

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DE LÚPULO POR HOJAS
DE OLIVO (*Olea europaea*) Y PULPA DE CHIRIMOYA
(*Annona cherimola*) SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS
FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE
UNA CERVEZA TIPO ALE

TESIS

Presentada por:

Bach: JHON ELVIS LOZA ORTEGA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TACNA – PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

TESIS

“INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DE LÚPULO POR HOJAS DE OLIVO (*Olea europaea*) Y PULPA DE CHIRIMOYA (*Annona cherimola*) SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE UNA CERVEZA TIPO ALE”

Tesis sustentada y aprobada el 11 de agosto del 2023; siendo el jurado calificador:

PRESIDENTE :
Dr. OSCAR OCTAVIO FERNÁNDEZ CUTIRE

SECRETARIO :
MSc. ROLANDO CÉSPEDES ROSELL

VOCAL :
MSc. NORMAN TOMÁS DELGADO CABRERA

ASESOR :
Dra. LILIANA DEL CARMEN LANCHIPA BERGAMINI

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Dra. Liliana Del Carmen Lanchipa Bergamini, en mi condición de Asesora acreditada por Resolución de Facultad N° 6708-2022-FCAG. del Bachiller Jhon Elvis Loza Ortega quien sustentó la tesis titulada: INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN DE LÚPULO POR HOJAS DE OLIVO (*Olea europaea*) Y PULPA DE CHIRIMOYA (*Annona cherimola*) SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE UNA CERVEZA TIPO ALE, para obtener el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias.

Informo que habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, y según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN; cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 9 %.

Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la ESCALA DE SIMILITUD de la tesis, la misma que está de acuerdo a la SIMILITU BAJA: PERMITIDO; para continuar con los trámites correspondientes y proceder a su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado, para cumplir con los requisitos institucionales y continuar con los trámites conducentes a la obtención del título profesional.

Tacna, 14 de agosto del 2023


Dra. Liliana Del Carmen Lanchipa Bergamini
Asesor

DEDICATORIA

*A mis padres y
hermanas quiénes siempre me
demuestran apoyo a lo
largo de mi vida y me enseñan
a vencer cualquier obstáculo
que se me presente en el
camino; demostrándome que
con perseverancia puedo
alcanzar mis sueños y anhelos.*

AGRADECIMIENTO

A todas aquellas personas que de una u otra manera me apoyaron en el ámbito profesional y personal; con sus conocimientos, consejos y experiencias que me sirvieron de mucho para seguir adelante.

ÍNDICE GENERAL

Página

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I EL PROBLEMA.....	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación y sistematización del problema	6
1.3 Delimitación de la investigación	6
1.4 Justificación	7
1.5 Limitaciones	7
1.6 Objetivos.....	8
CAPÍTULO II OPERATIVIDAD TEÓRICA	9
2.1 Hipótesis	9
2.2 Diagrama de variables	10
2.3 Indicadores de las variables	10
2.3.1 Operacionalización de variables	11
CAPÍTULO III FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	12
3.1 Conceptos generales y definiciones	12
3.2 Enfoques teórico - técnico	13

3.2.1	Cerveza	13
3.2.2	Tipos de cerveza.....	14
3.2.3	La malta de cebada	16
3.2.4	La Chirimoya.....	17
3.2.5	La levadura	19
3.2.6	Las hojas de olivo	20
3.2.7	Características sensoriales de la cerveza.....	22
3.2.8	Las cervezas con frutas	24
3.2.9	Evaluación sensorial	25
3.3	Marco referencial	27
CAPÍTULO IV METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....		31
4.1	Tipo de investigación	31
4.2	Población y muestra	31
4.3	Materiales y métodos.....	32
4.3.1	Diseño procedimental	32
4.3.2	Procedimientos de la investigación.....	41
4.3.3	Análisis de datos.....	42
CAPÍTULO V TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS.....		43
5.1	Técnicas aplicadas en la recolección de la información	43
5.2	Instrumentos de medición.....	43
5.3	Resultados y discusión	43

5.3.1	Influencia sobre las características fisicoquímicas.....	43
5.3.2	Influencia sobre las características sensoriales	49
5.3.3	Optimización	60
5.4	Discusión	64
5.4.1	Influencia sobre las características fisicoquímicas.....	64
5.4.2	Influencia sobre las características sensoriales	67
CONCLUSIONES		72
RECOMENDACIONES.....		73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		74
ANEXOS		85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de las variables independientes y dependientes en el estudio de la cerveza tipo ale	10
Figura 2 Diferentes colores en las cervezas	23
Figura 3 Pesado de hojas de olivo y malta	33
Figura 4 Maceración del mosto	34
Figura 5 Cocción del mosto	35
Figura 6 Tratamientos en proceso de fermentación.....	37
Figura 7 Muestras de cerveza embotellada	38
Figura 8 Muestra de cerveza preparadas para el análisis sensorial	39
Figura 9 Diseño procedimental para la elaboración de cerveza tipo ale	40
Figura 10 Análisis de Pareto para el efecto sobre el grado alcohólico.....	45
Figura 11 Contornos de superficie de respuesta para el efecto sobre el grado alcohólico	46
Figura 12 Análisis de Pareto para el efecto sobre la acidez	47
Figura 13 Superficie de respuesta para el efecto sobre la acidez.....	48
Figura 14 Análisis de Pareto para el efecto sobre la aceptabilidad del color	50
Figura 15 Superficie de respuesta para el efecto sobre la	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización para las variables del estudio de la cerveza tipo ale	11
Tabla 2 Tipos de cerveza.....	16
Tabla 3 Diseño factorial central compuesto para el estudio de la cerveza tipo ale	32
Tabla 4 Resultados fisicoquímicos de las muestras diseñadas de cerveza tipo ale	44
Tabla 5 Resultados de aceptabilidad sensorial de las muestras diseñadas de cerveza tipo ale.....	49
Tabla 6 Solución óptima en la elaboración de la cerveza de hojas de olivo y pulpa de chirimoya	60

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue: Evaluar la influencia de sustitución de lúpulo por hojas de olivo y adición de pulpa de chirimoya sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de una cerveza tipo Ale. La muestra en estudio serán los tratamientos resultantes de la propuesta de cerveza elaborada con sustitución de lúpulo por hojas de olivo de variedad sevillana y pulpa de chirimoya. Con los datos obtenidos se desarrollaron modelos de regresión para explicar el comportamiento de las variables y cuya calidad de predicción se evaluará mediante el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}), que se obtuvo a partir del ANOVA. Se concluyó que: la influencia de la sustitución de lúpulo por hojas de olivo y adición de pulpa de chirimoya sobre las características fisicoquímicas grado alcohólico y acidez fue directa y significativa (p valor $<0,05$) destacando el efecto de las hojas de olivo. Además, la influencia de la sustitución de lúpulo por hojas de olivo y adición de pulpa de chirimoya sobre las características sensoriales resultaron significativas (p valor $<0,05$) para la aceptabilidad del color, aroma, sabor y espuma, mientras que para la aceptabilidad del amargor fue no significativa (p valor $>0,05$); la cerveza resultante de hojas de olivo y pulpa de chirimoya se categoriza como “ligeramente agradable”.

Palabras clave: *Cerveza, hojas de olivo, aceptabilidad sensorial.*

ABSTRACT

The objective of the present investigation was: To evaluate the influence of replacing hops with olive leaves and adding cherimoya pulp on the physicochemical and sensory characteristics of an Ale-type beer. The sample under study will be the treatments resulting from the proposed beer made with substitution of hops for olive leaves of the Sevillian variety and custard apple pulp. With the data obtained, regression models were developed to explain the behavior of the variables and whose prediction quality will be evaluated using the adjusted coefficient of determination (R^2_{aj}), which was obtained from the ANOVA. It was concluded that: the influence of the substitution of hops by olive leaves and the addition of custard apple pulp on the physicochemical characteristics of alcoholic strength and acidity was direct and significant (p value <0.05), highlighting the effect of olive leaves. In addition, the influence of the substitution of hops for olive leaves and the addition of custard apple pulp on the sensory characteristics were significant (p value <0.05) for the acceptability of color, aroma, flavor and foam, while for the acceptability of bitterness was not significant (p value >0.05); the resulting beer made from olive leaves and cherimoya pulp is categorized as "slightly pleasant".

Keywords: *beer, olive leaves, sensory acceptability.*

INTRODUCCIÓN

La cerveza es una de las bebidas más antiguas y consumidas en todo el mundo, y las tendencias recientes apuntan a un mayor consumo de cervezas funcionales. Sin embargo, existe una falta en la literatura científica sobre los efectos de agregar complementos funcionales en distintos pasos del proceso de fabricación y sus implicaciones en el perfil fisicoquímico y sensorial final (Paiva et al., 2021).

A lo largo de los años, diferentes tipos de cerveza se han desarrollado en varios países, debido a la variedad de materias primas y tecnologías, haciendo de la cerveza un tema de constante investigación. La amplia gama de materias primas materiales (frutas, vino, miel, plantas o adjuntos) que se pueden utilizar en la producción de cerveza brinda oportunidades para que los cerveceros conquisten nuevos mercados y satisfagan la demanda de los consumidores (Nardini & Garaguso, 2020).

En la literatura, pocos artículos estudian exhaustivamente cervezas artesanales con incorporación de vegetales en diferentes fases del proceso de elaboración y cómo estos constituyentes influyen en los atributos y características sensoriales del producto final (Borşa et al., 2022).

El interés de los productores por elaborar una cerveza no tradicional requiere de conocimientos técnicos y empíricos de la composición de los nuevos ingredientes en la receta de producción, y del conocimiento de las variables de cada etapa del proceso tecnológico. La cerveza artesanal es un tipo de cerveza en la que “todo es posible” en el mundo. Las plantas medicinales, las hierbas, las frutas y las especias son un tesoro de componentes bioactivos, lo que las convierte en valiosas materias primas antioxidantes para la cerveza (Xie et al., 2020) . El creciente interés por la cerveza artesanal ha contribuido a un aumento en el número de micro cervecerías, que en 2017 representaron el 94 % de las más de 19 000 cervecerías en todo el mundo (Zdaniewicz et al., 2020).

Por ello, es de destacar el potencial prometedor para el desarrollo y uso de ingredientes botánicos como fuente adicional de compuestos bioactivos y aumento de actividad antioxidante en el segmento de cervezas especiales. Las plantas se pueden utilizar como complemento de cerveza especial, para mejorar la estabilidad y la vida útil, y para crear un producto auténtico con un aroma complejo y rico (Borşa et al., 2022).

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Con los avances en la producción de cerveza a nivel mundial, cada año surgen más desafíos en la búsqueda de nuevos enfoques para el desarrollo de bebidas distintivas (Basso et al., 2016).

El proceso mediante el cual se elaboraron inicialmente las cervezas difiere de una persona a otra. Algunas culturas vincularon estrechamente la elaboración de cerveza con la religión, con reglas muy estrictas sobre cómo se haría. Otras culturas consideraban la elaboración de la cerveza como parte del ritual diario de preparación de alimentos con un proceso que era diferente de un hogar a otro. En muchos casos, los pasos específicos dependían de los tipos de equipos y materiales disponibles. Y el lugar del mundo en el que se vive también dicta mucho sobre cómo preparar la cerveza. Los cerveceros en climas cálidos y secos utilizaron técnicas muy diferentes a las que se encuentran en regiones más frías o húmedas (Mosher & Trantham, 2017).

La industria cervecera en general es tradicional pues usa una tecnología que permaneció básicamente sin cambios durante un período de 100 años. Los nuevos avances tecnológicos rara vez se aplican directamente al proceso de elaboración de la cerveza; la mayoría de los cerveceros temen que el cambio perjudique la calidad o la imagen de su cerveza. Sin embargo, en los últimos años, la situación ha ido cambiando: la creciente competencia en un mercado cervecero cada vez más reducido ha obligado a la cervecería a ser más rentable que antes. Las innovaciones tecnológicas se utilizan ahora para aumentar la productividad, ahorrar energía o crear nuevos productos (Iserentant, 2003).

Sin embargo, si se pretende que cualquiera de las categorías de cerveza que se producen mediante un método particular, se considere añadir un ingrediente que no fuera parte del método convencional, como son la adición de frutas, hierbas, especias, y si en particular el ingrediente es un componente clave para cambiar las características de la cerveza, se deben realizar dichas adiciones o cambios durante la fermentación, maduración y/o filtración, determinando parámetros físicos (Bonciu, 2008).

Asimismo, Aquilani et al. (2015) afirman que los consumidores eligen cervezas artesanales porque tienen una variedad de sabores, como cebada malteada, castaña y miel, lo que aumenta la probabilidad de demanda de las cervezas artesanales de un nivel de superior calidad.

Los desafíos relacionados con los costos de las materias primas, los altos impuestos sobre la producción de alcohol y los impuestos aún más altos sobre los cerveceros artesanales han limitado su expansión y exportación de la cerveza artesanal peruana a mercados fuera del país. La ausencia de una cultura de la cerveza de barril en Perú también ha obligado a los cerveceros a centrar la atención en la producción de cerveza embotellada, a un costo más alto y un margen de utilidad más bajo que los barriles (Towhatplace, 2017).

Por lo expuesto se propuso desarrollar una cerveza y evaluar la influencia al sustituir el lúpulo por hojas de olivo y la adición de pulpa de chirimoya para determinar los parámetros en su elaboración, optimizando sus características sensoriales tales que resulte con una aceptabilidad similar a una cerveza artesanal convencional y/o comercial.

1.2 Formulación y sistematización del problema

Pregunta general:

¿Cómo influirá la sustitución de lúpulo por hojas de olivo y adición de pulpa de chirimoya sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de una cerveza tipo Ale?

Pregunta específica:

- i. ¿Cuál es la influencia de la sustitución de lúpulo por hojas de olivo y adición de pulpa de chirimoya sobre las características fisicoquímicas de una cerveza tipo Ale?

- ii. ¿Cuál es la influencia de la sustitución de lúpulo por hojas de olivo y adición de pulpa de chirimoya sobre las características sensoriales de una cerveza tipo Ale?

1.3 Delimitación de la investigación

La investigación se realizó en la Región de Tacna, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, en los laboratorios de análisis de alimentos y de análisis sensorial de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias en el año 2022. Para las pruebas sensoriales se dispuso de estudiantes de los últimos años, como jueces semientrenados.

1.4 Justificación

El propósito de este proyecto fue elaborar una cerveza proponiendo la sustitución del tradicional lúpulo por las hojas de olivo que tanto abundan en la región Tacna, tomando en cuenta sus características organolépticas y sus propiedades benéficas para ser un sustituto del lúpulo capaz de otorgar unas características de amargor y aroma suficientes para la elaboración de cerveza artesanal además de complementar el resultado final, con la adición de la pulpa de chirimoya, para también transferir sus propiedades sensoriales al producto final.

De esta manera, se innova el proceso de elaboración de la cerveza al obtener un producto distintivo con identidad regional, proponiendo una alternativa de producción y uso de materias primas regionales.

1.5 Limitaciones

Considerando los objetivos planteados en el presente proyecto, no se han identificado limitaciones que haya impedido su ejecución.

1.6 Objetivos

Objetivo general

Evaluar la influencia de la sustitución de lúpulo por hojas de olivo y adición de pulpa de chirimoya sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de una cerveza tipo Ale.

Objetivos específicos

- i. Determinar la influencia de la sustitución de lúpulo por hojas de olivo y adición de pulpa de chirimoya sobre las características fisicoquímicas de una cerveza tipo Ale.

- ii. Determinar la influencia de la sustitución de lúpulo por hojas de olivo y adición de pulpa de chirimoya sobre las características sensoriales de una cerveza tipo Ale.

CAPÍTULO II

OPERATIVIDAD TEÓRICA

2.1 Hipótesis

Hipótesis general

La sustitución de lúpulo por hojas de olivo con la adición de pulpa de chirimoya influirá sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de una cerveza tipo Ale.

Hipótesis específicas

- i. La sustitución de lúpulo por hojas de olivo y la adición de pulpa de chirimoya influirán sobre las características fisicoquímicas de una cerveza tipo Ale.

- ii. La sustitución de lúpulo por hojas de olivo y la adición de pulpa de chirimoya influirán sobre las características sensoriales de una cerveza tipo Ale.

2.2 Diagrama de variables

La Figura 1 muestra conceptualmente la relación causa y efecto entre las variables de estudio y las variables respuesta.

Figura 1

Diagrama de las variables independientes y dependientes en el estudio de la cerveza tipo ale



2.3 Indicadores de las variables

a) Variables independientes:

X1: Proporción de hojas de olivo (g/kg malta)

X2: Proporción de pulpa de chirimoya (g/L cerveza)

b) Variables dependientes:

Yi: Características fisicoquímicas: Grado alcohólico y acidez total.

Yj: Características sensoriales: Atributos de color, aroma, sabor, espuma y amargo.

2.3.1 Operacionalización de variables

La Tabla 1 muestra la estructura de cómo se operacionalizaron las variables en estudio para la elaboración de la cerveza.

Tabla 1
Operacionalización para las variables del estudio de la cerveza tipo ale

Relación	Variables	Indicadores	Unidad	Instrumento	Rango
Independientes	Hojas de olivo	X1: Proporción de hojas de olivo	g/kg malta	Balanza	12 – 24
	Pulpa de chirimoya	X2: Proporción de pulpa de chirimoya	g/L cerveza	Balanza	100 - 200
Dependientes	Características fisicoquímicas	Y1: Grado alcohólico	% v/v	Instrumental volumétrico	1 - 9
		Y2: Acidez total láctico	% Ac		
	Características sensoriales (Atributos)	Y3: Color			
		Y4: Aroma			
		Y5: Sabor	Sin unidades	Ficha hedónica	
		Y6: Espuma			
		Y7: Amargor			

CAPÍTULO III

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Conceptos generales y definiciones

- a) Características sensoriales: Impresiones de un producto obtenidos mediante los sentidos humanos (Arrow Scientific, 2013).
- b) Polifenoles: Los polifenoles son metabolitos secundarios que se encuentran en plantas aromáticas, vegetales y frutas, presentan beneficios para la salud como antioxidantes (Voss et al., 2022). Los polifenoles pueden emplearse como aditivos alimentarios o aditivos en el envasado de alimentos (Franzen et al., 2023).
- c) Pruebas afectivas: Pruebas para evaluar la popularidad de una impresión de aroma y/o sabor (también llamadas pruebas hedónicas) (Arrow Scientific, 2013).
- d) Evaluación sensorial: Es el estudio sistemático de la respuesta humana a las propiedades físico-químicas permite obtener información sobre la sensibilidad del sentido humano y sobre las cuatro dimensiones de la percepción sensorial, es decir, la cuantitativa, la cualitativa, la temporal y la las dimensiones hedónicas (Issanchou & Nicklaus, 2006).

3.2 Enfoques teórico - técnico

3.2.1 Cerveza

Al considerar la elaboración de cerveza en su forma más simplista, probablemente representa la biotecnología más antigua de la humanidad. Sigue siendo un misterio si el descubrimiento de la bebida agradable se puede atribuir a la contaminación accidental de los cereales o la curiosidad natural de los seres humanos. Se encontraron evidencias arqueológicas de actividad cervecera en tablillas de sumar que datan de alrededor del 1800 A.C. aunque los orígenes bien pueden remontarse a hace unos 10000 años (Axcell, 2007).

El texto que se encuentra en estas tablillas canta las alabanzas de la diosa sumeria de la elaboración de cerveza en el 'Himno a Ninkasi'. Desde entonces, la humanidad ha descubierto que la diosa que causó la 'magia' es, de hecho, el organismo vivo, la levadura. Los antiguos cerveceros domesticaron la levadura debido a la selección del mejor agente de fermentación, aunque no se entendió el proceso bioquímico completo. Esta asociación íntima entre la humanidad y *Saccharomyces cerevisiae* se demostró aún más durante un estudio de la diversidad genética entre 651 cepas de levadura de vino de 56 orígenes geográficos en todo el mundo (Legras et al., 2019).

3.2.2 Tipos de cerveza

Desde los primeros registros de producción de cerveza por parte de la humanidad, se han realizado muchos cambios que dieron como resultado el proceso moderno de elaboración de cerveza. Muchos estilos se han desarrollado con el tiempo, todos con su propio carácter y sabor únicos influenciados por el medio de su país de origen (Glover, 2001).

Sin embargo, a pesar de todos los cambios, el único factor constante es el requisito de la levadura de cerveza. Dos tipos de levadura de cerveza se clasificaron originalmente en función del comportamiento de floculación: fermentación superior (levadura ale y weiss) (Jentsch, 2007) y fermentación de fondo (levadura lager). Su comportamiento es tan distinto que las dos clases principales de tipos de cerveza (ales y lagers) se basan en los dos tipos de levadura.

La levadura Ale es genéticamente más diversa y, al igual que las levaduras Weiss, fermenta a temperaturas más altas (18-24 °C), mientras que la levadura lager está más conservada y fermenta a temperaturas más bajas (8-14 °C). La levadura Weiss produce cerveza con notas de sabor especiado, clavo, vainilla y nuez moscada debido a la presencia del gen POF (PAD1) (Lodolo et al., 2008).

Los compuestos fenólicos volátiles como el 4-vinil guayacol se forman a través de la descarboxilación del ácido ferúlico. Las características fenotípicas utilizadas para distinguir estos tipos de levadura incluyen la morfología de la colonia, el aspecto microscópico (formación de cadenas por la levadura Weiss), las características de fermentación (floculación y perfiles de sabor), el crecimiento a 37 °C (levaduras ale y weiss) y la utilización de melibiosa (cepas lager.) y la presencia del gen POF (levaduras weiss). Además de las diferencias en el comportamiento fenotípico, las levaduras también se pueden distinguir usando cariotipado electroforético de sus cromosomas (Casey, 1996).

Dentro de los dos tipos básicos de cerveza: Ale y Lager existen subtipos con diferentes características que tienen una nomenclatura variable. En la Tabla 2 se presentan algunos nombres registrados en la literatura (Moreno, 2017).

Las lagers se fermentan con una levadura de fermentación baja a temperaturas frías durante un período de tiempo relativamente largo, mientras que las ales se fermentan con una levadura de fermentación alta a temperaturas mucho más cálidas y pueden estar listas para beber en tan solo tres semanas (Greene king, 2022).

Tabla 2*Tipos de cerveza*

Tipo de cerveza	Subtipos de cerveza
Ale	Pale ale. Clara, con un alto contenido de lúpulo, es seca y muy amarga.
	Brown ale. Oscura, contiene poco lúpulo y es dulce.
	Bitter. Clara, alto contenido de lúpulo y con mucho cuerpo.
	Mild ale. Semioscura, de sabor dulce, poco denso y amargo.
	Stout o Porter. Es muy oscura, con mucho cuerpo, alto contenido de lúpulo, amarga, dulce o seca.
Lager	Pilsener, Hell o Pale. Clara, con alto contenido de lúpulo, seca y con poco cuerpo.
	Dortmunder. Tiene características parecidas a la Pilsener, pero con un menor contenido de lúpulo y sabor más suave.
	Múnich, Dunkel o Dark. Oscura, aromática, bajo contenido de lúpulo, sabor intenso, amargor ligero, dulce y con mucho cuerpo.
	Bock, Marzen o Marzenbier. Tiene características parecidas a la Múnich, pero con mayor contenido de alcohol.

Nota: Moreno, (2017)

3.2.3 La malta de cebada

El cuerpo de la cerveza lo aporta la cebada, más concretamente la malta de cebada y, en general, algunos cientos de los gramos se utilizan para un litro de cerveza. La malta puede ser en parte sustituido por adyuvantes ricos en almidón, como arroz, maíz o trigo. Cuando una mezcla de malta de cebada y agua de elaboración (llamada "puré") se calienta a una temperatura de alrededor de 60 °C, las enzimas de la malta, principalmente amilasas, pero también proteasas, degradan el almidón y

las proteínas, formando una mezcla de azúcares y péptidos o aminoácidos. Para esto, la cebada debe ser sometida, antes de la maceración, a germinación para que estas enzimas se formen en el grano de la cebada. Esta cebada germinada se conoce como malta de cebada. La conversión de almidón a azúcar se obtiene calentando (De Keukeleire, 2000).

Dependiendo de condiciones (tiempo, temperatura), pálido o de color ámbar o incluso se obtienen maltas oscuras, siendo el color debido a la caramelización de azúcares y reacciones de tipo Maillard. Es importante notar que el color de la cerveza se deriva del color de la (s) malta (s) que se usó. Además, es obvio que las maltas coloreadas exhibieron un sabor distinto, que a menudo es característico de determinadas cervezas oscuras (De Keukeleire, 2000).

3.2.4 La Chirimoya

La chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) Es una fruta exótica subtropical perteneciente a la familia Annonaceae, originaria de la Cordillera de los Andes. Además de su delicioso sabor y dulce aroma, esta fruta también contribuye a la nutrición humana con vitaminas, carbohidratos, minerales, fibras y otros compuestos bioactivos (Barreca et al., 2011).

Los frutos de *Annona* contienen una cantidad considerable de compuestos polifenólicos, que ayudan a prevenir enfermedades asociadas al estrés oxidativo como cáncer, aterosclerosis y afecciones neurodegenerativas (Mannino et al., 2020).

Además, la chirimoya se ha utilizado durante años en la medicina tradicional como antimicrobiano, insecticida y para el tratamiento de trastornos intestinales o enfermedades de la piel (Amoo et al., 2008). La clasificación taxonómica de la *Annona cherimola* Miller es la siguiente (González, 2013).

- Reino: Vegetal
- Subreino: *Embriophyta*
- División: *Spermatophyta*
- Subdivisión: *Angiospermae*
- Clase: *Dicotyledoneae*
- Orden: *Ranales*
- Suborden: *Magnoliales*
- Familia: *Annonaceae*
- Subfamilia: *Annonoideae*
- Género: *Annona*
- Especie: *Annona cherimola* Miller

3.2.5 La levadura

El complejo de especies de *Saccharomyces sensu* contiene algunas de las especies más importantes para la industria alimentaria, a saber, *S. cerevisiae* (Meyen ex EC Hansen), el agente del vino, pan, cerveza, cerveza weiss, y fermentaciones de sake, *Saccharomyces bayanus* (fermentaciones de vino y sidra) y *Saccharomyces pastorianus* (EC Hansen), responsable de la fermentación de la cerveza lager (Rainieri et al., 2006).

Saccharomyces pastorianus (syn *Saccharomyces carlsbergensis*) también contiene cepas híbridas que incluyen cepas de elaboración de cerveza lager, que se cree que se originan a partir de un evento de hibridación natural que se produjo entre una cepa de *S. cerevisiae* y una cepa que no es de *S. cerevisiae*, probablemente una cepa de *S. bayanus*. Se ha confirmado la existencia de dos tipos de genoma en cepas de elaboración de cerveza lager (Rainieri et al., 2006). La taxonomía de estas cepas de importancia industrial sigue siendo problemática y se utiliza en general un término generalizado para la levadura de cerveza (*S. cerevisiae*).

3.2.6 Las hojas de olivo

Las hojas del olivo son de fácil acceso, ya sea desde el olivar o desde los residuos que quedan de los subproductos agrícolas e industriales. Las hojas de la almazara constituyen una parte relativamente considerable, del 4 al 7%, hasta el 10% del peso total de las aceitunas de transformación y representan casi el 5% del rendimiento total de los subproductos del aceite de oliva (Lama-Muñoz et al., 2020).

Durante el sistema hortícola, también se genera una proporción significativa de residuos de hojas. En el curso de la poda, dependiendo de las variaciones en la geografía, la rutina hortícola y la vida útil de los árboles, la cantidad de subproductos de las hojas representa aproximadamente el 25% del peso total de los residuos podados (Romero-García et al., 2014).

Las hojas de olivo son abundantes en una variedad de grupos fenólicos conocidos que se agrupan ampliamente en (i) secoiridoides (incluidas oleuropeína y oleuropeína-aglicona), (ii) flavonoides (como rutina y luteolina-7-glucósido) y (iii) simple fenoles (como hidroxitirosol y tirosol). De estos, los secoiridoides están característicamente presentes en la familia Oleaceae que se aplica bien a *Olea europaea* L., han ganado

notable atención debido a su potencial distintivo para la actividad biológica (Huang et al., 2019).

Los iridoides, generalmente con estructura glicosídica en las plantas, se derivan principalmente de los monoterpenos. La rotura del anillo del ciclopentano da lugar a la formación de secoiridoides que normalmente se unen a los glucósidos y se distinguen por la presencia de enlaces de ácido elenólico dentro de sus disposiciones atómicas (Rodríguez-López et al., 2021).

Entre los compuestos fenólicos más típicos de las hojas de olivo se encuentran el hidroxitirosol, el tirosol, la rutina y la oleuropeína. De hecho, la oleuropeína y el hidroxitirosol son detectablemente prominentes en las hojas de olivo. La oleuropeína, un componente clave de los secoiridoides en las hojas de olivo, se caracteriza por un enlace éster de glucósido de ácido elenólico e hidroxitirosol (Nediani et al., 2019).

Debido a su estructura única de secoiridoide, se caracteriza organolépticamente por un fuerte amargor. Se ha informado que la concentración de oleuropeína en las hojas de olivo está en el rango del 6 al 9%, en base seca. Bouaziz y Sayadi, en su investigación sobre la

evaluación de la capacidad antioxidante de las hojas de olivo de la variedad tunecina, observaron que la oleuropeína (6,8 g / 100 g de hojas frescas) era el principal componente fenólico de las hojas de los olivos (Acar-Tek & Ağagündüz, 2020).

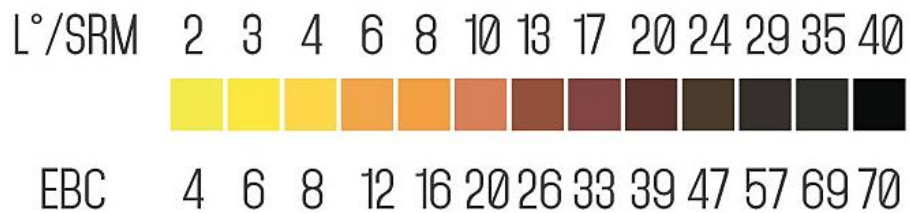
3.2.7 Características sensoriales de la cerveza

Una breve descripción de la percepción sensorial de algunos atributos es la siguiente:

- a.** Color de la cerveza - La base para asignar valores de color fue la comparación visual de una muestra de cerveza o mosto con un estándar de vidrio coloreado. Durante bastante tiempo, los cerveceros utilizaron un estándar llamado Serie 52 Lovibond Scale (Figura 2). Este sistema utiliza un conjunto de estándares de vidrio coloreado que corresponden a los números de Lovibond y que contienen los tonos que se cree que son más frecuentes en la cerveza. Este sistema intentó capturar tanto el balance amarillo / rojo como la intensidad general del color de una cerveza con una única calificación estándar de Lovibond (Daniels, 2012).

Figura 2

Diferentes colores en las cervezas



Nota: TJBR (2018)

- b.** Espuma de la cerveza (o cabeza) - Los productos de lúpulo, basados en tetrahidro-iso-alfa-ácidos, se han vuelto muy populares recientemente, particularmente en vista de la pronunciada propensión a estabilizar la espuma de la cerveza. Los cerveceros aprovechan esto agregando poca ppm de tetrahidro-iso-alfa-ácidos para crear una espuma cremosa en un vaso de cerveza (De Keukeleire, 2000).
- c.** Sabor de la cerveza - Los gustos de los diferentes tipos de cerveza se derivan de una elección acertada de materias primas. El lúpulo, además del sabor amargo, aporta un delicado sabor a lúpulo en la cerveza. Hasta ahora, esta característica organoléptica extremadamente valiosa no se ha definido completamente. En general, se acepta que el aroma a lúpulo es muy complejo, resultado de muchos compuestos volátiles, a bajas concentraciones muchos de los cuales actúan en sinergia. Parece que los volátiles contenidos en el aceite de lúpulo (0,5-3% en el lúpulo) y los no volátiles presentes

en la fracción polifenólica del lúpulo (3-6%) contribuyen a una sensación en boca completa durante la degustación de la cerveza. Sin embargo, la composición de estas fracciones de lúpulo es muy compleja y su estudio se ha visto obstaculizado por las concentraciones bajas y variables que normalmente se encuentran en la cerveza. Por lo tanto, los conocimientos detallados son, en la actualidad, esquivos (De Keukeleire, 2000).

3.2.8 Las cervezas con frutas

Los ingredientes utilizados en la elaboración de cervezas especiales son frutos que pueden ser de diferentes variedades, teniendo en cuenta el sabor y aroma que se desee obtener en la cerveza y la concentración de azúcares que agregan (Muresan et al., 2014).

Una decisión importante en el proceso de fabricación es la forma de añadir la fruta que puede ser fruta fresca o seca, puré de fruta, zumo de fruta, fruta natural, extractos o extractos artificiales. En general, los frutos amargos (piel de naranja amarga) suelen dar un sabor más fuerte, mientras que la fruta fresca (arándanos, fresas frambuesas) dan más sabor a la cerveza (Calu et al., 2010).

3.2.9 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es diferente a la química y la biológica. Los procedimientos analíticos en esas disciplinas pueden explicarse con exquisito detalle y seguirse al estilo de un libro de cocina. Sin embargo, cada producto alimenticio es diferente, y el verdadero desafío es diseñar un método de prueba sensorial que se ajuste al producto y sea sensible e imparcial. Esta necesidad de flexibilidad puede resultar bastante desafiante e inquietante para las personas que están acostumbradas a los procedimientos de memoria.

Los seres humanos utilizan todos sus sentidos para evaluar las propiedades sensoriales de un alimento. Esta evaluación comienza antes del consumo y se basa en cómo se ve y huele la comida. Por tanto, la agudeza visual y olfativa son importantes para la evaluación inicial de un alimento. El olor a comida se detecta inicialmente a través de la nariz al inhalar componentes volátiles. Esto se conoce como olfato orto nasal. Una vez que la comida se coloca en la boca y se mastica, se produce el olfato retronasal a través del movimiento de los volátiles a través de la nasofaringe durante la masticación (Auvray & Spence, 2008).

Se han desarrollado numerosos métodos sensoriales para evaluar una amplia gama de productos alimenticios. Estos métodos se pueden dividir básicamente en tres tipos principales: métodos de aceptabilidad y preferencia, métodos de discriminación y métodos descriptivos. Estos métodos requieren diferentes tipos y números de evaluadores sensoriales con el fin de proporcionar datos adecuados para su análisis con métodos inferenciales estadísticos clásicos. Sin embargo, todos estos métodos deben llevarse a cabo siguiendo las condiciones controladas adecuadas para realizar pruebas con los evaluadores, el uso de métodos de preparación de muestras y técnicas de presentación de muestras adecuados (Ho, 2015).

Los métodos de aceptabilidad y preferencia solo deben utilizar evaluadores no capacitados, y estos métodos deben llevarse a cabo por separado de los otros dos métodos que requieren asesores capacitados (Hough et al., 2006).

El número exacto debe determinarse en función del objetivo del estudio y el número de muestras que se están comparando. (Hough et al., 2006) produjo una tabla para el número mínimo de evaluadores requeridos para una prueba de aceptabilidad basada en las estimaciones de errores

estándar. Los métodos descriptivos y de discriminación suelen utilizar un número mucho menor de evaluadores. El número exacto de evaluadores depende de los métodos sensoriales particulares utilizados.

3.3 Marco referencial

Schuina et al. (2020) afirman que la cerveza es una bebida fermentada elaborada a partir de malta de cebada y lúpulo bajo la acción de una levadura adecuada. La función principal del lúpulo en el proceso de elaboración es proporcionar amargor, sabores y aromas característicos a la bebida. Sin embargo, el uso de otras plantas amargas como sustituto del lúpulo puede ser una alternativa viable. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el uso de la alcachofa como un sustituto total del lúpulo en la producción de cerveza artesanal lager estadounidense. La sustitución del lúpulo por hasta 2 g·L⁻¹ de alcachofa dio como resultado una cerveza con una calidad similar a la cerveza lager americana que tradicionalmente se encuentra en el mercado. Así, se confirmó que la alcachofa es una alternativa viable para el lúpulo, con características fisicoquímicas satisfactorias y buena aceptación sensorial.

Adama et al. (2011) investigaron las cualidades de elaboración de la cerveza de hoja amarga (*Vernonia amygdalina*) mediante extracción con el solvente apropiado y vapor o hidrodestilación para obtener el extracto de hoja amarga. Posteriormente, el extracto se caracterizó con el fin de determinar su idoneidad para su uso en la elaboración de cerveza comparándolo con los valores de lúpulos comerciales estándar. El análisis fisicoquímico de la hoja amarga mostró que el extracto de muestra tenía las siguientes propiedades o variables de elaboración de la cerveza: Ácido iso-alfa (mg / l) de 8,52, ácido alfa (mg / l) de 9.27, resina total (%) de 20.4, aceite esencial (%) de 1.20 y contenido de grasa (%) de 7,00. Se encontró que la Unidad de Amargura Analítica (ABU) era adecuada y era igual a 8,73 Unidad de Amargura Europea (EBU). Se encontró que las propiedades o variables del presente extracto de hoja amarga se comparan favorablemente con las de los lúpulos comerciales usados como base para la comparación, aunque con una variación en el contenido de grasa que resultó ser del 7,00% en comparación con el lúpulo comercial que fue del 3,12%. En consecuencia, los resultados obtenidos mostraron que la hoja amarga presenta un sustituto potencial del lúpulo, aunque el momento de su uso dependerá de consideraciones económicas y políticas y de la oferta y demanda de hoja amarga y lúpulo.

El trabajo desarrollado por Mounjouenpou et al., (2017) tuvieron como objetivo mejorar el proceso de producción de bebidas alcohólicas a base de extracto de maíz y banano para evaluar los parámetros sensoriales de la bebida alcohólica obtenida. Se probaron tres formulaciones con diferentes cantidades de pulpa de plátano. Se añadió pulpa de plátano despectinizada al mosto y la mezcla se fermentó en condiciones anaeróbicas, a temperatura ambiente de aproximadamente 25° C durante 72 h en presencia de *Saccharomyces cerevisiae*. La muestra de bebida de la mejor formulación según la evaluación sensorial fue F3. obtenidas tenían un contenido de alcohol ligero de $4,63 \pm 0,7\%$ para F1, $4,05 \pm 0,4\%$ para F2, $3,32 \pm 0,3\%$ para F3. El contenido de alcohol fue proporcional a la cantidad de banano agregada. La evaluación del rendimiento del extracto de plátano en el rendimiento alcohólico mostró un vínculo perfecto entre la cantidad de alcohol producido y el grado brix de la mezcla antes de la fermentación, con el coeficiente de regresión de 1. El análisis sensorial mostró que las 3 formulaciones tenían un color oscuro, un mal sabor, un olor medio para F1 y F2. Solo F3 tenía muy buen aroma.

El uso del pedúnculo del anacardo y la cáscara de naranja en la elaboración de cerveza artesanal de trigo fue considerada como una alternativa viable para la reutilización de estos subproductos por los

investigadores (Pereira et al., 2020) el estudio tuvo como objetivo la elaboración de cerveza de trigo con pedúnculo de anacardo (CP) y piel de naranja (DP). Se evaluaron seis formulaciones (F) por sus características fisicoquímicas y cantidad total de polifenoles y actividad antioxidante. Los sabores de F1 y F6 fueron evaluadas mediante análisis sensorial. Las pruebas sensoriales se realizaron con un grupo de 15 consumidores de cerveza, de entre 31 y 47 años (4 mujeres y 11 hombres), en un laboratorio con cabinas individuales, bajo luz blanca. Entre las cervezas, F1 (control) y F6 fue sometida a análisis sensorial, se eligió F6 por su mayor contenido en polifenoles y actividad antioxidante. Nuestros resultados mostraron que la adición de cáscara de naranja y pedúnculo de anacardo en la cerveza (F6I: $7,4 \pm 1,12$) mejoró el sabor de esta bebida significativamente ($P < 0,05$) en comparación con el de control (F1I: $6,47 \pm 1,3$). El uso de estos ingredientes trae nuevas posibilidades de innovación en el sector de las bebidas, estas alternativas agregan valor a la materia prima y compuestos funcionales al producto.

CAPÍTULO IV

METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo de investigación

- a) Tipo de investigación: Es de tipo experimental verdadero.
- b) Diseño de investigación: Es del tipo experimental de dos factores, donde se establecerá la significancia de la relación causa - efecto entre las variables tecnológicas en estudio.

4.2 Población y muestra

La muestra de estudio fueron los tratamientos (volúmenes de cervezas) resultantes de la propuesta de cerveza elaborada con sustitución de lúpulo por hojas de olivo de la variedad sevillana y pulpa de chirimoya (mezcla), las mismas que estuvieron en conservación hasta cuando se realizaron las pruebas fisicoquímicas y sensoriales.

Las muestras son de tipo no probabilístico (no fue necesario el cálculo de tamaño de muestra) y resultó de la elección del diseño del tipo superficie de respuesta para 2 variables con tres niveles para cada variable independiente tal como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3*Diseño factorial central compuesto para el estudio de la cerveza tipo ale*

Tratamiento	X1: Hojas de olivo	X2: Pulpa de chirimoya
	(g/kg malta)	(g/L cerveza)
1	12	100
2	18	100
3	24	100
4	12	150
5	18	150
6	24	150
7	12	200
8	18	200
9	24	200
10	18	150
11	18	150

Nota: Elaborado con Design expert v 13.

4.3 Materiales y métodos

4.3.1 Diseño procedimental

El diseño de investigación de tipo experimental para la elaboración de la cerveza tipo ale consta de los siguientes procesos unitarios:

- a) Pesado. Los ingredientes: malta, hojas de olivo, pulpa de chirimoya y levadura se pesaron (Figura 3) en una balanza de precisión de acuerdo a la formulación.

Figura 3

Pesado de hojas de olivo y malta



- b) Macerado. La malta preparada (molida) se sometió en un tanque de maceración (Figura 4) en un rango de temperaturas de 65 - 70°C y tiempo de 60 min con el objetivo de degradar el almidón en maltosas y dextrinas, obteniéndose así el mosto.

Figura 4

Maceración del mosto



- c) Cocción.** Esta operación consiste en llevar al mosto, previamente filtrado, a ebullición por 90 minutos (Figura 5). Al inició de la ebullición, se le adicionó el 50 % de las hojas de olivo, a los 30 minutos se le añadió el 25 % del total y a los 65 minutos se le adiciono el 25 % restante.

Figura 5

Cocción del mosto



d) Sedimentación. Luego del hervido del mosto, se sedimentó en el fondo de la olla, los restos de harina, taninos, proteínas y hojas de olivo y así obtener el mosto clarificado.

e) Enfriado. En este proceso, el mosto clarificado pasó al tanque de enfriamiento con el objeto de enfriar el mosto hasta la temperatura

óptima para la inoculación de la levadura. En el caso de la cerveza tipo Ale la temperatura óptima será de 20° C aproximadamente.

- f)** Inoculación. La levadura se añadió a un recipiente de plástico en donde previamente se adicionará 1L de mosto a 20° C, agitándose constantemente por 15 minutos para la oxigenación del medio y activación de la levadura. A continuación, se procedió a reposar la levadura por 15 minutos para que se adecuase al medio.

- g)** Fermentación I. El mosto entre 18 a 25° C se trasladó a un recipiente (Figura 6) fermentador. A continuación, se añadió al fermentador el mosto con la levadura activada, luego se cierra y conecta el tanque de oxigenación por un tiempo de 7 días.

- h)** Pre filtrado. Se colocaron de forma hermética una manguera de alta presión en el caño del fermentador, el cual al momento de abrirlo y con la ayuda de la gravedad permitirá que se traslade el mosto fermentado sin sedimentos a otro fermentador.

Figura 6

Tratamientos en proceso de fermentación



- i) Fermentación II. Esta operación consistió en añadir la pulpa de chirimoya a la cerveza y reservarlas a temperatura ambiente para que adquiriera su maduración organoléptica por 7 días y facilite su clarificación con la suspensión de partículas amorfas, complejos tanino – proteína y levaduras muertas.
- j) Embotellado. Después de la maduración, mediante el caño disponible en el tanque macerador, la cerveza se trasladó directamente a botellas esterilizadas.

- k) Maduración: Las botellas se almacena en un ambiente limpio (Figura 7), seco y oscuro a fin por lo menos 7 días antes de su consumo, para que puedan alcanzar el equilibrio sensorial.
- l) Análisis. Se realizaron los análisis sensoriales de las muestras (Figura 8) con la ayuda de catadores semientrenados (Alumnos de los últimos años de la ESIA), teniendo en cuenta los atributos de la cerveza mediante vista, olfato y gusto.

Figura 7

Muestras de cerveza embotellada



Figura 8

Muestra de cerveza preparadas para el análisis sensorial

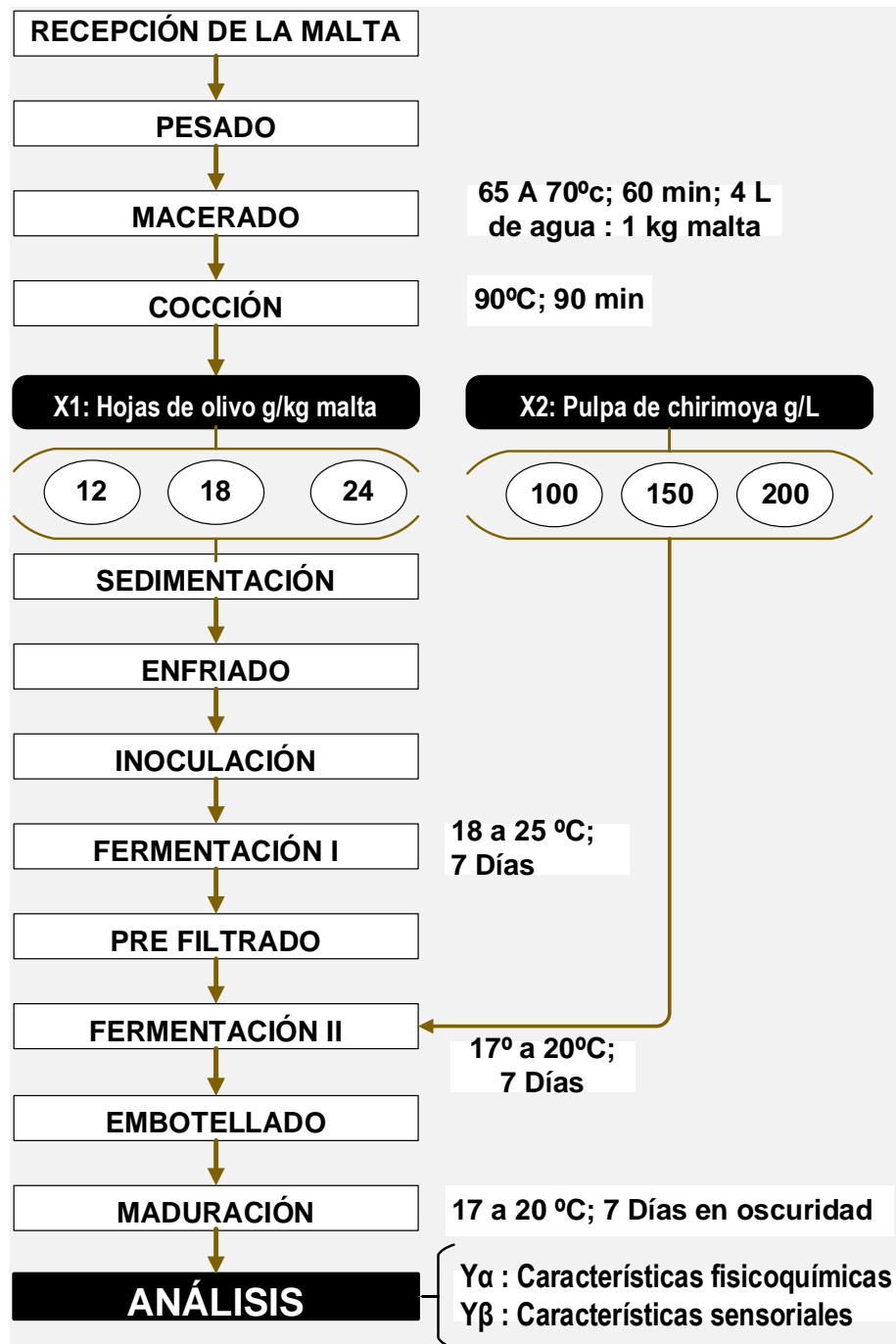


La Figura 9 muestra las diferentes operaciones que se ejecutaron para elaborar la cerveza con hojas de olivo y pulpa de chirimoya, donde se destaca la operación de cocción, que es donde se propondrá las condiciones de elaboración de la cerveza. Es decir, es el proceso en el cual el presente estudio pone a prueba la propuesta de elaboración de la cerveza sustituyendo durante la cocción la adición del lúpulo por las hojas de olivo, así como complementando la propuesta con la adición de pulpa de chirimoya.

Además, se destacan como variables respuesta las características fisicoquímicas y principalmente sensoriales que fueron las que se consideraron para realizar posteriormente los análisis de optimización para determinar la solución de mejores condiciones.

Figura 9

Diseño procedimental para la elaboración de cerveza tipo ale



4.3.2 Procedimientos de la investigación

a. Análisis realizados a la materia prima (Hojas de olivo y pulpa de chirimoya)

- Humedad (método por pérdida de peso); A.O.A.C, 1981.
- Proteína (método Kjeldahl), A.O.A. C, 1981.
- Grasa (método Soxhlet), A.O.A.C, 1981.
- Cenizas (método por calcinación), A.O.A.C, 1981.
- Fibra bruta (método por hidrólisis ácida y alcalina), A.O.A.C, 1981.
- Carbohidratos (por diferencia restando de 100 el contenido de humedad, proteína, grasas y cenizas) A.O.A.C, 1981.

b. Análisis sensorial en el producto final

- Prueba sensorial de agrado, para los atributos color, aroma, sabor, espuma y amargo con la prueba hedónica según escala estructurada (Ficha Anexo 1), las pruebas se realizaron con 15 jueces semientrenados pues como recomienda (Anzaldua, 1994), al ser un panel sensorial semientrenados, no requieren de un entrenamiento en un producto o alimento en específico.

c. Análisis fisicoquímicos en el producto final

- Determinación de grado alcohólico: método de alcohol por volumen

AVB de la Asociación americana de químicos cerveceros ASBC (ASBC, 2008).

- Determinación de acidez total: (Normas IRAM 14520)

4.3.3 Análisis de datos

Con los datos obtenidos se desarrollaron modelos de regresión para explicar el comportamiento de las variables y cuya calidad de predicción se evaluó mediante el coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}), y para validar los modelos de regresión se aplicó el ANOVA al 5 % de nivel de significancia.

Según indican Granato & Ares (2014) si un coeficiente de regresión es bajo (<70%), el modelo matemático no es bueno y, en cambio, si su valor es alto (> 90%), significa que se pueden utilizar otros criterios estadísticos. Cabe destacar que, dependiendo del tipo de análisis, un coeficiente de regresión puede considerarse bueno por encima del 70%, como ocurre en los datos de evaluación sensorial.

Para el procesamiento de los datos se utilizarán los programas Minitab 20 y Design expert v 13.

CAPÍTULO V

TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

5.1 Técnicas aplicadas en la recolección de la información

Puesto que se trabajó con un diseño experimental, los datos fueron directamente recopilados durante los procesos en ejecución, registrándolos con la ayuda de los instrumentos físicos disponibles.

5.2 Instrumentos de medición

- Balanza analítica, marca Radwag AS 220/C/2, rango 0 – 500 g.
- Densímetro, marca Al-ambik, rango 0 a 100 GL, temperatura de calibración 20°C.
- pH metro digital, portátil. marca TECPEL, rango 0-14 pH.
- Termómetro digital, marca ATM, tipo T de bolsillo y rango 0 – 100°C.

5.3 Resultados y discusión

5.3.1 Influencia sobre las características fisicoquímicas

La Tabla 4 muestra los resultados del análisis fisicoquímico para las muestras de cerveza elaboradas según las condiciones del diseño experimental.

Tabla 4*Resultados fisicoquímicos de las muestras diseñadas de cerveza tipo ale*

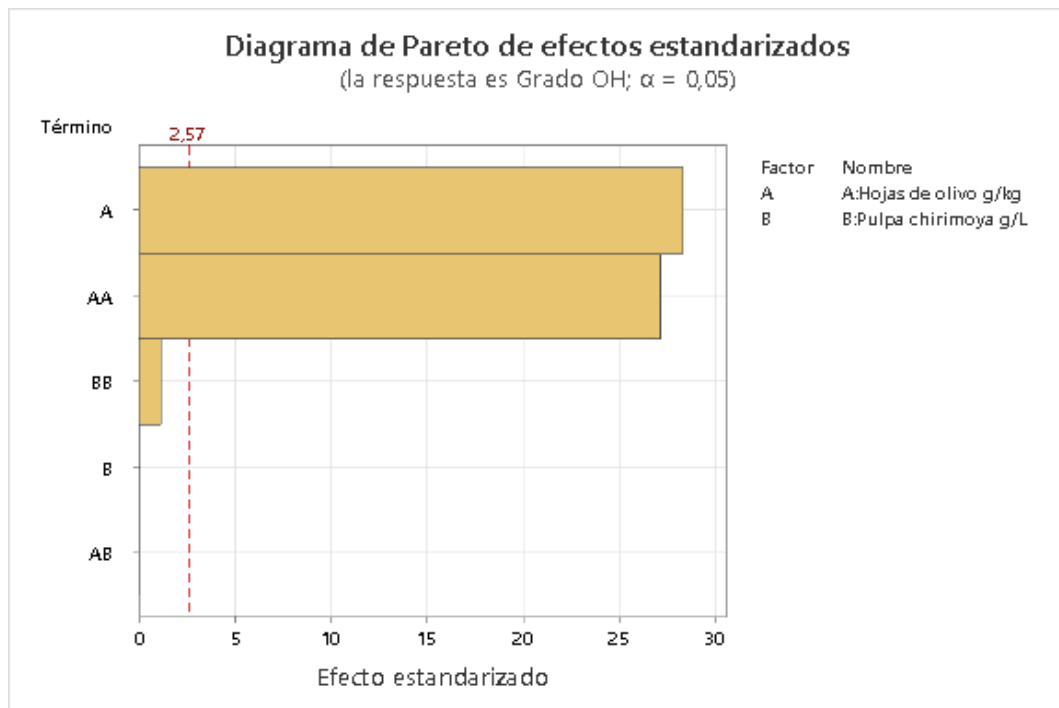
Tratamiento	X1: Hojas de olivo (g/kg malta)	X2: Pulpa de chirimoya (g/L)	Y1 OH (GL)	Y2 Acidez (% a.l.)
1	12	100	4,73	0,333
3	24	100	6,04	0,351
2	18	100	4,46	0,333
4	12	150	4,73	0,342
6	24	150	6,04	0,441
5	18	150	4,46	0,36
10	18	150	4,33	0,333
11	18	150	4,33	0,315
7	12	200	4,73	0,405
9	24	200	6,04	0,414
8	18	200	4,46	0,333

5.3.1.1 Grado alcohólico

La graduación alcohólica en las muestras de cerveza se ha visto influenciada significativamente (p valor $<0,05$) por los efectos lineal y cuadrático de las hojas de olivo tal como se puede comprobar en la gráfica de análisis de Pareto (Figura 10) desarrollado para el modelo completo que relaciona las concentraciones de hojas de olivo y pulpa de chirimoya sobre la graduación alcohólica.

Figura 10

Análisis de Pareto para el efecto sobre el grado alcohólico

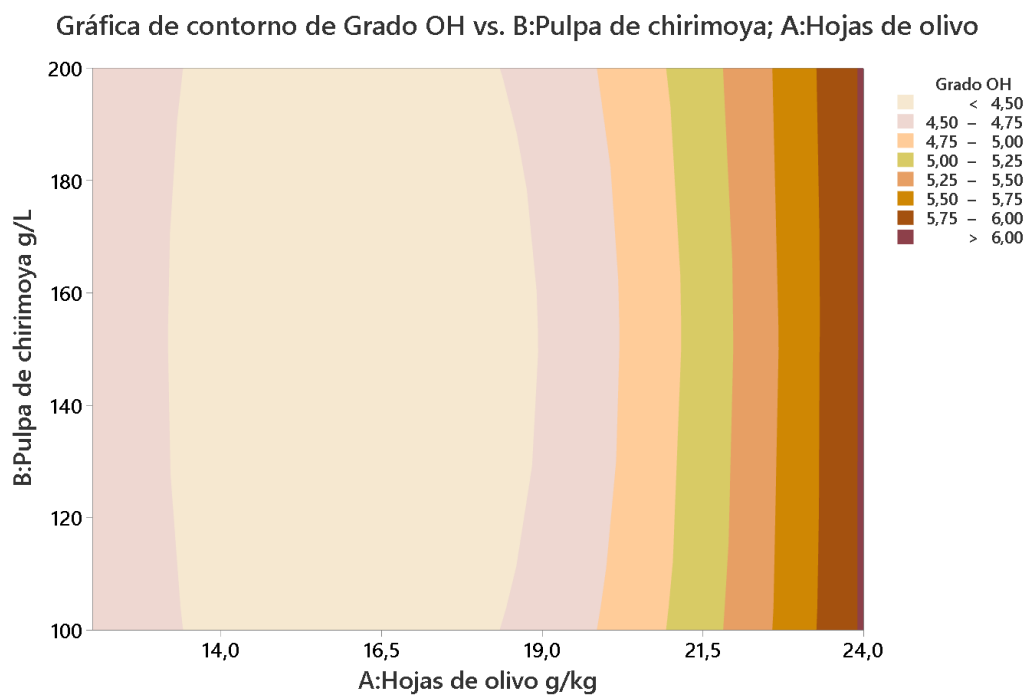


Nota: Elaborado con Minitab 20.3

Asimismo, el análisis de varianza del modelo resultó significativa (Anexo 4) donde con un r^2 aj del 99,38 %; es útil para explicar la relación de las variables en estudio. Dicha relación se muestra gráficamente a través de la Figura 11 de contornos de superficie de respuesta donde la tendencia a variar la graduación alcohólica desde 4 a 6 G.L. depende básicamente de la variación directa de la concentración de las hojas de olivo.

Figura 11

Contornos de superficie de respuesta para el efecto sobre el grado alcohólico



Nota: Elaborado con Minitab 20.3

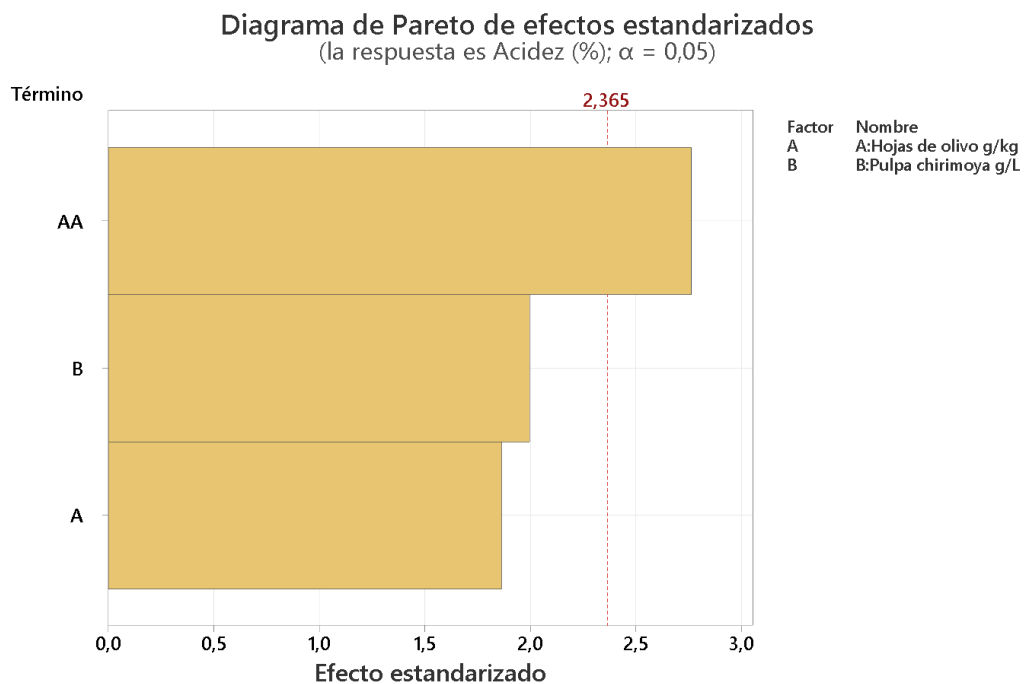
De la Figura 11 se destaca también que la concentración de Chirimoya dentro del rango de estudio establecido no es factor que haga variar la graduación final de la cerveza.

5.3.1.2 Acidez

El análisis de la acidez de la cerveza muestra que fue influenciada significativamente (p valor $< 0,05$) por el efecto cuadrático de las hojas de olivo tal como se puede comprobar en la gráfica de análisis de Pareto (Figura 12) desarrollado para el modelo ajustado que relaciona las concentraciones de hojas de olivo y pulpa de chirimoya sobre la acidez de la cerveza.

Figura 12

Análisis de Pareto para el efecto sobre la acidez



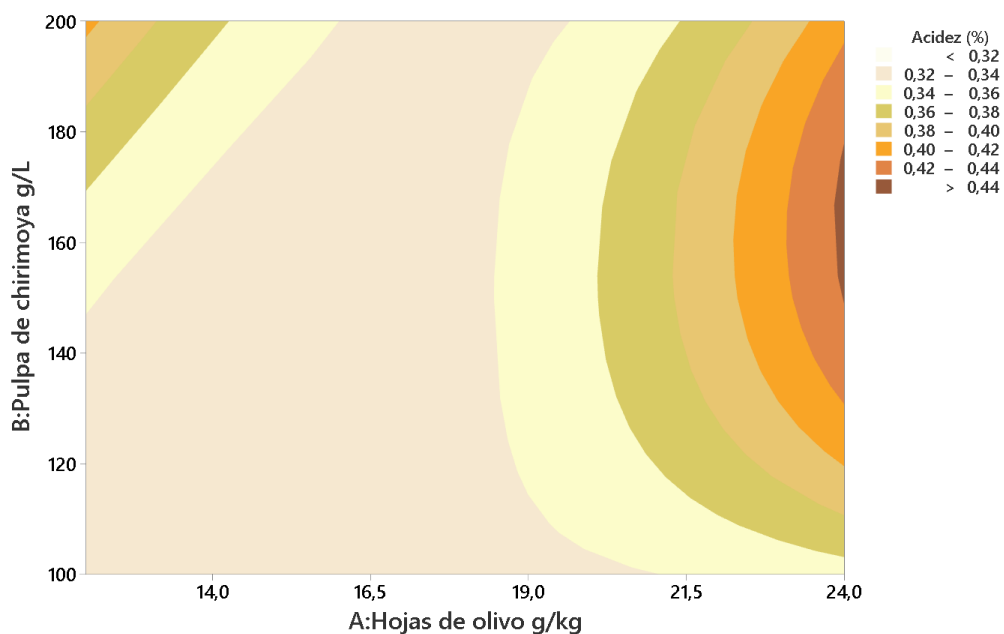
Nota: Elaborado con Minitab 20.3

Asimismo, el análisis de varianza del modelo ajustado presento significancia estadística significativa (Anexo 5) donde con un coeficiente de determinación r^2 aj del 54,69 % de los datos, explica la relación de las variables en estudio. Dicha relación se muestra gráficamente a través de la Figura 13 de contornos de superficie de respuesta donde la tendencia a variar la acidez desde 0,32 % hasta 0,44 % depende principalmente de la variación directa de la concentración de las hojas de olivo, aunque la chirimoya también manifiesta variación de la acidez cuando su concentración supera los 170 g/L.

Figura 13

Superficie de respuesta para el efecto sobre la acidez

Gráfica de contorno de Acidez vs. B:Pulpa de chirimoya; A:Hojas de olivo



Nota: Elaborado con Minitab 20.3

5.3.2 Influencia sobre las características sensoriales

La Tabla 5 muestra los resultados promedio del análisis sensorial aplicado a las muestras de cerveza en base a la escala hedónica de 9 puntos.

Tabla 5

Resultados de aceptabilidad sensorial de las muestras diseñadas de cerveza tipo ale

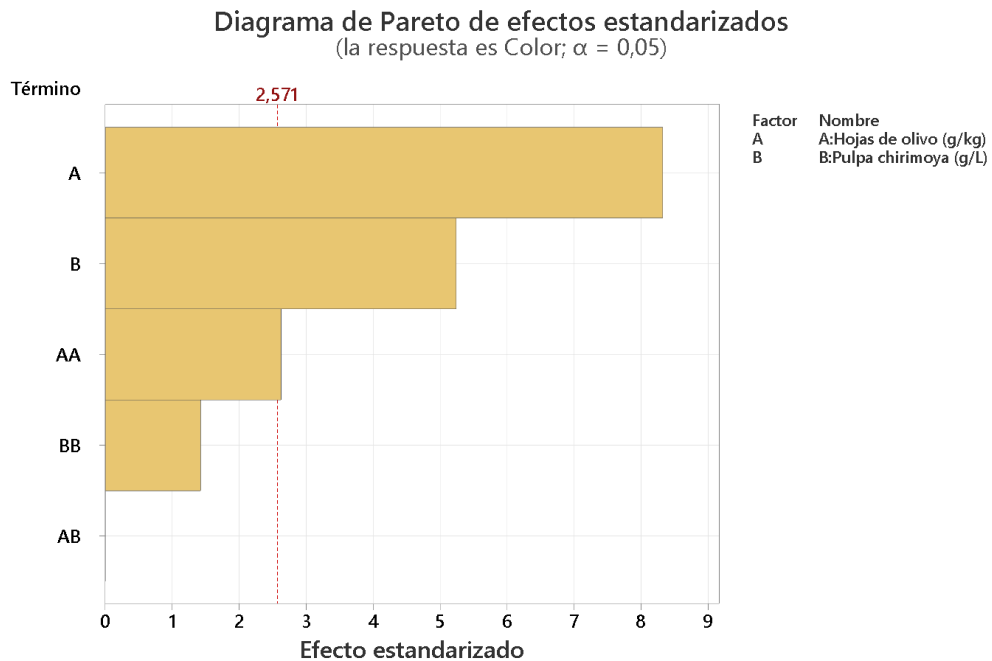
Tratamiento	X1: Hojas de olivo (g/kg malta)	X2: Pulpa de chirimoya (g/L)	Y3: Color	Y4: Aroma	Y5: Sabor	Y6: Espuma	Y7: Amargo
1	12	100	6,19	6,75	5,81	6,06	6,13
3	24	100	7,19	5,94	5,50	5,94	5,63
2	18	100	6,31	5,94	5,88	6,31	5,88
4	12	150	5,50	5,38	5,25	5,31	5,25
6	24	150	6,88	6,19	6,13	6,56	6,50
5	18	150	5,69	5,44	5,56	6,13	6,06
10	18	150	6,00	5,69	5,94	6,44	5,81
11	18	150	5,88	6,38	5,94	5,94	6,06
7	12	200	5,38	5,31	5,44	5,81	5,56
9	24	200	6,38	6,56	6,31	6,69	6,06
8	18	200	5,81	5,69	5,75	6,44	5,56

5.3.2.1 Aceptabilidad del color

El valor de la aceptabilidad del color de las muestras de cerveza se ha visto influenciada significativamente (p valor $<0,05$) por los efectos lineales y cuadrático de las hojas de olivo y lineal de la pulpa de chirimoya tal como se puede comprobar en la gráfica de análisis de Pareto (Figura 14) desarrollado para el modelo completo que relaciona las concentraciones de hojas de olivo y pulpa de chirimoya sobre la aceptabilidad sensorial de la cerveza.

Figura 14

Análisis de Pareto para el efecto sobre la aceptabilidad del color



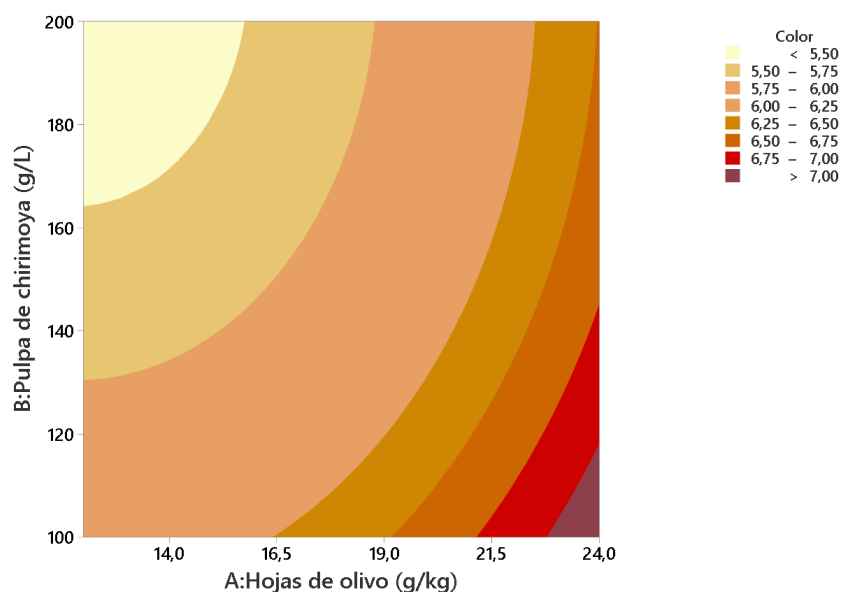
Nota: Elaborado con Minitab 20.3

Asimismo, el análisis de varianza del modelo completo presentó significancia estadística significativa (Anexo 6) donde su coeficiente de determinación r^2 aj del 91,18 % de los datos explican la relación de las variables en estudio. Dicha relación se muestra gráficamente a través de la Figura 15 de contornos de superficie de respuesta donde la tendencia a variar la aceptabilidad promedio desde 5,5 hasta 7 depende principalmente de la variación de la concentración de las hojas de olivo, aunque la chirimoya también manifiesta incremento de la aceptabilidad cuando su concentración disminuye.

Figura 15

Superficie de respuesta para el efecto sobre la aceptabilidad del color

Gráfica de contorno de Color vs. B:Pulpa de chirimoya (g/L); A:Hojas de olivo



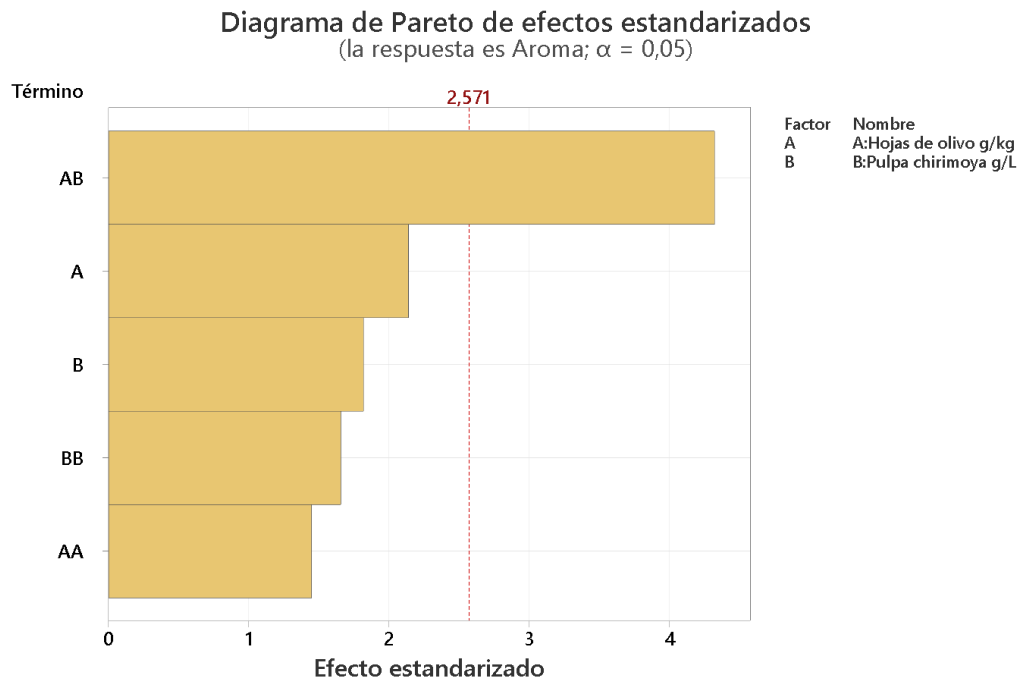
Nota: Elaborado con Minitab 20.3

5.3.2.2 Aceptabilidad del aroma

La aceptabilidad del aroma de las muestras de cerveza se ha visto influenciada significativamente (p valor $<0,05$) por el efecto de interacción de las hojas de olivo y pulpa de chirimoya tal como se puede comprobar en la gráfica de análisis de Pareto (Figura 16) desarrollado para el modelo completo que relaciona las concentraciones de hojas de olivo y pulpa de chirimoya sobre la aceptabilidad sensorial de la cerveza.

Figura 16

Análisis de Pareto para el efecto sobre la aceptabilidad del aroma



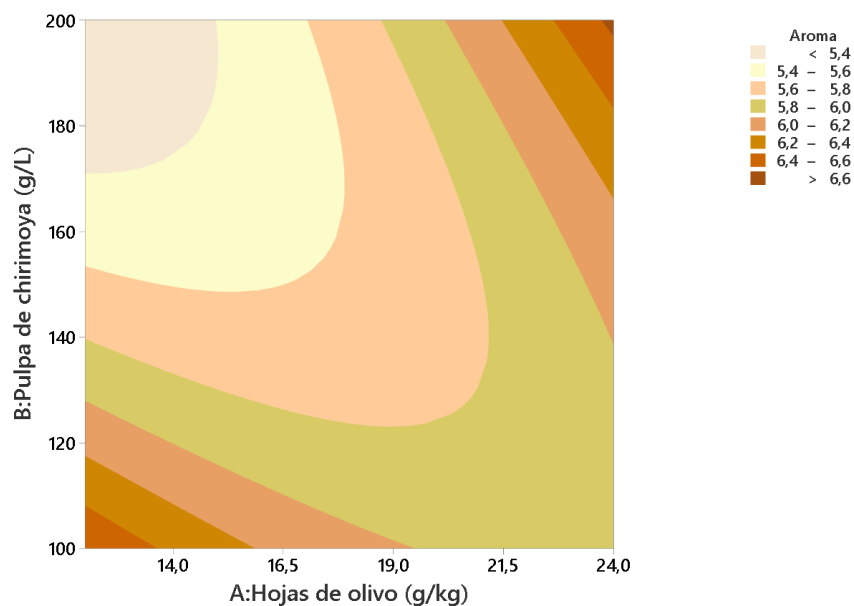
Nota: Elaborado con Minitab 20.3

Asimismo, el análisis de varianza del modelo completo presentó significancia estadística significativa (Anexo 7) donde su coeficiente de determinación r^2 aj del 73,73 % de los datos explican la relación de las variables en estudio. Dicha relación se muestra gráficamente a través de la Figura 17 de contornos de superficie de respuesta donde la tendencia a variar la aceptabilidad promedio desde 5,4 hasta 6,6 depende principalmente de la variación de la concentración de las hojas de olivo, aunque la chirimoya también manifiesta incremento de la aceptabilidad cuando su concentración disminuye.

Figura 17

Superficie de respuesta para el efecto sobre la aceptabilidad del aroma

Gráfica de contorno de Aroma vs. B:Pulpa de chirimoya (g/L); A:Hojas de olivo



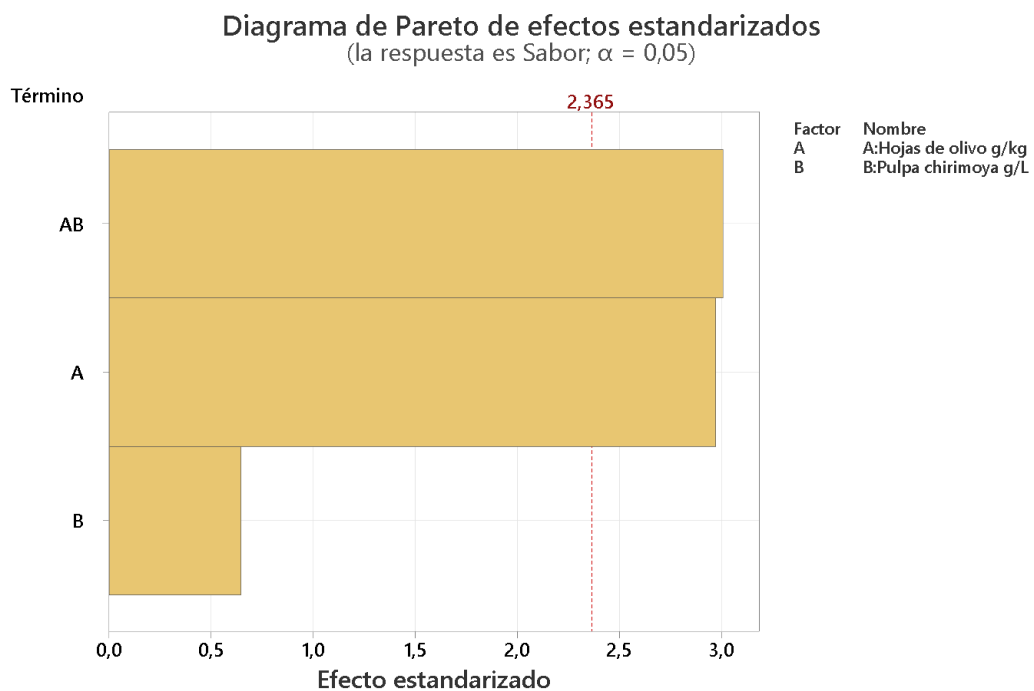
Nota: Elaborado con Minitab 20.3

5.3.2.3 Aceptabilidad sabor

La aceptabilidad del sabor de las muestras de cerveza se ha visto influenciada significativamente (p valor $< 0,05$) por el efecto lineal de la hoja de olivo y de interacción de las hojas de olivo y pulpa de chirimoya tal como se puede comprobar en la gráfica de análisis de Pareto (Figura 18) desarrollado para el modelo completo que relaciona las concentraciones de hojas de olivo y pulpa sobre la aceptabilidad sensorial de la cerveza.

Figura 18

Análisis de Pareto para el efecto sobre la aceptabilidad del sabor



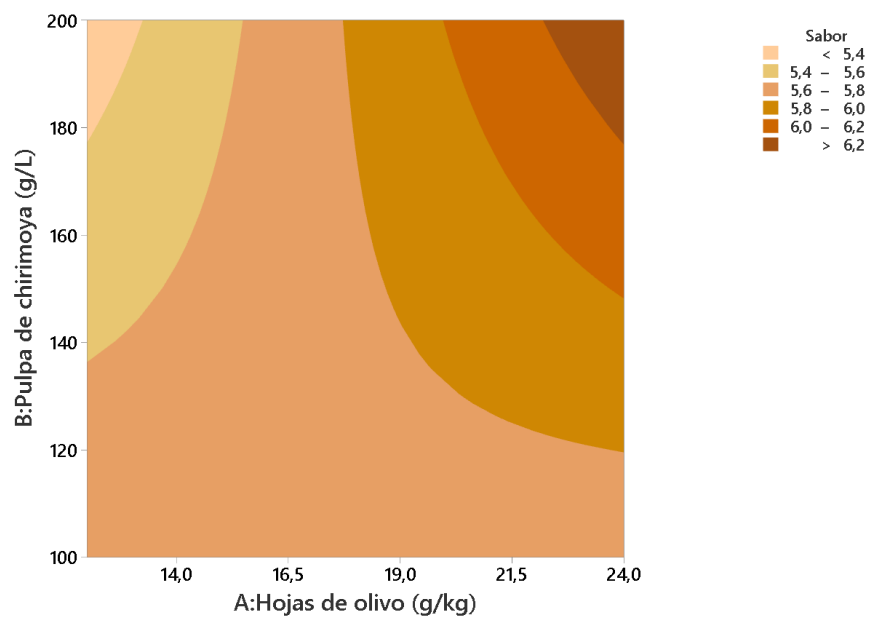
Nota: Elaborado con Minitab 20.3

Asimismo, el análisis de varianza del modelo ajustado presentó significancia estadística significativa (Anexo 8) donde el coeficiente de determinación r^2 aj del 60,42 % de los datos explican la relación de las variables en estudio. La relación se muestra gráficamente a través de la Figura 19 de contornos de superficie de respuesta donde la aceptabilidad promedio varía desde 5,4 hasta 6,2; evidenciándose que a medida que aumentan la concentración de las hojas de olivo y chirimoya se incrementa la aceptabilidad del sabor de la cerveza.

Figura 19

Superficie de respuesta para el efecto sobre la aceptabilidad del sabor

Gráfica de contorno de Sabor vs. B:Pulpa de chirimoya (g/L); A:Hojas de olivo



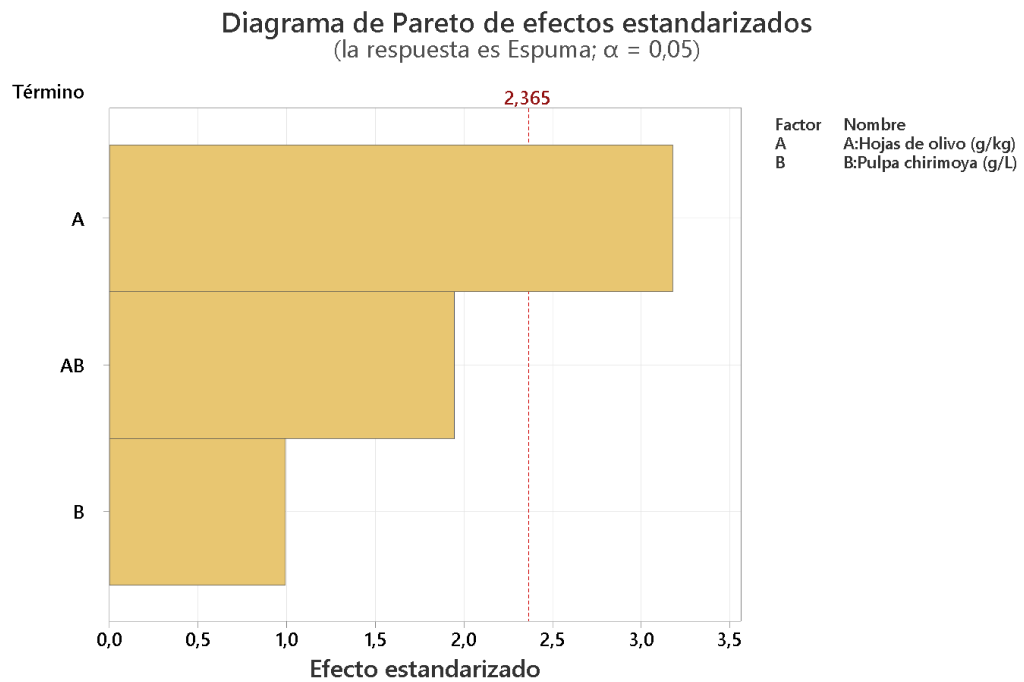
Nota: Elaborado con Minitab 20.3

5.3.2.4 Aceptabilidad de la espuma

La aceptabilidad de la espuma de las muestras de cerveza se ha visto influenciada significativamente (p valor $< 0,05$) por el efecto lineal de la hoja de olivo tal como se puede comprobar en la gráfica del análisis de Pareto (Figura 20) desarrollado para el modelo ajustado que relaciona las concentraciones de hojas de olivo y pulpa de chirimoya sobre la aceptabilidad sensorial de la espuma de la cerveza.

Figura 20

Análisis de Pareto para el efecto sobre la aceptabilidad de la espuma



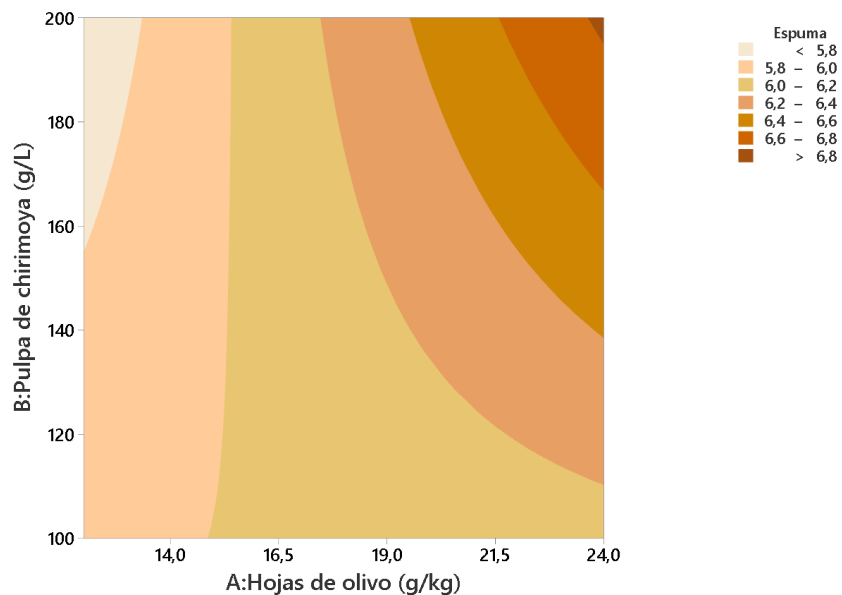
Nota: Elaborado con Minitab 20.3

Asimismo, el análisis de varianza del modelo ajustado presentó significancia estadística significativa (Anexo 9) que con un coeficiente de determinación r^2 aj del 54,23 % de los datos explican la relación de las variables en estudio. La relación se muestra gráficamente a través de la Figura 21 de contornos de superficie de respuesta donde la aceptabilidad promedio varía desde 5,8 hasta 6,8; y muestra que a medida que aumentan la concentración de las hojas de olivo y chirimoya se incrementa la aceptabilidad de la espuma de la cerveza.

Figura 21

Superficie de respuesta para el efecto sobre la aceptabilidad de la espuma

Gráfica de contorno de Espuma vs. B:Pulpa de chirimoya (g/L); A:Hojas de olivo



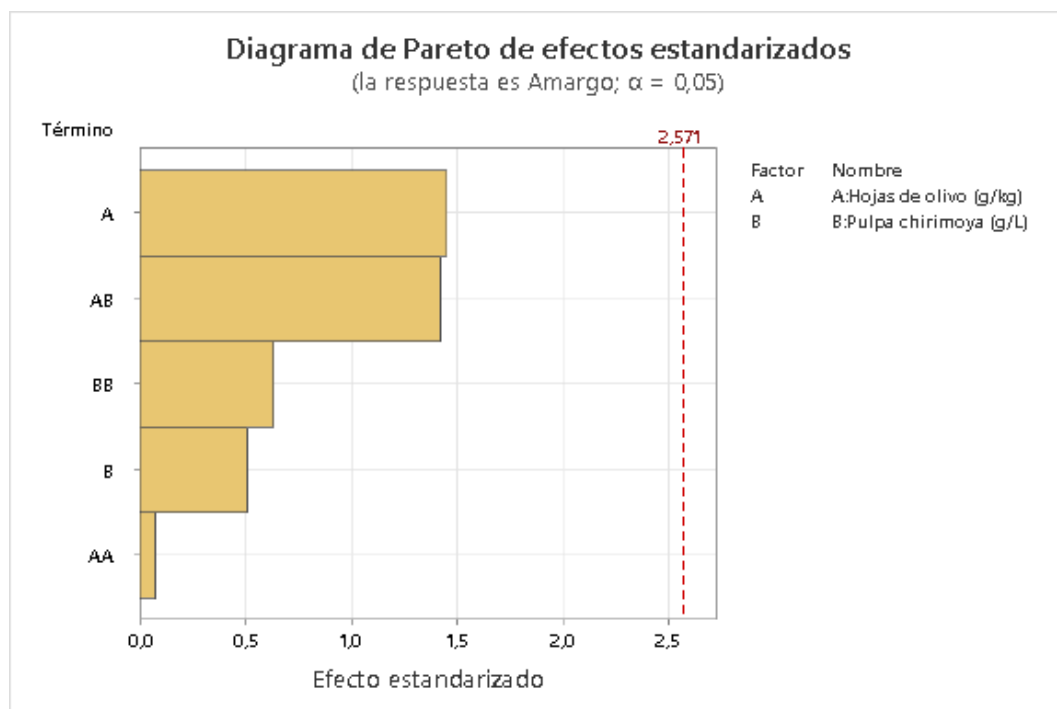
Nota: Elaborado con Minitab 20.3

5.3.2.5 Aceptabilidad del amargo

La aceptabilidad de amargo de las muestras de cerveza no se ha visto influenciada significativamente (p valor $< 0,05$) por ningún efecto del modelo completo como se puede comprobar en la gráfica del análisis de Pareto (Figura 22) que relaciona las concentraciones de hojas de olivo y pulpa de chirimoya sobre la aceptabilidad sensorial del amargo de la cerveza.

Figura 22

Análisis de Pareto para el efecto sobre la aceptabilidad del amargo



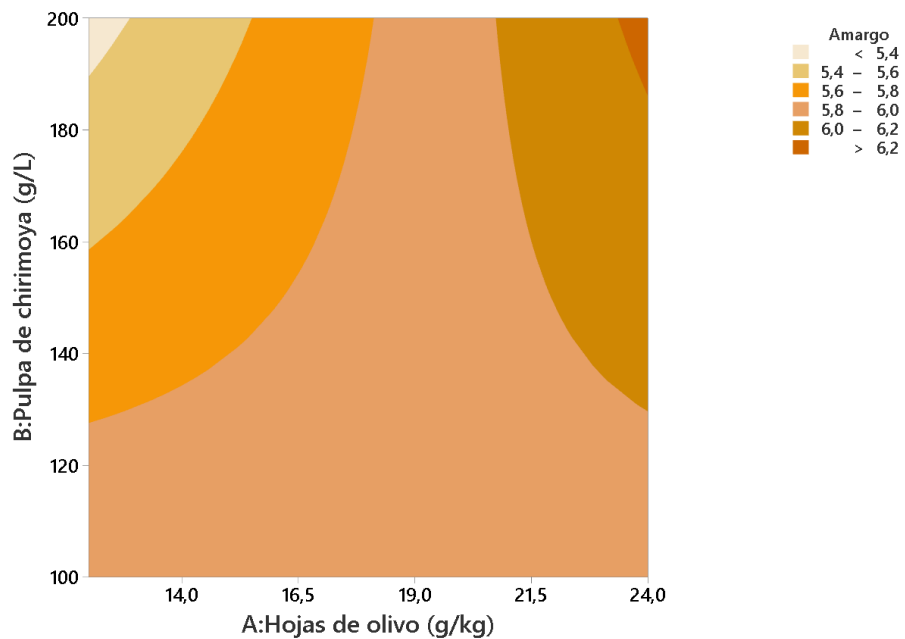
Nota: Elaborado con Minitab 20.3

Asimismo, el análisis de varianza del modelo completo no presentó significancia estadística significativa (Anexo 10) y el coeficiente de determinación r^2 aj del 0% de los datos, indica que el modelo no explica la relación de las variables en estudio. La Figura 23 de contornos de superficie de respuesta muestra que la aceptabilidad promedio varía desde 5,4 hasta 6,2; donde un aumento de la concentración de hojas de olivo incrementa la aceptabilidad del amargo, pero solo cuando hay más de 180 g/L de pulpa de chirimoya en la cerveza.

Figura 23

Superficie de respuesta para el efecto sobre la aceptabilidad del amargo

Gráfica de contorno de Amargo vs. B:Pulpa de chirimoya (g/L); A:Hojas de olivo



Nota: Elaborado con Minitab 20.3

5.3.3 Optimización

Para determinar la solución óptima se aplicó el método de optimización numérica múltiple a fin maximizar la aceptabilidad de los atributos sensoriales, y con los niveles óptimos determinar las características de las respuestas fisicoquímicas. La Tabla 6 muestra los valores optimizados tanto para las variables en estudio como para las variables respuesta

Tabla 6

Solución óptima en la elaboración de la cerveza de hojas de olivo y pulpa de chirimoya

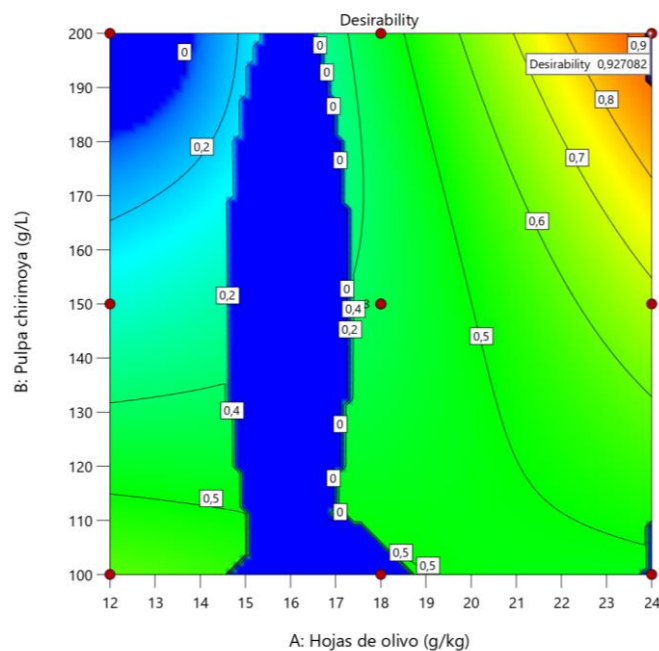
Factor	Criterio	Límite inferior	Límite superior	Óptimo
A: Hojas de olivo	en rango	12	24	23,97
B: Pulpa chirimoya	en rango	100	200	200
Color	en rango	5,375	7,1875	6,5
Aroma	maximizar	5,3125	6,75	6,64
Sabor	maximizar	5,25	6,3125	6,36
Espuma	maximizar	5,3125	6,6875	6,83
Amargo	maximizar	5,25	6,5	6,25
Grado OH	en rango	4,33	6,04	6,04
Acidez	en rango	0,315	0,441	0,42
Desirability				0,927

Nota: Elaborado con Design expert v 13.

La Figura 24 de contorno de superficie de superficie de respuesta para la solución óptima muestra la tendencia de la región en donde las respuestas principalmente sensoriales se hacen óptimas de manera simultánea que el de maximizar las concentraciones de hojas de olivo y pulpa de chirimoya, dicha solución presenta un valor de probabilidad de repetir sus resultados (Desirability) de 0,927; valor que es muy cercano a 1 y que por tanto se considera como una solución satisfactoria para ser considerada óptima.

Figura 24

Superficie de respuesta para la solución óptima en la elaboración de superficie de respuesta



Nota: Elaborado con Design expert v 13.

El flujo de elaboración de la cerveza optimizada (Figura 25) con sustitución del lúpulo por hojas de olivo y adición de pulpa de chirimoya, se muestra en la Figura 26, destacándose que se requiere de 24 g/kg malta de hojas de olivo con 200 g/L de pulpa de chirimoya para alcanzar las condiciones óptimas de elaboración que dan como resultado una bebida fermentada con 6,04 GL y 0,42 % de acidez, asimismo la aceptabilidad de los atributos color 6,5; aroma 6,64; sabor 6,36; espuma 6,83; amargo 6,25; lo que categoriza a la cerveza elaborada como “ligeramente agradable”.

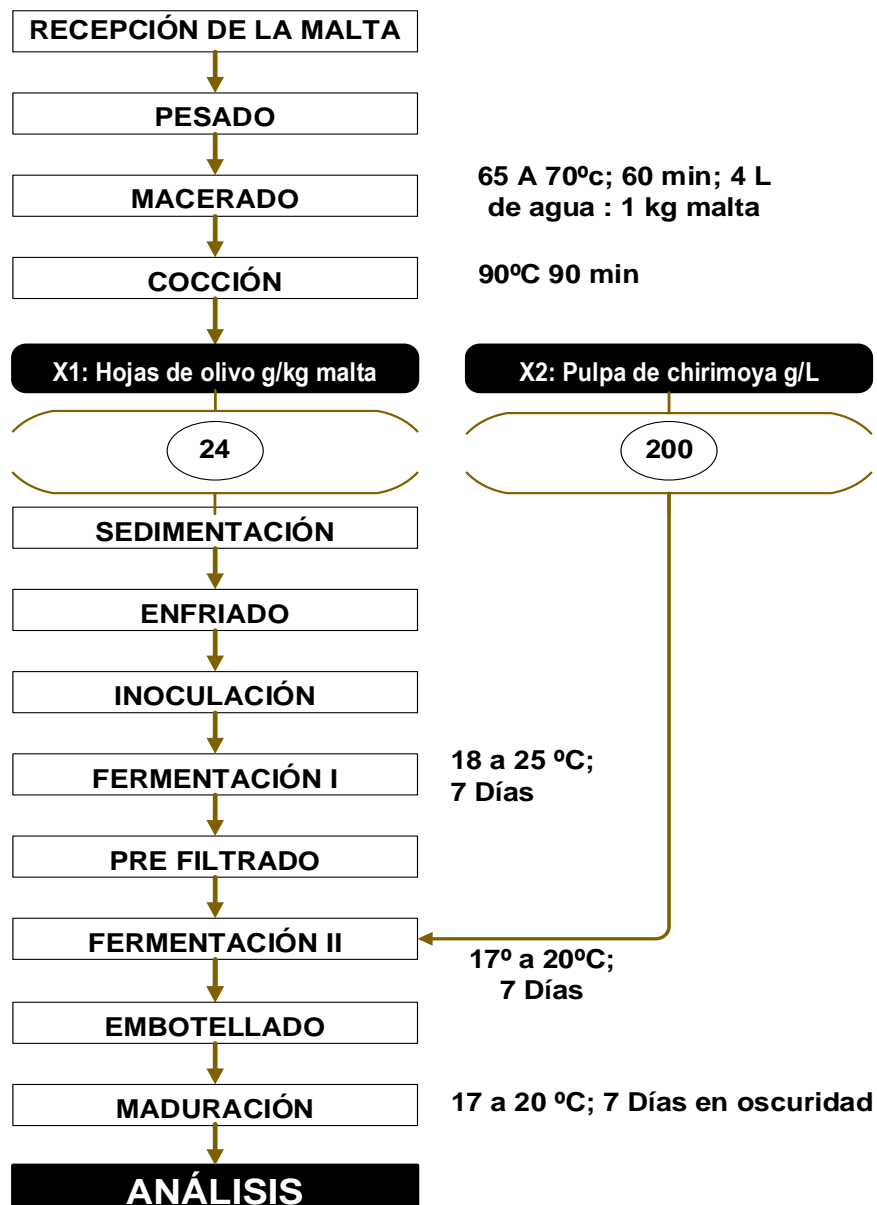
Figura 25

Muestra de cerveza optimizada



Figura 26

Flujo de elaboración de la cerveza tipo ale optimizada



- Características fisicoquímicas 6,04 GL; 0,42 % Ac. ;
- Características sensoriales: color 6,50; aroma 6,64; sabor 6,36; espuma 6,83; amargo 6,25.

5.4 Discusión

5.4.1 Influencia sobre las características fisicoquímicas

Desde el punto de vista de la acidez: Casi todas las bebidas que se consideran refrescantes y “bebibles” contienen una acidez notable como parte de un equilibrio frente a los elementos dulces. Según Spedding (2023) la concentración total de "acidez" se describe típicamente en la literatura como 220-500 partes por millón (ppm), lo que se suma a la agradable acidez de la cerveza. Aunque considera que mediciones entre 0,1 % a 0,3 % de acidez (expresada como láctica) son típicas en la cerveza, siendo los mostos de malta los que producen mayor acidez que los mostos adjuntos de malta. Las cervezas ligeras pueden tener tan solo un 0,07 % de acidez (o 700 ppm). Y en lo que respecta a la cerveza elaborada con hojas de olivo los resultados muestran contenidos de acidez entre 0,33 % a 0,44 %; es decir como de una cerveza con acidez típica donde inclusive la muestra optimizada resultó con un valor de 0,42 %. Siendo las hojas de olivo la mayor fuente de aporte de acidez ya sea porque aporta los polifenoles que dirigen el desarrollo de las levaduras, precisamente Canonico et al., (2019) determinaron que las levaduras pueden producir en las cervezas diversos perfiles de ácidos orgánicos, especialmente en lo que respecta a los ácidos acético, láctico y succínico, lo cual es un factor esencial en la calidad de la bebida.

Desde el punto de vista de la producción del alcohol: Fue influenciada significativamente por el incremento de la adición de hojas de olivo. Es decir que, a mayor concentración de hojas mayor fue la concentración de alcohol en la cerveza, lo que estaría confiriendo a las hojas de olivo como un agente que favorece la fermentación con la consecuente producción alcohólica en las muestras, muy probablemente por la capacidad antimicrobiana de los polifenoles de las hojas de olivo que restringen el crecimiento de otros microorganismos y favoreciendo el desarrollo principalmente de las levaduras. Este fenómeno lo explican Mekoue et al., (2019) quienes indican que la perturbación del crecimiento y el metabolismo de la levadura debido a los compuestos de polifenoles probablemente está relacionada con sus interacciones con la membrana plasmática de la levadura. Desde la mitad de la fase estacionaria hasta el final de la fermentación, la levadura exhibe una respuesta adaptativa, lo que resultó en una menor mortalidad evidenciando un fuerte impacto de los polifenoles en la capacidad fermentativa de la levadura.

Por ello en el proceso de ebullición del mosto se destaca por la extracción superior de compuestos fenólicos de los adjuntos agregados. Asimismo, la adición de adjuntos en el paso de maduración induce bajos aumentos en el contenido de antioxidantes y fenoles de las cervezas

enriquecidas. Las frutas representaron la mayoría de los adjuntos utilizados. Además, la adición de frutas representó un incremento positivo en el perfil volátil de la cerveza y un aumento en la aceptabilidad sensorial (Paiva et al., 2021). Este comportamiento se verificó al ser la variable concentración de pulpa de chirimoya un factor influyente y de manera significativa y positiva sobre la aceptabilidad de los atributos sabor y aroma de la cerveza en estudio.

Pauline et al. (2017) al mejorar el proceso de producción de bebidas alcohólicas a base de extracto de maíz y banano determinaron que el contenido de alcohol fue proporcional a la cantidad de banano agregada, es decir que también esta bebida en su producción alcohólica la fermentación estuvo favorecida por las concentraciones de muy probablemente de maíz que es quien aporta los polifenoles, compuestos con capacidad antimicrobiana, lo que favoreció que el rendimiento alcohólico muestre un vínculo entre la cantidad de alcohol producido y el grado brix de la mezcla antes de la fermentación, con el coeficiente de regresión de 1, coeficiente muy cercano al obtenido en el caso de la cerveza elaborada con las hojas de olivo de Tacna resultó con un coeficiente para la producción alcohólica de 0,9938 (Anexo 4).

Adama et al. (2011) al investigar las cualidades de elaboración de la cerveza de hoja amarga (*Vernonia amygdalina*) y los resultados obtenidos mostraron que la hoja amarga presenta un sustituto potencial del lúpulo en la industria cervecera de Nigeria, aunque el momento de su uso dependerá de consideraciones económicas y políticas y de la oferta y demanda de hoja amarga y lúpulo, es decir que también un factor a considerar para sustituir el lúpulo es su posible disponibilidad que pudiera influir en el costo del producto final, factor que para el caso del presente estudio no es un problema para su uso porque las hojas de olivo están disponibles porque son parte de la poda necesaria para la producción de las olivas que son de las mayores actividades agrícolas de la región Tacna y por tanto su disponibilidad no incidirá en un sobre costo sino por el contrario y considerando los costos actuales de los insumos para hacer cerveza, es una alternativa que el presente estudio demostró la factibilidad de su uso.

5.4.2 Influencia sobre las características sensoriales

Color, sabor y amargo: En cuanto al color de la cerveza, principalmente se destaca por su color ambarino turbio que fue influenciada por la presencia de las hojas de olivo, los cuales aportan los polifenoles que estarían actuando de la misma forma que actúan los polifenoles del lúpulo, pues tal como lo afirma Nurin (2021) en la cerveza, el tipo de turbidez que

es afectada por los niveles de acidez se denomina neblina coloidal no microbiana y se sucede principalmente de la combinación de proteínas y polifenoles de cereales y lúpulo, y que por lo general afectaría en menor medida a la composición estándar del sabor y el aroma de una cerveza turbia, eso explicaría que en realidad el sabor amargo más que depender de la presencia de las hojas, dependería del grado de extracción de los polifenoles de las hojas y eso ocurre durante el proceso de cocción, y puesto que dicho factor no fue una variable en estudio manteniendo constante las condiciones de a 90 °C por 90 minutos, también la percepción del sabor amargo se puede afirmar que se mantiene muy similar para las condiciones de estudio.

Sabor y Aroma: Los aromas afrutados y florales tienen una gran demanda en la industria de las bebidas, y una manera de mejorar el aroma de la cerveza es aumentando o diversificando el perfil de sabor afrutado (Holt et al., 2018). Este comportamiento también se observó en los resultados obtenidos para la cerveza con hojas de olivo y pulpa de chirimoya pues ambos ingredientes favorecieron de manera positiva la aceptabilidad de los atributos sabor y aroma alcanzando valores de aceptabilidad de 6,4 en la escala hedónica de 9 puntos; es decir se caracterizan como “gustan ligeramente”.

Experiencia desarrollada por Pereira et al., (2020) al elaborar cerveza de trigo con pedúnculo de anacardo (CP) y piel de naranja (DP) mostraron que la adición de cáscara de naranja y pedúnculo de anacardo en la cerveza mejoró el sabor de esta bebida significativamente ($P < 0,05$). El uso de estos ingredientes trae nuevas posibilidades de innovación en el sector de las bebidas, estas alternativas agregan valor a la materia prima y compuestos funcionales al producto.

Sabor y Aroma: una experiencia similar desarrollada por: Guglielmotti et al., (2020) al elaborar cerveza sustituyendo el lúpulo por hojas de olivo, determinaron que el tiempo de ebullición de las hojas de olivo favoreció la hidrólisis de la oleuropeína a 3-hidroxitirosol, lo que no implicó que la actividad antioxidante fuera influenciada por la adición de hojas de olivo. Alrededor de 10 g/L de hojas de olivo le impartió un sabor agrio/astringente y un aroma herbal. Una menor cantidad de hojas de olivo (unos 5 g/L) permitió obtener una cerveza con un perfil sensorial agradable. Resultado similar alcanzado en la cerveza elaborada con las hojas de olivo de la variedad sevillana donde se requirió de más de 21,5 g de hojas de olivo /kg de malta (6 g / L) para alcanzar niveles de aceptabilidad de “me gusta ligeramente” que resulta ser la categoría máxima alcanzada tanto para los atributos sabor y aroma.

Amargo: La fermentación de hojas de olivo genera ácidos grasos volátiles (Molina et al., 2006), y considerando que uno de los ingredientes que se usan para darle ese carácter a la cerveza es el lúpulo, el cual como indica Huerta, (2021) contiene miles de compuestos que le dan a la cerveza parte de su personalidad; uno de ellos, y de los más importantes, son los ácidos alfa. Los ácidos alfa, se encuentran dentro de la flor del lúpulo en las glándulas lupulinas junto con otro tipo de ácidos y aceites esenciales, bien se podría considerar que los volátiles generados por fermentación después de la adición de las hojas de olivo también hayan cumplido y/o reemplazado a las cualidades que aportan el lúpulo como el amargo por efecto de la presencia de alfa ácidos por los ácidos grasos volátiles de las hojas de olivo. Además como indica Méndez (2021) los aceites esenciales del lúpulo dan el aroma y sabor a la cerveza. Más de 250 aceites esenciales pueden estar presentes, como el mirceno, humuleno, linalol, cariofileno, que dan notas cítricas, a pino o picantes a la cerveza. Compuestos como humuleno, mirceno y linalol también están presentes en el aceite esencial de las hojas de olivo (Anexo 11) como lo determinaron Jurišić Grubešić et al. (2021), eso debe explicar por qué algunos catadores asumieron que era una cerveza de características usuales sin descubrir la presencia del olivo como componentes de la bebida.

La sustitución del lúpulo por las hojas de olivo en general, favoreció positivamente los atributos sensoriales de la cerveza elaborada, potenciada aún más por la presencia de la pulpa de chirimoya, ello queda demostrado por el efecto positivo que el análisis estadístico evidenció a excepción de la percepción del atributo amargo, es decir que en general las hojas de olivo dentro del rango de dosis de 12 a 24 g/kg evidenciaron que las respuestas de los panelistas fueron significativas, es decir que la aceptabilidad es similar dentro del rango de estudio, que resultó con un promedio de 6,83; valor cercano a la escala hedónica de 9: es decir calificando como me gusta moderadamente. Dicho resultado en la sustitución del lúpulo también es similar al hallado por Schuina et al. (2020) quienes evaluaron el uso de la alcachofa como un sustituto total del lúpulo en la producción de cerveza artesanal lager estadounidense. La sustitución del lúpulo por hasta 2 g·L⁻¹ de alcachofa dio como resultado una cerveza con una calidad similar a la cerveza lager americana que tradicionalmente se encuentra en el mercado. Así, se confirmó que la alcachofa también es una alternativa viable para el lúpulo, buena aceptación sensorial.

CONCLUSIONES

1. La sustitución de lúpulo por hojas de olivo y adición de pulpa de chirimoya influyó sobre las características fisicoquímicas como el grado alcohólico y la acidez, siendo directa y significativa (p valor $<0,05$) es decir, las hojas de olivo favorecen el proceso fermentativo por las levaduras.
2. La sustitución de lúpulo por hojas de olivo y adición de pulpa de chirimoya influyó sobre las características sensoriales, resultando significativo (p valor $<0,05$) para la aceptabilidad del color, aroma, sabor y espuma, mientras que para la aceptabilidad de amargo fue no significativa (p valor $>0,05$) los niveles de aceptabilidad óptimos estimados fueron: Color 6,5; Aroma 6,64; Sabor 6,36; Espuma 6,83 Amargo 6,25; lo que categoriza a la cerveza de olivo y chirimoya como “ligeramente agradable”.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar los atributos de la cerveza (es decir, la calidad percibida y el aroma que es un indicador del sabor) y los hábitos de consumo en función a las características demográficas (es decir, la edad).
2. Evaluar el efecto de la adición de hojas de olivo de otras variedades como complemento de la cerveza especial, para mejorar la estabilidad y la vida útil, y para crear un producto auténtico con un aroma rico y complejo.
3. Establecer métodos para proteger el nivel de compuestos bioactivos en cervezas especiales y optimizar las propiedades sensoriales y tecnológicas.
4. Estudiar la capacidad de las cepas de levadura no convencionales para producir perfiles de sabor novedosos, diferentes del perfil característico de *S. cerevisiae*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acar-Tek, N., & Ağagündüz, D. (2020). Olive Leaf (*Olea europaea* L. folium): Potential Effects on Glycemia and Lipidemia. *Annals of Nutrition & Metabolism*, 76(1), 10-15.
<https://doi.org/10.1159/000505508>
- Adama, K., Oberafo, A., & Dika, S. (2011). *Bitterleaf as local substitute for hops in the nigerian brewing industry*. Garki, Abuja, Nigeria: Scholars Research Library.
<https://www.scholarsresearchlibrary.com/articles/bitterleaf-as-local-substitute-for-hops-in-the-nigerian-brewing-industry.pdf>
- Amoo, I. A., Emenike, A. E., & Akpambang, V. (2008). Compositional Evaluation of *Annona cherimoya* (Custard Apple) Fruit. *Trends in Applied Sciences Research*, 3, 216-220.
<https://doi.org/10.3923/tasr.2008.216.220>
- Aquilani, B., Laureti, T., Poponi, S., & Secondi, L. (2015). Beer choice and consumption determinants when craft beers are tasted: An exploratory study of consumer preferences. *Food Quality and Preference*, 41, 214-224.
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.12.005>

- Arrow Scientific. (2013). *Definitions of words used in Sensory Science*.
[https://www.arrowscientific.com.au/index.php?option=com_content
&view=article&id=30:definitions-of-words-used-in-sensory-
science&catid=15&Itemid=32](https://www.arrowscientific.com.au/index.php?option=com_content&view=article&id=30:definitions-of-words-used-in-sensory-science&catid=15&Itemid=32)
- ASBC. (2008). *Methods of Analysis Beer 4. Alcohol*. ASBC Methods of Analysis. <https://www.asbcnet.org/Methods/pages/default.aspx>
- Auvray, M., & Spence, C. (2008). *The multisensory perception of flavor*. Consciousness and Cognition.
- Axcell, B. (2007). R&D in brewing: The importance of underpinning knowledge. *Proc Eur Brew Conv*31, 173.
- Barreca, D., Lagana, G., Ficarra, S., Tellone, E., Leuzzi, U., Galtieri, A., & Bellocco, E. (2011). Evaluation of the antioxidant and cytoprotective properties of the exotic fruit *Annona cherimola* Mill. (*Annonaceae*). *Food Research International*, 44.
- Basso, R., Alcarde, A., & Portugal, C. (2016). *Could non-Saccharomyces yeasts contribute on innovative brewing fermentations?* *Food Research International*. 112-120.
- Bonciu, C. (2008). *Comparison between Two Fermentation Methods for the Obtaining of Beer with Strawberries*. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*.
- Borșa, A., Muntean, M. V., Salanță, L. C., Tofană, M., Socaci, S. A., Mudura,

- E., Pop, A., & Pop, C. R. (2022). Effects of Botanical Ingredients Addition on the Bioactive Compounds and Quality of Non-Alcoholic and Craft Beer. *Plants*, 11(15), Article 15. <https://doi.org/10.3390/plants11151958>
- Calu, M., Duta, D., Pruteanu, E. M., & Stoica, M. (2010). Electronic Nose and sensorial characterization—Discrimination for seven apple types stored, 7 months, in refrigeration and controlled atmosphere conditions. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 16, 376-381.
- Canonico, L., Galli, E., Ciani, E., Comitini, F., & Ciani, M. (2019). Exploitation of Three Non-Conventional Yeast Species in the Brewing Process. *Microorganisms*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7010011>
- Casey, G. (1996). Practical applications of pulsed field electrophoresis and yeast chromosome fingerprinting in brewing QA and R&D. *Tech Q Master Brew Assoc Am*33.
- Daniels, R. (2012). *Beer Color Demystified | MoreBeer*. https://www.morebeer.com/articles/beer_color_srm
- De Keukeleire, D. (2000). Fundamentals of beer and hop chemistry. *Química Nova*, 23, 108-112. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000100019>

- Eun, S. E. (2019, febrero 8). *Sensory evaluation—Jones & Bartlett Learning* / *sensory-evaluation-jones-amp-bartlett-learning.pdf* / PDF4PRO. PDF4PRO. <https://pdf4pro.com/amp/view/sensory-evaluation-jones-amp-bartlett-learning-5d146d.html>
- Franzen, L., Pluschke, J., Bernardes, A. M., & Geißen, S.-U. (2023). Polyphenols in food processing wastewaters: A review on their identification and recovery. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 5, 100048. <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2023.100048>
- Glover, B. (2001). *The World Encyclopedia of Beer* (A. Publishing, Ed.). Lorenz Books.
- González, M. (2013). *Cherimoya (Annona cherimola Miller), fruit-bearing tropical and sub-tropical of promissory values*. Cultivos Tropicales. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-593620130003000008&script=sci_abstract&tlng=en
- Granato, D., & Ares, G. (2014). *Mathematical and Statistical Methods in Food Science and Technology*. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Greene king. (2022, abril 22). *Differences between Lager and Ale* | *Greene King Shop*. <https://shop.greeneking.co.uk/blogs/news/lager-vs-ale-whats-the-difference>
- Guglielmotti, M., Passaghe, P., & Buiatti, S. (2020). Use of olive (*Olea*

europaea L.) leaves as beer ingredient, and their influence on beer chemical composition and antioxidant activity. *Journal of Food Science*, 85(8), 2278-2285. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15318>

Ho, P. (2015). *Statistical methods and tools for analysing sensory food texture* (U. U. of Leeds, Ed.).

Holt, S., Miks, M. H., de Carvalho, B. T., Foulquié-Moreno, M. R., & Thevelein, J. M. (2018). The molecular biology of fruity and floral aromas in beer and other alcoholic beverages. *FEMS Microbiology Reviews*, 43(3), 193-222. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuy041>

Hough, G., Wakeling, I., Muccia, A., Chamber, E., M ndez, I., & Range, L. (2006). *Number of consumers necessary for sensory acceptability tests*. Food Quality and Preference.

Huang, Y.-L., Oppong, M. B., Guo, Y., Wang, L.-Z., Fang, S.-M., Deng, Y.-R., & Gao, X.-M. (2019). The Oleaceae family: A source of secoiridoids with multiple biological activities. *Fitoterapia*, 136, 104155. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2019.04.010>

Huerta, P. (2021, octubre 8). Ácidos Alfa. *Lupuleros.com*. <https://lupuleros.com/acidos-alfa/>

Iserentant, D. (2003). *Beers: Recent Technological Innovations in Brewing*. Fermented Beverage Production, 41 58.

Issanchou, S., & Nicklaus, S. (2006). *6—Measuring consumers perceptions of sweet taste*. Woodhead Publishing.

Jentsch, M. (2007). *Top-fermented beer specialities in focus*. *Brauwelt Int*5, 332 334.

Jurišić Grubešić, R., Nazlić, M., Miletić, T., Vuko, E., Vuletić, N., Ljubenkov, I., & Dunkić, V. (2021). Antioxidant Capacity of Free Volatile Compounds from *Olea europaea* L. cv. *Oblica* Leaves Depending on the Vegetation Stage. *Antioxidants*, 10(11), 1832. <https://doi.org/10.3390/antiox10111832>

Lama-Muñoz, A., Contreras, M. del M., Espínola, F., Moya, M., Romero, I., & Castro, E. (2020). Content of phenolic compounds and mannitol in olive leaves extracts from six Spanish cultivars: Extraction with the Soxhlet method and pressurized liquids. *Food Chemistry*, 320, 126626. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126626>

Legras, J., Merdinoglu, D., Cornuet, J., & Karst, F. (2019). *Bread, beer and wine: Saccharomyces cerevisiae diversity reflects human history*. *Mol Ecol*16:

Lodolo, E., Kock, J., Axce, B., & Brooks, M. (2008). *The yeast Saccharomyces cerevisiae the main character in beer brewing*. *FEMS Yeast Research*, 1018 1036.

Mannino, G., Gentile, C., Porcu, A., Agliassa, C., Caradonna, F., & Berteau,

- C. (2020). *Chemical profile and biological activity of cherimoya (Annona cherimola Mill.) and atemoya (Annona atemoya). Leaves. Molecules. 25(2612).*
- Mekoue, J., Vernhet, A., Julien-Ortiz, A., Sieczkowski, N., & Mouret, J.-R. (2019). Effect of grape must polyphenols on yeast metabolism during alcoholic fermentation. *Food Research International (Ottawa, Ont.), 121*, 161-175. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.038>
- Mendez, M. (2021, agosto 24). *Cerveza*. Twitter. <https://twitter.com/nanoprofe/status/1555649175236362240>
- Molina, E., Martín, A. I., Yáñez, D., Moumen, A., & Boza, J. (2006). *Características de la fermentación ruminal de caprino y ovino, alimentados con heno de alfalfa y subproductos del olivar. 2.* <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017714004.pdf>
- Moreno, C. (2017). *Fermentación Alcohólica*. <https://es.slideshare.net/CarlosJavierMorenoOs/presentacion-de-fermentacion-carlos-moreno-25668083-10-segundo-corte-77918235>
- Mosher, M., & Trantham, K. (2017). *Brewing Science: A Multidisciplinary Approach*. Cham, Switzerland: Springer.
- Mounjouenpou, P., Okouda, A., Bongse, A., Maboune, A., & Tanya, A. (2017). *Production technique and sensory evaluation of traditional*

alcoholic beverage based maize and banana. International Journal of Gastronomy and Food Science.

Muresan, C., Pop, A., Muste, S., Socaci, S., Scrob, S., & Baraian, C. (2014).

Sensory analysis of beer with different flavors. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies.

Nardini, M., & Garaguso, I. (2020). Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. *Food Chemistry*, 305, 125437.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125437>

Nediani, C., Ruzzolini, J., Romani, A., & Calorini, L. (2019). Oleuropein, a Bioactive Compound from *Olea europaea* L., as a Potential Preventive and Therapeutic Agent in Non-Communicable Diseases.

Antioxidants (Basel, Switzerland), 8(12), 578.

<https://doi.org/10.3390/antiox8120578>

Norma Técnica Peruana NTP 213.014. (2016). *CERVEZA. Requisitos*. INACAL.

Nurin, T. (2021, junio 21). Protein Haze: How Understanding pH Will Help You Brew Intentionally Unclear Beer. *Precision Fermentation*.

<https://www.precisionfermentation.com/blog/protein-haze-in-beer-understanding-ph/>

Paiva, R. A. M., Mutz, Y. S., & Conte-Junior, C. A. (2021). A Review on the Obtaining of Functional Beers by Addition of Non-Cereal Adjuncts

Rich in Antioxidant Compounds. *Antioxidants*, 10(9), Article 9.
<https://doi.org/10.3390/antiox10091332>

Pauline, M., Alexandre, O., Andoseh, B. K., Abeline, M. T. S., & Agatha, T. (2017). Production technique and sensory evaluation of traditional alcoholic beverage based maize and banana. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 10, 11-15.
<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2017.09.003>

Pereira, I. M. C., Matos Neto, J. D., Figueiredo, R. W., Carvalho, J. D. G., Figueiredo, E. A. T. de, Menezes, N. V. S. de, & Gaban, S. V. F. (2020). Physicochemical characterization, antioxidant activity, and sensory analysis of beers brewed with cashew peduncle (*Anacardium occidentale*) and orange peel (*Citrus sinensis*). *Food Science and Technology*, 40, 749-755.
<https://doi.org/10.1590/fst.17319>

Rainieri, S., Kodama, Y., Kaneko, Y., Mikata, K., Nakao, Y., & Ashikari, T. (2006). Pure and mixed genetic lines of *Saccharomyces bayanus* and *Saccharomyces pastorianus* and their contribution to the lager brewing strain genome. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(6), 3968-3974. <https://doi.org/10.1128/AEM.02769-05>

Rodríguez-López, P., Lozano-Sánchez, J., Borrás-Linares, I., Emanuelli, T., Menendez, J. A., & Segura-Carretero, A. (2021). Chapter 10 -

Polyphenols in olive oil: The importance of phenolic compounds in the chemical composition of olive oil. En V. R. Preedy & R. R. Watson (Eds.), *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention (Second Edition)* (pp. 111-122). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819528-4.00007-9>

Romero-García, J. M., Niño, L., Martínez-Patiño, C., Álvarez, C., Castro, E., & Negro, M. J. (2014). Biorefinery based on olive biomass. State of the art and future trends. *Bioresource Technology*, 159, 421-432.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.03.062>

Schuina, G. L., Quelhas, J. O. F., Castilhos, M. B. M. de, Carvalho, G. B. M. de, & Del Bianchi, V. L. (2020). Alternative production of craft lager beers using artichoke (*Cynara scolymus* L.) as a hops substitute. *Food Science and Technology*.
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612020000100157&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Spedding, G. (2023). *The Oxford Companion to Beer Definition of acidity*. Craft Beer & Brewing.
<http://beerandbrewing.com/dictionary/Bc3C4qEYz3/>

TJBR. (2018, enero 1). Aprende a leer la ficha técnica de una cerveza. *Tres Jotas Beer Club*. <https://tresjotasbeerclub.com/ficha-tecnica-cerveza/>

- Towhatplace. (2017, noviembre 22). Artesanal es Mejor, Craft Beers in Peru. *to what place*.
<https://www.towhatplace.com/features/artesanal-es-mejor-peruvian-craft-beers/>
- Voss, G. B., Oliveira, A. L. S., Alexandre, E. M. da C., & Pintado, M. E. (2022). Chapter 1 - Importance of polyphenols: Consumption and human health. En M. E. Pintado, J. M. A. Saraiva, & E. M. da C. Alexandre (Eds.), *Technologies to Recover Polyphenols from AgroFood By-products and Wastes* (pp. 1-23). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85273-9.00008-9>
- Xie, F., Lei, Y., Han, X., Zhao, Y., & Zhang, S. (2020). Antioxidant ability of polyphenols from black rice, buckwheat and oats: In vitro and in vivo. *Czech Journal of Food Sciences*, 38(No. 4), 242-247.
<https://doi.org/10.17221/248/2018-CJFS>
- Zdaniewicz, M., Satora, P., Pater, A., & Bogacz, S. (2020). Low Lactic Acid-Producing Strain of *Lachancea thermotolerans* as a New Starter for Beer Production. *Biomolecules*, 10(2), Article 2.
<https://doi.org/10.3390/biom10020256>

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de prueba sensorial hedónica

Pruebe y evalúe cada muestra usando la escala presentada para describir su nivel de agrado del atributo correspondiente.

Atributo: _____

ESCALA	304	454	604	574	524	377	799	733	711	613	312
Me gusta extremadamente											
Me gusta mucho											
Me gusta moderadamente											
Me gusta ligeramente											
Ni me gusta ni me disgusta											
Me disgusta un poco											
No me gusta moderadamente											
Me disgusta mucho											
Me disgusta extremadamente											

Nota :Eun (2019)

Observaciones: _____

Anexo 2. Cerveza. Requisitos

7.2 Requisitos específicos

7.2.1 La cerveza debe cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 1 .

TABLA 1

PARÁMETROS MEDIDOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Contenido alcohólico a 20° C	% (v/v)	0,5	NTP 213.004
Extracto original	° Plato	5	NTP 213.037
Contenido de dióxido de carbono	Volúmenes de CO ₂	0.3	NTP 213.038
Color	EBC	*	NTP 213.027

Nota: Norma Técnica Peruana NTP 213.014 (2016)

Anexo 3. Composición proximal de las materias primas utilizadas

Componente	Hojas de olivo	Chirimoya
Humedad	49,56%	65,74%
Cenizas	4,34%	0,97%
Proteínas	6,02%	1,65%
Grasas	7,12%	2,895%
Fibras	7,96%	0,28%
Carbohidratos	24,99%	28,47%

Anexo 4 Análisis estadístico para el grado alcohólico

Coefficientes codificados

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	4,3916	0,0290	151,28	0,000	
A: Hojas de olivo g/kg	0,6550	0,0231	28,35	0,000	1,00
B: Pulpa chirimoya g/L	-0,0000	0,0231	-0,00	1,000	1,00
A *A	0,9661	0,0356	27,17	0,000	1,08
B*B	0,0411	0,0356	1,15	0,300	1,08
A*B	-0,0000	0,0283	-0,00	1,000	1,00

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0,0565871	99,69%	99,38%	98,99%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	5,18168	1,03634	323,64	0,000
A: Hojas de olivo g/kg	1	2,57415	2,57415	803,89	0,000
B: Pulpa chirimoya g/L	1	0,00000	0,00000	0,00	1,000
A *A	1	2,36425	2,36425	738,34	0,000
B*B	1	0,00427	0,00427	1,33	0,300
A*B	1	0,00000	0,00000	0,00	1,000
Error	5	0,01601	0,00320		
Falta de ajuste	3	0,00474	0,00158	0,28	0,839
Error puro	2	0,01127	0,00563		
Total	10	5,19769			

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Grado OH} = & 11,491 - 0,8569 \text{ A:Hojas de olivo g/kg} - 0,00493 \text{ B:Pulpa chirimoya g/L} \\ & + 0,026835 \text{ A:Hojas de olivo g/kg*A:Hojas de olivo g/kg} \\ & + 0,000016 \text{ B:Pulpa chirimoya g/L*B:Pulpa chirimoya g/L} \\ & - 0,000000 \text{ A:Hojas de olivo g/kg*B:Pulpa chirimoya g/L} \end{aligned}$$

Anexo 5. Análisis estadístico para la acidez

Coefficientes codificados

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,3348	0,0124	27,10	0,000	
A: Hojas de olivo g/kg	0,0210	0,0113	1,86	0,105	1,00
B: Pulpa chirimoya g/L	0,0225	0,0113	1,99	0,086	1,00
A *A	0,0462	0,0167	2,76	0,028	1,00

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0,0276284	68,29%	54,69%	16,33%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	0,011505	0,003835	5,02	0,036
A: Hojas de olivo g/kg	1	0,002646	0,002646	3,47	0,105
B: Pulpa chirimoya g/L	1	0,003037	0,003037	3,98	0,086
A *A	1	0,005821	0,005821	7,63	0,028
Error	7	0,005343	0,000763		
Falta de ajuste	5	0,004317	0,000863	1,68	0,413
Error puro	2	0,001026	0,000513		
Total	10	0,016848			

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Acidez (\%)} = & 0,620 && - 0,0427 \text{ A:Hojas de olivo g/kg} \\ & + 0,000450 \text{ B:Pulpa chirimoya g/L} \\ & + 0,001283 \text{ A:Hojas de olivo g/kg} * \text{A:Hojas de olivo g/kg} \end{aligned}$$

Anexo 6. Análisis estadístico para la aceptabilidad color

Coefficientes codificados

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	5,8783	0,0850	69,18	0,000	
A: Hojas de olivo g/kg	0,5625	0,0676	8,32	0,000	1,00
B: Pulpa chirimoya g/L	-0,3542	0,0676	-5,24	0,003	1,00
A*A	0,273	0,104	2,62	0,047	1,08
B*B	0,148	0,104	1,42	0,214	1,08
A*B	-0,0000	0,0828	-0,00	1,000	1,00

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0,165649	95,59%	91,18%	68,19%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	2,97289	0,59458	21,67	0,002
A: Hojas de olivo g/kg	1	1,89844	1,89844	69,19	0,000
B: Pulpa chirimoya g/L	1	0,75260	0,75260	27,43	0,003
A*A	1	0,18884	0,18884	6,88	0,047
B*B	1	0,05551	0,05551	2,02	0,214
A*B	1	0,00000	0,00000	0,00	1,000
Error	5	0,13720	0,02744		
Falta de ajuste	3	0,08772	0,02924	1,18	0,489
Error puro	2	0,04948	0,02474		
Total	10	3,11009			

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Color} = & 9,04 - 0,179 \text{ A:Hojas de olivo g/kg} \\ & - 0,0248 \text{ B:Pulpa chirimoya g/L} \\ & + 0,00758 \text{ A:Hojas de olivo g/kg} * \text{A:Hojas de olivo g/kg} \\ & + 0,000059 \text{ B:Pulpa chirimoya g/L} * \text{B:Pulpa chirimoya g/L} \\ & - 0,000000 \text{ A:Hojas de olivo g/kg} * \text{B:Pulpa chirimoya g/L} \end{aligned}$$

Anexo 7. Análisis estadístico para la aceptabilidad de aroma

Coefficientes codificados

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	5,638	0,123	46,01	0,000	
A: Hojas de olivo g/kg	0,2083	0,0975	2,14	0,086	1,00
B: Pulpa chirimoya g/L	-0,1771	0,0975	-1,82	0,129	1,00
A: *A	0,217	0,150	1,45	0,208	1,08
B*B	0,248	0,150	1,65	0,159	1,08
A*B	0,516	0,119	4,32	0,008	1,00

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0,238891	86,87%	73,73%	17,33%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	1,8872	0,37745	6,61	0,029
A: Hojas de olivo g/kg	1	0,2604	0,26042	4,56	0,086
B: Pulpa chirimoya g/L	1	0,1882	0,18815	3,30	0,129
A: *A	1	0,1194	0,11941	2,09	0,208
B*B	1	0,1563	0,15626	2,74	0,159
A*B	1	1,0635	1,06348	18,63	0,008
Error	5	0,2853	0,05707		
Falta de ajuste	3	0,1603	0,05345	0,86	0,579
Error puro	2	0,1250	0,06250		
Total	10	2,1726			

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned}
 \text{Aroma} = & 14,37 - 0,440 \text{ A:Hojas de olivo g/kg} \\
 & - 0,0643 \text{ B:Pulpa chirimoya g/L} \\
 & + 0,00603 \text{ A:Hojas de olivo g/kg} * \text{A:Hojas de olivo g/kg} \\
 & + 0,000099 \text{ B:Pulpa chirimoya g/L} * \text{B:Pulpa chirimoya g/L} \\
 & + 0,001719 \text{ A:Hojas de olivo g/kg} * \text{B:Pulpa chirimoya g/L}
 \end{aligned}$$

Anexo 8. Análisis estadístico para la aceptabilidad del sabor

Coefficientes codificados

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	5,7727	0,0596	96,90	0,000	
A:Hojas de olivo g/kg	0,2396	0,0807	2,97	0,021	1,00
B:Pulpa chirimoya g/L	0,0521	0,0807	0,65	0,539	1,00
A:Hojas de olivo g/kg*B:Pulpa chirimoya g/L	0,2969	0,0988	3,00	0,020	1,00

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0,197589	72,30%	60,42%	15,28%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	0,71322	0,23774	6,09	0,023
A:Hojas de olivo g/kg	1	0,34440	0,34440	8,82	0,021
B:Pulpa chirimoya g/L	1	0,01628	0,01628	0,42	0,539
A:Hojas de olivo g/kg*B:Pulpa chirimoya g/L	1	0,35254	0,35254	9,03	0,020
Error	7	0,27329	0,03904		
Falta de ajuste	5	0,17954	0,03591	0,77	0,650
Error puro	2	0,09375	0,04688		
Total	10	0,98651			

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\text{Sabor} = 7,570 - 0,1085 \text{ A:Hojas de olivo g/kg} - 0,01677 \text{ B:Pulpa chirimoya g/L} + 0,000990 \text{ A:Hojas de olivo g/kg*B:Pulpa chirimoya g/L}$$

Anexo 9. Análisis estadístico para la aceptabilidad de la espuma

Coefficientes codificados

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	6,1477	0,0775	79,29	0,000	
A: Hojas de olivo (g/kg)	0,333	0,105	3,18	0,016	1,00
B: Pulpa chirimoya (g/L)	0,104	0,105	0,99	0,354	1,00
A: *B	0,250	0,129	1,94	0,093	1,00

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0,257144	67,96%	54,23%	0,00%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	0,98177	0,327257	4,95	0,038
A: Hojas de olivo (g/kg)	1	0,66667	0,666667	10,08	0,036
B: Pulpa chirimoya (g/L)	1	0,0651	0,065104	0,98	0,016
A: *B	1	0,25	0,25	3,78	0,354
Error	7	0,46286	0,066123		0,093
Falta de ajuste	5	0,45526	0,091051	23,95	0,093
Error puro	2	0,0076	0,003802		
Total	10	1,44463			0,041

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Espuma} = & 7,09 - 0,0694 \text{ A:Hojas de olivo (g/kg)} \\ & - 0,01292 \text{ B:Pulpa chirimoya (g/L)} \\ & + 0,000833 \text{ A:Hojas de olivo (g/kg)*B:Pulpa chirimoya (g/L)} \end{aligned}$$

Anexo 10. Análisis estadístico para la aceptabilidad del amargo

Coefficientes codificados

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	5,931	0,180	32,93	0,000	
A: Hojas de olivo g/kg	0,208	0,143	1,45	0,206	1,00
B: Pulpa chirimoya g/L	-0,073	0,143	-0,51	0,633	1,00
A *A	0,016	0,221	0,07	0,943	1,08
B*B	-0,140	0,221	-0,63	0,554	1,08
A*B	0,250	0,176	1,42	0,214	1,00

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0,351142	49,03%	0,00%	0,00%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	0,59301	0,118603	0,96	0,516
A: Hojas de olivo g/kg	1	0,26042	0,260417	2,11	0,206
B: Pulpa chirimoya g/L	1	0,0319	0,031901	0,26	0,633
A *A	1	0,00069	0,000685	0,01	0,943
B*B	1	0,04951	0,049513	0,4	0,554
A*B	1	0,25	0,25	2,03	0,214
Error	5	0,6165	0,1233		
Falta de ajuste	3	0,57484	0,191612	9,2	0,1
Error puro	2	0,04167	0,020833		
Total	10	1,20952			

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned}
 \text{Amargo} = & 6,66 - 0,107 \text{ A:Hojas de olivo (g/kg)} \\
 & + 0,0003 \text{ B:Pulpa chirimoya (g/L)} \\
 & + 0,00046 \text{ A:Hojas de olivo (g/kg)*A:Hojas de olivo (g/kg)} \\
 & - 0,000056 \text{ B:Pulpa chirimoya (g/L)*B:Pulpa chirimoya (g/L)} \\
 & + 0,000833 \text{ A:Hojas de olivo (g/kg)*B:Pulpa chirimoya (g/L)}
 \end{aligned}$$

Anexo 11. Compuestos volátiles de hojas de olivo

Table 2. Chemical composition of the essential oil of *Olea europaea* L. cv. Oblica from six months.

Component	R1 ¹	R1 ²	Month of Collection/ Yield in %/ Yield in % ± SD					
			December (0.1%)	January (0.1%)	February (0.1%)	March (0.04%)	April (0.2%)	May (0.08%)
Monoterpene hydrocarbons			1.9	0.38	0.28	-	-	-
α -Thujene	924	1012	0.62 ± 0.01	-	-	-	-	-
α -Pinene *	935	1017	0.32 ± 0.01	0.38 ± 0.01	-	-	-	-
Myrcene	988	1160	0.75 ± 0.01	-	-	-	-	-
β -Thujone	1121	1451	0.21 ± 0.05	-	0.28 ± 0.01	-	-	-
Oxygenated monoterpenes			1.41	-	9.9	-	-	-
Linalool *	1099	1548	0.88 ± 0.01	-	9.35 ± 0.01	-	-	-
Borneol *	1176	1699	0.21 ± 0.04	-	0.17 ± 0.03	-	-	-
Terpinen-4-ol	1184	1601	0.32 ± 0.01	-	0.38 ± 0.01	-	-	-
Sesquiterpene hydrocarbons			10.48	16.58	24.32	32.37	30.86	40.57
α -Cubebene	1345	1458	-	-	10.54 ± 0.01	-	-	-
α -Copaene	1374	1484	-	3.29 ± 0.03	-	-	-	7.79 ± 0.01
β -Cubebene	1387	1540	-	-	1.34 ± 0.01	-	2.64 ± 0.01	8.99 ± 0.01
β -Elemene	1389	1593	1.64 ± 0.01	0.63 ± 0.01	-	-	-	0.66 ± 0.07
β -Caryophyllene *	1424	1585	2.82 ± 0.01	2.87 ± 0.02	1.86 ± 0.01	10.45 ± 0.01	0.39 ± 0.06	1.26 ± 0.01
β -Copaene	1429	1576	0.27 ± 0.05	3.26 ± 0.02	2.25 ± 0.01	-	2.95 ± 0.01	2.38 ± 0.01
(Z)- β -Farnesene	1454	1639	0.24 ± 0.1	0.29 ± 0.01	-	-	-	-
α -Humulene	1456	1654	0.75 ± 0.01	0.78 ± 0.01	0.78 ± 0.01	0.72 ± 0.01	18.53 ± 0.01	14.75 ± 0.01
$allo$ -Aromadendrene	1465	1662	2.92 ± 0.05	2.98 ± 0.02	1.44 ± 0.02	20.94 ± 0.01	5.98 ± 0.01	4.74 ± 0.01
Germacrene D	1481	1692	0.46 ± 0.01	0.99 ± 0.03	4.76 ± 0.01	0.26 ± 0.02	0.37 ± 0.01	-
β -Bisabolene	1494	1729	0.63 ± 0.01	0.75 ± 0.01	0.64 ± 0.07	-	-	-
δ -Cadinene	1517	1745	0.75 ± 0.01	0.74 ± 0.01	0.71 ± 0.01	-	-	-
Oxygenated sesquiterpenes			21.91	22.38	1.34	-	0.68	7.03
Spathulenol	1577	2101	0.32 ± 0.01	0.35 ± 0.05	0.38 ± 0.05	-	-	-
Caryophyllene oxide *	1581	1955	17.13 ± 0.03	21.27 ± 0.01	0.96 ± 0.01	-	0.68 ± 0.01	-
α -Cadinol	1655	2208	4.46 ± 0.01	0.76 ± 0.03	-	-	-	7.03 ± 0.01
Phenolic compounds			33.02	27.85	4.18	2.03	-	2.95
Eugenol *	1370	2175	-	-	-	0.91 ± 0.1	-	-
Myristicin	1520	2260	33.02 ± 0.01	27.85 ± 0.01	4.18 ± 0.01	1.12 ± 0.01	-	2.95 ± 0.01
Hydrocarbons			13.03	10.72	19.25	42.81	6.9	8.58
Heneicosane *	2100	2100	0.23 ± 0.01	0.24 ± 0.02	0.26 ± 0.01	-	0.27 ± 0.01	-
Docosane *	2200	2200	5.21 ± 0.01	4.54 ± 0.03	7.03 ± 0.01	40.12 ± 0.01	6.63 ± 0.01	3.46 ± 0.01

Nota: Jurišić Grubešić et al. (2021)