola (Averrhoa Carambola L.). doi: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/182>
- Zoecklein, B. W., Fugelsang, K. C., Gump, B. H., & Nury, F. S. (1999). Wine Analysis and Production. Recuperado el 10 de enero de 2023. doi:10.1007/978-1-4757-6967-8.
- Zuleta, L. A., & Jaramillo, L. (octubre de 2000). La industria de licores en colombia. doi:<http://hdl.handle.net/11445/986>

8. Anexos

Anexo A. Diseño de etiqueta para ginebra de carambola



Anexo B. Formato de análisis sensorial ginebra de carambola.

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA		FORMATO DE ANÁLISIS SENSORIAL GINEBRA DE CARAMBOLA		CESURCAFÉ	
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL	Proyecto de investigación “Aprovechamiento tecnológico de la carambola (<i>Averrhoacarambola</i>) en la elaboración de licor de ginebra, a partir de la adición de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (var. <i>Bayanus</i>)”.			Fecha:	
				Edad:	
				Género:	
INSTRUCCIONES: En el siguiente formato encontrará una serie de atributos que serán evaluados por el analista sensorial mediante una escala numérica de 1 a 5 puntos. El producto para este análisis es un licor destilado de carambola con 42% de alcohol. Por favor seguir las siguientes instrucciones:					
<ul style="list-style-type: none"> - Se recomienda sostener la respiración dos (2) segundos en el momento de evaluar aroma y sabor. - Entre muestra evaluada sensorialmente realizar un enjuague con agua potable para limpiar el paladar. - Entre muestra evaluada se recomienda oler café para neutralizar el aroma percibido de la muestra anteriormente evaluada. - Si no identifica algún atributo, no marcar. 					
A CONTINUACION ENCONTRARA CUATRO (4) MUESTRAS CON UN CODIGO DE IDENTIFICACION, EVALUARLAS EN EL ORDEN QUE ESTAN UBICADAS:					
ATRIBUTO	CODIGO				OBSERVACIONES
COLOR	Escala de evaluación: 1. Ámbar 2. Levemente ámbar 3. Amarillo 4. Levemente incoloro 5. Incoloro				
	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	
TRANSPARENCIA	Escala de evaluación: 1. Turbio 2. Levemente turbio 3. Traslucido 4. Levemente cristalino 5. Cristalino				
	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	
AROMA (a licor)	Escala de evaluación: 1. Tenue 2. Moderado 3. Claramente presente 4. Dominante 5. Extremadamente dominante				
	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	

Aromas específicos				
CANELA	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
ENEBRO	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
CLAVO	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
PIMIENTA NEGRA	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
REGALÍS	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
FLORAL (característico del carambola)	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
AFRUTADO (característico del carambola)	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
OTRO	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
SABOR (a licor)	Escala de evaluación: 1. Tenue 2. Moderado 3. Claramente presente 4. Dominante 5. Extremadamente dominante			
	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Sabores específicos				
CANELA	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
ENEBRO	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
CLAVO	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

PIMIENTA NEGRA	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	
REGALÍS	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	
CITRICO (característico carambola)	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	
AFRUTADO (característico carambola)	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	
DULCE	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	
OTRO	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	
Escala de evaluación: 1. No me gusta 2. Me disgusta ligeramente 3. Ni me gusta/Ni me disgusta 4. Me gusta ligeramente 5. Me gusta					
IMPRESIÓN GENERAL	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	
¿COMPRARÍAS EL LICOR?	Escala de evaluación: 1. Muy improbable 2. improbable 3. Neutro 4. Probable 5. Muy probable				
	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	1 2 3 4 5 <input type="text"/>	
COMENTARIOS Y/O SUGERENCIAS (OPCIONAL):					
MUCHAS GRACIAS POR SU APOYO Y ESPACIO, EXCELENTE DÍA.					

Anexo C. Calculo densidad del zumo de carambola

De acuerdo con la Ecuación (3-1) de densidad para líquidos, tenemos

$$\rho_{\text{liquido de interés}} = \left(\frac{m_{\text{picnómetro+liquido}} - m_{\text{picnómetro}}}{m_{\text{picnómetro+agua}} - m_{\text{picnómetro}}} \right) (\rho_{\text{agua}})$$

Debido a que conocemos las masas en cada uno de los valores, se reemplazó y obtuvimos lo siguiente:

$$\rho_{\text{zumo de carambola}} = \left(\frac{81,45g - 31,03g}{81,53g - 31,03g} \right) (1g/mL)$$

$$\rho_{\text{zumo de carambola}} = 0,9984g/mL$$

Despejando la ecuación de $\rho(\text{densidad}) = \frac{m(\text{masa})}{v(\text{volumen})}$ obtuvimos la masa total del zumo.

$$0,9984 \text{ kg/L} = \frac{m(\text{masa})}{48,5 \text{ litros}}$$

$$\text{masa del zumo de carambola} = 48.5222\text{kg}$$

Anexo D. Calculo chaptalización del zumo de carambola

De las mediciones realizadas se sabe que

$$F_1 = 48,5222kg \text{ de masa total de zumo de carambola} \quad \text{ó} \quad F_1 = F_2 + F_3$$

$$F_2 = F_3 - 48,5222kg$$

$$A_1 = 8,3^\circ Brix \text{ del zumo de carambola}$$

$$A_2 = 65^\circ Brix \text{ del jarabe azúcar invertida}$$

$$A_3 = 20^\circ Brix \text{ final deseado}$$

Al sustituir estos valores en la ecuación (3-2) obtuvimos:

$$F_1 \cdot (A_1) + F_2 \cdot (A_2) = F_3 \cdot (A_3)$$

$$\left(48,5222kg \cdot \frac{8,3^\circ Brix}{100^\circ Brix}\right) + \left[(F_3 - 48,5222kg) \left(\frac{65^\circ Brix}{100^\circ Brix}\right)\right] = \left(F_3 \cdot \frac{20^\circ Brix}{100^\circ Brix}\right)$$

$$(4,0273kg) + (0,65F_3 - 31,5394kg) = 0,20F_3$$

$$0,65F_3 - 27,5121kg = 0,20F_3$$

$$0,65F_3 - 0,20F_3 = 27,5121kg$$

$$F_3 = \left(\frac{27,5121kg}{0,45}\right)$$

$$F_3 = 61,1380kg, \text{ correspondiente a la masa total del zumo a fermentar}$$

Por último, del balance general sabemos que

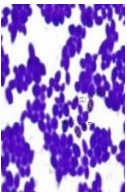
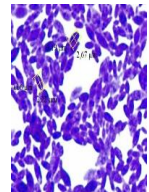
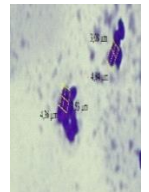
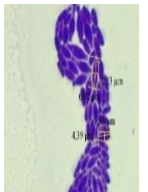
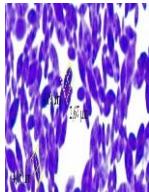
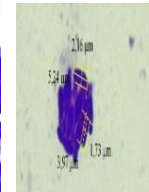
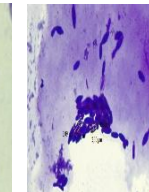
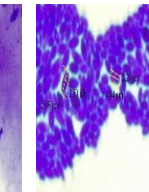
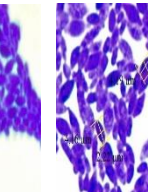
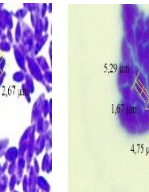
$$F_1 + F_2 = F_3$$

Al reemplazar se obtuvo que

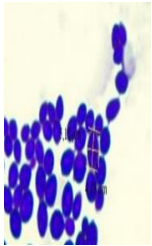
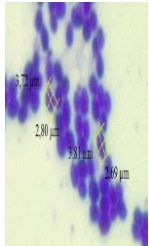
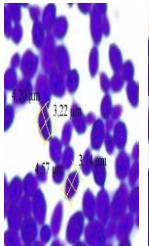
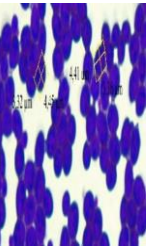
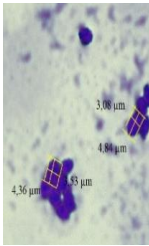
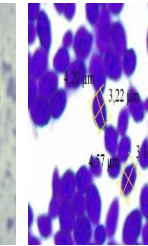
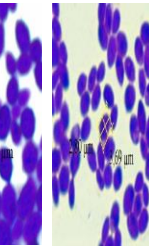
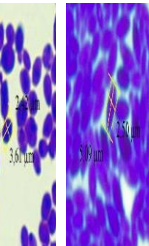
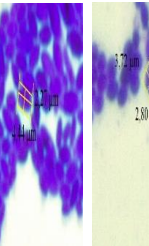
$$48,5222kg + F_2 = 61,1380kg$$

$$F_2 = 12,6158 \text{ kg de almibar}$$

Anexo E. Cuadro de identificación macro y microscópica de colonias

Característica		Cepas									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Identificación macroscópica	Forma	Circular	Irregular	Irregular	Circular	Circular	Circular	Circular-centro destacado	Circular-centro destacado tipo huevo	Circular-centro destacado tipo huevo	Circular
	Margen	Entera	Rugosa	Rugosa	Entera	Entera	Redondeada	Ovalado	Entera	Entera	Entera
	Elevación	Plana	Plana	Plana	Plana	Convexa	Plana-lisa	Plana	Convexa	Convexa	Convexa
	Superficie	Lisa	Rugosa-seca	Rugosa-seca	Lisa	Lisa-cremosa	Lisa	Rugosa-seca	Cremosa	Cremosa	Cremosa
	Aspecto	Brillante-cremosa	Seca	Seca	Brillante-cremosa	Brillante-cremosa	Cremosa	Viscosa	Brillante-cremosa	Brillante-cremosa	Brillante-cremosa
	Color	Beige-claro	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco-claro	Beige	Beige	Blanco	Blanco-claro	Blanco-claro
	Tamaño Colonia	1 cm	0,7 cm	0,8 cm	1,1 cm	0,5 cm	1 cm	1,4 cm	0,5 cm	0,4 cm	0,6 cm
Identificación microscópica	Imagen en microscopio										
	Descripción	Levaduras con forma redondeadas con un diámetro de 4,20 a 3,14 μm	Levaduras con forma redondeadas con un diámetro de 4,19 a 2,67 μm	Levaduras con forma redondeada s con un diámetro de 4,84 a 3,53 μm	Levaduras con forma ovaladas alargadas con un diámetro de 6,02 a 1,69 μm	Levaduras con forma redondeadas con un diámetro de 4,19 a 2,67 μm	Levaduras con forma ovaladas con un diámetro de 3,97 a 1,73 μm	Levaduras con forma redondeadas con un diámetro de 6,09 a 2,10 μm	Levaduras con forma redondeadas con un diámetro de 5,09 a 2,27 μm	Levaduras con forma ovaladas con un diámetro de 4,19 a 2,22 μm	Levaduras con forma redondeada s con un diámetro de 5,29 a 2,27 μm

Continuación Anexo E

Característica		Cepas								
		K	L	M	N	O	P	Q	R	S
Identificación macroscópica	Forma	Circular-centro destacado tipo huevo	Circular-centro destacado tipo huevo	Circular-centro destacado	Circular-centro destacado	Circular-centro destacado y definido	Circular-centro destacado y definido	Circular-doble centro	Irregular-centro destacado	Circular-redondeado centro definido
	Margen	Entera	Entera	Redondeada	Redondeada	Redondeada	Lobulado	Lobulado	Lobulado	Lobulado-entero
	Elevación	Convexa	Plana	Convexa	Convexa	Plana-lisa	Lisa-convexa	Convexa	Planoconvexa	Planoconvexa
	Superficie	Cremosa	Lisa	Cremosa-lisa	Cremosa-gelatinosa	Lisa-seca	Cremosa	Cremosa-brillante	Cremosa-brillante	Lisa-cremosa
	Aspecto	Brillante-cremosa	Brillante	Brillante	Brillante	Opaco-rugoso	Brillante	Mucosa	Brillante-cremosa	Brillante
	Color	Blanco-claro	Beige	Blanco	Blanco	Beige	Blanca	Blanca-brillosa	Blanca-brillosa	Blanca-brillosa
	Tamaño Colonia	0,3 cm	0,7 cm	0,3 cm	0,4 cm	0,8 cm	0,3 cm	0,2 cm	0,4 cm	0,6 cm
Identificación microscópica	Imagen en microscopio									
	Descripción	Levaduras con forma redondeadas con un diámetro de 5,15 a 4,15 μm	Levaduras con forma redondeadas con un diámetro de 3,81 a 2,80 μm	Levaduras con forma redondeadas con un diámetro de 4,57 a 3,22 μm	Levaduras con forma redondeadas con un diámetro de 4,41 a 3,32 μm	Levaduras con forma redondeadas con un diámetro de 3,53x4,36 a 3,08x4,84 μm	Levaduras con forma redondeadas con un diámetro de 4,20x3,22 a 4,57x3,14 μm	Levaduras con forma redondeadas con un diámetro de 2,80x3,69 a 3,61x2,42 μm	Levaduras con forma redondeadas con un diámetro de 5,09x2,50 a 4,44x2,27 μm	Levaduras con forma redondeadas con un diámetro de 3,72x2,80 a 3,81x2,69 μm