ELABORACIÓN DE LICOR DESTILADO A BASE DE UVA ISABELLA Y ANÍS (PIMPINELLA ANISUM L.) CON PROPIEDADES EMULSIONANTES EN COMBINACIÓN CON AGUA

DIEGO FERNANDO VELANDIA GONZALEZ

PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

DIRECTOR

DANY JOSÉ CÁRDENAS ROMAY

INGENIERO QUÍMICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C.

2025

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____ _____

Firma del director Firma del presidente del jurado

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

Bogotá D.C. febrero de 2025

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica

Dra. María Fernanda Vega de Mendoza

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ramiro Augusto Forero Corzo

Vicerrectora de Investigaciones y Extensión

Dra. Susan Margarita Benavides Trujillo

Secretario general

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingenierías

Dr. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Directora del Programa

Dra. María Angélica Acosta Pérez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

DEDICATORIA

Quiero dedicar un agradecimiento especial y lleno de gratitud a mis padres, quienes han sido mi pilar fundamental a lo largo de este viaje. Gracias a su amor incondicional, su apoyo constante y las innumerables facilidades que me brindaron para seguir mi carrera, he podido superar cada desafío que se presentó en el camino. Sin ellos, este logro no habría sido posible. Su confianza en mí y su dedicación me han dado la fortaleza necesaria para seguir adelante y alcanzar mis metas. No hay palabras suficientes para expresar cuánto aprecio su sacrificio y esfuerzo por brindarme todo lo que necesitaba para crecer como persona y profesional.

Asimismo, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la universidad, que me ofreció no solo las herramientas académicas para desarrollarme, sino también un entorno estimulante que me permitió explorar nuevas ideas y perspectivas. A lo largo de mi trayectoria universitaria, he recibido el apoyo continuo de profesores, personal administrativo y compañeros, lo que me ha permitido avanzar en mi formación y lograr todo lo que he alcanzado. La universidad ha sido un lugar de aprendizaje y crecimiento, y le agradezco por darme la oportunidad de ser parte de una comunidad tan enriquecedora.

No puedo olvidar a todos mis amigos, quienes han sido un apoyo invaluable durante todo este proceso. Gracias por compartir experiencias, risas, y hasta momentos difíciles, que hicieron de este camino algo mucho más llevadero. Cada uno de ustedes ha jugado un papel importante en este logro, y me siento afortunado de haber podido contar con su amistad, comprensión y apoyo.

Finalmente, agradezco a todas las personas, cercanas o no, que, de alguna manera, contribuyeron a que llegara hasta aquí. Ya sea con un consejo, un gesto de apoyo o su confianza, cada uno de ustedes ha dejado una huella en mi vida. Gracias por estar presentes en mi viaje y por ser parte de este gran logro. Sin su ayuda y respaldo, este camino no habría sido el mismo, y por ello, siempre estaré agradecido..

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	14
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1 Historia de la destilación	15
1.2 Tipos de bebidas destiladas	16
1.2.1 Aguardientes	16
1.2.2 Anisados	17
1.2.3 Brandis	17
1.3 Caracterización de la Bebida Elaborada	17
1.3.1 Clasificación Final	18
1.4 Etapas de Producción de un Licor Destilado	18
1.4.1 Mosto	18
1.4.2 Fermentación	18
1.4.3 Destilado	20
1.5 Emulsión	21
1.5.1 Trans-anetol	22
2. MATERIA PRIMA	24
2.1 Uva Isabella	24
2.1.1 Panorama Colombia	25
2.1.2 Taxonomía	26
2.1.3 Beneficios	27
2.2 Pimpinella anisum L.	27

2.2.1 Taxonomía 28

2.2.2 Características Fisicoquímicas 28

2.2.3 Beneficios 29

2.3 Levadura 30

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LICOR DESTILADO ARTESANAL 32

3.1 Equipos e Instrumentos 32

3.2 Recolección y Desinfección 32

3.3 Maceración 32

3.4 Fermentación 33

3.4.1 Parámetros y Condiciones 34

3.5 Levadura Vino Tinto 35

3.5.1 Elección de la Levadura 35

3.6 Proceso de Rehidratación de la Levadura 36

3.6.1 Cantidad de Levadura 36

3.7 Destilación 37

3.7.1 Condiciones (T teórica-T experimenta observado) 37

3.7.2 Temperatura de Ebullición del Licor Destilado Experimental 38

3.8 Mezclado de Componente 39

3.9 Diagrama de Bloques del Proceso de Producción y Balance de Materia 40

4. CARACTERIZACIÓN 43

4.1 Diseño Experimental de un Solo Factor 43

4.2 Diagrama de Flujo Metodológico 43

4.3 Caracterización de la Fermentación de Uva Isabella 47

4.4 Destilado trans-anetol/etanol 48

4.5 Resultados 51

4.5.1 Comportamiento de las muestras con respecto al % alcohol 51

4.5.2 Comportamiento de las muestras con respecto a la densidad 52

4.5.3 Comparación de las Muestras 53

4.5.4 Comportamiento de las muestras con respecto al índice de refracción 54

4.5.5 Opacidad de las muestras 55

4.5.6 Influencia de la Temperatura en la Emulsión 56

4.5.7 Comparación de Licor Destilado frente a otro Tipo de Bebidas 57

4.6 Discusión de Resultados 59

5. CONCLUSIONES 62

RECOMENDACIONES 63

REFERENCIAS 64

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 *Estructura química del Trans-anetol* 22

Figura 2 *Mosto de uva isabella* 33

Figura 3 *Tanque de fermentación* 34

Figura 4 *Presentación de levadura* 36

Figura 5 *Gráfica de mezcla etanol-agua vs Temperatura* 38

Figura 6 *Diagrama ternario etanol/agua/Trans-anetol* 40

Figura 7 *Diagrama de bloques del proceso de producción* 41

Figura 8 *Diagrama de Flujo del Proceso de Destilación* 44

Figura 9 *Diagrama de Flujo para la Medición de Índice de Refracción y °Brix* 45

Figura 10 *Diagrama de Flujo para la Medición de Densidad con Picnómetro* 46

Figura 11 *Diagrama de Flujo para la Medición de pH con Tiras Reactivas* 46

Figura 12 *Destilación simple mezcla de producto fermentado y anís* 48

Figura 13 *Comportamiento del %Alcohol con respecto a las Muestras* 51

Figura 14 *Comportamiento de la densidad con respecto a las muestras* 52

Figura 15 *Comparación visual de la muestra 1 y 2* 53

Figura 16 *Comportamiento Índice de Refracción con respecto a las Muestras* 54

Figura 17 *Emulsión de las muestras* 55

Figura 18 *Comportamiento de Temperatura frente la Inhabilitación de la Emulsión* 57

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 *Composición nutricional por cada 100 gramos* 25

Tabla 2 *Taxonomía de la Uva Isabella* 27

Tabla 3 *Características fisicoquímicas del anís* 28

Tabla 4 *Tabla de Balance de materia por corriente* 41

Tabla 5 *Caracterización de producto fermentado* 47

Tabla 6 *Caracterización del producto destilado* 49

Tabla 7 *Caracterización de las muestras* 50

Tabla 8 *Caracterización de las muestras por duplicado* 50

Tabla 9 *Punto de Temperatura que inhabilita la emulsión* 56

Tabla 10 *Comparación de propiedades organolépticas con otras bebidas* 58

RESUMEN

El mercado global de bebidas alcohólicas ha mostrado una transformación significativa en las últimas décadas, con una creciente preferencia por productos innovadores, ligeros y visualmente atractivos. A nivel nacional, Colombia no es ajena a esta tendencia; los consumidores jóvenes están dejando de lado bebidas tradicionales como el aguardiente, optando por alternativas más llamativas que incluyan modificaciones en propiedades organolépticas como el color y la textura. Este cambio plantea el desafío de crear productos que respondan a estas nuevas demandas, aprovechando ingredientes autóctonos.

Para abordar esta problemática, se diseñó un experimento utilizando uva isabella y anís, una materia prima ampliamente disponible en Colombia y reconocida por sus propiedades emulsionantes. La metodología incluyó la evaluación de variables clave como el porcentaje de alcohol, el contenido de sólidos solubles (Brix), el índice de refracción, la temperatura y el pH. Estas pruebas permitieron optimizar la formulación de una nueva bebida que se ajustara a las expectativas del consumidor moderno.

Los resultados de la investigación llevaron al desarrollo de una bebida alcohólica transparente con un contenido de alcohol del 10%. La bebida mostró propiedades emulsionantes al mezclarse con agua, logrando una emulsión estable cuando se adicionaba al menos un 25% de agua a la mezcla. No obstante, se evidenció que temperaturas superiores a los 40 °C inhiben esta emulsión, afectando su estabilidad. Estas características ofrecen un producto innovador que combina tradición e innovación.

Palabras clave: anís, emulsión, bebidas alcohólicas, innovación.

INTRODUCCIÓN

Colombia se ha caracterizado por un elevado consumo de alcohol. En 2020, el consumo per cápita de alcohol en el país fue de aproximadamente 4,9 litros per cápita al año [1]. Al analizar el mercado de bebidas alcohólicas, se observa que la cerveza representa alrededor del 63% del total, mientras que el 37% restante corresponde a otras bebidas alcohólicas, mayormente licores [2]. El mercado de licores destilados en Colombia, al igual que en otros países, se divide entre licores nacionales e importados. Siendo las bebidas tradicionales las que dominan el mercado con un consumo del 70% [3].

En los últimos años, los licores importados han ganado terreno. Esto se debe en gran medida a la migración del consumidor hacia bebidas premium con preferencias a los mezclados y saborizados [3]. Bebidas importadas como el “Ready To Drink" (RTD) y cócteles de sabores innovadores, generando nuevos nichos con alto potencial de crecimiento.

Según la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Bogotá, en 2019 las bebidas espirituosas registraron ventas por valor de 1.771 millones de euros, con un consumo de 75,6 millones de litros [2]. Dentro del mercado colombiano, el licor más vendido fue el ron, con un 41% del total, seguido por el whisky con un 24%, y el aguardiente con un 23%. Tanto el aguardiente como el ron de producción nacional son los principales licores consumidos en el país. No obstante, los productores tradicionales y las licoreras departamentales han comenzado a innovar, lanzando nuevos productos o presentaciones para competir en este mercado [2]. Por ejemplo, la Industria Licorera de Caldas (ILC) ha relanzado su aguardiente de Manzanares, y ha introducido al mercado una ginebra y un vodka con sabor a lulo, en colaboración con Diageo. Recientemente, la Fábrica de Licores del Tolima lanzó el aguardiente rosado, que ha generado una alta demanda, no solo en el Tolima, sino también en ciudades como Medellín, Bogotá y Cali, e incluso en otros países [4].

A pesar de estos avances, se ha identificado una oportunidad de crecimiento en Colombia para licores destilados con características distintivas, como el efecto lechoso o la emulsificación espontánea, presentes en bebidas mediterráneas como el raki, una bebida tradicional de Turquía, o el ouzo, un licor anisado de origen griego. En 2018, se exportaron aproximadamente 42 millones de botellas de ouzo, con Nueva Zelanda, Australia y Estados Unidos como principales destinos [5]. El raki, por su parte, generó exportaciones de 5.638 litros en 2005, con ingresos de 21.171

dólares [6]. Esto sugiere que existe una oportunidad de mercado en Colombia para el desarrollo de nuevos licores que incorporan ingredientes autóctonos y ofrezcan experiencias sensoriales innovadoras. Se espera que la demanda de este tipo de productos aumente a medida que los consumidores busquen licores con características únicas o representativas de la cultura local.

A continuación, se presentan los objetivos centrales del proyecto de grado, considerando tanto los objetivos generales como los específicos. En el siguiente capítulo, se abordará el marco teórico, incluyendo la historia de la destilación y los procesos físicos involucrados.

OBJETIVOS

Objetivo general

Elaborar un licor destilado a partir de semillas de Pimpinella anisum L. y uvas Isabella que presente propiedades emulsionantes cuando se mezcla con agua.

Objetivos Específicos

- Identificar las variables más influyentes y los métodos más apropiados para la formulación de un licor destilado a partir de uva Isabella y Pimpinella anisum L. con propiedades emulsionantes en combinación con agua.
- Elaborar el licor destilado con propiedades emulsionantes en combinación con agua, utilizando un diseño experimental adecuado.
- Caracterizar el licor destilado obtenido, validando sus propiedades emulsionantes en combinación con agua en comparación con otros productos destilados.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Historia de la destilación

La destilación del alcohol, aunque conocida desde el 800 a.C., no alcanzó prominencia hasta el siglo XVI, cuando griegos y romanos producían exclusivamente vino, a menudo perfumado con hierbas aromáticas. Los primeros destilados, denominados aguavite o aguardiente [7] se obtenían principalmente del vino o del orujo, mientras que en el Reino Unido se empleaba cebada. Con la creciente demanda, se incorporaron nuevas materias primas como cereales y caña de azúcar. Los métodos antiguos de destilación destacaban por su diversidad, ya que cada productor empleaba técnicas únicas de calentamiento y condensación para crear sabores distintivos. Los egipcios sentaron las bases de la destilación utilizando el alambique para condensar vapores, una técnica perfeccionada por los árabes, quienes destilaban vino para elaborar perfumes y elixires medicinales, respetando los preceptos religiosos del Corán. Durante la Edad Media, en Europa, la destilación se popularizó gracias a manuscritos de Salerno en el siglo XII y al perfeccionamiento técnico de figuras como Arnau de Vilanova y Ramón Llull. Estos alquimistas consideraban el alcohol, conocido como aqua vitae, una medicina poderosa extraída del vino mediante destilaciones sucesivas que alcanzaban concentraciones del 96 % [8].

El alcohol fue empleado inicialmente en monasterios y farmacias, mezclado con hierbas y especias para crear tónicos medicinales, y su consumo se extendió tras la peste negra, cuando bebidas como brandy y ginebra se integraron en la cultura europea. En el siglo XVIII, Edouard Adam desarrolló un innovador sistema de rectificación mediante vasos escalonados, precursor de las modernas columnas de destilación, aunque este diseño primitivo sacrificaba el sabor y aroma de los alcoholes, lo que llevó a la incorporación de frutas, flores y miel para mejorarlos. La llegada de azúcar americana facilitó la producción económica de licores edulcorados, impulsando su popularidad. La revolución industrial marcó un cambio definitivo: en 1512, H. Braunschwick separó el condensador del evaporador, lo que más tarde inspiró a Robert Stein a crear un sistema de destilación de dos columnas en 1832. Esta tecnología fue perfeccionada por Aeneas Coffey con su famosa Columna Coffey, que optimizó la producción de alcohol en grandes cantidades con alta eficiencia, un método aún en uso en destilerías modernas. Con estos avances, la destilación se consolidó como una práctica central para la creación de bebidas alcohólicas refinadas, combinando tradición y tecnología en una industria global [8].

1.2 Tipos de bebidas destiladas

Bebida Destilada

El proceso de producción de las bebidas destiladas difiere del proceso de las fermentadas, ya que implica un tratamiento adicional de purificación que se realiza mediante métodos industriales y técnicos. A diferencia de las bebidas fermentadas, que se obtienen a partir de procesos biológicos en los cuales microorganismos transforman los azúcares en alcohol de manera directa, las bebidas destiladas requieren primero de la fermentación de los ingredientes base y luego de un proceso de destilación, que permite obtener alcohol de mayor concentración y pureza [8].

Para elaborar una bebida destilada, primero se lleva a cabo el proceso de fermentación, en el cual el azúcar presente en la materia prima se convierte en alcohol. Una vez completada esta fase, se procede a la destilación, un paso clave en la producción de este tipo de bebidas. La destilación se realiza mediante el uso de un alambique, que calienta el líquido fermentado hasta alcanzar el punto de ebullición del alcohol, lo cual permite su evaporación. Este vapor de alcohol pasa por un sistema de condensación, usualmente a través de un tubo, donde se enfría y se transforma nuevamente en un líquido concentrado, el cual se recoge en otro recipiente. Este proceso permite separar el alcohol de otros componentes y concentrar su contenido, dando lugar a una bebida con un alto grado de alcohol [9].

La destilación, por tanto, no solo potencia el nivel alcohólico de la bebida, sino que también influye en sus características organolépticas y en su pureza, eliminando impurezas y componentes indeseables. Este procedimiento permite la creación de una amplia variedad de bebidas destiladas, como el whisky, vodka, ron y ginebra, cada una con sus propias particularidades según los ingredientes base y las técnicas de destilación empleadas [9].

1.2.1 Aguardientes

El término "aguardiente" se refiere a los destilados elaborados a partir de diversos productos agrícolas fermentados. Uno de los aguardientes más tradicionales es el aguardiente de orujo, que se produce a partir del hollejo de uva, es decir, los restos de la uva prensada después de la elaboración del vino [10].

Además del orujo, existen otros aguardientes que se producen con distintas materias primas, tales como: Whiskies: destilados de cereales como la cebada, el maíz o el centeno. Vodkas: aguardientes

elaborados a partir de tubérculos, como la papa, aunque en algunos casos también se producen a partir de cereales. Rones: aguardientes obtenidos de la destilación de la caña de azúcar o sus derivados, como la melaza [10].

1.2.2 Anisados

Los anisados son bebidas destiladas que se obtienen mediante la maceración de productos aromáticos, principalmente anís, en un aguardiente base [9]. Existen tanto anisados que contienen anís como aquellos que incluyen una variedad de otros ingredientes aromáticos. En esta categoría, se encuentran bebidas como: Anís: elaborado específicamente con semillas de anís, que le dan su característico sabor dulce y aromático. Ginebras: aunque técnicamente se clasifican dentro de los anisados, las ginebras se producen a partir de un alcohol neutro de grano o aguardiente, aromatizado principalmente con nebrinas (frutos de enebro) y otros botánicos, lo que les confiere su distintivo sabor seco y herbal [9].

1.2.3 Brandis

Los brandis son destilados que se obtienen a partir de productos alcohólicos ya elaborados, en especial el vino. Estos destilados requieren un proceso de añejamiento en barricas de roble, lo cual permite desarrollar complejidad y carácter en su sabor [11]. Entre los brandis destacan: Coñac: considerado el brandy por excelencia, este destilado se produce exclusivamente en la región francesa de Cognac y sigue un estricto proceso de añejamiento. Jerez: también conocido como brandy de jerez, se elabora en la región de Jerez, España, y se caracteriza por su envejecimiento en barricas que anteriormente contuvieron vino de jerez. Metaxá: un tipo de brandy griego que combina aguardientes de vino envejecidos con vinos dulces y especias. Pisco: un brandy sudamericano que se produce en Perú y Chile, utilizando uvas específicas y en condiciones que le dan un perfil aromático particular [9].

1.3 Caracterización de la Bebida Elaborada

La bebida destilada desarrollada se caracteriza por utilizar una base de uva isabella como principal materia prima y una incorporación de anís verde (Pimpinella anisum). El producto de esta mezcla de ingredientes desarrolla propiedades emulsionantes.

Algunas características que se identificaron para la selección de materia prima fueron:

Uva isabella: este fruto se produce en un lugar tropical como Colombia, su alta producción hace a esta materia prima altamente adquirible, también fue seleccionada debido a su baja concentración de azúcar y su grado de acidez elevado que hace que adquiera sabores y aromas muy intensos durante la fermentación [12].

Anís verde: es una planta aromática que bebido a sus componentes ricos en aceite esenciales permite adquirir un perfil dulce y aromático característico, al contener aceites esenciales se puede obtener la propiedad emulsionante para la bebida elaborada [9].

1.3.1 Clasificación Final

La bebida elaborada se clasifica como un aguardiente anisado de base vinosa.

1.4 Etapas de Producción de un Licor Destilado

Para producir el licor elaborado se tiene que pasar por una serie de etapas de procesos e identificar que variables o parámetros influyen en ella:

1.4.1 Mosto

Se le llama al jugo extraído de las uvas mediante la operación de prensado, antes de iniciar la fermentación y constituye la base para la elaboración de vinos y otros productos fermentados. Existen tres tipos principales: el mosto simple, que es el jugo fresco sin fermentación; el mosto concentrado, que resulta del proceso de deshidratación; y el mosto sulfitado, que se conserva mediante la adición de anhídrido sulfuroso o metabisulfito de potasio [13]. Su composición incluye entre un 75% y 85% de agua, azúcares (15%-25%, pudiendo alcanzar hasta el 32% en uvas muy maduras) [14], ácidos orgánicos como el tartárico, málico y cítrico, vitaminas de los complejos B y C, y minerales como calcio, fósforo, magnesio, hierro y sodio. Además, contiene sales minerales, sustancias pépticas responsables de su turbidez inicial y proteínas como los aminoácidos, esenciales para el desarrollo y multiplicación de las levaduras durante la fermentación [15].

1.4.2 Fermentación

Es el proceso metabólico realizado por levaduras y diversas bacterias, en los cuales compuestos químicos orgánicos, principalmente azúcares, se transforman en sustancias orgánicas más simples, como etanol, ácido láctico y ácido butírico. Este proceso es fundamental en la producción de alimentos y bebidas fermentadas, así como en múltiples aplicaciones en la biotecnología y la industria química [16].

La fermentación alcohólica, también conocida como fermentación etílica o de etanol, es un proceso biológico que ocurre en ausencia total de oxígeno (condiciones anaeróbicas). Este fenómeno es llevado a cabo por microorganismos que metabolizan hidratos de carbono, principalmente azúcares como glucosa, fructosa, sacarosa o incluso compuestos más complejos como el almidón [17]. Los productos finales de esta fermentación son etanol (CH_3-CH_2-OH), dióxido de carbono (CO_2) en forma de gas, y moléculas de ATP, las cuales son utilizadas por los microorganismos para satisfacer sus requerimientos energéticos en condiciones anaeróbicas [18].

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

1.4.2.a Factores que afectan a la Fermentación. Durante el proceso de fermentación alcohólica, es esencial identificar los factores que influyen en la variabilidad de las propiedades organolépticas del producto final. Estos factores son:

Sanidad: sí la materia prima es atacada no solo por Botrytis, que es un hongo patógeno de muchas especies vegetales [19], sino también una flora acompañante como las bacterias acéticas, que son grandes productoras de acidez volátil. Todos estos microorganismos consumen nitrógeno y azúcares, por lo que su contenido en el mosto será menor. Nivel de azúcar: las levaduras emplean los azúcares como fuente de carbono, de los cuales obtienen la energía necesaria en forma de ATP para llevar a cabo sus funciones vitales [18]. La utilización de estos azúcares depende de la disponibilidad de oxígeno. En presencia de oxígeno, las levaduras realizan respiración celular, un proceso aeróbico en el que los azúcares se convierten en energía y productos como dióxido de carbono y agua [17]. En ausencia de oxígeno, las levaduras llevan a cabo la fermentación alcohólica, un proceso anaeróbico que genera etanol y dióxido de carbono como productos finales [20].

Ph: las levaduras se ven afectadas por el ph debido a que las funciones celulares mantienen el bombeo constante de protones de la célula que determinan la fuerza motora de protones, se ve influenciado por las variaciones de pH, afectándose su composición y su naturaleza tras la disociación de ácidos y bases, afectando también productos finales del metabolismo anaeróbico [18]. Es decir que la presencia de ácidos orgánicos incrementa el flujo de protones modificando el comportamiento general y disminuyendo el rendimiento de glucosa por altas concentraciones de ácidos [21].

Temperatura: esta variable tiene un efecto directo en las características aromáticas donde se desarrolla los compuestos volátiles como esteres, acetatos, y ácidos grasos de cadena media, que promueven el perfil aromático del vino [18]. En bajas temperaturas genera ralentización de la reacción y su posible detenimiento por lo que el rango adecuado es entre 23ºC y 30ºC [22].

1.4.3 Destilado

Esta etapa es crucial en el proceso de producción de bebidas alcohólicas y consiste en obtener un alcohol más puro mediante la destilación de mostos fermentados.

El principio fundamental de esta etapa se basa en la diferencia entre los puntos de ebullición del agua (100°C) y el alcohol etílico (78,3°C). Gracias a esta diferencia, el mosto se calienta a temperaturas superiores a los 56°C, pero sin llegar a los 100°C, lo que permite la evaporación del alcohol etílico y otros compuestos volátiles. Estos vapores se separan de la mezcla original, se condensan y se recogen en otro recipiente, obteniendo así un líquido con una mayor concentración de alcohol [23].

Para la extracción de aceites vegetales, esta se puede realizar mediante diferentes métodos como: expresión, destilación con vapor de agua o extracción con solventes volátiles. En la extracción con solventes volátiles, la muestra seca y molida se pone en contacto con solventes tales como alcohol, cloroformo, etc [24]. Estos solventes solubilizan la esencia, pero también extraen otras sustancias tales como grasas y ceras, obteniendo al final una esencia impura.

1.4.3.a Factores de Destilado. Los factores de destilado a tener en cuenta en la producción de la bebida elaborada son:

Puntos de ebullición de los solventes: cada componente en la mezcla tiene un punto de ebullición diferente. La destilación aprovecha estas diferencias para separar los componentes. El control preciso de la temperatura permite que el solvente con el punto de ebullición más bajo se evapore primero, facilitando su captura y separación [24].

Aumento de temperatura controlado: el incremento gradual y controlado de la temperatura evita la evaporación rápida o descontrolada de los componentes, lo que afectaría la pureza del destilado. Un aumento progresivo asegura que se extraigan primero los compuestos más volátiles, seguidos de los menos volátiles, logrando una separación más eficiente [68].

Superficie de contacto: el tamaño del sólido en plantas como el anís afecta la cantidad de extracción de aceite esenciales debido a que entre más pequeños sean los sólidos mayor superficie de contacto habrá entre la muestra y el vapor, facilitando la extracción del aceite esencial [25].

1.5 Emulsión

La emulsión es un sistema coloidal heterogéneas compuesto por dos o tres fases liquidas [24]. El cual uno de los líquidos actúa como fase dispersa en forma de pequeñas gotas uniformemente dispersas en la fase externa o fase continua que se encuentra en mayor proporción formando gotas dentro de la otra [26].

Este sistema parcial miscible es termodinámicamente inestable debido a su prolongada separación con el tiempo debido a la energía libre de formación que está asociada con la tensión interfacial y el área superficial de las gotas [24].

La formación de una emulsión no ocurre de forma espontánea, por lo que se requiere un proceso de agitación o mezclado para aumentar la superficie de contacto entre las dos fases. Este proceso tiene como objetivo reducir el tamaño de las gotas y alcanzar una mayor uniformidad, y el tipo de homogenización a emplear dependerá de la viscosidad del líquido [24]. Las emulsiones se pueden categorizar en:

Emulsiones agua-en-aceite (W/O): Estas emulsiones consisten en gotículas de agua en una fase continua de aceite [27].

Emulsiones aceite-en-agua (O/W): Estas emulsiones están formadas por gotículas de aceite en una fase continua de agua. Estas son las más comunes que se encuentran en diferentes etapas de la producción petrolera, a veces se denominan emulsiones "inversas"[27].

Emulsiones múltiples o complejas: Estas emulsiones son más complejas y están formadas por pequeñas gotas suspendidas dentro de gotas más grandes, las cuales están a su vez suspendidas en una fase continua. Un ejemplo de esto es una emulsión agua-en-aceite-en-agua (W/O/W), donde las gotas de agua están suspendidas en gotas más grandes de aceite, y estas, a su vez, se encuentran suspendidas en una fase continua de agua [27].

En teoría, el volumen máximo que pueden ocupar las gotas en una emulsión es del 74% del volumen total. Por esta razón, se formulan soluciones con una alta viscosidad aparente, pero que permanezcan líquidas durante un largo periodo [24].

El tipo, la calidad y la solubilidad del surfactante, así como las propiedades del líquido externo de la emulsión, son factores que influyen significativamente en su estabilidad. Si la fase externa es hidrosoluble, la facilidad de disolución del surfactante aumenta, pero si la viscosidad de la emulsión disminuye debido a un aumento en la proporción de la fase interna, las partículas de la emulsión pueden aglomerarse, lo que provoca la separación de la fase externa [24].

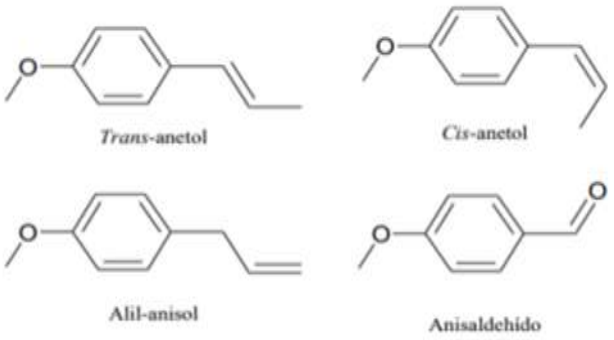
El agua también desempeña un papel fundamental en las propiedades físicas, químicas y organolépticas de las emulsiones, ya que influye en la solubilidad, la conformación y las interacciones con otros compuestos [26].

1.5.1 Trans-anetol

El trans-anetol, es un éter aromático insaturado, que pertenece al grupo de los fenilpropanoides (Figura1). Normalmente, los aceites esenciales anisados contienen cantidades variables de trans-anetol y su isómero, el cis-anetol, así como de otros compuestos relacionados, como alil-anisol y anisaldehído [24].

Figura 1

Estructura química del Trans-anetol



Nota. Esta figura representa la estructura química del Trans-anetol. Tomado de: Gordillo Vargas, M. A. (2013). Evaluación de las variables de formulación y su efecto sobre la estabilidad en el tiempo de emulsiones directas aceite-en-agua para la industria de bebidas.Departamento de Ingeniería, Bogotá D.C. 2013-1.

El trans-anetol compone una parte de las esencias de más de 20 especies vegetales y se encuentra en cantidades grandes (92-96%) siendo la principal esencia de anís (Pimpinela anisum L.) [28].

Este aceite esencial se distingue por su sabor extremadamente dulce, siendo 13 veces más dulce que el azúcar, lo que le otorga una percepción agradable en la lengua. Sin embargo, en grandes concentraciones de más 0,03% p/v de trans-anetol, puede resultar irritante y ligeramente tóxico, ya que tiene propiedades espasmolíticos [24].

El trans-anetol es utilizado ampliamente en saborizantes y aromatizantes en las industrias de alimentos y bebidas alcohólicas como el licor anisado Ouzo; el cual forma micro emulsiones espontáneas que proporcionan una apariencia y consistencia blanquecina [24]. También presentan actividades biológicas como insecticida, bactericida, antiinflamatoria y anestésica [29].

En este capítulo se identificó los métodos más influyentes en la elaboración del licor destilado, los cuales contribuyeron a la determinación de las variables y condiciones óptimas para el proceso. En el siguiente capítulo, se abordará la selección de materias primas, que corresponde al primer objetivo de la investigación: "Identificar las variables más influyentes y los métodos más apropiados para la formulación de un licor destilado a partir de uva Isabella y Pimpinella anisum L. con propiedades emulsionantes en combinación con agua".

2. MATERIA PRIMA

En esta sección se presentará una descripción detallada de la materia prima utilizada en el proceso, abarcando sus propiedades fundamentales, características distintivas y clasificación taxonómica.

2.1 Uva Isabella

La uva Isabella es una planta trepadora que puede llegar a superar los 20 metros de altura. Su fruto es pequeño, ovoide, con piel grande y resistente, de un color negro morado, pulpa dura y jugosa de color rojo oscuro con típico sabor dulce. La concentración de azúcar que tiene este tipo de fruto se encuentra entre 15 y 16 grados brix (ºBX) [30]. Su fruto es consumido comúnmente en presentación de fruta fresca, jaleas, mermeladas y bebidas como el vino debido a su alta concentración de ácidos [31]. Este fruto también es protagonista en la producción de zumos, colorantes naturales y pasas [32]. La planta que produce este tipo de uva puede alcanzar entre 20 y 40 años de edad productiva [33]. Es originada por una combinación entre la cepa vittis vinífera y la vittis lambrusca [34]

Para la producción de uva isabella el terreno en el que es cultivada debe caracterizarse por ser una zona tropical y templada, bajo condiciones específicas de altitud, temperatura de la ubicación del terreno, precipitación, luminosidad, humedad relativa y suelo [35].

Este tipo de uva es rica en vitaminas A, B y C, ya que contiene azúcar saludable, en particular la glucosa, que es el combustible del músculo y el mismo que contiene el plasma sanguíneo, también contiene la triada que forma la hemoglobina en la sangre, el hierro, el cobre y el manganesio. Otras de las propiedades atribuidas a la uva isabella son su característica antioxidante, su capacidad de eliminar bacterias, junto con la generación de energía en el cuerpo humano a causa de su contenido de hidratos de carbono que son asimilados por el ser humano rápidamente. Además, como ya se había mencionado previamente cuenta con vitamina A, B (B1, B2, B3, B6), C, adicionalmente E y componentes nutricionales como la fibra, el calcio, el fósforo, el sodio, el potasio, el hierro, el cobre, el magnesio, el zinc, el ácido fólico, la glucosa y fructosa. Específicamente los minerales que posee son calcio, hierro, yodo, magnesio, zinc y selenio, algunas de las vitaminas que contiene son B1 Tiamina, B2 Riboflavina, B6 Piridoxina, Ac Fólico y Niacina, además de hidratos de carbono como Glucosa, Fructosa y Sacarosa [36], [37]. La Tabla 1 muestra la composición nutricional descrita anteriormente por cada 100 gramos de uva Isabella [30].

Tabla 1

Composición nutricional por cada 100 gramos

Elemento o compuesto	Total
Agua	87,9 g
Hidratos de carbono	15,5 g
Potasio	320 mg
Fibra	0,4 g
Magnesio	4 mg
Calcio	4 mg
Vitamina BC	0,1 mg
Provitamina A	3 mcg
Ácido Fólico	26 mcg
Vitamina C	20%
Calorías	67 kcal

Nota. Esta tabla muestra la composición nutricional por cada 100 g de uva isabella.Tomado de : Gordillo Vargas, M. A. (2013). Evaluación de las variables de formulación y su efecto sobre la estabilidad en el tiempo de emulsiones directas aceite-en-agua para la industria de bebidas. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería Química, Departamento de Ingeniería, Bogotá D.C. 2013-1

2.1.1 Panorama Colombia

La uva Isabella ha ganado un lugar destacado en el mercado nacional colombiano, compitiendo con frutas como las ciruelas, fresas y uchuvas. El Valle del Cauca lidera esta producción con más del 85% de la cosecha nacional y el 86,9% del área total sembrada en el país. Este departamento cuenta con 1.551 hectáreas dedicadas al cultivo de uva Isabella, beneficiándose de condiciones edafoclimáticas favorables y de avances tecnológicos que optimizan su producción en el trópico [38].

Según datos del sector agropecuario, Colombia produce más de 30.000 toneladas anuales de uva Isabella. Este volumen es posible gracias a la colaboración de entidades como CorpoGinebra,

ProColombia, la Cámara de Comercio de Cali, y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, con el respaldo de la Gobernación del Valle y las alcaldías locales [39], [40].

2.1.2 Taxonomía

Las plantas de Uva Isabella presentan hojas alternas, dentadas, palmatinervias, de forma acorazonada y divididas en 3 a 7 lóbulos. En posición opuesta a las hojas, se encuentran los zarcillos ahorquillados, los cuales les permiten trepar. Sin embargo, en ausencia de soporte, muchas de estas plantas tienden a arrastrarse por el suelo. Los tallos son leñosos, cortos, y de ellos nacen ramas nudosas llamadas sarmientos. A medida que crecen, estos sarmientos se alargan y lignifican, adquiriendo un tono marrón y una corteza que se deshace en tiras. Las flores se agrupan en racimos o panículas [30]. Por su parte, el fruto de la planta de Uva Isabella está compuesto por cuatro partes: el epicarpio, el mesocarpio, las semillas y el pincel. El epicarpio, considerada la piel del fruto es la que contiene la mayor parte de los componentes que causan el color y aroma en los vinos, en caso de ser empleado en procesos de vinificación. El mesocarpio, también conocido como la pulpa del fruto, de la cual se obtiene en un proceso de vinificación los componentes principales del mosto. Por último, las semillas y el pincel son partes que también conforman la estructura del fruto [35].

La Uva Isabella hace parte del reino Planta, su división es Magnoliophyta, su clase es Magnoliopsida y su orden es Vitales [36]. En la Tabla 2 se presenta una descripción breve sobre la taxonomía de la uva Isabella.

Tabla 2

Taxonomía de la Uva Isabella

Nombre Común	Uva Isabella
Nombre específico	*Vitis Labrusca*
Género	Vitis
Familia	Vitaceae
Origen	Originaria de la zona templada de Asia occidental y fue introducida a América en el siglo XVI. En Colombia se cultiva desde 1920.

Nota. Esta tabla muestra la taxonomía de la Uva Isabella

2.1.3 Beneficios

El consumo frecuente de la Uva Isabella presenta distintos beneficios para la salud y bienestar del ser humano, entre los que se destacan: Primero, "la prevención de diversas enfermedades, sobre todo las de origen degenerativo, esto es gracias al alto contenido de antioxidantes que ofrecen las uvas" [37]. Es decir, resulta esencial que sea participe del cuidado de la salud, teniendo en cuenta no sólo su contenido de antioxidantes sino también su capacidad de eliminar bacterias, lo que evita la aparición de enfermedades relacionadas a bacterias que puedan contraer las personas [41]. Segundo, la generación de energía como consecuencia de la azúcar que contiene el fruto, así generándose en las personas mayor disposición en cuanto a la realización de las actividades cotidianas [42]. Tercero, es un fruto que puede aportar a la desinflamación corporal debido a los componentes antinflamatorios de la uva, por otro lado, componentes como la fibra ayuda a la reducción de enfermedades digestivas. Cuarto, respecto a la estética personal la uva al contener polifenoles puede contribuir al cuidado de la piel ante factores externos como el sol y, por último, el posible potencial anticancerígeno presente en los extractos de la uva [34].

2.2 Pimpinella anisum L.

Pimpinella anisum L., conocida comúnmente como anís, es la especie responsable de generar la emulsión característica en la bebida formulada. Esto se debe a que sus semillas contienen trans-anetol, un compuesto que es altamente insoluble en agua, pero soluble en etanol. Esta propiedad del trans-anetol es fundamental para formar las micro emulsiones que le otorgan a la bebida su distintiva apariencia y consistencia [43], [44].

2.2.1 Taxonomía

"Pimpinella anisum L. conocida como anís, anís verde, matalahúva o matalahúga, es una hierba de la familia de las Apiáceas" [45].

Originaria del Asia sudoccidental, puede alcanzar 60-80 cm de altura. Fue introducida en los países mediterráneos por los árabes. En la península Ibérica se cultiva a gran escala, siendo España uno de los principales productores del fruto de anís. Posteriormente, se extendió a Sudamérica, destacando Argentina como uno de los mayores productores actuales. El sabor y aroma de sus semillas tienen similitudes con algunas otras especias y hierbas, como el anís estrellado, el hinojo, el regaliz y el estragón. Se utiliza ampliamente para dar sabor a alimentos, dulces y bebidas alcohólicas, especialmente en la región mediterránea [46].

Según la literatura, 500 gramos de Pimpinella anisum L. contienen aproximadamente un 79.48% de trans-anetol como parte de sus componentes principales [47].

2.2.2 Características Fisicoquímicas

El anís dulce (Pimpinella anisum L.), como toda materia prima, posee características fisicoquímicas específicas como en la Tabla 3 se mencionan.

Tabla 3

Características fisicoquímicas del anís

Propiedad	**Valor Aproximado**	**Descripción**
Nombre científico	*Pimpinella anisum L.*	Planta herbácea de la familia Apiaceae.
Composición química	Aceites esenciales (1-4%), carbohidratos, proteínas	Principales componentes del aceite esencial: anetol (80-90%), metilcavicol, y limoneno.
Densidad del aceite esencial	0.978–0.990 g/mL (20 °C)	Determinada principalmente por el anetol.
Punto de fusión del anetol	21 °C	Se solidifica a bajas temperaturas.

Propiedad	Valor Aproximado	Descripción
Punto de ebullición del anetol	234–237 °C	Elevado, típico de compuestos aromáticos.
pH (extracto acuoso)	4.5–6.0	Ligera acidez en soluciones acuosas.
Solubilidad	Soluble en alcohol, éter y aceites; insoluble en agua	El anetol es responsable de la insolubilidad en agua y la formación de emulsiones.
Color	Transparente a amarillo pálido	Aceite esencial y extractos tienen tonos claros.
Olor	Dulce y aromático	Característico, intenso, similar al regaliz.
Sabor	Dulce y cálido	Utilizado en alimentos, bebidas y licores.
Actividad antioxidante	Moderada a alta	Relacionada con compuestos fenólicos y aceites esenciales.
Actividad antimicrobiana	Alta contra bacterias y hongos	Efectiva contra *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, entre otros.
Propiedades emulsionantes	Presentes (dependiendo de la concentración)	Forman emulsiones con agua, especialmente al combinarse con alcohol.

Nota. Esta tabla muestra la taxonomía de el anís (*Pimpinella anisum L.).*

2.2.3 Beneficios

El anís dulce (Pimpinella anisum L.) ofrece numerosos beneficios a raíz de sus propiedades terapéuticas y nutricionales. Su alto contenido de anetol, el principal componente del aceite esencial, le otorga propiedades digestivas, carminativas y antiespasmódicas, útiles para aliviar molestias gastrointestinales como flatulencias, indigestión y cólicos [48]. Además, tiene efectos antioxidantes y antimicrobianos, que contribuyen a la protección celular y la prevención de infecciones. También se utiliza tradicionalmente como expectorante y calmante en casos de

resfriados o tos. En la industria, es valorado por su aroma dulce y cálido, empleado en la elaboración de alimentos, bebidas, perfumes y productos farmacéuticos, en este sentido el extracto de anís es empleado en cosméticos con respecto a la fragancia en productos de cuidado personal o cosméticos [49], [50].

2.3 Levadura

La levadura es un microorganismo que tiene un papel importante en la fermentación alcohólica, es usada con mayor frecuencia en este proceso y necesaria para la producción de alcohol [51], [52].

En la fermentación de la uva, el microorganismo predominante es la levadura Saccharomyces cerevisiae, que habitualmente se encuentra presente en cantidades suficientes sobre las uvas recolectadas, permitiendo que la fermentación se inicie de forma espontánea, sin necesidad de una inoculación adicional. Saccharomyces cerevisiae pertenece a la familia Endomycetaceae (Ascomycetes) y abarca distintas subespecies y razas cultivadas, que incluyen las levaduras comúnmente utilizadas en panadería y en la fabricación de cerveza. [22, p.22]

Durante el proceso de fermentación, las células diplóides de esta levadura se multiplican mediante gemación y germinación. En ciertas ocasiones, se produce una división meiótica en una célula, generando cuatro ascosporas haploides que se liberan al medio. Estas ascosporas también se multiplican y pueden fusionarse entre sí, formando nuevas células diploides que facilitan una recombinación genética [22].

Las cepas de Saccharomyces cerevisiae se diferencian por su capacidad fermentativa y sus tolerancias a distintas condiciones fisicoquímicas, aspectos fundamentales en la práctica enológica. Por ejemplo, las cepas de "fermentación alta" pueden producir entre un 18 y un 20% de alcohol en volumen a temperaturas de 12-20 °C, mientras que las levaduras psicrótrofas son capaces de fermentar a temperaturas de 4-8 °C, alcanzando hasta un 12% de alcohol en volumen. [22, p.22]

En el siguiente capítulo, se detallarán los pasos seguidos para identificar las variables y el método más adecuado para la formulación del licor, con enfoque en el segundo objetivo de la investigación: "Elaborar el licor destilado con propiedades emulsionantes en combinación con

agua, utilizando un diseño experimental adecuado". En este proceso, se incluyeron tanto el método elegido como los balances necesarios para asegurar la correcta formulación del licor.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LICOR DESTILADO ARTESANAL

El desarrollo del licor propuesto requirió una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica, con el fin de identificar y seleccionar las condiciones óptimas para cada etapa del proceso de producción. Este enfoque permitió establecer parámetros específicos que aseguran la calidad, estabilidad y características organolépticas del producto final. A través de esta investigación, se determinaron las técnicas adecuadas de fermentación, destilación y formulación, integrando conocimientos tradicionales con avances tecnológicos en la elaboración de bebidas espirituosas. Lo siguiente detalla cada una de las fases críticas involucradas en la obtención del licor.

3.1 Equipos e Instrumentos

Para la elaboración de licor destilado artesanal se utilizaron los siguientes equipos e instrumentos: 1 tanque de fermentación, 2 vasos medidor de 5 L ,1 molinillo y colador de malla fina. Cada uno de estos instrumentos fueron desinfectados con agua caliente a 90ºC durante 5 min para los utensilios y además se utilizó alcohol antiséptico para desinfectar el tanque de fermentación dejando 5 minutos para la evaporación completa.

3.2 Recolección y Desinfección

Se recolectaron 15 empaques de uva isabella de presentaciones de 500 gramos. En primer lugar, se separaron las uvas de los tallos y se realizaron procesos de selección, basándose en los siguientes criterios:

Madurez: se seleccionaron las uvas que se identificaron con un color uniforme, de color púrpura oscuro, bayas firmes al contacto y sin zonas verdes que indican inmadurez.

Condiciones Sanitarias: se descartó racimos con signos de presencia de moho, podredumbre o deshidratación.

Luego de la selección, las uvas elegidas se sometieron en una inmersión de agua caliente entre 50ºC a 70ºC durante 2 min para eliminar y disminuir las bacterias como Escherichia coli [53].

3.3 Maceración

Luego de desinfectar las uvas seleccionadas, se utiliza las manos para estrujar repetidas veces (fuerza manual) sobre el fruto rompiendo la estructura y liberando los jugos, pulpa, semillas y

cascaras de la uva. Esta operación se repitió varias veces hasta obtener un volumen de 5,5 litros almacenado en los vasos de 5 litros.

Figura 2

Mosto de uva isabella

Nota. Esta figura muestra el mosto obtenido a partir de cascaras, semillas y pulpa de la uva isabella.

3.4 Fermentación

Durante este proceso, el mosto fue almacenado en un tanque de fermentación de 13 L para garantizar un adecuado sellado de la tapa. Se instaló un termómetro digital en el tanque con el fin de monitorear la temperatura del mosto durante la fermentación. Además, se colocó un globo en la tapa del tanque, al cual se le perforó una aguja para funcionar como trampa de aire como se observa en la Figura 3. Esta trampa permitió la salida del dióxido de carbono (CO_2) generado durante la fermentación alcohólica y disminuyendo en gran medida que el aire externo ingresara al interior, lo cual podría contaminar el mosto.

Figura 3

Tanque de fermentación

Nota. Esta figura muestra el tanque de fermentación incorporando termómetro y trampa de aire

Es importante destacar que el tanque de fermentación se llenó a no más de 5/6 de su capacidad total, ya que durante la fermentación se produce una cantidad significativa de dióxido de carbono. Este gas eleva el sombrero de orujos flotantes que podría ocasionar que el orujo se derrame, lo que interrumpiría el proceso de fermentación [22].

3.4.1 Parámetros y Condiciones

Los parámetros y condiciones que se debieron seguir en la producción de la bebida elaborada fueron:

Agitación diaria: la agitación diaria es esencial durante la fermentación para asegurar una distribución uniforme de los sólidos y líquidos. Dado que el orujo, debido a su densidad, tiende a subir a la superficie, la agitación evita que se forme una capa densa que pueda ralentizar o detener el proceso de fermentación alcohólica. Esto garantiza una mejor interacción entre las levaduras y los azúcares, acelerando la conversión de estos en alcohol [54].

Temperatura controlada: la temperatura juega un papel crucial en la eficiencia de la fermentación. Para asegurar que el proceso ocurra de manera óptima, se mantuvo lo más posible en temperatura

entre 18°C y 25°C. Dentro de este rango, las levaduras trabajan de manera eficiente, favoreciendo la fermentación alcohólica sin que se presenten problemas como la inhibición de la actividad de las levaduras o el desarrollo de microorganismos indeseables [22].

Suministro de azúcar: debido al exceso de agua en el mosto, que diluye la concentración de azúcares disponibles para la fermentación, se decidió añadir 10 g de azúcar por litro [55] en el segundo día del proceso. Esta adición de azúcar proporciona nutrientes adicionales para las levaduras, ayudando a mantener una tasa de fermentación constante y eficiente, y garantizando que el proceso continúe de manera óptima.

3.5 Levadura Vino Tinto

Para la fermentación del mosto, se emplearon levaduras, que son hongos microscópicos unicelulares responsables de transformar los azúcares presentes en la uva en alcohol etílico, dióxido de carbono y diversos productos secundarios. En lugar de depender de las levaduras naturales presentes en las uvas, se utilizó la cepa Saccharomyces ellipsoideus, una levadura especialmente seleccionada para el proceso de fermentación eficiente y controlado.

3.5.1 Elección de la Levadura

Se optó por la levadura Red Star Premier Rouge que se puede observar en la Figura 4. debido a que sus características se alinean con las necesidades del proceso. Esta cepa es ideal para la producción de vinos tintos. Entre sus principales características se incluyen:

Tolerancia al alcohol: 15% [56].

Rango de fermentación: 17°C a 30°C, lo que permite su uso en una amplia gama de temperaturas [56].

Inicio rápido de fermentación: esta cepa favorece un arranque rápido del proceso, lo que reduce el riesgo de contaminaciones indeseadas y mejora la consistencia de la fermentación [56].

Figura 4

Presentación de levadura

Nota. Esta figura muestra la presentación de la levadura Red Star utilizado en la fermentación.

A pesar de ser una levadura económicamente adquirible, tiene una desventaja, tiende a no ofrecer un alto porcentaje de alcohol y es recomendable utilizar nutriente de levadura durante su uso y es muy sensible a temperaturas bajas [57].

3.6 Proceso de Rehidratación de la Levadura

La levadura Red Star Premier Rouge debe ser rehidratada antes de su incorporación al mosto. Para ello, se utiliza una mezcla de agua o una combinación de mosto y agua en una proporción de 10 veces su peso. La mezcla debe ser calentada a una temperatura de 35-38°C y revolver durante 20 minutos. Este proceso asegura que las células de levadura se hidraten adecuadamente y estén activas para el inicio de la fermentación.

3.6.1 Cantidad de Levadura

De acuerdo con la literatura y las recomendaciones enológicas, se requieren 25 g de levadura por hectolitro (hl) de mosto [34] para una fermentación efectiva. En este caso, dado que se trabaja con 1 litro de mosto, se utilizó una dosis de 0,25 g de levadura especial por Litro. Dado que la levadura Saccharomyces ellipsoideus se presenta en forma seca, se empleó un proceso de hidratación en agua precalentada de 35°C en una cantidad equivalente a 10 veces el peso de la levadura.

$25\ \frac{g\ de\ levadura}{hL} * \frac{1hL}{100L} * 6{,}5L\ = 1{,}6\ g$ de Levadura especial. Cálculo de g de levadura especial requerido para la fermentación.

$1{,}6\ g\ de\ levadura\ * \frac{10\ ml\ agua}{g\ de\ levadura} = 16\ ml$ agua. Cálculo de agua necesaria para la hidratación de la levadura especial.

3.7 Destilación

El licor producido durante la fermentación fue sometido a destilación simple, utilizando un balón de 500 ml. Se destilaron 300 ml del producto fermentado, a los cuales se les adicionaron 24,5 g de anís para enriquecer el perfil organoléptico y garantizar la presencia del compuesto trans-anetol en el destilado.

El trans-anetol, un componente principal del anís, tiene un punto de ebullición elevado (234-237°C) [25] y es insoluble en agua. Su destilación se facilita mediante dos fenómenos principales:

Destilación con agua (destilación en corriente de vapor): este método permite extraer sustancias ligeramente volátiles e insolubles en agua, como el trans-anetol, de una mezcla. Durante la destilación, las gotículas de trans-anetol se separan al ser arrastradas con el vapor de agua, lo que provoca que el destilado adquiera una apariencia opaca debido a la formación de una emulsión espontánea. Esta emulsión ocurre porque el trans-anetol precipita como pequeñas gotas en el medio acuoso, siendo insoluble en agua [24].

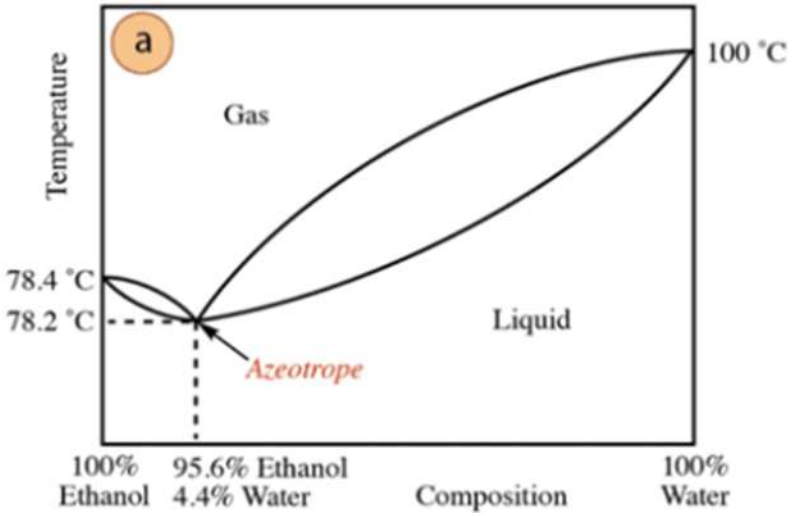
Solubilidad en etanol: a diferencia del agua, el trans-anetol es miscible con etanol, lo que asegura su transferencia directa al destilado alcohólico durante el proceso de destilación. Esta propiedad es clave para preservar las características del anís en el producto final y color transparente [24].

3.7.1 Condiciones (T teórica-T experimenta observado)

La temperatura es una variable crucial en los procesos de evaporación, ya que el grado de temperatura influye directamente en la cantidad de una mezcla que puede evaporarse. En la Figura 5 se identifican los porcentajes y los puntos de temperatura en los cuales se produce esta evaporación.

Figura 5

Gráfica de mezcla etanol-agua vs Temperatura



Nota. Esta Figura muestra el comportamiento de la mezcla etanol-agua con respecto a la temperatura. Tomado de: "Definición de Azeótropos". Significado.com. Accedido el 28 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: https://significado.com/azeotropos/.

En el caso de la mezcla etanol-agua representada en la Figura 5, se observa la formación de un azeótropo de mínima composición, que contiene un 95,6% de etanol y un 4,4% de agua. Este azeótropo tiene un punto de ebullición de 78,2 °C, que es inferior a las temperaturas de ebullición de los componentes puros, el etanol (78,37 °C) y el agua (100 °C). Esta peculiaridad ocurre debido a las interacciones moleculares entre el etanol y el agua, que hacen que la mezcla se comporte de manera diferente a sus componentes individuales. Un azeótropo es una mezcla líquida que hierve a una temperatura constante y no puede separarse por destilación simple, ya que las proporciones de los componentes permanecen constantes incluso durante el proceso de evaporación [58].

3.7.2 Temperatura de Ebullición del Licor Destilado Experimental

Debido a que Bogotá está ubicado en un sistema montañoso tiene una presión atmosférica de 0,74-0,75 atm teniendo el etanol un punto de ebullición de 72ºC [59].

Sin embargo, la fermentación del vino está compuesta por ácidos orgánicos y éteres. No obstante, el agua y el etanol son los componentes principales. Dado que el vino tiene un grado de alcohol de 10, el producto de fermentación se identificará como una mezcla de agua y etanol.

Para calcular la temperatura de ebullición de una mezcla miscible como etanol y agua, se calcula la presión de vapor de cada componente (etanol y agua) utilizando la ecuación de Antoine donde A, B y C son constantes específicas para cada sustancia.

$$Log\ P° = A - \left(\frac{B}{°C + C}\right)$$

Luego, se calculan las presiones parciales de cada componente multiplicando su presión de vapor por la fracción molar en la mezcla, sumando las presiones parciales para obtener la presión total de la mezcla.

$$PT = P_{agua} * X_{agua} + P_{etanol} * X_{etanol}$$

Utilizando el software de Excel y aplicando la función solver se calculó que el punto de ebullición de la mezcla etanol-agua es de 88,6 °C.

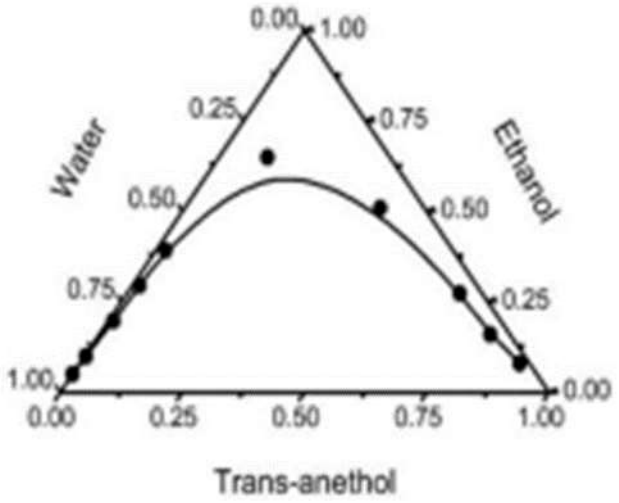
3.8 Mezclado de Componente

El trans-anetol, principal agente emulsionante del anís, tiene la capacidad de formar emulsiones en cualquier concentración, como se observa en la Figura 6. Este fenómeno ocurre gracias a sus propiedades físico-químicas, que promueven la insolubilidad del trans-anetol en agua y su afinidad por el etanol.

No obstante, la adición de hierbas como el anís generalmente se limita a un 10% debido a varios factores relacionados con el perfil sensorial y las propiedades organolépticas del producto. Esta proporción garantiza que el sabor característico del anís sea lo suficientemente presente sin dominar el conjunto mezclado, lo que podría hacer que la bebida sea demasiado fuerte o desequilibrada. Por lo que un exceso de anís puede afectar la textura, el aroma y la claridad del producto, haciendo que la bebida sea menos agradable [60].

Figura 6

Diagrama ternario etanol/agua/Trans-anetol



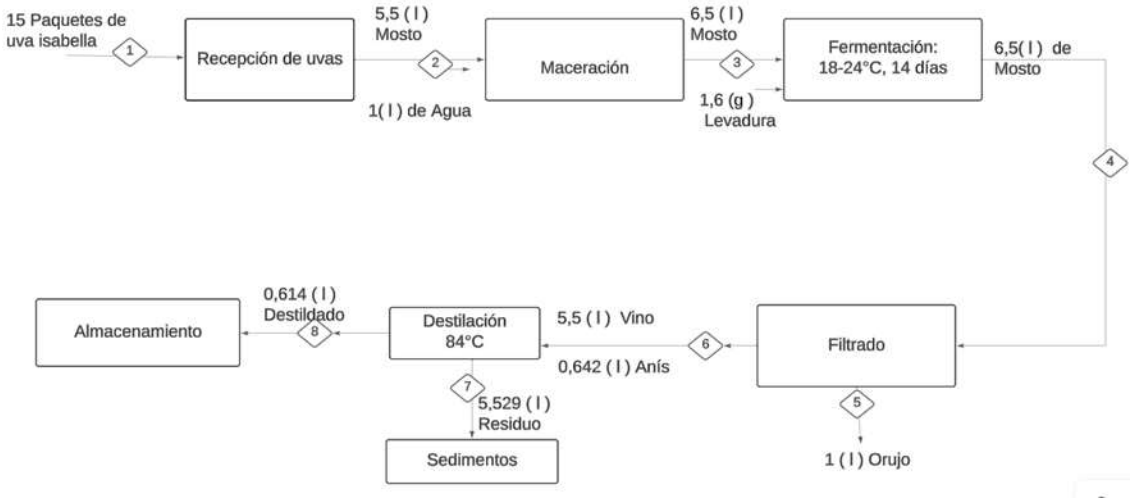
Nota. Esta figura muestra el comportamiento de la emulsión se activa dentro de un sistema ternario de etanol/agua/Trans-anetol. Tomado de: "Trans-anetol/agua/alcohol formado espontáneamente emulsiones: mecanismo de formación y estabilidad," Langmuir, vol. 21, pp. 7083-7089, 2005.

3.9 Diagrama de Bloques del Proceso de Producción y Balance de Materia

Se elaboró un diagrama de bloques (Diagrama 1), para identificar las entradas y las cantidades de las materias primas involucradas en el proceso de producción. A partir de este diagrama, se construyó en la tabla 4; un balance de materia por corriente, lo que permitió una mejor comprensión de la distribución de los materiales a lo largo del proceso.

Figura 7

Diagrama de bloques del proceso de producción



Nota. Esta figura muestra el proceso de producción del licor destilado elaborado artesanalmente.

Tabla 4

Tabla de Balance de materia por corriente

	corrientes (litros)							
Materia Prima	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Uva isabella	5,5	5,5		6,501				
Agua		1						
Mosto			6,5					
Vino						5,501		
Levadura			0,001					
Anís Dulce						0,642		
Destilado								0,614
orujo					1			
Residuo							5,529	

	corrientes (litros)							
Materia Prima	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Total	**5,5**	**6,5**	**6,501**	**6,501**	**1**	**6,143**	**5,529**	**0,614**

Nota: Esta tabla muestra el balance de materia por corriente

En la Tabla 4 se observa una baja producción de destilado, la cual se atribuye a un bajo contenido de etanol en el vino fermentado. El volumen inicial de vino fue de 5,501 L, con una concentración de etanol del 10%. Durante la destilación, se obtuvo solo 0,614 L de destilado, lo que representa una fracción pequeña del total. El fondo restante fue de 5,529 L, lo que indica que gran parte del vino no se convirtió en destilado debido a la baja concentración de etanol en la mezcla fermentada.

En el siguiente capítulo, se realizaron las pruebas de caracterización del destilado obtenido y se compararon sus propiedades con las de otras bebidas destiladas. Esto se llevó a cabo en el marco del tercer objetivo de la investigación, que consiste en "Caracterizar el licor destilado obtenido, validando sus propiedades emulsionantes en combinación con agua, y comparándolo con otros productos destilados".

4. CARACTERIZACIÓN

En esta sección se presenta un diseño experimental que emplea variables de caracterización y una metodología de pruebas específicas para analizar las propiedades fisicoquímicas del destilado. El objetivo es determinar el comportamiento del producto bajo diferentes condiciones, evaluando cómo estas influyen en sus características clave.

4.1 Diseño Experimental de un Solo Factor

El diseño experimental utilizado fue de un solo factor, que consiste en 8 mezclas donde cada muestra tiene la misma cantidad de volumen de bebida destilada. Sin embargo, se varia de menor a mayor la cantidad de agua. Midiendo parámetros como grados Brix, pH, índice de refracción, densidad y la estabilidad térmica de la emulsión formada.

Este diseño experimental evalúa la incorporación de Vitis labrusca (uva Isabella) y Pimpinella anisum (anís) con el objetivo de analizar las propiedades organolépticas y la capacidad de formar una emulsión estable con agua. Para ello, se prepararon ocho muestras de destilado, cada una con un volumen de 20 ml, en las que se varió la cantidad de agua añadida.

4.2 Diagrama de Flujo Metodológico

En esta sección se presentan los diagramas de decisión correspondientes a cada metodología utilizada para la caracterización del destilado frente a las 8 muestras analizadas. Estos diagramas detallan los pasos y decisiones clave en cada procedimiento, incluyendo la destilación, medición de índice de refracción y °Brix, determinación de densidad mediante picnómetro, y medición de pH con tiras reactivas.

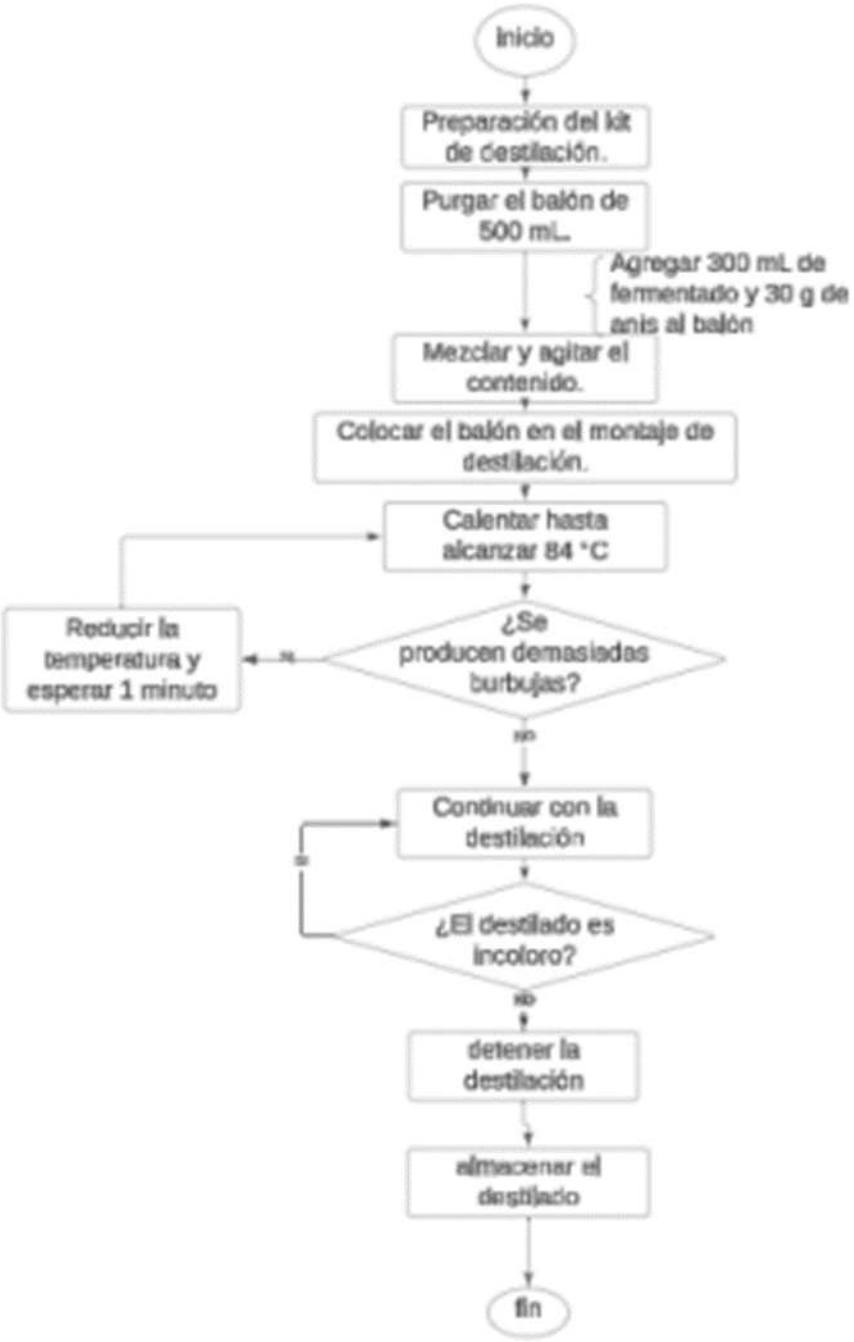
La figura 7 describe el proceso de destilación del fermentado, en el cual se sigue un flujo secuencial de pasos. Inicia con la preparación del equipo de destilación, seguida de la adición del fermentado y anís al balón de destilación. Se procede a calentar hasta alcanzar los 84°C, con decisiones para ajustar la temperatura si se observan demasiadas burbujas. El proceso también contempló la revisión del destilado, sí el líquido es incoloro, se sigue destilando, pero si se presenta como una emulsión, se almacena el destilado.

La figura 8 describe el proceso para medir el índice de refracción y el °Brix de las muestras utilizando un refractómetro. El proceso comienza con la preparación del equipo y la calibración del instrumento con un líquido blanco. Luego, se agrega la muestra, se registran los datos obtenidos

y se limpia el equipo después de cada medición. El ciclo se repite para asegurar la precisión en los resultados, y el proceso culmina con el registro final de las mediciones.

Figura 8

Diagrama de Flujo del Proceso de Destilación



Nota. Esta figura muestra la metodología del proceso de destilado.

Figura 9

Diagrama de Flujo para la Medición de Índice de Refracción y °Brix

Nota. Esta figura muestra la metodología para medir el Ind.Refracción y °Brix de la muestra

La figura 9 describe los pasos para determinar la densidad de una muestra usando un picnómetro. El proceso comienza con la limpieza del picnómetro, seguido de su llenado con agua destilada y el registro de la masa correspondiente. Luego, el picnómetro se vacía y se llena con la muestra a medir, registrando nuevamente la masa. La densidad se calcula dividiendo la masa del picnómetro con la muestra por la masa del picnómetro con agua destilada, completando así el análisis.

La figura 10 ilustra el procedimiento para medir el pH de una muestra utilizando tiras reactivas. Se inicia con la preparación del equipo y la limpieza del material. Posteriormente, se sumerge la tira reactiva en la muestra, esperando el tiempo recomendado por el fabricante. Luego, se compara el color de la tira con la escala de pH proporcionada y se registra el valor obtenido. Finalmente, se desecha la tira reactiva y se limpia el equipo.

Figura 10

Diagrama de Flujo para la Medición de Densidad con Picnómetro

Nota. Esta figura muestra la metodología para medir la densidad de las muestras

Figura 11

Diagrama de Flujo para la Medición de pH con Tiras Reactivas

Nota. Esta figura muestra la metodología para medir el pH de las muestras

4.3 Caracterización de la Fermentación de Uva Isabella

Para caracterizar el producto resultante de la fermentación, se utilizaron dos instrumentos clave: un refractómetro que permitió medir tanto los grados Brix como el índice de refracción de la solución, y un picnómetro de 10 ml.

El procedimiento para medir el índice de refracción y la densidad del agua comienza con la calibración del picnómetro. Primero, se pesa el picnómetro vacío, limpio y seco, utilizando 2 ml de acetona para asegurar que esté libre de impurezas. Este valor se registra en la tabla 5. Luego, con la ayuda de una pipeta, se transfiere agua al picnómetro hasta llenar aproximadamente ¾ del cuello del recipiente. Se coloca el picnómetro sobre varias toallas de papel en el mesón y se deja caer libremente la tapa para asegurar que el líquido llene completamente el capilar. Después, se seca cuidadosamente el picnómetro con una toalla de papel y se pesa nuevamente. La diferencia de masa entre el picnómetro vacío y el lleno con agua se usa para calcular la densidad del agua.

Una vez calibrado el equipo, se limpia cuidadosamente la ventana del prisma con acetona y se repite el procedimiento para otras sustancias. Entre cada medición, se limpia la ventana del prisma para evitar contaminaciones cruzadas. Todos los datos obtenidos se registran cuidadosamente en la tabla 6 [61].

Tabla 5

Caracterización de producto fermentado

Caracterización de Producto Fermentado	
%Alcohol	10%
Brix	10
Ref	1,3386
Ph	3,7
Densidad	1,06 g/ml
Color	Vinotinto

Nota. En la tabla se muestra las características obtenidas de la fermentación

4.4 Destilado trans-anetol/etanol

Para llevar a cabo el proceso de destilación simple, se utilizaron 300 ml del producto fermentado como base, a los que se añadieron 24,5 g de Pimpinella anisum como se observa en la figura 11. La mezcla se agitó cuidadosamente para garantizar una distribución homogénea del anís en el líquido base antes de proceder con la destilación [61].

El sistema de destilación se configuró para alcanzar y mantener una temperatura de 84 °C. Durante el proceso, se garantizó un control estricto de la temperatura para evitar pérdidas significativas de componentes volátiles esenciales como el etanol y el trans-anetol

Figura 12

Destilación simple mezcla de producto fermentado y anís

Nota. Esta figura se observa el montaje y la mezcla de la destilación simple con el producto fermentado con el anís

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 6, se identifica que el destilado obtenido cumple con las propiedades deseadas. Durante la evaluación, se evidenció claramente la capacidad emulsionante del destilado, manifestándose al entrar en contacto con el agua.

Esta propiedad emulsionante está asociada principalmente al trans-anetol presente en el Pimpinella anisum, un compuesto conocido por su insolubilidad en agua, pero que, al mezclarse con etanol, genera una interacción que favorece la formación de emulsiones al añadir agua.

Tabla 6

Caracterización del producto destilado

Caracterización de destilado etanol/Trans-anetol	Valor
%Alcohol	10%
Brix	19,7
Ind.Ref	1,3616
Ph	3,5
Densidad	0,8805 g/ml
Color	incoloro

Nota. El color incoloro del destilado sugiere una baja presencia de agua, lo que indica una mayor concentración de trans-anetol. La presencia de agua puede alterar el color del destilado elaborado

Caracterización de las Muestras

Se llevaron a cabo ocho muestras experimentales, manteniendo constante el volumen del destilado, mientras se variaba la cantidad de agua añadida, desde volúmenes muy bajos hasta niveles de sobresaturación. Este diseño experimental tuvo como objetivo identificar el punto crítico en el que la emulsión, generada por la interacción entre el trans-anetol y el agua, deja de expandirse uniformemente en toda la muestra. Como se muestran en la tabla 7., debido a que había poca materia para realizar todos los duplicados se decidió duplicar 4 de 8 muestras como se observa en la Tabla 8.

Tabla 7

Caracterización de las muestras

Muestra	Destilado ml	Agua ml	%Alcohol	Brix	Ind.Ref	pH	Densidad
m1	20	1	9,4035	17	1,3585	3	0,8545
m2	20	5	8,9975	16,4	1,3584	3	0,9719
m3	**20**	**7**	**8,3894**	**15,5**	**1,3569**	**4**	0,9674
m4	20	10	8,1191	15,1	1,3565	5	0,9661
m5	20	15	6,7677	13,1	1,3533	5	0,9664
m6	20	20	4,9433	10,4	1,3468	5,5	0,9664
m7	20	25	4,2001	9,3	1,3466	5	0,9674
m8	20	30	3,3217	8	1,3443	6	0,9695

Nota. Esta tabla muestra las medidas de %Alcohol, °Brix, Ind.Ref y Densidad frente a las 8 muestras

Tabla 8

Caracterización de las muestras por duplicado

Muestra	Destilado ml	Agua ml	%Alcohol	Brix	Ind.Ref	pH	Densidad
m1	20	1	9,4035	17	1,3583	3	0,8545
m4	20	10	8,1191	15,4	1,3565	5	0,9661
m5	20	15	6,6677	12,9	1,3533	5	0,9664

Muestra	Destilado ml	Agua ml	%Alcohol	Brix	Ind.Ref	pH	Densidad
m8	20	30	3,3409	8,6	1,3445	6	0,9695

Nota. Esta tabla muestra el duplicado de las muestras

4.5 Resultados

4.5.1 Comportamiento de las muestras con respecto al % alcohol

Figura 13

Comportamiento del %Alcohol con respecto a las Muestras

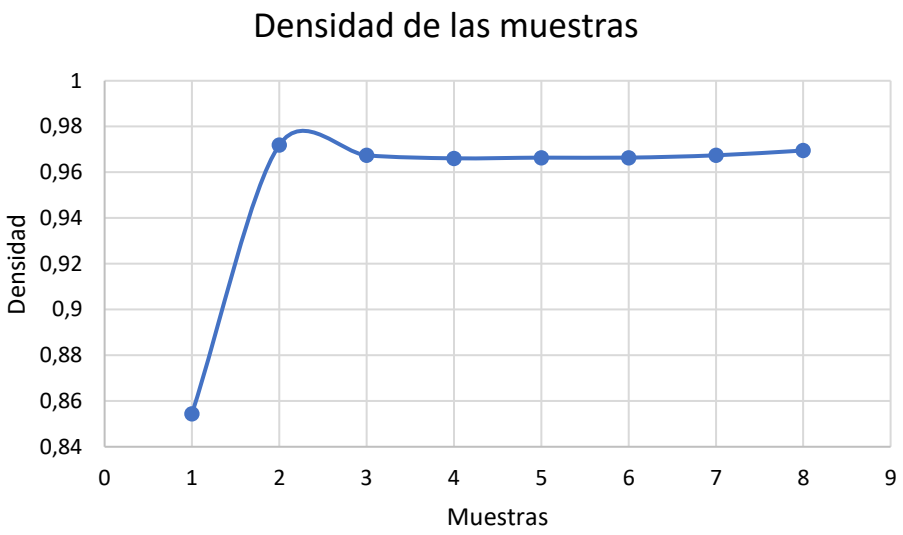
Nota. Esta grafica muestra el porcentaje de alcohol de le muestra que cada vez se añade más volumen de agua

La pendiente negativa observada en la Gráfica 1 indica una relación inversamente proporcional entre la dilución del destilado en agua y la concentración de alcohol. A medida que se aumenta el volumen de agua, la concentración relativa de alcohol en la mezcla disminuye. Este comportamiento es consistente con el principio de dilución, donde la adición de un solvente (en este caso, agua) reduce la cantidad de soluto (el alcohol), lo que genera una pendiente negativa en el gráfico. Este tipo de relación refleja cómo la mezcla se ajusta conforme se incrementa el volumen de agua, lo que impacta directamente en la concentración alcohólica del producto final.

4.5.2 Comportamiento de las muestras con respecto a la densidad

Figura 14

Comportamiento de la densidad con respecto a las muestras



Nota. Esta grafica refleja la densidad de cada una de las muestras, en el que cada vez se añade más volumen de agua

En la Gráfica 3 se observa una tendencia general que sigue un comportamiento de regresión lineal entre las muestras, lo cual indica que, a medida que aumenta el volumen de agua en la mezcla, la densidad tiende a incrementarse proporcionalmente. Sin embargo, en la Muestra 1 se evidencia una caída en la densidad, lo que se explica por la cantidad casi nula de agua presente. En esta condición, la mezcla se asemeja más a un destilado puro, cuya densidad es naturalmente inferior debido a la composición predominante de etanol, que es menos denso que el agua.

En la Muestra 1 se observa una separación visible entre las fases del destilado, compuestas por etanol y trans-anetol, con pequeñas emulsiones depositadas en el fondo. Este fenómeno ocurre debido a la cantidad casi nula de agua en la mezcla, lo que limita la formación de una emulsión estable [62]. En este caso, el trans-anetol, al ser insoluble en agua, pero miscible en etanol, tiende a formar gotas aisladas que no se dispersan homogéneamente, manifestándose como pequeñas acumulaciones en el fondo del recipiente.

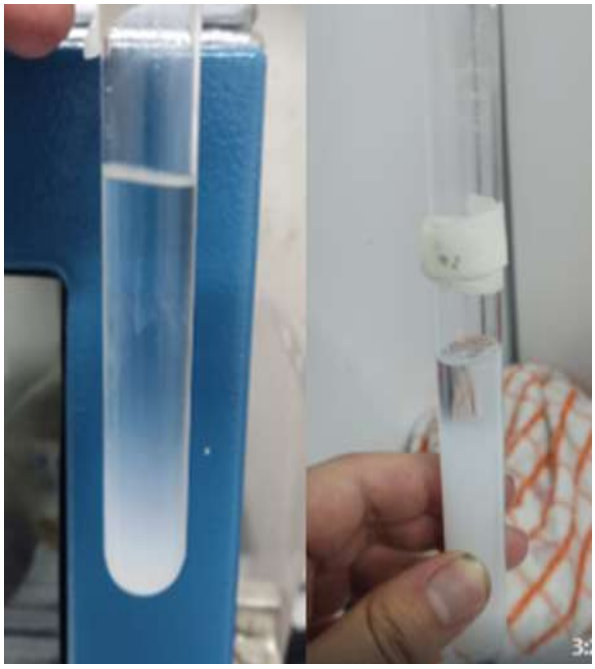
Esto se correlaciona con la teoría de la densidad de las soluciones, que establece que la densidad de una mezcla líquida está influenciada por la proporción de los componentes presentes. En este

caso, a medida que se incrementa el volumen de agua en la mezcla, la densidad tiende a aumentar, ya que el agua es más densa que el etanol [63].

4.5.3 Comparación de las Muestras

Figura 15

Comparación visual de la muestra 1 y 2



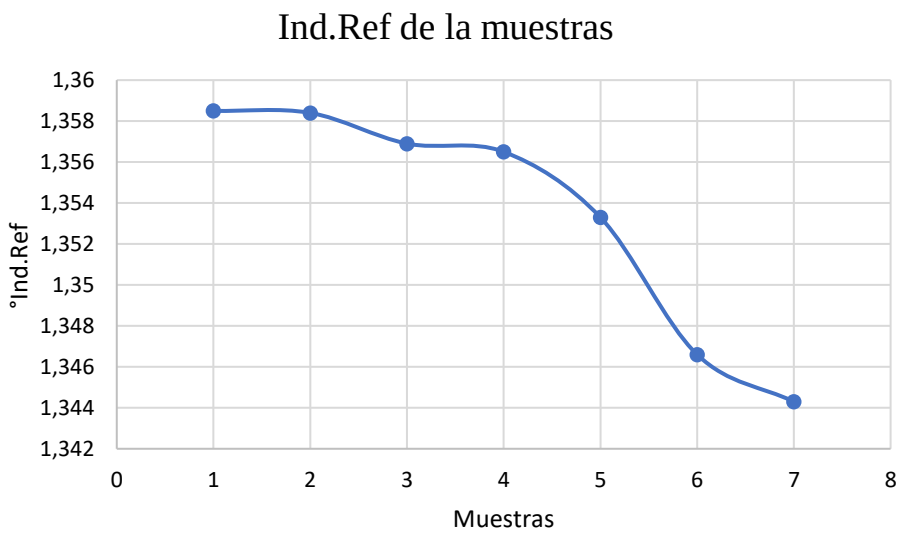
Nota. Esta figura muestra la comparación visual de la muestra 1 y muestra 2.

En la Muestra 1, ubicada a la izquierda, se observa que las emulsiones son débiles y permanecen en el fondo del recipiente. Este comportamiento puede atribuirse a la cantidad mínima de agua en la mezcla, lo que dificulta la formación de una emulsión estable y homogénea. Por otro lado, en la Muestra 2, se evidencia un mayor grado de homogeneización en la mezcla, aunque no se alcanza una dispersión completamente uniforme. Este cambio sugiere que el incremento de agua en la mezcla mejora la interacción entre el etanol, el agua y el trans-anetol, promoviendo la formación de una emulsión más estable, pero aún incompleta en esta etapa [62].

4.5.4 Comportamiento de las muestras con respecto al índice de refracción

Figura 16

Comportamiento Índice de Refracción con respecto a las Muestras



Nota. Esta grafica muestra el Índ.Ref de la muestra que cada vez se añade más volumen de agua

Gráfica 4. En esta gráfica se observa una regresión lineal que indica que, a medida que las muestras presentan una mayor emulsión, el índice de refracción disminuye ligeramente. Este comportamiento puede explicarse por el aumento en la dispersión de la luz debido a la presencia de gotículas de emulsión en la mezcla.

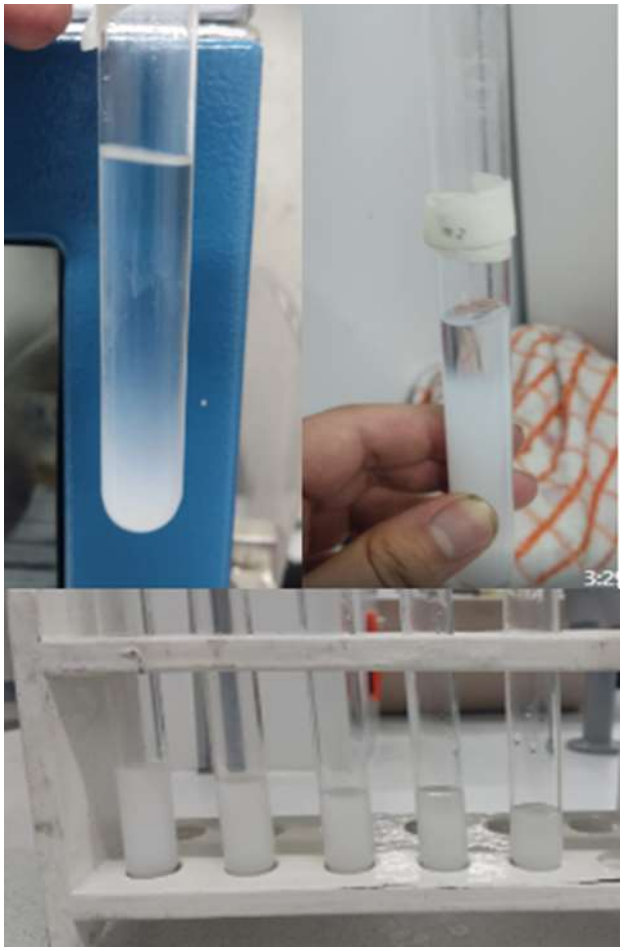
Además, el índice de refracción del destilado puro está influenciado por sus componentes principales, como el etanol (1,36) y el trans-anetol (1,56). A medida que se agrega agua, la mezcla se diluye y su índice de refracción se acerca al del agua.

La emulsión formada entre el trans-anetol y el agua genera heterogeneidades en el medio, lo que altera la trayectoria de la luz al atravesar la muestra. Asimismo, el aumento en la proporción de agua reduce la concentración relativa de los componentes más refractivos, como el etanol y el trans-anetol, contribuyendo también a la disminución del índice de refracción.

4.5.5 Opacidad de las muestras

Figura 17

Emulsión de las muestras



Nota. Esta figura refleja la opacidad de las muestras, en el que cada vez se añade más volumen de agua.

Se observa que, en las muestras 1 y 2, las cantidades de agua presentes no son suficientes para lograr una homogeneización completa de la emulsión. Esto se evidencia por la separación parcial entre las fases del destilado (etanol/trans-anetol) y las gotas de agua, lo que indica que las proporciones de agua en estas muestras son demasiado bajas para estabilizar completamente la emulsión.

Sin embargo, a partir de la muestra 3 hasta la muestra 8, se observa una emulsión completamente homogénea, lo que sugiere que se requiere al menos un 20% de agua en la mezcla para alcanzar una homogeneización efectiva. Este comportamiento confirma que la cantidad de agua desempeña

un papel clave en la estabilidad y uniformidad de la emulsión, favoreciendo la interacción y dispersión adecuada del trans-anetol en el sistema.

4.5.6 Influencia de la Temperatura en la Emulsión

En el laboratorio, en cuanto a la influencia a una temperatura superior a 50°C se observó que la emulsión previamente homogénea en toda la solución de la muestra pierde su opacidad y vuelve a ser incolora. Este comportamiento puede explicarse por los cambios en la solubilidad del trans-anetol en el sistema etanol-agua.

A temperaturas más altas, el incremento en la energía térmica favorece la solubilización del trans-anetol, lo que disminuye su tendencia a formar emulsiones visibles. El resultado es una solución más transparente debido a la dispersión más uniforme de los componentes en el medio. Este comportamiento indica que la estabilidad de la emulsión no solo depende de las proporciones de los componentes, sino también de las condiciones térmicas del entorno, lo que podría ser clave para optimizar las propiedades del producto final [64]. En la Tabla 9. se registra los datos de las muestras con respectó al punto de inhibición de emulsión frente a la temperatura.

Tabla 9

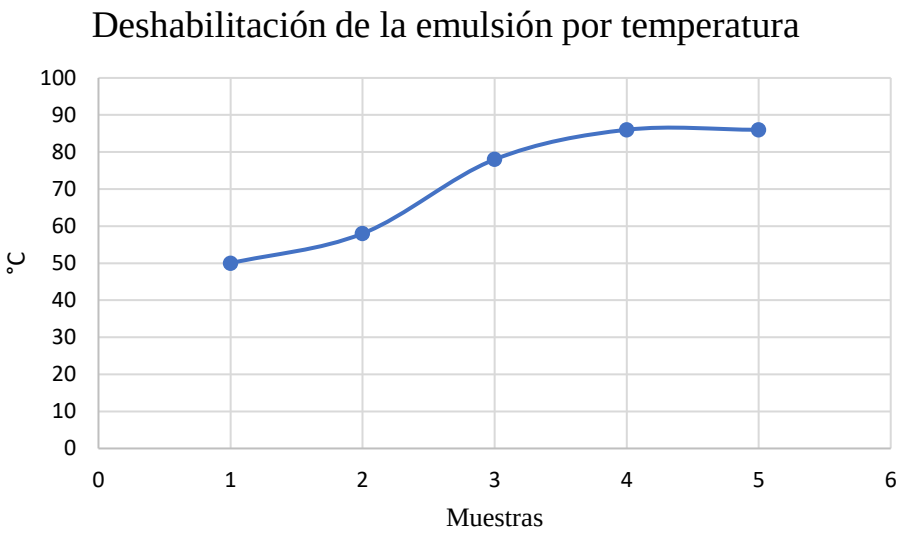
Punto de Temperatura que inhabilita la emulsión

muestras	Tf °C
m1	50
m2	58
m3	78
m4	86
m5	86

Nota. Esta tabla muestra la temperatura donde la emulsión desaparece en el sistema de las muestras, en el que cada vez se añade más volumen de agua.

Figura 18

Comportamiento de Temperatura frente la Inhabilitación de la Emulsión



Nota. Esta gráfica muestra el comportamiento de la temperatura donde la emulsión desaparece en el sistema de las muestras, en el que cada vez se añade más volumen de agua.

Cuando la temperatura supera este umbral, las fuerzas de atracción entre el agua y el aceite se debilitan, lo que provoca la ruptura de la emulsión. Además, la reducción de la viscosidad facilita la floculación. Un aumento en la temperatura también disminuye la rigidez de las películas interfaciales, favoreciendo su desestabilización. No obstante, este mismo incremento térmico acelera el proceso de formación de dichas películas al aumentar el coeficiente de difusión de los surfactantes naturales [65].

4.5.7 Comparación de Licor Destilado frente a otro Tipo de Bebidas

En la Tabla 10., se realizó una comparación entre el licor destilado obtenido y otras bebidas con propiedades emulsionantes. Esta tabla presenta una evaluación de diversas bebidas alcohólicas con capacidad emulsionante, como el Raki y el Ouzo, y sus características clave (porcentaje de alcohol, pH, Brix, índice de refracción y densidad).

Tabla 10

Comparación de propiedades organolépticas con otras bebidas

Característica	El Destilado	Raki	Ouzo
% Alcohol	10%	Generalmente entre 40-50% [41].	Generalmente entre 37,5-50%[43].
Brix	19,7	No se mide directamente, pero tiende a ser bajo en azúcares residuales debido a la destilación.	65° [60].
Índ.Ref	1,3616	No es un dato reportado comúnmente, pero debería ser mayor debido a su mayor contenido de alcohol.	Similar al Raki (mayor a 1,36).
pH	3,5	Normalmente alrededor de 6-7 (neutro o ligeramente básico).	Normalmente alrededor de 6-7.
Densidad	0,8805 g/ml	Aproximadamente 0,95 g/ml (por el alto contenido alcohólico).	Similar al Raki (~0,95 g/ml).
		Incoloro, pero se	Igual al Raki

Característica	El Destilado	Raki	Ouzo
Color	Incoloro	vuelve blanco lechoso con agua.	(incoloro al natural, blanco lechoso con agua).

Nota. Esta tabla muestra la comparación de propiedades organoléptica del licor elaborado obtenido frente otra bebida como el raki y el ouzo.

El análisis comparativo entre el destilado desarrollado y las bebidas tradicionales Raki y Ouzo evidencia diferencias importantes en su composición química y organoléptica. El destilado posee un bajo contenido alcohólico (10%), considerablemente menor al del Raki (40-50%) [66] y el Ouzo (25-35%) [67]. Este menor porcentaje de alcohol se correlaciona con un índice de refracción y una densidad más bajas (1,3616 y 0,8805 g/ml, respectivamente), en contraste con las densidades cercanas a 0,95 g/ml en las bebidas tradicionales. Asimismo, el destilado es más ácido, con un pH de 3,5, mientras que el Raki y el Ouzo presentan valores más cercanos a la neutralidad [66]. Por último, su alto Brix (19,7) sugiere una mayor cantidad de azúcares residuales en comparación con las bebidas tradicionales, que son secas debido al proceso de destilación. Lo anterior subraya un perfil más suave y menos seco en el destilado, lo que lo diferencia claramente de estas bebidas tradicionales.

4.6 Discusión de Resultados

En la producción del licor destilado a partir de Vitis labrusca (uva Isabella) y Pimpinella anisum, se evidenció la formación de una emulsión al mezclarse con agua. Se observó que, para lograr una emulsión homogénea, esta debe ser realizada con valores semejantes a los presentados en la muestra 3, que contenía 20 ml de destilado y 7 ml de agua, presentó las mejores condiciones. Con base en estos resultados, se concluye que la mezcla debe contener al menos un 25% de agua para obtener una emulsificación estable.

Además, se identificó el punto de ebullición mediante la ecuación de Antoine, considerando una presión de 0,75 atm. Dado que el producto de la fermentación estaba compuesto principalmente por agua y etanol con un 10% de alcohol, su punto de ebullición teórico se estimó en 88°C. Sin embargo, durante la destilación simple, la destilación comenzó a partir de 84°C, lo que representa

un margen de error del 4%. Esta desviación podría atribuirse a la presencia de otros compuestos en la mezcla fermentada, tales como ácidos, éteres, alcoholes superiores (metanol, butanol) y pequeñas cantidades de grasas, los cuales pueden alterar significativamente el punto de ebullición del destilado.

Se encontró que la presencia de agua influye en el índice de refracción del destilado. El destilado puro, que contiene etanol y trans-anetol, tiene un índice de refracción mayor que el agua. Al incrementar la cantidad de agua en la mezcla, el índice de refracción disminuye debido a la reducción de la solubilidad del trans-anetol en la fase líquida, lo que provoca la formación de emulsiones visibles.

En cuanto a la densidad del licor elaborado, se obtuvo un valor de 0,8545 g/ml, lo que indica la presencia de etanol (densidad de 0,789 g/ml). Sin embargo, dado que la concentración de alcohol es relativamente baja, la densidad final difiere de la del etanol puro. Este valor también sugiere la presencia de otros compuestos, probablemente agua y aceites esenciales. Al evaluar la influencia del agua en la densidad, se observó un cambio brusco entre 1 ml y 5 ml de agua (de 0,8545 a 0,9719 g/ml), lo que se debe a que el agua es más densa que el destilado. Sin embargo, después de un cierto punto (7-10 ml de agua), la densidad se estabiliza, indicando que la mezcla alcanza una composición estable.

Se evidenció que la temperatura influye en la homogeneización de la emulsión. En la muestra 1, con 1 ml de agua, la emulsificación se desestabilizó a 50°C. A medida que se incrementó la cantidad de agua agregada, también aumentó la temperatura de desestabilización. Sin embargo, a partir de la muestra 4, se alcanzó un punto constante de desestabilización de la emulsión, lo que sugiere que, a este nivel de dilución, la emulsificación es más estable frente a cambios de temperatura.

El contenido de alcohol se calculó utilizando los grados Brix, obteniéndose un 10% de alcohol. Se observó que, a medida que se agregaba agua, el contenido alcohólico disminuía. Para mantener una emulsificación homogénea y un buen equilibrio de alcohol, las muestras 4 y 5 (con 33-43% de agua) resultaron ser las más adecuadas.

Con base en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas, se concluye que la mejor composición para garantizar una buena resistencia térmica y estabilidad de la emulsificación es correspondiente al de las muestras 4 y 5, con un 33-44% de agua en la mezcla destilada.

5. CONCLUSIONES

Fue posible identificar las variables que influyen en la formulación del licor destilado. Entre esas variables se destaca la temperatura debido a que esta afecta tanto la fermentación como la destilación del licor elaborado y también influye en la deshabilitación de la emulsión. También la proporción de agua en la mezcla, donde la emulsión se estabiliza al superar el 25% de agua, lo que favorece una mezcla homogénea. Asimismo, se calculó el punto de ebullición de destilado utilizando la ecuación de Antoine que resultó en 88°C y experimental de 84°C dando una margen de error del 4%. Además, se utilizó 10% de anís en el proceso de destilado simple para extraer el trans-anetol.

Se realizó un diseño experimental permitiendo identificar cómo las variaciones en la cantidad de agua añadida impactan las propiedades fisicoquímicas del licor, la estabilidad de la emulsión y la eficiencia del proceso de destilación.

La caracterización del licor destilado reveló que a medida que aumenta la proporción de agua en la mezcla, la emulsión se vuelve más homogénea y estable, especialmente cuando el contenido de agua supera el 25%. A partir de la muestra 3 que contiene 20 ml de destilado y 7 ml de agua el comportamiento de la densidad se comienza a estabilizar a comparación de la densidad de las muestras siguientes (4, 5, 6, 7 y 8).

Se determinó los puntos de densidad, refracción, %Alcohol en cada muestra con el fin de diversificar los datos debido a que se encuentra pocos datos en la literatura con respecto a las bebidas alcohólicas con propiedades emulsionantes.

Los parámetros fisicoquímicos obtenidos, como un pH de 3,5, una densidad de 0,8805 g/ml y un Brix de 19,7, contribuyeron significativamente a la estabilidad de la emulsión. Además, el destilado presenta un perfil químico y sensorial más suave y menos concentrado que el Raki y el Ouzo, debido a su bajo contenido alcohólico (10%) y su mayor cantidad de sólidos solubles. Su mayor acidez y menor densidad lo distinguen notablemente de las bebidas tradicionales, que suelen tener un pH más neutro y una densidad cercana a 0,95 g/ml.

RECOMENDACIONES

Explorar otras hierbas o frutas que contengan trans-anetol en sus componentes, como el anís o el hinojo, para diversificar las fuentes de la emulsión.

Realizar estudios complementarios para escalar el proceso a nivel piloto o industrial, evaluando factores como la viabilidad económica y la eficiencia operativa.

Determinar la composición detallada de los destilados, incluyendo la concentración de compuestos activos, para garantizar la calidad y consistencia del producto final.

Mejorar la producción de etanol tanto en el proceso de fermentación como el destilado.

Medir el alcohol tanto en la fermentación como en el destilado con un alcoholímetro.

Realizar un análisis cromatográfico para identificar presencias de reacción secundaria como metanol y otros alcoholes mayores.

REFERENCIAS

[1] "Los Países Que Más Toman Alcohol, Según La OMS," La República, 20 De Enero De 2025. [En Línea]. Disponible En: Https://Www.Larepublica.Co/Globoeconomia/Los-Paises-Que Mas-Toman-Alcohol-Segun-La-Oms 3915742#:~:Text=Al%20ver%20el%20consumo%20en,1%20litros%20del%20estudio%20a Nterior. [Accedido: 27-Ene-2025].

[2] J. G. Zapata, C. A. Arismendi, M. Molina, Y J. J. Figueroa Maya, Análisis Del Mercado De Bebidas Alcohólicas De Bolívar: Propuestas Para Hacer Más Eficientes Sus Finanzas Públicas. Bogotá, Colombia: Fedesarrollo, Dic. 2022.

[3] "Estudio De Mercado Para La Producción Y Comercialización De Vodka En La Ciudad De Popayán, Colombia", Mundo Fesc, Vol. 11, 2021.

[4] Fernando Umaña Mejía. "Aguardiente Rosado Del Tolima: ¿Cuándo Será El Relanzamiento En El Mercado?" El Tiempo. Accedido El 27 De Noviembre De 2024. [En Línea]. Disponible: Https://Www.Eltiempo.Com/Economia/Aguardiente-Rosado-Se-Mueve-El-Mercado-De-Licores-En Tolima-Relanzan-La-Marca-852819

[5] "Ouzo: El Alcohol De Anís Griego". Gastronomia.Com. Accedido El 21 De Mayo De 2024. [En Línea]. Disponible: Https://Espana.Gastronomia.Com/Noticia/6487/Ouzo-El-Alcohol-De-Anis-Griego

[6] J. Á. Ramos Fernández, El Mercado Del Vino En Turquía. Oficina Económica Y Comercial De La Embajada De España En Estambul, Septiembre 2006.

[7] J. Muñoz De Cote Orozco, Las Bebidas Alcohólicas En La Historia De La Humanidad. 10 De Febrero De 2010.

[8] J. M. Jurado Jurado, Caracterización Analítica De Aguardientes Anisados. Tesis Doctoral, Facultad De Química, Universidad De Sevilla, Sevilla, España, 2004.

[9] "Bebidas Destiladas: Qué Son, Procesos Y Tipos De Destilados". Scoolinary Blog - Fórmate Online En Cocina, Repostería Y Gestión De Restaurantes. Accedido El 27 De Noviembre De 2024. [En Línea]. Disponible: Https://Blog.Scoolinary.Com/Que-Son-Los-Destilados-Principios-Procesos-Productos

[10] “Clasificación De Bebidas Alcohólicas - Delivinos Urban Gourmet”. Delivinos Urban Gourmet. Accedido El 28 De Enero De 2025. [En Línea]. Disponible: Https://Www.Delivinosweb.Com/Clasificacion-De-Bebidas-Alcoholicas/

[11] “¿Qué Es El Brandy Y Qué Tipos De Brandy Existen? - Beber Magazine”. Beber Magazine. Accedido El 28 De Enero De 2025. [En Línea]. Disponible: Https://Www.Bebermagazine.Com/Que-Es-El-Brandy-Y-Que-Tipos-De-Brandy-Existen/

[12] D. P. Silva Noriega, “Elaboración Artesanal De Vino De Uva Isabella (Vitis Vinífera Labrusca L.) En El Municipio De Macaravita - Santander.”, Trabajo De Grado, Universidad Ind. De Santander, Bucaramanga, 2022.

[13] C. Cabeller, "El Mosto: ¿Qué Es Y Para Qué Sirve? – La Noche En Vino.”, Lanocheenvino.Com, 2017. [Enlínea]. Disponible: Https://Lanocheenvino.Com/2016/09/03/El-Mosto-Que-Es-Y-Para Quesirve/#:~:Text=Existen%203%20tipos%20de%20mosto,Concentrado%20y%20el%20 mosto% 20sulfitado.&Text=El%20concentrado%20es%20el%20mosto,O%20de%20metabisulfito% 20de %20potasio. Https://Lanocheenvino.Com/2016/09/03/El-Mosto-Que-Es-Y-Para-Que-Sirve/

[14] E. Acosta Y E. Monge, "El Vino, Poesía Para El Alma," Kalpana, No. 11, Pp. 34–41, Mar. 2014. ISNN: 1390-5775.

[15] B. V. Betancourt Rodríguez Y J. G. Jiménez Ovalle, Evaluación De La Incorporación De Zanahoria (Daucus Carota) En Una Bebida Tipo Vino. Facultad De Ingenierías, Programa De Ingeniería Química, Fundación Universidad De América, Bogotá, D.C., Colombia, 2020.

[16] G. I. Puerta Quintero, "Fundamentos Del Proceso De Fermentación En El Beneficio Del Café,” Avances Técnicos Cenicafé, No. 402, Gerencia Técnica / Programa De Investigación Científica, Fondo Nacional Del Café, Dic. 2010. ISSN: 0120-0178.

[17] “Fermentación_Alcohólica”. Quimica.Es – El Portal Informativo Químico, Desde El Laboratorio Hasta Los Procesos. Accedido El 27 De Noviembre De 2024. [En Línea]. Disponible: Https://Www.Quimica.Es/Enciclopedia/Fermentación_Alcohólica.Html

[18] C. Acosta Romero, “Evaluación De La Fermentación Alcohólica Para La Producción De Hidromiel”, Tesis De Investigación, UNIV. NAC. COLOMB., Bogotá, 2012.

[19] "Todo Lo Que Debes Saber De La Botrytis, La Enfermedad De Los Cultivos.", (S.F), Tiendahusqvarna. [En Línea]. Disponible En: Https://Tiendahusqvarna.Com/Blog/Botrytis/. [Accedido: 31- May- 2021]

[20] P. Sáez, "Factores Que Influyen En La Fermentación Alcohólica Del Vino:Nutrientes; Ph; Nivel De Sulfuroso;NFA;Sanidad",Urbinavinos.Blogspot.Com,2014.[Enlínea].Disponible:Http://Urbinavinos.Blogspot.Com/2014/12/Factores-Queinfluyen-En-La.Html#:%7E:Text=Diciembre%20de%02014-,Factores%20que%20Influyen%20en%20la%20Fermentaci%C3%B3n%20Alcoh%C3%B3lica%20del%20Vino%3A%20Nutrientes,Nivel%20de%20Sulfuroso%3B%20NFA%3B%20Sanidad. [Accedido: 11- Feb- 2021].

[21] P. Ribéreau, D. Dubourdieu, B. Donèche, Y A. Lonvaud, Handbook Of Enology: The Microbiology Of Wine And Vinifications. John Wiley & Sons, 2006.

[22] C. Escudero, F. Rafael. Elaboración De Vino Con Mosto Concentrado De Uva Borgoña Negra (Vitis Labrusca). Tesis Presentada Para Optar El Título Profesional De Ingeniero Agro Industrial, Universidad Nacional De San Martín, Facultad De Ingeniería Agroindustrial, Tarapoto, Perú. 2001.

[23] Benavides-Arteaga Y M. Pozo-López, Elaboración De Una Bebida Alcoholicadestilada (Vodka) A Partir De Tres Variedades De Papa (Solanum Tuberosum)Utilizando Dos Tipos De Enzimas, Tesis Pre. Facultad De Ingeniería En Cienciasagropecuarias Y Ambientales, Universidad Técnica Delnorte,Ibarra,Ecuador,2008.[Enlínea].Disponible: Http://Repositorio.Utn.Edu.Ec/Bitstream/123456789/327/1/03%20AGI%20226%20TESIS.Pdf

[24] Gordillo Vargas, M. A. (2013). Evaluación De Las Variables De Formulación Y Su Efecto Sobre La Estabilidad En El Tiempo De Emulsiones Directas Aceite-En-Agua Para La Industria De Bebidas. Proyecto De Grado Presentado Como Requisito Para Optar Por El Título De Ingeniero Químico. Asesor: Dr. Oscar Álvarez Sánchez Solano, Ph.D. Coasesor:

Diego Camilo Pradilla Ragua. Jurado: Felipe Salcedo, Ph.D. Universidad De Los Andes, Facultad De Ingeniería Química, Departamento De Ingeniería, Bogotá D.C. 2013-1.

[25] C. Hilario, “Mejora Del Proceso De Destilación Por Arrastre Con Vapor De Agua Para Incrementar El Nivel De Producción De Aceites Esenciales.”, Trabajo De Grado, Univ. Cesar Vallejo, Chimbote, 2022.

[26] Y. L. Villarreal Solano, “Estudio De Estabilidad Para La Selección De Una Formulación De Un Producto Probiótico”, Trabajo De Investigación, Univ. Nacional. Colombia., Bogotá, 2013.

[27] J. M. Magaña Piña, “Desestabilización De Emulsiones Agua En Aceite (W/O) Empleando Nanoparticulas Magnéticas Sintetizadas De Fuentes Naturales Y Por Co-Precipitación”, Trabajo De Grado, Univ. Juarez Auton. Tabasco, Villahermosa,Tabasco, 2024.

[28] H. T. Castro Salazar Y J. R. Martínez, “Determinación Del Rendimiento Cuántico De La Fotoisomerización Del Trans-Anetol”, Sci. Tech., N.º 33, 2007.

[29] Muñoz, E. J. Bottia Y C. Y. Cardenas, “Estudio Comparativo Sobre La Capacidad De Atrapamiento Del Catiónradical Abts+. Por Los Aceites Esenciales De Especies Aromáticas Con Alto Contenido De Trans-Anetol Y Estragol”, Sci. Tech., N.º 33, S. F.

[30] Sánchez Romero, H. F., & García Tigreros, J. J. (Año). Caracterización De La Producción Y Calidad Del Fruto De La Uva Isabella (Vitis Labrusca) Bajo Dos Tipos De Siembra En El Corregimiento De Santa Elena, El Cerrito, Valle Del Cauca. Universidad Nacional Abierta Y A Distancia, Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y Del Medio Ambiente, Programa De Agronomía, Palmira - Valle.

[31] P. J. Almanza-Merchán, A. J. Reyes-M., M. L. Ayala, W. Balaguera-L. Y P. A. Serrano-Cely, “Evaluación Sensorial Del Vino Artesanal De Uva Isabella (Vitis Labrusca L.)”, CIENC. AGRIC., Vol. 12, N.º 2, P. 71, Julio De 2015. Accedido El 3 De Febrero De 2025. [En Línea]. Disponible: Https://Doi.Org/10.19053/01228420.4393

[32] Hernández C, José D; Trujillo N, Yanine Y And Duran O, Daniel S. Contenido Fenólico E Identificación De Levaduras De Importancia Vínica De La Uva Isabella (Vitis Labrusca)

Procedente De Villa Del Rosario (Norte De Santander). Vitae [Online]. 2011, Vol.18, N.1, Pp.17-25. ISSN 0121-4004.

[33] H. F. Sanchez & J. J. Garcia Caracterización De La Producción Y Calidad Del Fruto De La Uva Isabella (Vitis Labrusca) Bajo Dos Tipos De Siembra En El Corregimiento De Santa Elena, El Cerrito, Valle Del Cauca. [Online]. Disponible En: Https://Repository.Unad.Edu.Co/Handle/10596/44181.

[34] D. S. Maldonado. "Uva Isabella, Una Apuesta De Innovación Por Explorar | Ialimentos". Ialimentos. [En Línea]. Disponible: Https://Www.Revistaialimentos.Com/Es/Noticias/Isabella-La-Uva-De-Exportacion

[35] N. Toro And L. Suárez, "Obtención Y Caracterización Del Aceite De Las Semillas De Vitis Labrusca L. (Uva Isabella) Y Evaluación De Su Actividad Antioxidante", Trabajo De Grado, Univ. Tecnol. Pereira, Pereira, 2012. [En Línea]. Disponible: Https://Hdl.Handle.Net/11059/2943

[36] F. Ochoa, A. I. Diaz, L. Castellanos, L. Amortegui Y J. Martinez. "OBTENCIÓN DE VINAGRE A PARTIR DE UVA (Vitis Vinífera Labrusca L.) FRUTA RICA EN CARBOHIDRATOS". Scribd. [En Línea]. Disponible: Https://Es.Scribd.Com/Document/251773405/Uva-Isabella-Docx

[37] R. Gutiérrez. "Qué Propiedades Medicinales Tiene La Uva Y Cuáles Son Sus Efectos Secundarios". Infobae. [En Línea]. Disponible: Https://Www.Infobae.Com/Noticias/2022/12/08/Las-Propiedades-Medicinales-Ocultas-De-La-Uva-Y-Sus-Efectos-Secundarios/

[38] J. Hernández, Y. Trujillo, Y D. Durán, "Contenido Fenólico E Identificación De Levaduras De Importancia Vínica De La Uva Isabella (Vitis Labrusca) Procedentes De Villa Del Rosario (Norte De Santander)," Vitae, Revista De La Facultad De Química Farmacéutica, Vol. 18, P. 25, 2011.

[39] Cámara De Comercio De Cali, Las Frutas Del Valle Del Cauca. Enfoque Competitivo, Cali, Colombia, 2014.

[40] S. D. García Carrascal Y A. C. Velásquez Cañizares, Estudio De Factibilidad Para La Creación De Una Empresa Productora Y Comercializadora De Uva Isabella, Vitis Labrusca, En El Municipio De Ocaña, Norte De Santander, Facultad De Ciencias Administrativas Y Económicas, Universidad De Ocaña, Ocaña, Colombia, 2012.

[41] S. Señor Galán. "Uvas, Propiedades, Beneficios Y Recetas". El Mundo. [En Línea]. Disponible: Https://Recetasdecocina.Elmundo.Es/2022/08/Uvas-Beneficios-Propiedades-Contraindicaciones-Recetas.Html

[42] K. Leal. "Jugo De Uva: 7 Beneficios Y Cómo Hacerlo (¡Con Recetas Saludables!)". Tua Saúde. [En Línea]. Disponible: Https://Www.Tuasaude.Com/Es/Beneficios-Del-Jugo-De-Uva/

[43] M. Sharafan Et Al., "Illicium Verum (Star Anise) And Trans-Anethole As Valuable Raw Materials For Medicinal And Cosmetic Applications", Molecules, Vol. 27, N.º 3, P. 650, Enero De 2022. Accedido El 4 De Febrero De 2025. [En Línea]. Disponible: Https://Doi.Org/10.3390/Molecules27030650

[44] "Anís Pimpinella Anisum L. — Umbelliferae". Biblioteca Digital De La Medicina Tradicional Mexicana. [En Línea]. Disponible: Http://Www.Medicinatradicionalmexicana.Unam.Mx/Apmtm/Termino.Php?L=3&Amp;T=Pimpinella-Anisum

[45] PINO, Oriela Et Al. Composición Química Y Actividad Antibacteriana Del Aceite Esencial De Pimpinella Anisum L. Rev. Protección Veg. [Online]. 2012, Vol.27, N.3, Pp. 181-187 . Disponible En: Http://Scielo.Sld.Cu/Scielo.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S1010-27522012000300007

[46] "Anís (Pimpinella Anisum)". Naturalista Colombia. [En Línea]. Disponible: Https://Colombia.Inaturalist.Org/Taxa/166878-Pimpinella-Anisum

[47] L. M. Ramírez, "Cuantificación De Trans-Anetol En Aceites Esenciales Extraídos De Cinco Plantas Anisadas", Trabajo De Grado, Univ. El Salvador, Ciudad Universitaria, 2017. [En Línea]. Disponible: Https://Repositorio.Ues.Edu.Sv/Server/Api/Core/Bitstreams/Fac5ddbe-Ef76-4e1c-9445-2a939415aeb3/Content

[48] L. Huitrón. “¿Cuáles Son Los Beneficios Del Anís? Así Puede Aliviar Tus Cólicos Y Mejorar Tu Digestión”. Infobae. [En Línea]. Disponible: Https://Www.Infobae.Com/Mexico/2023/11/10/Cuales-Son-Los-Beneficios-Del-Anis-Asi-Puede-Aliviar-Tus-Colicos-Y-Mejorar-Tu-Digestion/

[49] Shojaii, A., & Fard, M. A. (2012). Review Of Pharmacological Properties And Chemical Constituents Of Pimpinella Anisum. ISRN Pharmaceutics, 2012, 1–8. Https://Doi.Org/10.5402/2012/510795

[50] Khan Y E. Abourashed, Leung's Encyclopedia Of Common Natural Ingredients: Used In Food, Drugs And Cosmetics., 3a Ed. New Jersey: Wiley, 2009.

[51] H.J. Vázquez Y O. Dacosta. Fermentación Alcohólica: Una Opción Para La Producción De Energía Renovable A Partir De Desechos Agrícolas. Ing. Invest. Y Tecnol. [Online]. 2007, Vol.8, N.4, Pp.249-259. Disponible En: Https://Www.Scielo.Org.Mx/Scielo.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S1405-77432007000400004

[52] “Mundo Microscópico I: La Levadura”. Facultad De Ingeniería Química – UNL. [En Línea]. Disponible: Https://Www.Fiq.Unl.Edu.Ar/Culturacientifica/Extension-Fiq/Mundo-Microscopico-I-La-Levadura/#:~:Text=En%20el%20caso%20de%20la%20levadura,%20interviene%20en%20la%20fermentación,En%20dióxido%20de%20carbono%20gaseoso

[53] G. Garmendia Y S. Vero, “MÉTODOS PARA DESINFECCIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS”, S. F.

[54] Komal Water, "Understanding The Agitation Process In Fermentation," Komal Water. [Enlace]. Disponible En: Https://Komalwater.Com/Understanding-The-Agitation-Process-In Fermentation/

[55] Shaw, T., & French, A., "The Fermentation Of Sugars Using Yeast: A Discovery Experiment," JUBLI, Vol.

[56] Cancan Awards, "The Fruity Flavors Red Star Premier Rouge Yeast," Cancan Awards. [Enlace]. Disponible En: Https://Cancanawards.Com/Red-Star-Premier-Rouge/

[57] D. E. Salinas Jiménez, Efecto De Tres Diferentes Tipos De Levaduras (Lalvin 71B-1122, Red Star Côte Des Blancs Y Lalvin Bourgovin RC 212) En Las Características Físicas Y Sensoriales De Un Vino De Naranja (Citrus Sinensis), Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 2007. [En Línea]. Disponible En: Https://Vdocuments.Site/Efecto-De-Tres Diferentes-Tipos-De-Levaduras-Lalvin-71b-Caracteristicas.Html

[58] "Definición De Azeótropos". Significado.Com. Accedido El 28 De Noviembre De 2024. [En Línea]. Disponible: Https://Significado.Com/Azeotropos/

[59] L. V. Silva Y W. N. Arévalo, "Separación De Los Componentes De Las Mezclas: Destilación Simple", Universidad Nacional De Colombia, Bogotá, S. F.

[60] Kačániová, M., Vukovic, N. L., Čmiková, N., Bianchi, A., Garzoli, S., Ben Saad, R., Ben Hsouna, A., Elizondo-Luévano, J. H., Said-Al Ahl, H. A. H., Hikal, W. M., & Vukic, M. D. (2024). Biological Activity And Phytochemical Characteristics Of Star Anise (Illicium Verum) Essential Oil And Its Anti-Salmonella Activity On Sous Vide Pumpkin Model. Foods, 13(10), 1505. Https://Doi.Org/10.3390/Foods13101505

[61] Fundación Universidad De América, "FISICOQUÍMICA EXPERIMENTAL: GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO," Facultad De Ciencias Y Humanidades, Programa: Ingeniería Química, Práctica No. 1: Determinación Del Índice De Refracción, Departamento De Química, Código 0326.

[62] N. L. Sitnikova, R. Sprik, G. Wegdam, Y E. Eiser, "Trans-Anetol/Agua/Alcohol Formado Espontáneamente Emulsiones: Mecanismo De Formación Y Estabilidad," Langmuir, Vol. 21, Pp. 7083-7089, 2005

[63] J. M. Smith, Introducción A La Termodinámica En La Ingeniería Química, Mcgraw-Hill, 2004.

[64] S. M. Jafari And Y. He, "Thermodynamic And Kinetic Principles Of Emulsions And Their Applications In Food Products," Journal Of Food Science, Vol. 76, No. 5, Pp. 277-289, 2011.

[65] V. A. Rivero L, "Desestabilización De Emulsiones Estables Empleando Diferentes Temperaturas Y Relaciones De Fases Agua Aceite En Combinación Con Campo Eléctrico", Univ. Central Venezuela, Caracas, 2007.

[66] "Raki," Organic Facts. [Online]. Available: Https://Www.Organicfacts.Net. [Accessed: 01-Dec-2024].

[67] "Todo Sobre El Ouzo," Discover Greece. [Online]. Available: Https://Www.Discovergreece.Com. [Accessed: 01-Dec-2024].

[68] “Operaciones Básicas En El Laboratorio De Química. Destilación. Tipos De Destilación”. UB - Universitat De Barcelona. Accedido El 5 De Febrero De 2025. [En Línea]. Disponible: Https://Www.Ub.Edu/Oblq/Oblq%20castellano/Destilacio_Tipus.Html?Utm_Source=Chatgpt.Com