

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA E INNOVACIÓN



**EVALUACIÓN SENSORIAL, COMPUESTOS FENÓLICOS,
CURCUMINOIDES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y EFECTO
ANTIDIABÉTICO DE FORMULACIONES DE BEBIDAS DE FRUTAS
CON OLEORRESINA DE CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.)**

TESIS

Presentada por:

Bach. Gloria Cesia Sanchez Gonzales

ORCID: 0000-0001-9292-1410

Asesor:

Mag. Hugo Javier Rivera Herrera

ORCID: 0000-0002-9896-5008

Para obtener el grado académico de:

MAESTRO EN INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA E INNOVACIÓN

TACNA – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA E INNOVACIÓN

Tesis

**“EVALUACIÓN SENSORIAL, COMPUESTOS FENÓLICOS,
CURCUMINOIDES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y EFECTO
ANTIDIABÉTICO DE FORMULACIONES DE BEBIDAS DE FRUTAS
CON OLEORRESINA DE CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.)”**

Presentada por:

Bach. Gloria Cesia Sanchez Gonzales

Tesis sustentada y aprobada el 06 de junio de 2024; ante el siguiente jurado
examinador:

PRESIDENTE: Dr. Marco Carlos Alejandro RIVAROLA HIDALGO

SECRETARIO: Dr. Víctor Alfonso ARIAS SANTANA

VOCAL: Dra. Cecilia Claudia MONTESINOS VALENCIA

ASESOR: Mag. Hugo Javier RIVERA HERRERA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Gloria Cesia Sanchez Gonzales en calidad de maestranda de la Maestría en Investigación Científica e Innovación de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI 47730328.

Soy autora de la tesis titulada: **“EVALUACIÓN SENSORIAL, COMPUESTOS FENÓLICOS, CURCUMINOIDES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y EFECTO ANTIDIABÉTICO DE FORMULACIONES DE BEBIDAS DE FRUTAS CON OLEORRESINA DE CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.)”**, con asesor: Mag. Hugo Javier Rivera Herrera.

DECLARO BAJO JURAMENTO

Ser el único autor del texto entregado para obtener el grado académico de MAESTRO EN INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA E INNOVACIÓN, y que tal texto no ha sido entregado ni total ni parcialmente para obtención de un grado académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado anteriormente para cualquier otro fin.

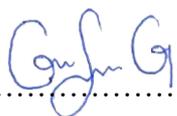
Así mismo, declaro no haber trasgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual. Declaro, que después de la revisión de la tesis con el software Turnitin se declara 09% de similitud, además que el archivo entregado en formato PDF corresponde exactamente al texto digital que presento junto al mismo.

Por último, declaro que para la recopilación de datos se ha solicitado la autorización respectiva a la empresa u organización, evidenciándose que la información presentada es real y soy conocedora de las sanciones penales en caso de infringir las leyes del plagio y de falsa declaración, y que firmo la presente con pleno uso de mis facultades y asumiendo todas las responsabilidades de ella derivada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 06 de junio del 2024



.....
Gloria Cesia Sanchez Gonzales

DNI: 47730328

DEDICATORIA

A mis padres, Marisol y Tito, a mi hermana Marilyn y mi sobrinito Thiaguito, por su cariño incondicional y apoyo. Gracias por su motivación y energía para culminar esta etapa en mi vida profesional.

AGRADECIMIENTO

Al Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondecyt), por el financiamiento para el desarrollo de la presente investigación a través del convenio 046-2021, titulado: “Utilización de la oleorresina de *Curcuma longa* L de la Región Loreto, obtenida mediante extracción con fluidos supercríticos, como insumo para la elaboración de 3 productos alimentarios que brinden un mayor valor agregado a la cúrcuma y que aporten un efecto antiglicémico para las personas que padecen diabetes”.

A la Dra. Maritza Barriga por haberme dado la oportunidad de formar parte del proyecto, depositar su confianza en mí y brindarme su apoyo en las diferentes etapas de la elaboración de la presente tesis.

A la Mg. Verónica Montoya Blua, directora de la DIDITT por permitirme desarrollar la presente tesis en las instalaciones del Instituto Tecnológico de la Producción (ITP).

A mi amiga Cindy, que siempre está presente a pesar de la distancia para brindarme su apoyo y motivación incondicional.

A mi amigo Miguelito Varas, que siempre esta dispuesto a brindarme su apoyo.

A Miguel Cueva, Roy Valerio y Erika Medina por el desarrollo del método para cuantificar antioxidantes ORAC, el cual me permitió culminar mi tesis.

A Patricia Cristobal y Alex Rojas por el apoyo en análisis de laboratorio.

A los panelistas sensoriales y amigos Gina Casas, Julio Ruiz, Benigno Alarcón, Victor Laura, Ismael Cornejo, Axel Andía, Jhon Falcón, Braulio Ynga,

Jaime Brown, Gian Carlo Reyes, Lilly Perez, Carmencita, Luis Prado, Dr. Antonio Aliaga, Micky Albrech, Carlos Castro, Luchito Quispe, Katty Diaz, Zinthia Armas, Juan Estupiñan, Toñita Villalobos, Miriam Marmolejo, Eliud Arpi, Patricia Pineda, Alex Rojas, Jhason Alama, Sebastián Lozano, Oscar Hi, Magui Rios, Marcos Yaranga, Ing. Javier La Rosa, Ing. Esmett Calvo, Ing. Carlos Vivero, quienes colaboración en la catación de las bebidas, y se mostraban con la mejor de las disposiciones en colaborar, regalándome su buena energía.

Al Sr. Cachique, vigilante del ITP y a mi amigo Julio Ruiz por acompañarme en las noches durante el desarrollo experimental de la tesis. Muchas gracias por su invaluable apoyo.

A todos aquellos que de alguna forma brindaron su apoyo para que la presente investigación y proyecto lleguen a culminación.

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE APÉNDICES	xiv
INDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: EL PROBLEMA	6
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	6
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	8
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.3. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS	27
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	29
3.1. HIPÓTESIS	29
3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	29
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	30
3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	30
3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	30
3.6. POBLACIÓN DE ESTUDIO	30
3.7. TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	31

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	57
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	58
4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO	58
4.2. CAMBIOS RELEVANTES DE LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA.....	73
4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	74
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	80
CAPÍTULO VI: PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	93
6.1. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA FOCALIZADO.....	93
6.2. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	94
6.3. PROCESO DE MIGRACIÓN HACIA LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....	95
6.4. COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	95
6.5. BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA	96
CONCLUSIONES.....	96
RECOMENDACIONES.....	97
REFERENCIAS	97
APÉNDICE.....	119
ANEXOS	132

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química-nutricional de la <i>Curcuma longa</i> Linn.	13
Tabla 2. Composición química de pulpa de Copoazú	15
Tabla 3. Composición química de la pulpa de mango fresco	16
Tabla 4. Composición química del jugo de maracuyá.....	17
Tabla 5. Clasificación de hidrocoloides según su origen.	20
Tabla 6. Contenido de curcuminoides totales en los diferentes coadyuvantes con oleorresina de cúrcuma.	32
Tabla 7. Valores máximos y mínimos de coadyuvantes para definir la proporción de la dispersión de oleorresina de cúrcuma.	33
Tabla 8. Pruebas preliminares para determinar las proporciones de goma guar, proteína y β -Ciclodextrina para una dispersión con oleorresina de cúrcuma.....	34
Tabla 9. Pruebas preliminares de pulpas y jugos de frutas con oleorresina de cúrcuma	36
Tabla 10. Concentraciones para catar sabores básicos	40
Tabla 11. Pruebas triangulares de sabores: acidez y amargo.	40
Tabla 12. Factores y niveles del diseño experimental de las formulaciones de bebidas	44
Tabla 13. Diseño experimental de las formulaciones de bebidas.....	44
Tabla 14. Formulaciones de bebidas con cúrcuma (factores: dispersión, pulpa de mango y copoazú).....	46
Tabla 15. Cantidad y concentraciones del estándar y muestra del análisis de α -glucosidasa.....	53
Tabla 16. Caracterización de las frutas utilizadas en las formulaciones de bebidas	58
Tabla 17. Diseño experimental y variables de respuesta de la evaluación sensorial procesados en Software R	59
Tabla 18. Valores de atributos sensoriales de formulaciones de bebidas.....	62
Tabla 19. Compuestos fenólicos (CFT), curcuminoides totales, actividad antioxidante (ABTS, DPPH y ORAC)	65

Tabla 20. Efecto antidiabético (α –glucosidasa).....	67
Tabla 21. Características fisicoquímicas, microbiológicas y funcionales de la bebida optima.	68
Tabla 22. Coeficientes de determinación (R^2) y constantes de velocidad de reacción (k) de curcuminoides totales.	70
Tabla 23. Constantes de velocidad de reacción (k) según el orden de reacción de los curcuminoides totales.	71
Tabla 24. Datos obtenidos del ajuste de los valores de k al modelo de Arrhenius según el análisis de curcuminoides totales	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rizoma de cúrcuma fresco (a), harina de cúrcuma (b).	12
Figura 2. Fruto de Copoazú (<i>Theobroma grandiflorum</i>).....	15
Figura 3. Fruta de Mango Edward.....	17
Figura 4. Fruta de maracuyá.....	18
Figura 5. Estructura química y forma de α -, β - y γ -ciclodextrinas.....	19
Figura 6. Solubilidad de oleorresina en 1: β -ciclodextrina, 2: colágeno, 3: Gelatina, 4: fosfato de calcio y alginato de sodio, 5; maltodextrina, 6: caseína, 7: goma guar.	33
Figura 7. Frutas para la elaboración de bebidas	35
Figura 8. Pulpa de guanábana, pulpa de piña, pulpa de mamey, pulpa de mango para pruebas preliminares de bebidas.....	35
Figura 9. Evaluación de los atributos sensoriales de bebidas preliminares.....	37
Figura 10. Área de preparación de muestra del Laboratorio de sensorial de la DIDITT.....	38
Figura 11. Cabinas del Laboratorio de sensorial de la DIDITT del ITP.	38
Figura 12. Evaporación del solvente para concentrar la oleorresina de cúrcuma.	41
Figura 13. Preparación de dispersión de oleorresina de cúrcuma.	42
Figura 14. Maracuyá (a), mango (b) y pulpa de copuazú congelada (c).	42
Figura 15. Tamizado de pulpa de maracuyá (a) y pulpa de copuazú (b).....	43
Figura 16. Jugo de maracuyá (a), jugo de copoazú (b) y pulpa de mango (c).....	43
Figura 17. Pesado (a) y homogenización de formulaciones de bebidas (b)	45
Figura 18. Diagrama de proceso de la elaboración de la bebida.	47
Figura 19. Diseño de bloques incompletos para 8 formulaciones de bebidas	48
Figura 20. Bebidas de cúrcuma.	49
Figura 21. Evaluación sensorial de panelistas (a y b).....	49
Figura 22. Bebidas ordenadas de acuerdo al diseño de bloques incompletos.	50
Figura 23. Bebidas evaluadas experimentalmente.	59
Figura 24. Diagrama de Pareto (a) y normalidad (b) de color.....	60
Figura 25. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos de olor (b)	60

Figura 26. Diagrama de Pareto (a) y normalidad para el atributo sensación en boca (b).	61
Figura 27. Diagrama de Pareto (a) y normalidad para datos del atributo sensorial sabor (b).	61
Figura 28. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos para el atributo sensorial evaluación general (b)	62
Figura 29. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos de los compuestos fenólicos (b).	63
Figura 30. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos para la variable curcuminoides (b)	63
Figura 31. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos para la variable de respuesta ABTS (b)	64
Figura 32. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos para la variable de respuesta DPPH (b)	64
Figura 33. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos para la variable de respuesta ORAC (b)	65
Figura 34. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos para la variable de respuesta efecto antidiabetico (b)	66
Figura 35. Optimización del mejor tratamiento mediante el diseño full factorial. 68	
Figura 36. Contenido de curcumina en función al tiempo a las temperaturas de almacenamiento 25, 35 y 45 °C	70
Figura 37. Modelo de Arrhenius según el análisis de curcuminoides totales.....	71
Figura 38. Estabilidad de los curcuminoides totales en el tiempo.....	72
Figura 39. Estabilidad de curcumina en el tiempo.	72
Figura 40. Comparación de grado de aceptación para el atributo “color”de formulaciones de bebidas.	74
Figura 41. Comparación de grado de aceptación para el atributo “sabor”de formulaciones de bebidas	75
Figura 42. Comparación de grado de aceptación para el atributo “evaluación general”de formulaciones de bebidas	75
Figura 43. Comparación CFT de las formulaciones de bebidas.....	76

Figura 44. Comparación curcuminoides totales de las formulaciones de bebidas	76
Figura 45. Comparación capacidad antioxidante (ABTS) de las formulaciones de bebidas	77
Figura 46. Comparación capacidad antioxidante (DPPH) de las formulaciones de bebidas	77
Figura 47. Comparación capacidad antioxidante (ORAC) de las formulaciones de bebidas	78
Figura 48. Comparación de efecto antidiabético de las formulaciones de bebidas	79
Figura 49. Oleorresina de curcuma en aceite y tween (a), aceite soya (b), agua (c).	93
Figura 50. Dispersion con partículas de oleorresina en suspensión utilizando coadyuvantes como goma arábica y maltodextrina (a y b)	94
Figura 51. Dispersión de proteína de suero de leche y goma arábica con oleorresina a las 0 (a) y 24 horas (b)	94

INDICE DE APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de consistencia	119
Apéndice 2. Operacionalización de variables	121
Apéndice 3. Instrumentos utilizados:.....	126
Apéndice 4. Ficha de datos para cuantificación de compuestos fenólicos	126
Apéndice 5. Ficha de datos para cuantificación de curcuminoides	126
Apéndice 6. Ficha de datos para cuantificación de ABTS	127
Apéndice 7. Ficha de datos para cuantificación de DPPH	127
Apéndice 8. Ficha de datos para cuantificación de ORAC.....	127
Apéndice 9. Ficha de datos para calculo de efecto antidiabético	127
Apéndice 10. Matriz de datos de análisis sensorial	128
Apéndice 11. Datos de Compuestos fenólicos totales y curcuminoides totales.	130
Apéndice 12. Datos de Capacidad antioxidante	130
Apéndice 13. Datos de efecto antidiabético.....	131

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de Pareto y grafica de residuos de pruebas preliminares de retención de curcumina en diseño factorial 2 ³	132
Anexo 2. Porcentajes de coadyuvantes para una mayor retención de curcumina.	132
Anexo 3. Evaluación sensorial de bebidas con oleorresina de cúrcuma de pruebas preliminares.	132
Anexo 4. Reclutamiento de panelistas sensoriales	133
Anexo 5. Ficha de evaluación de identificación de sabores básicos	135
Anexo 6. Ficha de evaluación de test triangular de sabor ácido	136
Anexo 7. Ficha de evaluación de test triangular de sabor amargo	136
Anexo 8. Evaluación sensorial de formulaciones de bebidas	137
Anexo 9. Predicción de respuesta múltiple de bebida óptima.....	139
Anexo 10. Comparaciones multiples por tuckey para el atributo color	140
Anexo 11. Comparaciones multiples por tuckey para el atributo sabor.....	141
Anexo 12. Comparaciones multiples por tuckey para el atributo evaluación general	142
Anexo 13. Comparaciones multiples de los tratamientos para los compuestos fenólicos totales (CFT) por tuckey	143
Anexo 14. Comparaciones multiples de los tratamientos para los curcuminoides por tuckey	144
Anexo 15. Comparaciones multiples de los tratamientos para actividad antioxidante ABTS por tuckey	145
Anexo 16. Comparaciones multiples de los tratamientos para actividad antioxidante DPPH por tuckey	146
Anexo 17. Comparaciones multiples de los tratamientos para actividad antioxidante ORAC por tuckey	147
Anexo 18. Comparaciones multiples de los tratamientos para efecto antidiabético	148
Anexo 19. Estimación de costo de bebida propuesta	149

RESUMEN

Actualmente los consumidores buscan salud física y mental, y se dan cuenta que una dieta saludable puede beneficiar la salud y prevenir enfermedades a través de la alimentación, por lo que buscan alimentos funcionales. El objetivo de este estudio fue elaborar una bebida a base de frutas y oleorresina de cúrcuma con aceptación sensorial, mayor contenido de compuestos fenólicos totales (CFT), curcuminoides, capacidad antioxidante y efecto antidiabético. Para ello, se evaluaron los atributos sensoriales de 8 bebidas mediante un diseño factorial 2^3 con 28 panelistas utilizando el diseño de bloques incompletos, determinando el contenido de CFT, curcuminoides, capacidad antioxidante (ABTS, DPPH, ORAC), y el efecto antidiabético (α –glucosidasa). La bebida con mejor aceptabilidad sensorial, mayor contenido de CFT, curcuminoides, mayor capacidad antioxidante y efecto antidiabético fue la formulación de 15% de dispersión de curcuma, 30% de mango y 30% de copuazú, presentó un valor de 3.67 en aceptabilidad general, 0.93 ± 0.03 mg EAG/g bebida de CFT, 79.06 ± 0.65 mg curcumina/100 g bebida de curcuminoides totales. Presentó capacidad antioxidante ABTS (9.27 ± 0.01 μ mol TE/g bebida), DPPH (3.56 ± 0.04 μ mol TE/g bebida), ORAC (144.79 ± 0.40 μ mol TE/g bebida) y efecto antidiabético de 71.11 ± 11.50 % de inhibición.

PALABRAS CLAVES

Actividad hipoglucemiante, jugo, curcumina, β -ciclodextrina

ABSTRACT

Nowadays, consumers are looking for physical and mental health, and they realize that a healthy diet can benefit health and prevent diseases through food, so they are looking for functional foods. The objective of this study was to elaborate a beverage based on fruits and turmeric oleoresin with sensory acceptance, higher content of total phenolic compounds (TPC), curcuminoids, antioxidant capacity and anti-diabetic effect. For this purpose, the sensory attributes of 8 beverages were evaluated by a 23 factorial design with 28 panelists using incomplete block design, determining the content of CFT, curcuminoids, antioxidant capacity (ABTS, DPPH, ORAC), and antidiabetic effect (α -glucosidase). The beverage with better sensory acceptability, higher content of CFT, curcuminoids, higher antioxidant capacity and antidiabetic effect was the formulation of 15% dispersion of curcuma, 30% of mango and 30% of copuazú, presented a value of 3.67 in general acceptability, 0.93 ± 0.03 mg EAG/g beverage of CFT, 79.06 ± 0.65 mg curcumin/100 g beverage of total curcuminoids. It presented antioxidant capacity ABTS (9.27 ± 0.01 μ mol TE/g beverage), DPPH (3.56 ± 0.04 μ mol TE/g beverage), ORAC (144.79 ± 0.40 μ mol TE/g beverage) and anti-diabetic effect of 71.11 ± 11.50 % inhibition.

KEY WORD

Hypoglycemic activity, juice, curcumin, β -cyclodextrin.

INTRODUCCIÓN

En la presente tesis se evaluó la aceptación sensorial de bebidas frutadas con oleorresina de curcuma, con el mayor aporte de compuestos fenólicos, curcuminoides, capacidad antioxidante y efecto antidiabético, contribuyendo en la elaboración de alimentos funcionales para prevenir el incremento de diabetes en el Perú.

En el Capítulo I, se menciona el planteamiento del problema, se formula el problema, así como la justificación y objetivos de la investigación.

El Capítulo II, comprende el marco teórico, antecedentes de la investigación, bases teóricas y definición de conceptos relacionados a los insumos empleados, análisis sensorial, capacidad antioxidante, efecto antidiabético, bebidas entre otros.

El Capítulo III, consta de análisis preliminares de solubilidad de la oleorresina e incorporación a un sistema que permita estabilizarla, también elección de frutas para elaborar las bebidas. Luego se muestra la metodología de los experimentos, desde la obtención de oleorresina, incorporación de una dispersión, elaboración de bebidas así como el análisis sensorial, análisis de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, y evaluación de efecto antidiabético de las mismas. Se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la bebida más aceptable, y la evaluación de vida útil acelerada.

En el Capítulo IV, se detalla el análisis e interpretación de resultados comparando los valores obtenidos de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y efecto antidiabético, de las 8 bebidas para identificar el más aceptable. Así como los cambios relevantes en la aplicación de la propuesta sobre la solubilidad de la oleorresina y su incorporación a una bebida y verificación de hipótesis.

El Capitulo V, presenta la discusión de resultados de la investigación, comparando los valores obtenidos en este estudio con otras referencias bibliográficas para conocer si fue posible mejorar la solubilidad de la oleoresina y presentar la bebida optima.

El capitulo VI, presenta costo de implementación para la obtención de la bebida optima y beneficios de la propuesta como bebida funcional.

Para explicar el contexto del estudio a continuación se realiza una breve descripción de la problemática del estudio, antecedentes y los objetivos de la investigación.

La diabetes es un importante problema de salud pública en todo el mundo. Es la séptima causa de muerte a nivel mundial (Zarasvand et al., 2023). Según el Ministerio de Salud [MINSA] (2022), Perú registró 9.586 diabéticos en el primer semestre de 2022, con 32.000 diabéticos registrados desde el inicio de la pandemia de COVID-19, informó que la enfermedad crece exponencialmente, aumentando su incidencia en la población. Produciéndose unos 20 casos por cada 1.000 habitantes al año. Por ello, es muy importante proponer alternativas como el consumo de alimentos funcionales para prevenir o disminuir esta enfermedad.

Los alimentos funcionales están principalmente fortificados con polifenoles, antioxidantes, fibra dietética, ácidos grasos omega 3 y omega 6, vitaminas y minerales con el objetivo de promover la salud y prevenir diversas enfermedades (Arshad et al., 2021). Los compuestos fenólicos son sustancias que se originan en las plantas y consisten en hidroxibencenos unidos a estructuras aromáticas o alifáticas, protegen a la planta de plagas y bacterias, al mismo tiempo estimulan la pigmentación en las plantas (Creus et al., 2004). Se encuentran presente en frutas y verduras, presentando propiedades bioactivas de efecto protector de la salud (De la Rosa et al., 2019).

La cúrcuma (*Curcuma longa* L.), se ha utilizado durante mucho tiempo como especia, agente saborizante, conservante de alimentos, agente colorante y medicamento (Ko et al., 2015).

Los estudios han informado que la curcumina tiene actividades anticancerígenas (Aggarwal, Kumar y Bharti, 2003), antioxidantes (Naidu y Thippeswamy, 2002), antidiabéticas (Lekshmi et al., 2013) entre otros. La característica antidiabética de la curcumina se atribuye principalmente a sus actividades antiinflamatorias y antioxidantes. La curcumina es una opción prometedora de prevención y tratamiento ya que, mediante sus actividades antihiper glucémicas y antihiperlipidémicas, en estudios realizados en humanos y animales diabéticos han revelado que puede reducir los niveles de glucosa en sangre en ayunas, aumentar la sensibilidad y secreción de insulina y regular el perfil de lípidos (Bozkurt, Kocaadam-Bozkurt & Yildiran, 2022).

La curcumina, es el principal componente de la cúrcuma, pero presenta problemas de solubilización. Además, la biodisponibilidad relativa de la curcumina es una preocupación constante, ya que tiene muy baja solubilidad en agua, buscando nuevas maneras de administrarlo a la matriz alimentaria como nanopartículas, formulaciones micelares, liposomas y complejos de inclusión con ciclodextrina (Dutta y Ikiki, 2013).

El Perú ocupó el puesto 12 como exportador de cúrcuma fresca (Sierra y Selva exportadora, 2020), siendo importante diversificar el uso de este recurso que es exportado como materia prima, y utilizarlo como un insumo para otorgarle valor agregado.

Por otro lado, el copoazú (*Theobroma grandiflorum*) es una fruta tropical originaria de la Amazonía brasileña (Costa et al., 2015). Tiene pulpa cítrica blanquecina con un alto potencial económico por sus excelentes características como aroma, sabor y textura (Faber y Yuyama, 2015). La pulpa se utiliza para producir jugos, mermeladas y helados, siendo muy apreciada por su sabor característico (De Oliveira y Genovese, 2013).

Así mismo, el mango (*Mangifera indica*) es una fruta reconocida como fuente de vitaminas (ácido ascórbico, tiamina, riboflavina, niacina y betacaroteno), y presentan propiedades antioxidantes, relacionadas con la presencia de polifenoles en diferentes partes de la fruta como pulpa, cáscara, semilla (Ajila, Bhat, & Prasada Rao, 2007). Mientras que en la pulpa se han reportado además compuestos carotenoides (Corrales-Bernal et al., 2014).

Con respecto al maracuyá (*Passiflora edulis*), los compuestos fenólicos identificados son α -tocoferol, D- α -tocotrienol y carotenoides como zeaxantina, α -caroteno y β -caroteno (Asiimwe et al., 2022, Samyor et al., 2021), epicatequina, catequina, epigallocatequina (Carmona-Hernandez et al., 2019)

A todo esto, el énfasis sobre los beneficios de alimentos y bebidas funcionales, este aumento su popularidad a nivel mundial, volviendo a los consumidores más conscientes de la importancia de la composición y nutrición de sus alimentos, siendo el crecimiento más rápido de productos funcionales, el mercado de bebidas funcionales se enfoca en bebidas fortificadas o productos novedosos con biodisponibilidad mejorada de compuestos bioactivos con beneficios para la salud, los ingredientes bioactivos en las bebidas funcionales incluyen compuestos fenólicos, minerales, vitaminas, aminoácidos, péptidos, ácidos grasos insaturados, etc, que pueden obtenerse de plantas, animales y microorganismos (Gupta et al., 2023).

Actualmente, el tratamiento de la diabetes se realiza con el uso de fármacos antihiper glucemiantes (p. ej., acarbosa, metformina, derivados de sulfonilurea, etc.) y terapia con insulina (de Paulo Farias , 2021), sin embargo, estos abordajes no son completamente efectivos para prevenir el desarrollo de complicaciones, y generalmente causan daños colaterales como complicaciones vasculares, hipoglucemia, flatulencia, diarrea, aumento de peso, debilidad, fatiga, acidosis láctica, dolor abdominal, hepatotoxicidad, entre otros (Fettach et al., 2019 , Ghorbani et al., 2019). Además, estos medicamentos son muy caros y poco accesibles en los países en desarrollo (Ong et al., 2011). Así, el uso de productos naturales (ricos en compuestos fenólicos) para desarrollar nuevos agentes

antidiabéticos se ha mostrado como una alternativa prometedora, principalmente por la buena efectividad, disponibilidad y baja toxicidad de sus fitoquímicos (Lv et al., 2019).

En ese sentido, en este estudio se busca incorporar a la oleoresina de cúrcuma a una dispersión para elaborar una bebida mezclada con diferentes proporciones de frutas como copuazú, maracuyá y mango, y seleccionar la bebida más aceptable sensorialmente, evaluar el contenido de compuestos fenólicos, curcuminoides, capacidad antioxidante y efecto antidiabético.

CAPITULO I: EL PROBLEMA

1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La oleorresina de cúrcuma presenta problemas de solubilización en agua y baja estabilidad para su aplicación en bebidas, siendo importante estudiar técnicas de incorporación en la matriz alimentaria como por ejemplo en jugos. Ya que, las referencias bibliográficas, mencionan que la cúrcuma presenta efecto antidiabético *in vitro* e *in vivo*, además que los curcuminoides están en mayor concentración en la oleorresina de la cúrcuma.

El Ministerio de Salud [MINSA] (2022) informó que, en Perú, en el primer semestre del 2022 se han registrado 9,586 nuevos casos de diabetes y 32,000 casos desde el inicio de la pandemia de la COVID-19, creciendo esta enfermedad de manera exponencial y su incidencia en la población es cerca de 20 casos por cada 1000 habitantes al año. Por lo que, es muy importante contrarrestar el avance de esta enfermedad, mediante el consumo de alimentos funcionales.

Por otro lado, a nivel mundial en los últimos ha aumentado la demanda de desarrollar alimentos funcionales (Wang et al., 2022), debido a que los consumidores de hoy buscan su bienestar físico y mental, ya que cada vez son más conscientes de que, con una alimentación saludable producen efectos favorables en su salud, contribuyendo a una nutrición óptima y previniendo enfermedades mediante los alimentos que se consumen (AINIA, 2021).

1.2.FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema principal

¿Las formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de cúrcuma tienen aceptación sensorial, compuestos fenólicos, curcuminoides, capacidad antioxidante y efecto antidiabético?

1.2.2. Problemas secundarios

¿Cual formulación de bebida de frutas con oleorresina de cúrcuma es más aceptable sensorialmente?

¿Alguna de las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma presentan compuestos fenólicos y curcuminoides?

¿En qué medida las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma presentan capacidad antioxidante?

¿En qué medida las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma presentan efecto antidiabético?

1.3.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

MINSA (2020) informó que en Perú existen 3.9 casos de diabetes por cada 100 personas mayores de 15 años, y la tasa de diabetes se ha duplicado de 4.7% a 8.5% en el mundo. Esta prevalencia ha aumentado rápidamente en los países de ingresos bajos y medianos. Siendo importante proponer alimentos que contribuyan a disminuir éste problema de salud.

Por otro lado, la curcumina es el principal compuesto bioactivo presente en la oleorresina de cúrcuma, que es el extracto orgánico obtenido de los rizomas de la cúrcuma (*Curcuma longa* L.), una planta tropical originaria del sur de Asia (Lucas et al., 2020). Las principales regiones productoras de cúrcuma en el Perú son Junín, Huánuco, San Martín, Amazonas y Cuzco. El Perú ocupó el puesto 12 como exportador de cúrcuma fresca (Sierra y Selva exportadora, 2020), siendo importante diversificar el uso de este recurso que es exportado como materia prima, y utilizarlo como un insumo para otorgarle valor agregado.

Polshettiwar et al., (2022) menciona que la curcumina se extrae de los rizomas de cúrcuma, y la demanda de curcumina crece día a día debido a su uso en el tratamiento de una serie de enfermedades, la curcumina ha establecido desafíos desde hace mucho tiempo con sus beneficios para la salud, como efecto antidiabético (Mohammadi et al., 2021, Abdel-Aal et al., 2021) pero su escasa absorción, y pobre solubilidad (Jabczyk et al., 2021) delimita su uso, por lo que es importante buscar la manera de incorporarlo a una matriz alimentaria, generando un nuevo producto funcional que sea beneficioso para la salud.

Así mismo, el consumo de frutas está relacionado con la presencia de una amplia gama de compuestos fitoquímicos o sustancias bioactivas que presentan actividad antioxidante. Y su efecto beneficioso está relacionado con su papel en la prevención del desarrollo de diferentes enfermedades, debido a sus propiedades antioxidantes y neutralizadoras de radicales libres (Martínez-Navarrete, Del Mar & Martínez, 2008).

1.4.OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar una bebida con aceptación sensorial, compuestos fenólicos, curcuminoides, capacidad antioxidante y efecto antidiabético a partir de formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de curcuma.

1.4.2. Objetivos específicos

- Elaborar una bebida de frutas con oleorresina de cúrcuma con aceptabilidad sensorial.
- Determinar los compuestos fenólicos totales y curcuminoides de las formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de curcuma
- Determinar la capacidad antioxidante de las formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de curcuma
- Evaluar el efecto de las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma sobre el efecto antidiabético de la bebida.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Búsqueda en artículos científicos:

Abd Rashid et al., (2022) elaboraron bebidas a base de infusiones de rizoma de cúrcuma (*Curcuma longa* L., CL) y emulawak (*Curcuma xanthorrhiza*, CX), caracterizaron las propiedades químicas, y evaluaron la aceptabilidad sensorial, logrando un producto aceptable sensorialmente y estable al deterioro de microorganismos, con aporte de flavonoides y fenólicos.

El-Hadary y Sitohy (2020) evaluaron el efecto de hojas de Stevia y las raíces de cúrcuma contra la diabetes mellitus tipo 2, en ratas de experimentación reduciendo significativamente la glucosa sérica y la hemoglobina glicosilada hasta los niveles de control negativo, los autores recomiendan usarse como remedios en pacientes diabéticos tipo 2 como ayuda para tratamientos sustitutivos bajo supervisión médica, debido a que la cúrcuma presenta un sabor amargo sugieren incorporarlos en alimentos como pan y evaluar su aceptabilidad, al ser una alternativa con acción biológica.

Karigidi et al., (2022) evaluaron la sustitución parcial de la harina de trigo (2.5 %, 5 % y 10 %) por la harina de cúrcuma en la elaboración de muffins, así como sus propiedades nutricionales, antioxidantes, antidiabético y estabilidad oxidativa, como resultado hubo una disminución significativa ($p < 0.05$) en el índice glucémico estimado de 51.68 a 46.30, la estabilidad oxidativa de los muffins mejoró a partir de las mezclas de harina de trigo y cúrcuma, concluyendo que, la harina de cúrcuma podría servir como ingrediente funcional y conservante en la cocción de panecillos para personas que padecen diabetes mellitus.

Kaur, Invally & Chintamaneni (2016) buscan mejorar la biodisponibilidad de la curcumina de rizomas de *Cúrcuma longa* al combinar con potenciadores de la biodisponibilidad como la piperina y la quercetina, evaluando el efecto antidiabético en ratas de extracto de curcumina y la combinación curcumina,

piperina y quercetina (CPQ), los resultados de administración oral del extracto de dosis de 100 mg kg⁻¹ redujo significativamente ($p < 0.01$) la glucosa plasmática al final de los 28 días, en comparación con el grupo control de diabéticos, además, se observó una reducción significativa ($p < 0.01$) en el LDL, el colesterol y los triglicéridos elevados y una mejora en el grupo alimentado con CPQ en comparación con el control diabético, así como en el grupo de curcumina sola ($p < 0.05$).

Lekshmi et al., (2013) evaluaron extractos de rizoma de cúrcuma en relación a su efecto antidiabético y antioxidante. El potencial inhibidor de la α -glucosidasa (0.4 $\mu\text{g/mL}$) y la α -amilasa (0.4 $\mu\text{g/mL}$) del extracto de acetato de etilo de cúrcuma fue significativamente mayor que el del fármaco de referencia acarbosa (17.1 $\mu\text{g/mL}$ y 290.6 $\mu\text{g/mL}$ respectivamente) en la medición de efecto antidiabético. También se reveló el alto potencial del extracto de acetato de etilo para eliminar los radicales libres y reducir la oxidación de LDL y el estrés oxidativo celular, en la evaluación de actividad antioxidante.

Nampoothiri et al., (2012) investigaron el efecto antidiabético y actividad antioxidante de la oleorresina de cúrcuma, mediante ensayos de inhibición de la enzima α -amilasa y α -glucosidasa. La capacidad antioxidante estudiada por DPPH, ABTS, métodos de captación de radicales superóxido y actividad quelante de metales. La oleorresina mostró buena actividad antidiabética mediante la inhibición de enzimas clave relacionadas con la diabetes tipo 2, α -glucosidasa y α -amilasa con valores de IC_{50} de 0.71 y 0.16 $\mu\text{g/mL}$ respectivamente. Los valores IC_{50} para los ensayos de DPPH y ABTS fueron 58.1 y 33 $\mu\text{g/mL}$ respectivamente. La oleorresina eliminó eficazmente el radical libre superóxido con un valor IC_{50} de 61.5 $\mu\text{g/mL}$ y mostró una propiedad de quelación de hierro moderada.

Kharat et al., (2020) compararon los sistemas de emulsión y nanoemulsión, todas las emulsiones tenían inicialmente un aspecto amarillo lechoso y eran relativamente durante el transcurso de los experimentos. Sin embargo, se observó una formación de crema rápida en las emulsiones grandes y medianas debido a su tamaño de gota relativamente grande. Todas las emulsiones exhibieron cierta

pérdida de color durante el almacenamiento, y la tasa de degradación de la curcumina aumentó con la disminución del tamaño de las gotas. El porcentaje de curcumina en las emulsiones después de 17 días de almacenamiento fueron $91.4 \pm 1.5 > 77.3 \pm 6.6 > 66.7 \pm 1.9 > 30.6 \pm 2.8$ % para las emulsiones grande, mediana, pequeña y muy pequeña, respectivamente, por lo que se concluye que el tamaño de las gotas juega un papel fundamental en la degradación de la curcumina encapsulada en emulsiones.

Búsqueda en tesis:

Grasso (2018) realizaron un estudio para evaluar la aceptabilidad y las cualidades sensoriales de una bebida funcional con 0 g, 7 g, 14 g y 22 g de cúrcuma fresca y el impacto de la información relacionada con los beneficios para la salud de la bebida en la aceptabilidad, también se evaluó el contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante. Sesenta y un individuos fueron reclutados para participar en la evaluación sensorial de dos bebidas a base de frutas con y sin cúrcuma fresca. Treinta y un participantes recibieron información de salud relacionada con la bebida y 30 participantes no recibieron información de beneficios sobre la salud. El agrado se midió en una escala hedónica y los atributos sensoriales se midieron utilizando una escala Just About Right (JAR). El desarrollo de una bebida funcional con 14 gramos de cúrcuma se consideró significativamente más aceptable con la provisión de información de salud y dió como resultado un aumento significativo en la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales con la adición de la cúrcuma.

Búsqueda en Congreso:

Dwiloka, Setiani & Purwitasari (2020) elaboraron 2 bebidas de cerveza con curcumina, ginger, lima, azúcar, agua, entre otros ingredientes, la primera bebida obtuvo una capacidad antioxidante (DPPH) de 78.6453, compuestos fenólicos totales 33.15 ppm, curcumina 46.91 ppm, el segundo actividad antioxidante 61.90%, fenoles 15.7 ppm y curcumina 30.73 ppm, en la evaluación sensorial de los panelistas prefirieron la primera bebida.

BASES TEÓRICAS DEL CAMBIO PLANEADO

2.1.1. Cúrcuma (*Curcuma longa* L.)

Es un rizoma (Figura 1a) conocida como “azafrán de la India”, ha estado en uso desde el año 4000 a.C, originaria de la india, el nombre botánico de la cúrcuma es *Curcuma domestica* Val. Syn., *Curcuma longa* L. pertenece a la familia Zingiberaceae y se encuentra disponible en varias especies de importancia económica como *cúrcuma aromatica* Salisb., *cúrcuma amada* Roxb., *cúrcuma caesia* Roxb., *cúrcuma aeruginosa* Roxb. y *cúrcuma zanthorrhiza*. Roxb (Nair, 2013). El rizoma triturado y en polvo de la cúrcuma (Figura 1b) se usó ampliamente en la cocina asiática, medicinas, cosméticos y teñido de telas durante más de 20 000 años (Ammon y Wahl, 1991).

En el Perú las zonas de mayor producción las principales regiones productoras de cúrcuma en el Perú son Junín, Huánuco, San Martín, Amazonas y Cuzco (Sierra y Selva exportadora, 2020).

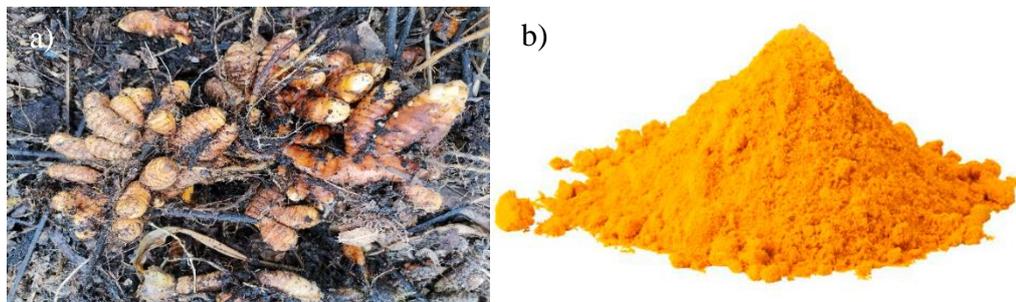


Figura 1. Rizoma de cúrcuma fresco (a), harina de cúrcuma (b).

Composición y valor nutricional:

Los componentes mas importantes de la cúrcuma fresca según la “National Nutrient Database for Standard Reference” del Centro de información de alimentos y nutrición de la USDA (Tabla 1) es la presencia de carbohidratos, proteína y grasas principalmente.

Tabla 1. Composición química-nutricional de la *Curcuma longa* Linn.

Nutrientes	Unidad	Por 100 g
Agua	g	12.85
Energía	kcal	312
Proteínas	g	9.68
Lípidos totales (grasas)	g	3.25
Carbohidratos	g	67.14
Fibra dietética total	g	22.7
Azúcares totales	g	3.21
Minerales		
Calcio, Ca	mg	168
Hierro, Fe	mg	55
Magnesio, Mg	mg	208
Fosforo, P	mg	299
Potasio, K	mg	2080
Sodio, Na	mg	27
Zinc, Zn	mg	4.5
Vitaminas		
Vitamina C (ácido ascórbico)	mg	0.7
Tiamina	mg	0.058
Riboflavina	mg	0.150
Niacina	mg	1.350
Vitamina B-6	mg	0.107
Folato, DFE	µg	20
Vitamina B-12	µg	0
Vitamina A	µg	0
Vitamina E (α-tocoferol)	mg	4.43
Vitamina D	µg	0
Vitamina K	µg	13.40
LÍPIDOS		

Ácidos grasos saturados, total	g	1.838
Ácidos grasos monoinsaturados, total	g	0.449
Ácidos grasos poliinsaturados, total	g	0.756
Ácidos grasos trans, total	g	0.056

Fuente: National Nutrient Database for Standard Reference (USDA), (2019)

2.1.2. Copoazú (*Theobroma grandiflorum*)

Es un fruto de la selva amazónica (Figura 2), originaria de Brasil, pertenece a la familia Sterculiaceae y es muy conocido por su sabor exótico, así como por su aroma ácido e intenso (Silva da Costa et al., 2022). El género *Theobroma L.* contiene 22 especies clasificadas en seis secciones, donde casi todas las secciones se pueden encontrar en Brasil (Silva et al., 2004).

Se cultiva principalmente en el sistema agroforestal, tiene frutos de color marrón de alrededor de 12 a 25 cm de largo, y cada fruto pesa alrededor de 1 a 2 kg. Las semillas de *T. grandiflorum* están recubiertas de una espesa pulpa mucilaginososa de color marfil (Pereira et al., 2018).

La pulpa constituye aproximadamente el 35% de la fruta entera (Alves et al., 2020), y se come cruda o se utiliza en productos alimenticios como jugos, helados, dulces y mermeladas (Campos-Rodriguez et al., 2021).

La fruta en su composición química presenta principalmente carbohidratos y proteína (Tabla 2).

En el Perú, el departamento de Madre de Dios es uno de los principales productores de copoazú del país (Ochoa, 2019).

Tabla 2. Composición química de pulpa de Copoazú.

Nutrientes	Unidad	Por 100 g
Agua	g	87.20
Calorias	cal	49
Proteína	g	1.20
Carbohidratos	g	10.40
Cenizas	g	1.20
Lípidos	g	1
fibra	g	3.10
Tiamina (B1)	mg	0.37
Riboflavina (B2)	mg	0.04
Niacina (B3)	mg	4.34
β -caroteno	mg	-
Vitamina C	mg	24.50
Calcio (Ca)	mg	13
Magnesio (Mg)	mg	18
Fósforo (P)	mg	21
Potasio (K)	mg	331
Cobre (Cu)	mg	0.07
Hierro (Fe)	mg	0.5
Zinc (Zn)	mg	0.3

Fuente: Taco (2011)

**Figura 2.** Fruto de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*)

2.1.3. Mango (*Mangifera indica* L.)

El mango (Figura 3), se originó en la región Indo-Birmana y es una de las frutas tropicales más importantes del mundo por su producción, superficie cultivada, y popularidad (Wall et al., 2015).

Es un fruto considerado alimento funcional por el alto contenido de compuestos bioactivos como ácido ascórbico, carotenoides, polifenoles, terpenoides, y fibra (Ribeiro et al., 2010). Los componentes principales se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición química de la pulpa de mango fresco.

Nutrientes	Unidad	Por 100 g
Energía	Kcal	63.50
Agua	g	83.10
Ceniza	g	0.50
Aceite	g	0.20
Proteínas	g	0.40
Carbohidratos	g	15.90
Minerales		
Fibra	mg	1.00
Calcio	mg	17.00
Fosforo	mg	15.00
Hierro	mg	0.40
Vitaminas		
Caroteno	mg	1.03
Tiamina	mg	0.03
Riboflavina	mg	0.11
Niacina	mg	0.39
Acido ascorbico	mg	24.80

Fuente: Minaya & Caro (1999)



Figura 3. Fruta de Mango Edward

2.1.4. Maracuyá (*Passiflora edulis*)

Fruta tropical de más de 400 variedades, en el Perú presenta 2 variedades la púrpura o morada (*Passiflora edulis* Sims.) y la amarilla (*Passiflora edulis* Sims. forma flavicarpa) (Figura 4), la última es más apreciada por la industria gracias a su mayor acidez, su jugo es ácido y aromático; es una excelente fuente de vitamina A, niacina, riboflavina y ácido ascórbico (Amaya, 2009). Los componentes principales se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Composición química del jugo de maracuyá

Nutrientes	Unidad	Por 100 g
Energía	kcal	67.0
Grasa	g	0.1
Carbohidratos	g	16.1
Fibra	g	0.2
Agua	g	82.90
Proteína	g	0.9
Vitaminas		
Vitamina C	mg	22
Vitamina A	mg	684
Riboflavina	mg	0.15
Minerales		
Calcio	mg	13
Hierro	mg	3

Fosforo	mg	30
Instituto Nacional de Salud (Perú) (2009)		



Figura 4. Fruta de maracuyá

2.1.5. Coadyuvante

Son sustancias químicas utilizadas en formulaciones para formar emulsiones, películas y diluyente, conservando las características del alimentos o bebida, interviniendo con un efecto temporal, el cual no se percibe en el producto final una vez terminada su intervención (Schmidt-Hebbel, 1990).

También se define como; toda sustancia o materia, excluidos aparatos y utensilios, que en cuanto tal, no se utiliza como ingrediente alimentario y que se emplea intencionalmente en la elaboración de materias primas, alimentos o sus ingredientes para lograr alguna finalidad tecnológica durante el tratamiento o la elaboración, pudiendo dar lugar a la presencia no intencional, pero inevitable, de residuos o derivados en el producto final (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013)

Ciclodextrina (CD)

Son bien conocidas como excelentes moléculas huésped para formar complejos de inclusión no covalentes con huéspedes no polares (Mukhopadhyay, Das y Ajayaghosh, 2018). Debido a que son de calidad alimentaria y están acreditados como seguros por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA), la CD se emplean para encapsular aditivos alimentarios (Celebioglu y Uyar, 2020).

Las CD son oligosacáridos cíclicos compuestos de unidades de

glucosa unidas entre sí mediante enlaces α -1,4-glucosídicos. Tienen una estructura cilíndrica con un exterior hidrofílico y una cavidad central hidrofóbica (López, de Vries, & Marrink, 2013). Las CD pueden formar complejos de inclusión atrapando la parte no polar de las moléculas huésped en su cavidad hidrofóbica mediante la fuerza de Van der Waals y estabilizando la parte polar mediante el exterior polar (Liu et al., 2013). Se ha informado que los complejos de inclusión basados en CD pueden aumentar la actividad antioxidante (Aytac et al., 2016) y mejorar la biodisponibilidad y la estabilidad química (Hadian et al., 2018).

Además, los complejos de inclusión pueden reducir el impacto sensorial en productos alimenticios al enmascarar sabores indeseables (Hill, Gomes y Taylor, 2013). Existen 3 tipos de CD: α -, β - y γ - (Figura 5), siendo el más usado el β -CD es el CD más utilizado debido a sus atractivas propiedades, incluido el bajo costo de producción y el tamaño moderado de la cavidad, que es adecuado para interactuar con una gran variedad de moléculas invitadas (Du et al., 2020, Tang et al., 2020).

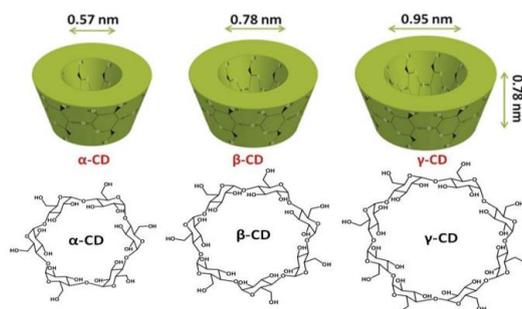


Figura 5. Estructura química y forma de α -, β - y γ -ciclodextrinas.

Fuente: Lopez (2014)

Hidrocoloides

Compuestos que tienen afinidad por el agua. Son biopolímeros de alto peso molecular, conocidos como gomas, presentan propiedades coloidales, produciendo geles o suspensiones con viscosidad utilizados en

la industria alimentaria como espesante o estabilizantes (Larrosa, 2014). Según su origen puede ser vegetal o animal (Tabla 5).

Tabla 5. Clasificación de hidrocoloides según su origen.

Origen	Tipos
Algas	Alginatos, carrageninas, furcellaranas
semillas	Goma guar, goma tragacanto, goma karaya
Subproductos vegetales	Pectinas
Microbianos	Goma xantan, goma gellan
Derivados celulósicos	Metilcelulosa, carboximetilcelulosa
Animal	Gelatina, caseinatos

Fuente: Larrosa (2014)

Goma guar

Componente principal del endospermo del frijol guar (*Cyamopsis tetragonolobus*), es un cultivo tolerante a la sequía y al calor originario de la India y Pakistán, que se cultiva en ambientes áridos y en suelos marginales. El guar pertenece a la familia de las leguminosas y el endospermo de sus semillas contiene galactomananos, que tienen destacadas propiedades espesantes cuando se mezclan con líquidos (Antonanzas et al., 2023).

Los almidones, hidrocoloides, gomas, proteína, prebióticos o combinaciones de estas pueden mejorar la estructura, sensación en boca y aceptabilidad de alimentos (Larrosa, 2014).

Proteína

Las proteínas son ingredientes importantes en la industria alimentaria no sólo por su alto valor nutricional, sino también por sus propiedades funcionales, estas propiedades resultan de la interacción físico-

química entre los ingredientes que pueden involucrar moléculas de solvente, moléculas de solvato, otras moléculas de proteínas o sustancias dispersas en el solvente, las propiedades más utilizadas en la industria alimentaria es la formación y estabilización de dispersiones alimentarias (emulsiones o espumas) según Solanilla Duque et al., (2023).

2.1.6. Dispersión

Cuando se combinan dos soluciones de biopolímeros, varios se pueden formar diferentes estructuras dependiendo de la naturaleza de los biopolímeros, la composición de la solución y las condiciones ambientales (McClements et al., 2009).

2.1.7. Solubilidad

Capacidad de una sustancia de disolverse en otra, se expresa en términos de la masa de una sustancia (denominada soluto) que puede disolverse en una masa de otra (denominada solvente), dependiendo de la naturaleza química de ambas sustancias, mientras más afines sean, más soluble será el soluto en el solvente, la solubilidad se expresa cuantitativamente como gramos de sustancia en cien gramos del disolvente (Picado y Alvarez, 2008).

$$S = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{solvente}}} \dots \text{(Ecuación 1)}$$

Donde: S= solubilidad, m_{soluto} = masa del soluto, m_{solvente} = masa del solvente.

2.1.8. Análisis sensorial de los alimentos

Es una ciencia interdisciplinaria que utiliza los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído de panelistas humanos para determinar las propiedades sensoriales y la aceptabilidad de los alimentos y muchos otros materiales (Watts et al., 1992).

Mediante la evaluación puede clasificarse materias primas, productos terminados y conocer que opina el consumidor sobre un determinado alimento, su aceptación o rechazo, así como su nivel de agrado, criterios de estos que se tienen en cuenta en la formulación y desarrollo de los alimentos (Manfugás, 2020). Aunque se han hecho intentos de reemplazar la evaluación sensorial humana con instrumentos cuantitativos, esto no ha sido posible debido a la capacidad de los sentidos humanos para evaluar de manera integral y/o específica la calidad del producto. Por lo que la forma más directa de medir la calidad de un producto alimenticio, es mediante la evaluación que el hombre realiza con sus sentidos humanos (Manfugás, 2020).

Sabor y sentido del gusto:

El sabor se percibe mediante el gusto, y puede identificar las diferentes sustancias químicas que se encuentran en los alimentos; los mayores receptores de sensación se encuentran concentrados en la lengua, a partir de estudios fisiológicos, se identifican cuatro sabores básicos: dulce, salado, ácido y amargo (Manfugás, 2020).

Olor y sentido del olfato:

Importante en la evaluación de los alimentos se percibe de sustancias volátiles y proviene de fuentes muy completas; los seres humanos disponen de unos 1000 receptores conocidos, pero se distinguen 10000 olores (Manfugás, 2020).

Color y sentido de vista:

Es fundamental ya que el consumidor realiza asociaciones entre este y otras propiedades de los alimentos, demostrando en ocasiones que solo por la apariencia y color del alimento puede ser aceptado o rechazado por el consumidor (Manfugás, 2020).

Textura y su relación con los sentidos:

Conjunto de propiedades mecánicas, perceptible por los mecanoreceptores, en la textura además del sentido del tacto intervienen el sentido auditivo y la vista, se descomponen en 3 tipos de características: mecánicas, geométricas y de superficie, en la primera se encuentran las características más comunes como: dureza, viscosidad, elasticidad, entre otros (Manfugás, 2020).

2.1.9. Compuestos fenólicos:

Son una amplia familia de compuestos orgánicos de origen vegetal con una estructura química especial que se caracteriza por tener uno o más anillos aromáticos con grupos hidroxilo y diferentes sustituyentes, estos compuestos han sido objeto de extensas investigaciones debido a sus diferentes actividades biológicas, como la actividad antiinflamatoria, antimicrobiana, antidiabética y anticancerígena, entre otras, sin embargo, son conocidos principalmente por sus efectos antioxidantes (Mas et al., 2024). Entre los polifenoles se encuentran ácidos fenólicos, flavonoides, gingerol, curcumina, etc. (Amit y Priyadarsini, 2011).

Estos se encuentran principalmente en verduras, frutas, cereales, semillas, hojas, flores, cortezas, así como en cortezas como jengibre y curcuma que presentan compuestos fenólicos como gingerol y curcumina respectivamente, principales componentes bioactivos que presentan actividad antioxidante, la curcumina es un excelente eliminador de radicales libres lipídicos peróxido y radicales OH y dióxido de nitrógeno (Mas et al., 2024).

Los principales compuestos fenólicos son en la oleorresina de cúrcuma son curcumina, demetoxicurcumina y bisdemetoxicurcumina (Lee et al. 2020).

En este trabajo, los polifenoles se están expresando como compuestos fenólicos totales (CFT) expresado como equivalente a ácido galico (EAG). Y los curcuminoides totales (curcumina, demetoxicurcumina

y bisdemetoxicurcumina) fueron expresados en equivalente a curcumina.

2.1.10. Radicales libres:

Son átomos altamente reactivos e inestables, que se liberan cuando el alimento es metabolizado en las células para producir energía, también se producen por influencias externas como contaminantes o radiaciones, la inestabilidad de los radicales libres se debe a que han perdido uno de sus electrones e intentan reponerlo, tomándolo de otros átomos, esto crea una reacción en cadena que ocasiona grandes daños a las células, que se manifiesta en el envejecimiento y diferentes enfermedades (Bernal, 2022) relacionadas al cáncer, enfermedades cardiovasculares o enfermedades degenerativas cerebrales (Causse, 2010).

2.1.11. Antioxidantes:

Son las moléculas que previenen el daño celular causado por la oxidación de otras moléculas, a oxidación es una reacción química que transfiere electrones de una molécula a un agente oxidante, produciendo radicales libres, estos son especies altamente reactivas que contienen uno o más electrones desapareados en su capa más externa, formando una reacción en cadena, el antioxidante reacciona con estos radicales libres y pone fin a esta reacción en cadena, eliminando intermediarios de radicales libres e inhibe otras reacciones de oxidación al oxidándose (Mamta et al., 2014).

Plantas y los animales tienen un sistema complejo de múltiples tipos de antioxidantes. Los polifenoles son una clase de fitoquímicos que poseen marcadas actividades antioxidantes (Mamta et al., 2014).

Se han establecido muchos métodos analíticos *in vitro* para evaluar el potencial y la capacidad antioxidante naturales como técnicas espectrométricas, electroquímicas y cromatográficas (Onyeoziri et al., 2016).

Dependiendo de los mecanismos, los dos métodos principales de capacidad antioxidante se pueden clasificar como 1) Método de

transferencia de átomos de hidrógeno (HAT), que dona un ion de hidrógeno de una molécula estable, permitiendo así que el antioxidante elimine las especies reactivas de oxígeno (ROS), y 2) Una transferencia de un solo electrón. (SET) que depende del potencial del antioxidante para reducir ciertas moléculas y compuestos mediante la transferencia de un electrón (Karadag et al., 2009).

Métodos *in vitro* de actividad antioxidante

Existen diversas metodologías para medir la capacidad de barrido de radicales libres tales como ORAC, DPPH, ABTS, CUPRAC, entre otros, debido a que existe una heterogeneidad de tipos de radicales libres y antioxidantes, a continuación, se describen los análisis empleados en este estudio:

ORAC:

Es el método analítico más implementado para el análisis antioxidante debido a su adaptabilidad a la gran variabilidad de especies radicales y a las condiciones de diversos laboratorios, además de que se realiza bajo condiciones similares a las fisiológicas del organismo humano, con el anión superóxido que es un radical con alta relevancia biológica (Zapata y Zapata, 2022).

DPPH:

Es un conjunto de radicales libres, denominado DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo), y determina la capacidad antioxidante mediante la captación de átomo de hidrogeno por parte de un agente antioxidante. Se utiliza para medir extractos de origen acuosos (Kuskoski et al., 2005)

ABTS:

Este método se fundamenta en la cuantificación de la decoloración del radical $ABTS^+$, debido a su reducción a ABTS por la acción de

antioxidantes (Rioja et al., 2018). Se obtiene de una preparación previa al combinarse persulfato potasio con la enzima (peroxidase, mioglobulina), midiendo compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica (Kuskoski et al., 2005).

2.1.12. Diabetes mellitus:

Existen principalmente dos tipos de diabetes; la diabetes mellitus tipo 1 (DM1) y diabetes mellitus tipo 2 (DM2), siendo la DM2 la causante de aproximadamente el 90% de los casos (Ortíz-Martínez et al., 2016). La DM2 se caracteriza por presentar resistencia a la insulina, disfunción de las células beta pancreáticas y elevación crónica de los niveles de glucosa en sangre (Ascaso, 2014). El control glucémico inadecuado se asocia al desarrollo de complicaciones micro y macrovasculares que reducen la calidad y esperanza de vida de los pacientes (American Diabetes Association, 2018).

Una de las estrategias para el manejo de la DM2 es controlar los picos de hiperglucemia posprandial, los cuales contribuyen de manera importante a la hiperglucemia crónica. En ese sentido, los inhibidores de la enzima alfa-glucosidasa intestinal han mostrado ser efectivos para este propósito, al retardar la digestión y absorción de carbohidratos (Kumar et al., 2011; Apostolidis et al., 2007). Sin embargo, los inhibidores sintéticos como la acarbosa presentan efectos gastrointestinales adversos que limitan su uso a largo plazo (Abbas et al., 2019). Por tanto, existe un creciente interés en identificar inhibidores naturales de alfa-glucosidasa procedentes de plantas medicinales que provean una alternativa más segura y tolerable (Adefegha y Oboh, 2007; Pandey et al., 2011).

2.1.13. Alimento funcional:

Un alimento debe de haber demostrado fehacientemente un efecto de disminución del riesgo de padecer una patología o actuar de forma terapéutica sobre cierta enfermedad, un alimento funcional sería un

producto en formato habitual (leche, pan, cereales, etc.) al que se le ha añadido un ingrediente (las citadas isoflavonas, por ejemplo) o se ha modificado su composición (como ocurre con las leches), existen alimentos funcionales que contienen nutraceutico como el aceite de oliva, tomate, pescado azul con alto contenido de ácidos grasos como omega 3 (Aguilera et al., 2007).

2.1.14. Bebidas

Bebida con jugo (zumo), pulpa o concentrados de fruta, es el producto elaborado con agua, adicionado con jugo (zumo) o pulpa de fruta o concentrado de fruta, clarificados o no, o la mezcla de éstos, con aditivos permitidos, sometidos a un tratamiento de conservación (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

2.1.15. Vida útil

La vida útil de un alimento se define como el tiempo finito después de su fabricación en condiciones de almacenamiento controladas durante el cual se pierden las propiedades sensoriales y fisicoquímicas del alimento y cambia su perfil microbiológico, los factores que pueden afectar la vida útil de un alimento incluyen el tipo de ingredientes, la formulación del producto, los procesos utilizados, la higiene del proceso, el envasado, el almacenamiento y la distribución, y los hábitos de los consumidores (Carrillo y Reyes, 2012).

2.3.DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

Oleoresina: son extractos semisólidos constituidos por resina disuelta en un aceite esencial o grasa, obtenida por evaporación del solvente utilizado para su extracción.

Antioxidantes: moléculas que protegen al organismo de los radicales libres

Actividad antioxidante: capacidad de inhibir los efectos de los radicales libres

Radicales libres: moléculas inestables que se producen en el metabolismo normal de las células

Estrés oxidativo: Una condición que ocurre cuando hay demasiadas moléculas inestables llamadas radicales libres en el cuerpo y no hay suficientes antioxidantes para eliminarlas.

ORAC: significa "Oxygen Radical Absorbance Capacity" o capacidad de absorción de radicales derivados del oxígeno. Es un método in vitro experimental indicado por la AOAC para determinar los niveles de antioxidantes en un alimento.

Alimento funcional: es elaborado con la adición de ingredientes biológicamente activos que ayudan a mejorar la salud.

Bebidas: líquido que se ingiere para consumo humano.

Diabetes tipo 2: Es un grupo heterogéneo de enfermedades caracterizadas por diversos grados de resistencia a la insulina, disminución de la secreción de insulina y aumento de la producción de glucosa.

Alimento funcional: un alimento debe de haber demostrado fehacientemente un efecto de disminución del riesgo de padecer una patología o actuar de forma terapéutica sobre cierta enfermedad.

Formulaciones alimentarias: Proceso de creación de mezclas de insumos alimentarios mediante proporciones propuestas.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1.HIPÓTESIS

3.1.1. Hipótesis general

Al menos una de las bebidas formuladas de frutas con oleorresina de cúrcuma presenta aceptación sensorial, compuestos fenólicos, curcuminoides, capacidad antioxidante y efecto antidiabético

3.1.2. Hipótesis específicas

- Al menos una de las formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de cúrcuma presenta aceptabilidad sensorial
- Al menos una de las formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de cúrcuma presenta mayor contenido de compuestos fenólicos y curcuminoides que las otras bebidas
- Al menos una de las formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de cúrcuma presenta mayor capacidad antioxidante que las otras bebidas
- Al menos una de las formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de cúrcuma presenta efecto antidiabético.

3.2.OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.2.1. Identificación de las variables independientes

Las variables independientes de la formulación de las bebidas, fueron dispersión de oleorresina de cúrcuma, mango y copoazú (Tabla 12).

3.2.2. Identificación de la variable dependiente

Corresponde:

- Evaluacion sensorial
- Compuestos fenólicos
- Curcuminoides
- Capacidad antioxidante

- Efecto antidiabético

3.3.TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es aplicada: investigación y desarrollo, debido a que busca presentar un producto alimenticio a base de oleoresina de cúrcuma, y evaluar su aceptabilidad sensorial, compuestos fenólicos totales, curcuminoides, capacidad antioxidante y efecto antidiabético *in vitro*

3.4.NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación es correlacional debido a que se pretende analizar las relaciones entre las variables que intervienen sobre aceptabilidad sensorial, compuestos fenólicos, curcuminoides, capacidad antioxidante y efecto antidiabético *in vitro*.

3.5.DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación fue experimental, se utilizó un diseño full factorial 2^3 con 2 bloques, generándose 8 tratamientos (bebidas). Para la evaluación sensorial se utilizó un diseño de bloques incompletos y para procesar los datos se utilizó el software R. Con los datos obtenidos del software R y los datos de análisis de los 8 tratamientos se compararon mediante un ANOVA y prueba de comparación múltiple de tuckey. Luego se realizó una optimización múltiple, para determinar el tratamiento con mayor aceptabilidad sensorial, mayor contenido de curcuminoides, mayor capacidad antioxidante y efecto antidiabético.

3.6.POBLACIÓN DE ESTUDIO

Población: La población fueron 100 plantaciones de cúrcuma cosechadas en Maynas, Iquitos

Muestra: La muestra será no probabilístico intencional con un tamaño de 50 plantaciones de cúrcuma según los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión: las características que debe cumplir las plantaciones. Raíces enteras sin escotaduras y recién cosechadas.

Criterios de exclusión: las características que no cumplan los rizomas de cúrcuma seleccionadas deberán excluirse de la muestra. Raíces con magulladas y mal estado al momento de la recepción en el laboratorio.

3.7. TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1. PRUEBAS PRELIMINARES

Se realizaron pruebas de solubilidad de la oleorresina de cúrcuma con diferentes coadyuvantes (β -ciclodextrina, colágeno, gelatina, fosfato de calcio y alginato de sodio, maltodextrina, caseína y goma guar de grado alimentario), resultando que la combinación de β -ciclodextrina con la goma guar presentaron mayor retención de curcumina.

Luego, a fin de determinar la proporción de β -ciclodextrina con oleorresina, se realizó un diseño experimental (Tabla 7 y 8), logrando definir que lo óptimo es utilizar goma guar (0.25%), β -ciclodextrina (4%) y proteína (0.5%).

Con respecto a las frutas: mamey, mango, guanábana, copoazú, maracuyá se realizaron combinaciones de formulaciones y se evaluó la aceptación sensorial, eligiendo las combinaciones de frutas mango, maracuyá, copoazú.

A continuación se detalla cada una de las pruebas preliminares.

a. Solubilidad de la oleorresina de curcuma

La curcumina, principal componente de la cúrcuma, presenta muy baja solubilidad en agua, por lo que, se realizaron pruebas de solubilización de la oleorresina en diferentes coadyuvantes alimentarios (β -ciclodextrina, colágeno, gelatina, fosfato de calcio y alginato de sodio, maltodextrina, caseína y goma

guar de grado alimentario) para encontrar el hidrocoloide con mayor retención de curcumina.

Se pesó 0.5 g de insumo, se mezcló con 0.1 g de oleorresina de cúrcuma y se agregó 20 ml de agua a 60°C.

Para la evaluación de solubilidad de la oleorresina en los coadyuvantes se calculó el contenido de curcuminoides totales expresado en curcumina, según la metodología de Syed et al., (2015) con modificaciones, se colocó 1g de muestra en una fiola de 10 ml y se enrasó con alcohol, se agitó en vórtex y se llevó a sonicar 15 min. La solución resultante se centrifugó a 8000 RPM durante 10 min y se cuantificó el contenido de curcumina según la metodología de Hazra et al., (2015), los valores obtenidos se observan en la Tabla 6, y en la Figura 6 se muestra la solubilización de la oleorresina en β -ciclodextrina, colágeno, gelatina, fosfato de calcio y alginato de sodio, maltodextrina, caseína y goma guar respectivamente, observándose que la β -ciclodextrina y goma guar presentan coloración mas intensa, característico de la curcumina.

Tabla 6. Contenido de curcuminoides totales en los diferentes coadyuvantes con oleorresina de cúrcuma.

Prueba	Material	μg curcumina/g muestra
1	β -ciclodextrina	89.32 \pm 0.87
2	Colágeno	0.34 \pm 0.07
3	Gelatina	0.39 \pm 0.03
4	Fosfato de calcio	8.75 \pm 0.02
	Alginato de sodio	
5	Maltodextrina	1.05 \pm 0.19
6	Caseína	0.91 \pm 0.02
7	Goma guar	37.5 \pm 1.60



Figura 6. Solubilidad de oleorresina en 1: β -ciclodextrina, 2: colágeno, 3: Gelatina, 4: fosfato de calcio y alginato de sodio, 5; maltodextrina, 6: caseína, 7: goma guar.

b. Determinación de proporción de goma guar, proteína y β -Ciclodextrina para una dispersión con oleorresina de cúrcuma

Apartir del resultado anterior, se realizó un diseño experimental full factorial con 3 factores y 2 niveles (Tabla 7), para comprender los efectos de las variables y proporciones adecuadas para disolver la oleorresina de cúrcuma.

Tabla 7. Valores máximos y mínimos de coadyuvantes para definir la proporción de la dispersión de oleorresina de cúrcuma.

Material	Alta (+)	Baja (-)
Goma guar	0.8	0.25
Proteína	2	0.5
β -Ciclodextrina	4	2

Para la preparación de la dispersión, se mezcló 1.5 g de oleorresina con β -ciclodextrina, proteína y goma guar de acuerdo a la Tabla 8, para un sistema de 100 g, luego se agregó agua caliente a 60°C, homogenizándose en un ultraturrax (IKA, T25 digital) a 10,000 RPM durante 5 min, después se agregó la proteína y se mezcló todo con un homogenizador a 1,000 RPM durante 2.5 min, se agregó goma guar y se mezcló durante 2.5 min.

Se cuantificó la curcumina en las muestras, y se reportó los resultados como retención de curcumina (CR) expresado en mg curcumina/g dispersión

de acuerdo a lo reportado por Aditya et al. (2015) con modificaciones. Los valores de CR se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Pruebas preliminares para determinar las proporciones de goma guar, proteína y β -Ciclodextrina para una dispersión con oleoresina de cúrcuma.

Corrida	Bloque	Goma guar (g)	Proteína (g)	β -Ciclodextrina (g)	Agua (g)	CR
1	1	0.25	0.5	2	95.8	2.3
2	1	0.80	0.5	2	95.2	1.9
3	1	0.25	2.0	2	94.3	1.8
4	1	0.80	2.0	2	93.7	1.4
5	1	0.25	0.5	4	93.8	2.9
6	1	0.80	0.5	4	93.2	2.6
7	1	0.25	2.0	4	92.3	1.5
8	1	0.80	2.0	4	91.7	3.1
9	2	0.25	0.5	2	95.8	2.5
10	2	0.80	0.5	2	95.2	1.2
11	2	0.25	2.0	2	94.3	1.7
12	2	0.80	2.0	2	93.7	1.7
13	2	0.25	0.5	4	93.8	2.9
14	2	0.80	0.5	4	93.2	2.8
15	2	0.25	2.0	4	92.3	1.5
16	2	0.80	2.0	4	91.7	2.7

Donde: CR: Retención de curcumina: mg curcumina/g dispersión

Se analizaron los datos de la Tabla 8, el diagrama de Pareto muestra que hay un efecto de las variables individuales y combinación de estos (Anexo 1), la gráfica de residuos, la bondad de ajuste en la regresión, la distribución de los datos muestra una distribución normal y se cumple con el supuesto de mínimos cuadrados ordinarios (Anexo 1). Maximizando el % CR, se obtuvo los siguientes valores para

las variables: goma guar 0.25%, proteína 0.5% y 4% β -ciclodextrina (Anexo 2).

c. Identificación las frutas con mayor aceptación para la elaboración de bebida frutada

Se realizaron bebidas utilizando diferentes frutas y mezclas con dispersión de cúrcuma (Tabla 9), con la finalidad de encontrar una mejor combinación de sabor, que pueda agradar al consumidor.

Las frutas utilizadas para la bebida frutada fueron: mamey (*Mammea americana*), guanábana (*Annona muricata*), piña (*Ananas comosus*), maracuyá (*Passiflora edulis*), mango (*Mangifera indica*), lúcuma (*Pouteria lúcuma*) y copoazú (*Theobroma grandiflorum*) (Figura 7 y 8). Las frutas fueron lavadas, peladas, pulpeadas y tamizadas (tamiz de 0.50mm) para ser mezclada con la dispersión de oleoresina de cúrcuma con 10% y 20% y evaluar grado de aceptación. Estas pruebas fueron evaluados por 13 panelistas escogidos al azar.



Figura 7. Frutas para la elaboración de bebidas

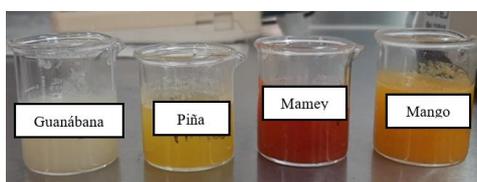


Figura 8. Pulpa de guanábana, pulpa de piña, pulpa de mamey, pulpa de mango para pruebas preliminares de bebidas.

La formulación con mayor aceptación, fue la escogida para realizar el diseño full factorial, considerándose para las pruebas experimentales de este estudio.

En las bebidas preliminares (Tabla 9) se consideró porcentaje de dispersión de cúrcuma entre 10 y 20%, los panelistas indicaron que las bebidas con un porcentaje de dispersión de 20% presentaron un sabor amargo intenso. Por lo que, para las pruebas experimentales finales, se consideró un valor máximo de 15% de dispersión de cúrcuma.

Tabla 9. Pruebas preliminares de pulpas y jugos de frutas con oleorresina de cúrcuma

Ingredientes	Preliminares (%)					
	A	B	C	D	E	F
Dispersión de oleorresina	10	20	10	20	10	20
Pulpa de mamey	-	-	-	-	30	-
Pulpa de guanábana	-	25	-	-	-	30
Pulpa de lúcuma	-	25	-	-	-	-
Pulpa copoazú	30	-	-	30	30	-
Pulpa de mango	30	-	30	-	-	25
Jugo de maracuyá	30	-	30	25	30	-
Jugo de Piña	-	30	30	25	-	25
	100	100	10	100	100	100

Se promediaron los valores obtenidos de la evaluación sensorial (Anexo 3, Figura 9), seleccionándose a la bebida A que tuvo mayor valor de sabor y aceptación general, seleccionando las frutas: copoazú, mango y maracuyá.

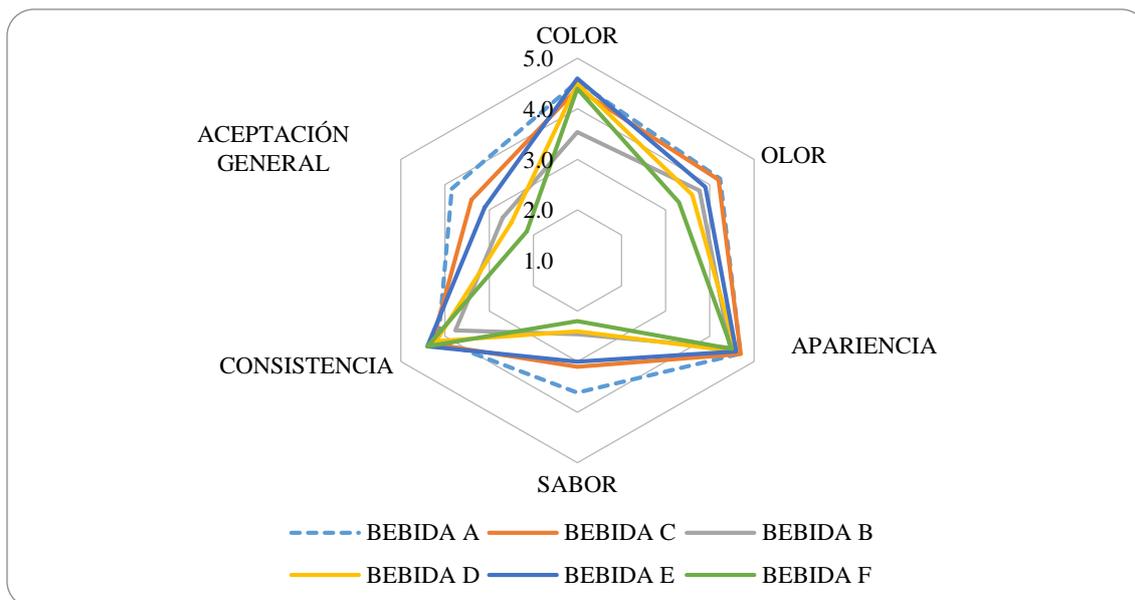


Figura 9. Evaluación de los atributos sensoriales de bebidas preliminares.

PRIMER OBJETIVO:

3.7.2. Reclutamiento, entrenamiento y selección de panelistas sensoriales

a. Reclutamiento

El reclutamiento de los panelistas se realizó con personal de las diferentes áreas que labora en el Instituto Tecnológico de la Producción, sede Callao, Lima. Para facilitar el reclutamiento de miembros del panel, se les envió un cuestionario (Anexo 4) a 50 personas a través de whatsapp, para conocer su interés en participar. Los panelistas seleccionados consumen frutas y/o jugos de frutas mínimo 3 veces por semana, indicaban presentar buen estado de salud, y no padecían alergias alimentarias según recomendación de Watts et al., (1992) y se encontraban con disponibilidad para formar parte del panel sensorial.

El laboratorio de Sensorial (Figura 10) consta de 4 cabinas, con iluminación de luz blanca, roja, verde, azul, amarillo (Figura 11), un área de preparación equipado con una cocina, campana extractora, refrigeradora,

selladora al vacío y manual, almacenes de materiales e insumos alimentarios. La instalación cuenta con acceso a los cubículos independiente para panelistas a través de las ventanillas con compuertas.



Figura 10. Área de preparación de muestra del Laboratorio de sensorial de la DIDITT del ITP.



Figura 11. Cabinas del Laboratorio de sensorial de la DIDITT del ITP.

b. Orientación y selección de panelistas

En la etapa de selección de panelistas, las personas fueron invitadas al área de evaluación sensorial en grupos de 4, y se les explicó la importancia de las pruebas, y se les mostró las diferentes fichas que deben completar y los puntajes.

Se explicó durante 10 minutos la importancia de una evaluación sensorial, el funcionamiento de los sentidos y una breve explicación de las pruebas del proceso de selección, también se les recomendó no comer o beber por lo menos 30 minutos antes del inicio de una prueba sensorial (Watts et al., 1992).

c. Entrenamiento de panelistas

Se sometió a los panelistas a pruebas para determinar su agudeza sensorial normal, pidiéndoles que identifiquen sabores básicos: dulce, salado, ácido y amargo, y para evaluar la sensibilidad de los panelistas mediante la prueba triangular (discriminación), es decir su capacidad para discriminar diferentes grados de una característica sensorial específica (Watts et al., 1992), se evaluó 2 concentraciones de sabor: ácido y amargo, el primero debido a que el copuazú y maracuyá son ácidos, el segundo debido a que el sabor amargo es el principal sabor de la cúrcuma. Se realizaron 3 sesiones prácticas de 10 minutos cada una en el Laboratorio de Sensorial a 35 personas.

Primera sesión: Test de gustos básicos:

Se les hizo probar soluciones de sacarosa, cloruro de sodio, ácido cítrico y cafeína (de acuerdo a la Tabla 10), para probar la capacidad de catar los 4 sabores básicos: dulce, salado, ácido y amargo (Anexo 5). A cada evaluador se le presentó 15 ml de las 4 soluciones ordenadas aleatoriamente (vasos transparentes, codificados con 3 dígitos al azar obtenidas de la tabla de números aleatorios), un vaso de agua para neutralizar, una hoja de respuesta y lapicero. Se consideró como respuestas correctas aquellas en la

que los jueces lograron identificar el gusto. El porcentaje de aciertos se calculó dividiendo la sumatoria de las respuestas correctas en el total de soluciones evaluadas.

Tabla 10. Concentraciones para catar sabores básicos.

SABOR BÁSICO	SUSTANCIA	CONCENTRACION
Dulce	Sacarosa	1%.
Salado	Cloruro de sodio	0.2 %
Ácido	Ácido cítrico	0.05 %
Amargo	Cafeína	0.08%

Fuente: Laboratorio de sensorial – ITP.

Segunda y tercera sesión: Prueba triangular:

Se realizaron 2 pruebas triangulares para los sabores: ácido (Anexo 6) y amargo (Anexo 7), para cada una de ellas se prepararon dos muestras con diferentes concentraciones (Tabla 11).

Se les presentó vasos de plásticos transparentes con los productos, vaso con agua y la hoja de respuesta.

Tabla 11. Pruebas triangulares de sabores: acidez y amargo.

Prueba	Producto	Muestras iguales		Diferencia aplicada
1	Acido	0.05%	0.05%	0.07%
2	Amargo	0.05%	0.05%	0.08%

Fuente: Laboratorio de sensorial – ITP.

Se consideró respuesta correcta aquella en la que el juez logró identificar diferentes muestras. El porcentaje de respuestas correctas de cada juez se calculó dividiendo la cantidad de respuestas correctas por el número total de pruebas aprobadas.

Criterios de selección del panel de evaluación sensorial

Se seleccionó 32 jueces de los 35 evaluados, quienes lograron identificar los sabores básicos y seleccionaron la muestra diferente en la prueba triangular para ácido y amargo. El panel sensorial fue conformando por un total de 32 panelistas semientrenados, de los cuales solo 28 fueron los jueces definitivos, debido que casi siempre los panelistas abandonan el grupo por causa de enfermedad, vacaciones o prioridades relacionadas con el trabajo.

3.7.3. Elaboración de la dispersión de oleoresina de cúrcuma

a. Extracción de oleoresina de cúrcuma:

Se pesó la harina de cúrcuma y se agregó etanol, luego se filtró y el extracto recuperado, se evaporó hasta eliminar el solvente (Figura 12), las trazas se eliminaron con nitrógeno hasta peso constante. El rendimiento se expresó en porcentaje en función al peso de la harina de cúrcuma inicial.



Figura 12. Evaporación del solvente para concentrar la oleoresina de cúrcuma.

b. Dispersión de oleoresina:

Para un sistema de 200 g, se mezcló 3.00 g oleoresina de cúrcuma y 8 g betaciclodextrina por 2 min (Figura 13a), se adicionó agua de mesa a 60°C (Figura 13b) se agitó manualmente por 2 min, se agregó proteína 1 g wey (con 10.92 g de agua) se homogenizó en un equipo ultrasonido a 70% de amplitud y 70% de pulso (Figura 13c). Luego se agregó goma guar 0.5 g (con 44.42 g de agua), agitándose con una batidora por un tiempo de 0.5 min

(Figura 13d), obteniendo la dispersión (Figura 13e). La formulación para 100g contenía: oleorresina 1.5%, betaciclodextrina 4 %, proteína 0.50 %, goma guar 0.25 % y agua 93.75%.

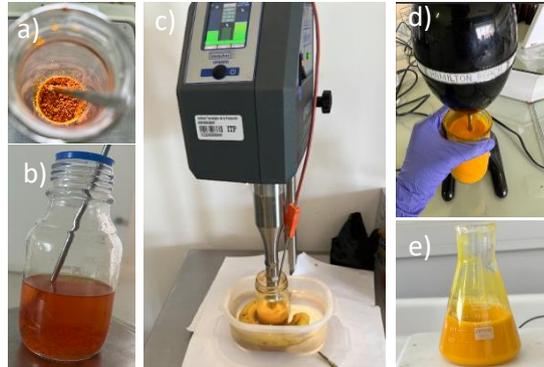


Figura 13. Preparación de dispersión de oleorresina de cúrcuma.

3.7.4. Preparación de las formulaciones de bebidas a base de frutas y oleorresina de cúrcuma

Se recibieron las frutas maracuyá, mango, y pulpa de copuazú (Figura 14 a, b y c). Las frutas mango y maracuyá fueron lavadas, peladas, pulpeadas. El jugo de maracuyá fue licuado con agua (relación pulpa: agua de 2,15: 1) durante 3 min y tamizado (tamiz 0,75 μ m) (Figura 15a), mientras que la pulpa de copuazu fue adquirido pulpeado, para la extracción del jugo se licuó con agua (relación pulpa: agua de 1:1,44) durante 3 min y finalmente tamizado (tamiz 0,50 mm) (Figura 16b).

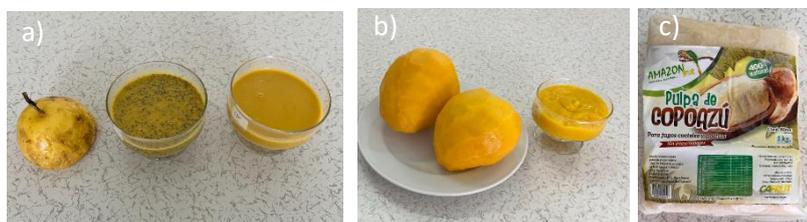


Figura 14. Maracuyá (a), mango (b) y pulpa de copuazú congelada (c).



Figura 15. Tamizado de pulpa de maracuyá (a) y pulpa de copoazú (b).

Los jugos y pulpa de agua procesadas antes de incorporar a las bebidas, se muestran a continuación (Figura 16 a, b y c).



Figura 16. Jugo de maracuyá (a), jugo de copoazú (b) y pulpa de mango (c).

a. Caracterización fisicoquímica de frutas

El rendimiento de las frutas se determinó pesando la pulpa o jugo entre el peso del fruto inicial.

El pH de las frutas se midió utilizando un potenciómetro (Thermo Scientific, Orion VersaStar Pro, Indonesia).

El contenido de sólidos solubles totales (SST) fue medido con refractómetro portátil (Hand-Held N-1EBX, Atago, Japón) con una escala de 0 a 32 °Brix.

La acidez se determinó valorando 1g de muestra en 25 mL de agua neutralizada con NaOH 0.02 N, los resultados fueron expresados como porcentaje de ácido cítrico.

El color de las frutas se determinó en el espacio de color CIELAB (L^* , a^* y b^*) usando colorímetro (Spectrophotometer CM-5, Konika Minolta,

Japón). En donde el valor L^* se considera como luminosidad, el valor a^* indica el color que varía del verde al rojo, y el b^* indica el color que varía del amarillo al azul.

3.7.5. Diseño experimental de las formulaciones de bebida de frutas y oleorresina de cúrcuma

Las bebidas se formularon utilizando un diseño full factorial con 3 factores y 2 niveles (Tabla 12), con una réplica para cada punto y 2 bloques, obteniéndose el diseño experimental que se muestra en la Tabla 13.

Tabla 12. Factores y niveles del diseño experimental de las formulaciones de bebidas.

	Nivel bajo (-1)	Nivel alto (+1)
Dispersión	10	15
Mango	20	30
Copoazú	25	30

Tabla 13. Diseño experimental de las formulaciones de bebidas.

RunOrder	CenterPt	Blocks	Dispersión	Mango	Copoazú
1	1	1	10	20	25
2	1	1	15	20	25
3	1	1	10	30	25
4	1	1	15	30	25
5	1	1	10	20	30
6	1	1	15	20	30
7	1	1	10	30	30
8	1	1	15	30	30
9	1	2	10	20	25
10	1	2	15	20	25
11	1	2	10	30	25

12	1	2	15	30	25
13	1	2	10	20	30
14	1	2	15	20	30
15	1	2	10	30	30
16	1	2	15	30	30

a. Procedimiento de preparación de las bebidas

En la Tabla 14, se muestra las 8 formulaciones de bebidas: se pesó jugo de copoazú, pulpa de mango, y dispersión (Figura 17a). Se consideró al jugo de maracuyá constante para las pruebas experimentales, luego se agregó agua para un sistema de 100%, se homogenizó durante 2min (Figura 17b), luego se incorporó estevia y CMC homogenizándose con una licuadora por 1 min más. Se procedió a envasar en botellas de vidrio esterilizados, y realizar la pasteurización a 80°C durante 15 min. Se repitió el procedimiento para cada una de las bebidas.

En la figura 18, se muestra el digrama de proceso de la elaboración de la bebida.



Figura 17. Pesado (a) y homogenización de formulaciones de bebidas (b)

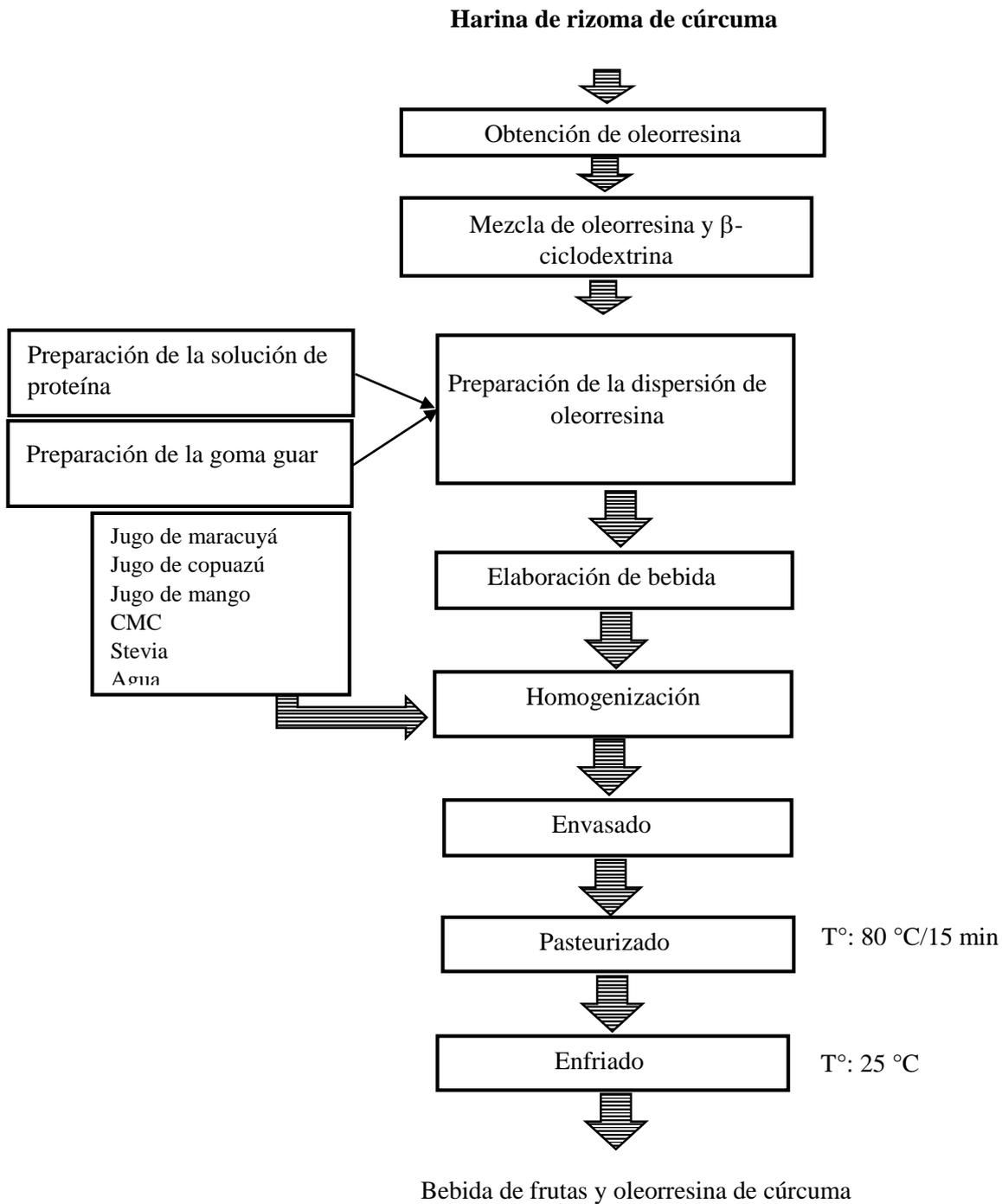


Figura 18. Diagrama de proceso de la elaboración de la bebida.

3.7.6. Evaluación sensorial de bebidas formuladas a base de cúrcuma

Se aplicó un diseño de bloques incompletos de $t=8$, $k=2$, $r=7$, $b=28$, $\lambda=1$, $E=057$, tipo I, y se distribuyó de acuerdo a la Figura 19. El diseño de bloques incompletos es un método que se utiliza cuando se pretende evaluar demasiadas muestras en un solo momento, por lo general entre 6 y 12 muestras, es una alternativa que permite un análisis efectivo, preciso y válido, facilitando al panelista una retención en la memoria de atributos sensoriales y consistencia en el juicio al percibir y calificar (Meilgaard, Civille y Carr, 2016). Para distribuir dichos tratamientos, bloques, repeticiones y pares de tratamiento, se utilizó el software R para el procesamiento de los datos.

Se pesaron 20 g de cada una de las bebidas en 7 vasos de plásticos (Figura 20). A cada panelista se le entregó 2 bebidas, vaso de agua, ficha de evaluación y un lapicero (Figura 21 a y b) según el diseño de bloques incompletos (Figura 19 y 22). A los panelistas se le presentó las 2 bebidas los atributos evaluados fueron: color, olor, sabor, sensación en boca y evaluación general (Anexo 8).

Se asegura una aceptación sensorial desde un puntaje de 3.5. La prueba se realizó por duplicado.

Bloque Rep I	Bloque Rep II	Bloque Rep III	Bloque Rep IV
(1) <u>1 2</u>	(5) <u>1 3</u>	(9) <u>1 4</u>	(13) <u>1 5</u>
(2) <u>3 4</u>	(6) <u>2 8</u>	(10) <u>2 7</u>	(14) <u>5 3</u>
(3) <u>5 6</u>	(7) <u>4 5</u>	(11) <u>3 6</u>	(15) <u>4 7</u>
(4) <u>7 8</u>	(8) <u>6 7</u>	(12) <u>5 8</u>	(16) <u>6 8</u>
Bloque Rep V	Bloque Rep VI	Bloque Rep VII	
(17) <u>1 6</u>	(21) <u>1 7</u>	(25) <u>1 8</u>	
(18) <u>2 4</u>	(22) <u>2 6</u>	(26) <u>2 5</u>	
(19) <u>3 8</u>	(23) <u>3 5</u>	(27) <u>3 7</u>	
(20) <u>5 7</u>	(24) <u>4 8</u>	(28) <u>4 6</u>	

Figura 19. Diseño de bloques incompletos para 8 formulaciones de bebidas con 2 repeticiones.

Fuente: Meilgaard, Civille y Carr, (2016)



Figura 20. Bebidas de cúrcuma.



Figura 21. Evaluación sensorial de panelistas (a y b)



Figura 22. Bebidas ordenadas de acuerdo al diseño de bloques incompletos.

3.7.7. Extracción de muestras para ensayos de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante

Se pesó 1g de bebida en viales de eppendorf por duplicado, y se agregó 1 ml de etanol 96°, se agitó en vórtex por 30 s, se sonicó por 15 min, luego se centrifugó a 8000 RPM durante 10 min y se recuperó el sobrenadante, se repitió 7 veces este procedimiento, hasta que el extracto recuperado se tornó translucido, se centrifugó a 20°C por 10 min a 5000 RPM y se enrazó en fioles de 10 ml con etanol 96°. Este extracto fue guardado en refrigeración hasta su posterior análisis químico.

SEGUNDO OBJETIVO

3.7.8. Compuestos fenólicos totales (CFT) y curcuminoides

Para los CFT, se siguió la metodología de Singleton, Orthofer y Lamuela-Raventós (1999) se preparó una curva de calibración de equivalente a ácido gálico (EAG) en concentraciones de 10, 30, 50, 100 y 200 mg/L, se tomó 71 μL de la solución y se agregó 71 μL de reactivo Folin, se dejó reposar por 8 min en oscuridad y se agregó 1430 μL de carbonato de sodio 6% (*p/v*), luego se agregó 2000 μL de agua destilada, y se dejó reposar por 1h. Para las muestras (ítem 3.7.7), se realizó

el mismo procedimiento para determinar el contenido de CFT dentro del intervalo de la curva de calibración. Los resultados se expresan en mg EAG/g bebida. La lectura se realizó en el espectrofotómetro UV-VIS (Genesys 180, Thermo Scientific, USA) a 750 nm.

Para cuantificar los curcuminoides se siguió el procedimiento de Hazra et al., (2015) se preparó una solución estándar de curcumina 500 µg/ml con etanol 96°, a partir de esto se preparó los puntos de la curva de calibración de 5, 10, 15 y 20 µg/ml, las absorbancias se obtuvieron en el espectrofotómetro UV-VIS a 421 nm. Para las muestras (Item 3.7.7) se tomó 0.5 ml de alícuota y se enrazó en fioles de 10 ml con etanol 96° y la lectura se realizó en el espectrofotómetro UV-VIS.

TERCER OBJETIVO:

3.7.9. Capacidad antioxidante

Para la medición de la capacidad antioxidante se utilizaron las siguientes metodologías:

ABTS

El ácido 2-2'-azino-bis (3-etil-benzotiazolin-6-sulfónico) (ABTS) es la prueba de capacidad de eliminación de cationes radicales, se realizó según Prior et al. (2005).

Se preparó una curva de calibración en concentraciones de Trolox 0.1, 0.2, 0.4, 1.0, 1.5 mM se tomó 30 µL, y se agregó 3000 µL del radical ABTS, después de 1h de reposo, se realizó la lectura en el espectrofotómetro UV-VIS a 734 nm. Para las muestras se tomó una alícuota de 30 µL (Item 3.7.7) y se agregó 3000 µL de radical ABTS. Los resultados se expresaron como µmol de equivalente de Trolox (TE) por gramo de bebida.

DPPH

Se siguió la metodología de Brand-Williams, Cuvelier y Berset (1995), modificado por Kim *et al.* (2002). Se preparó una curva de calibración de

Trolox con concentraciones de 50, 100, 150, 200 y 250 μM . Se preparó una solución de 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) en etanol 96° y se midió el porcentaje de reducción frente a los extractos etanólicos de bebidas (ítem 3.7.7). La lectura se realizó en el espectrofotómetro UV-VIS a 518 nm. Los resultados se expresan como la concentración mínima del extracto necesaria para inhibir el 50% de radicales libres en unidades de mg extracto/mL (IC_{50}) los valores menores indican mayor capacidad antioxidante, así mismo también se expresó los resultados en $\mu\text{mol TE/g}$ bebida.

ORAC

Se siguió la metodología descrita por Ortiz et al., (2012) la mezcla de reacción (volumen final 250 μL en tampón de fosfato 75 mM, pH 7,4) debe contener PGR (20 μL , concentración final 5 μM), estándar antioxidante (20–100 μL de soluciones madre) o muestras (25–90 μL) según lo indicado en 3.7.7, se colocaron en el pocillo de la microplaca. El volumen final se ajusta a 250 μL utilizando tampón fosfato. Esta solución se preincuba durante 30 min a 37 °C. Se añade al pocillo de la microplaca solución de AAPH (21 μL , concentración final 10 mM), previamente incubado a 37°C. El consumo de rojo de pirogalol se evaluará a partir de la disminución progresiva de la absorbancia medida a 540 nm. El consumo de las moléculas sonda y rojo de pirogalol, asociado a su incubación en presencia de AAPH, se estimará a partir de medidas de absorbancia (A). Los valores de A/A0 se representarán en función del tiempo. La integración del área bajo la curva (AUC) se realizará hasta un tiempo tal que A/A0 alcance un valor de 0.2. Las áreas se emplearán para obtener los valores de ORAC, según la siguiente ecuación:

$$ORAC = \frac{[AUC - AUC^0]}{[AUC_{Trolox} - AUC^0]} f[Trolox] \dots (2)$$

dónde: AUC = Área bajo la curva en presencia del extracto utilizado, integrada entre el tiempo cero y el correspondiente al 80% del consumo de la sonda; $AUC^0 =$

Incubación a 37°C por 20 min								
Na ₂ CO ₃	500 µL							
Leer las absorbancias a 400 nm								

3.7.11. Caracterización fisicoquímica de la bebida optima

La viscosidad se determinó utilizando un viscosímetro (DV2T, Brookfield, Estados Unidos) con un reductor de volumen SC4-13RPY, un spindle SC4-18 a 0.5 RPM a 23 ±1°C. Los resultados fueron expresados en cP.

El pH de las bebidas se midió utilizando un potenciómetro (Thermo Scientific, Orion VersaStar Pro, Indonesia).

La acidez se determinó valorando 1g de muestra en 25 mL de agua neutralizada con NAOH 0.02 N, los resultados fueron expresados como porcentaje de ácido cítrico.

El color de las bebidas se determinó en el espacio de color CIELAB (L*, a* y b*) usando colorímetro (Spectrophotometer CM-5, Konika Minolta, Japón). En donde el valor L* se considera como luminosidad, el valor a* indica el color que varía del verde al rojo, y el b* indica el color que varía del amarillo al azul.

El contenido de sólidos solubles totales (SST) fue medido con refractómetro portátil (Hand-Held N-1EBX, Atago, Japón) con una escala de 0 a 32 °Brix.

El sólido total se determinó pesando 2 g de bebida en placas y colocando en estufa a 80°C durante 2h (hasta peso constante).

3.7.12. Control microbiológico de la bebida optima

Análisis realizado por el Laboratorio de microbiología de la DIDITT. Numeración de Mohos, Levaduras y Numeración de bacteria coliformes y de *Escherichia coli* según la metodología de propuesta por FDA/BAM (2001). Método horizontal para la enumeración de Estafilococos coagulasa positivos (*Staphylococcus aureus* y otras especies) se realizó en análisis según la FDA/BAM (2020).

3.7.13. Estabilidad de curcuminoides en el sistema de bebida de curcuma

Se extrajo una alícuota del sistema de bebida a intervalos de tiempo de 0, 11, 14, 18, 21 y 25 días para determinar los curcuminoides. El extracto recuperado para el análisis se realizó de acuerdo al ítem 3.7.7.

3.7.14. Pruebas aceleradas de vida útil en estufa

Las bebidas se almacenaron en botellas de vidrio, los frascos fueron colocados en una incubadora múltiple (Trade RKI Mark, 40.4432) a las temperaturas de 25, 35 y 45°C por el tiempo de 25 días, evaluando cada 5 días los curcuminoides totales. Para la predicción de vida útil se utilizaron 6 puntos al graficar la variación de los análisis en el tiempo por cada temperatura, con lo que se determinó el orden de reacción para cada temperatura

Se siguió la ecuación mencionado por Roberson (2010) para el procesamiento de datos, determinando el orden de la cinética de reacción.

$$dA/dt = \pm kA^n \dots (3)$$

Donde: A: Valor del atributo t: Tiempo k: Constante de cinética de reacción n: Orden de reacción.

La ecuación de cinética de reacción para el orden cero, se muestra a continuación:

$$A = A_0 \pm k.t \dots (4)$$

Donde: A: Valor de atributo A₀: Valor inicial del atributo k: Constante de cinética de reacción t: Tiempo

A continuación, se muestra la forma linealizada

$$\ln(A) = \ln(A_0) \pm k.t \dots (5)$$

Donde: A: Valor de atributo A0: Valor inicial del atributo k: Constante de cinética de reacción t: Tiempo

El orden de reacción para cada análisis se eligió basándose en el mayor coeficiente de determinación (R^2) (Mancebo-Campos et al., 2008). Una vez que se determinó el orden de reacción, cada dato se ajustó a un modelo de Arrhenius que relaciona la temperatura y la velocidad de reacción. De acuerdo a la siguiente ecuación mencionada por Robertson (2010).

$$k=k_0 e^{(-Ea/RT)} \dots (6)$$

A continuación, se muestra la ecuación linealizada:

$$\ln k = \ln k_0 - (Ea/R \cdot 1/T) \dots (7)$$

Donde: k: Constante de cinética de reacción k_0 : Factor pre-exponencial Ea: Energía de activación (kJ/mol) R: Constante universal de los gases ideales (0.008314 KJ/mol k) T: Temperatura absoluta (K).

Se determinó la constante de cinética de reacción (k) para los análisis realizados, el valor introducido en las ecuaciones de cinética de reacción del orden determinado previamente para cada análisis.

Los límites de aceptabilidad para los análisis de curcuminoides totales, se tomaron como referencia un valor de 80% de variación sobre el inicial 100%

El pH no fue evaluado en los análisis de este estudio de estabilidad debido a que no afecta la estabilidad de una nanoemulsión en una bebida (Gonçalves, Vicente y Pinheiro, 2023) ni en jugo funcional (Matute y Echavarría, 2020), y en pruebas preliminares de vida útil acelerada se mantuvieron constante entre 3.5-3.8

durante 20 días de evaluación.

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

Los datos del análisis sensorial fueron procesados en el programa estadístico R studio 4.3 (versión 4.3.1., USA) para cada uno de los atributos según el diseño experimental de bloques incompletos, y luego se procesaron con el programa estadístico Minitab versión 19 (versión 19.1, USA) con un diseño full factorial. Evaluación sensorial, CFT, curcuminoides, capacidad antioxidante y efecto antidiabético. Y mediante un ANOVA se realizó comparaciones múltiples por tuckey a un nivel de significación del 5 %. Para el análisis de vida útil mediante pruebas aceleradas se utilizó la ecuación de Arrhenius.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1.DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

PRIMER OBJETIVO

Caracterización de materias primas

El rendimiento de oleoresina de cúrcuma fue 19.6 a 20.1 g/100 g de harina de cúrcuma en base seca (bs). Los valores de rendimiento de las frutas, así como pH, Brix, acidez y color, se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Caracterización de las frutas utilizadas en las formulaciones de bebidas

Frutas	Maracuyá	Mango	Copoazú
Rendimiento (%)	25.33±2.1	67.63±1.15	nd
pH	3.01±0.02	5.08±0.07	3.42±0.06
Sólidos solubles (°Brix)	9	16	10.0±1.00
Acidez (%)	9.42±0.05	0.51±0.08	2.85±0.01
Color	L*= 72.52	L*= 66.91	L*= 93.25
	a*=7.75	a*=9.90	a*=-3.8
	b*=52.70	b*=49.93	b*=9.48
Color referencia			

Donde: L*, a* y b* son valores obtenidos según el espacio de color CIELAB

nd: no determinado

Evaluación sensorial de formulaciones de bebidas a base frutas y oleoresina de cúrcuma

Las bebidas evaluadas se muestran en la Figura 23. Los valores obtenidos luego de la evaluación sensorial, fueron procesados en el programa estadístico R, para cada uno de los atributos: color, olor, sensación en boca, sabor y evaluación general de acuerdo al diseño de bloques incompletos, mostrándose los datos en la Tabla 17.



Figura 23. Bebidas evaluadas experimentalmente.

Tabla 17. Diseño experimental y variables de respuesta de la evaluación sensorial procesados en Software R

Run Order	Blocks	Dispersion cúrcuma	Mango	Copoazú	Color	Olor	Sensación en boca	Sabor	Evaluación general
1	1	10	20	25	3.70	3.86	3.55	2.88	2.89
2	1	15	20	25	3.70	4.11	3.55	3.13	3.14
3	1	10	30	25	4.70	4.86	4.30	3.88	4.02
4	1	15	30	25	4.32	3.73	3.05	2.44	3.02
5	1	10	20	30	4.57	4.73	4.05	3.63	4.14
6	1	15	20	30	3.82	3.73	4.05	3.06	2.89
7	1	10	30	30	4.07	3.86	2.93	2.63	2.52
8	1	15	30	30	4.70	3.98	3.93	3.38	3.52
9	2	10	20	25	3.78	3.91	3.26	2.90	3.30
10	2	15	20	25	3.75	3.72	4.01	3.15	3.50
11	2	10	30	25	4.90	4.10	4.01	3.91	4.50
12	2	15	30	25	4.50	4.22	3.38	2.45	3.40
13	2	10	20	30	4.67	4.10	3.76	3.68	4.50
14	2	15	20	30	3.95	4.10	3.70	3.09	3.30
15	2	10	30	30	4.15	4.54	4.01	2.78	2.82
16	2	15	30	30	4.67	4.10	3.95	3.40	3.82

a. Color

En los gráficos de Pareto (Figura 24) se observó un efecto del factor dispersión de cúrcuma, mango, copoazú y un efecto combinado de dispersión de cúrcuma, mango y copoazú sobre la variable de respuesta color, así mismo se observa la gráfica de que los datos muestran una distribución normal.

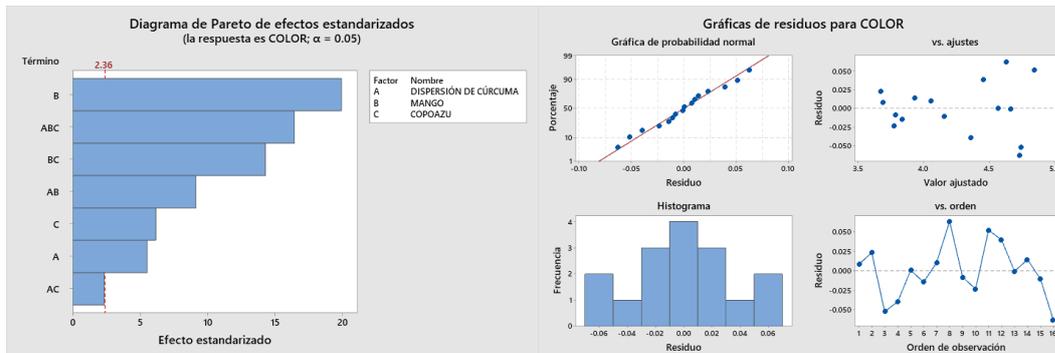


Figura 24. Diagrama de Pareto (a) y normalidad (b) de color.

b. Olor

En la Figura 25, se muestra el diagrama de Pareto para el atributo olor, no se observó efecto de los factores mango, copoazú y dispersión de curcuma. Asimismo, se muestra la gráfica de normalidad de datos.

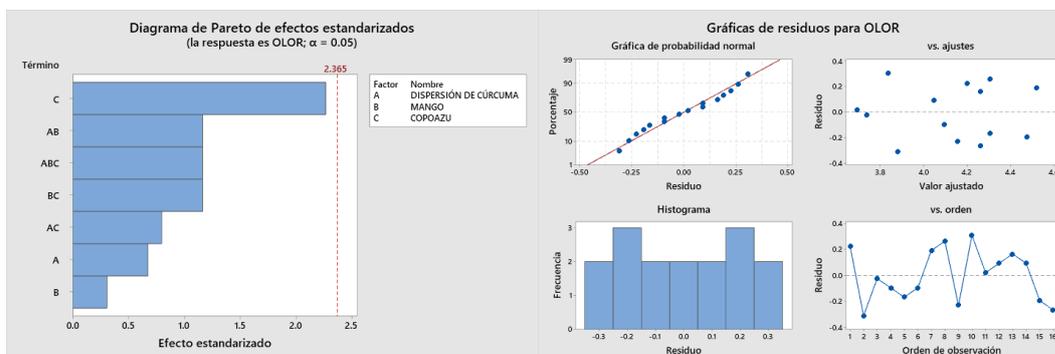


Figura 25. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos de olor (b)

c. Sensación en boca

En la Figura 26, se muestra el diagrama de Pareto para el atributo sensación en boca, se observa el efecto combinado de mango, copoazú y dispersión de cúrcuma. Asimismo, se muestra la gráfica de la normalidad de datos.

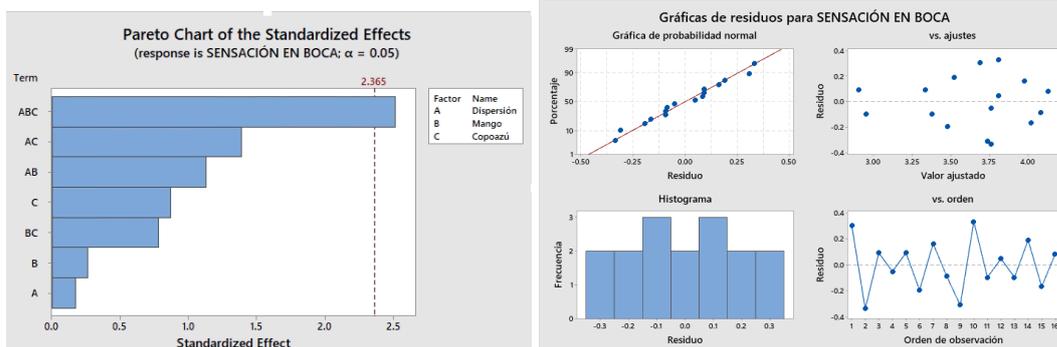


Figura 26. Diagrama de Pareto (a) y normalidad para el atributo sensación en boca (b).

d. Sabor

En la Figura 27, se muestra el diagrama de Pareto para el atributo sabor, se observa el efecto de los factores mango, copoazú y la dispersión de cúrcuma, así como un efecto combinado de estos sobre el sabor. Por otro lado, se muestra la gráfica de la normalidad de datos.

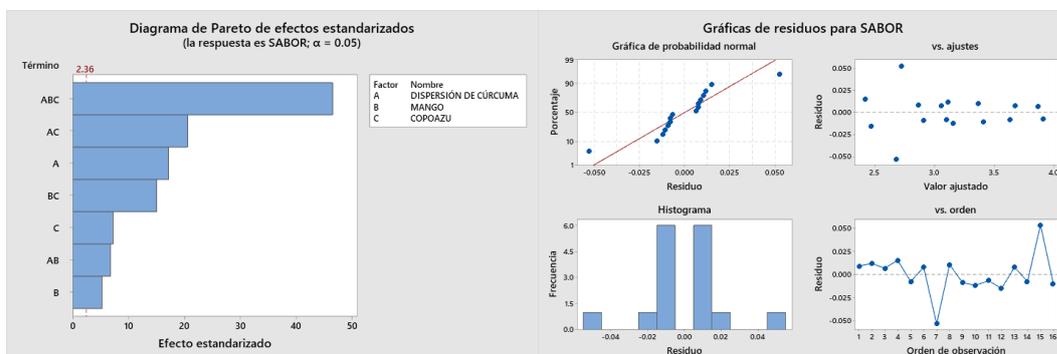


Figura 27. Diagrama de Pareto (a) y normalidad para datos del atributo sensorial sabor (b).

e. Evaluación general

En la Figura 28, se muestra el diagrama de Pareto para el atributo evaluación general, se observa el efecto de los factores mango, copoazú y dispersión de cúrcuma, así como el efecto combinado de estos. También, se muestra la gráfica de la normalidad de datos.

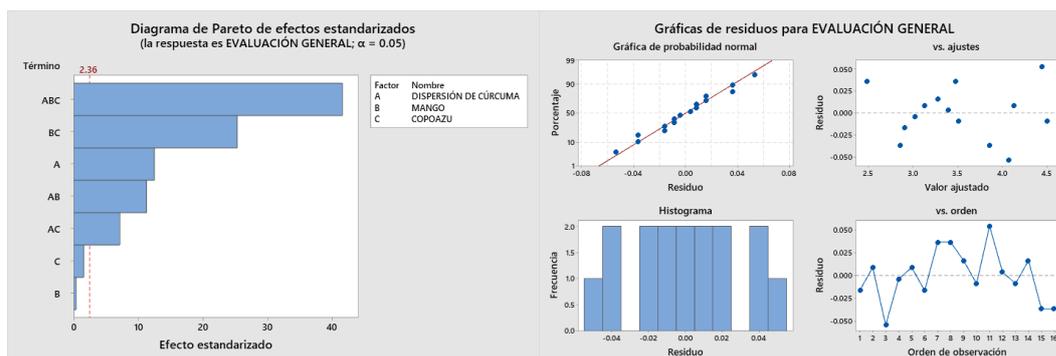


Figura 28. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos para el atributo sensorial evaluación general (b)

En la Tabla 18, se muestran la comparación de las bebidas de acuerdo a los atributos color, olor, sensación en boca, sabor y evaluación general por cada tratamiento, observándose que hay diferencia significativa ($p < 0.05$) para los atributos color, sabor y evaluación general.

Tabla 18. Valores de atributos sensoriales de formulaciones de bebidas.

Bebida	Sensación			Evaluación	
	Color	Olor	en boca	Sabor	general
1	3.74±0.06 ^c	3.88±0.04 ^a	3.41±0.21 ^a	2.89±0.02 ^e	2.95±0.08 ^d
2	4.11±0.06 ^{cd}	4.20±0.48 ^a	3.47±0.76 ^a	2.7±0.11 ^f	2.51±0.02 ^e
3	4.41±0.13 ^{bc}	3.98±0.35 ^a	3.22±0.23 ^a	2.44±0.01 ^g	3.03±0.02 ^{cd}
4	3.89±0.09 ^{de}	3.92±0.26 ^a	3.88±0.25 ^a	3.08±0.02 ^d	2.90±0.01 ^d
5	4.80±0.14 ^a	4.48±0.54 ^a	4.16±0.21 ^a	3.89±0.02 ^a	4.04±0.02 ^a
6	4.62±0.07 ^{ab}	4.42±0.45 ^a	3.91±0.21 ^a	3.65±0.04 ^b	4.16±0.03 ^a
7	3.72±0.04 ^e	3.92±0.27 ^a	3.78±0.32 ^a	3.14±0.01 ^d	3.16±0.03 ^c
8	4.68±0.02 ^{ab}	4.04±0.08 ^a	3.94±0.01 ^a	3.39±0.02 ^c	3.53±0.02 ^b

Los datos se presentan como media ± desviación estándar ($n=2$). Para cada ensayo, las medias dentro de una columna seguida por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey.

SEGUNDO OBJETIVO

Compuestos fenólicos y curcuminoides totales

a. Compuestos fenólicos totales

En los gráficos de Pareto (Figura 29) se observó un efecto del factor dispersión de cúrcuma, mango, copoazú y un efecto combinado estos sobre la variable de respuesta compuestos fenólicos totales, así mismo se observa la distribución de los datos normal.

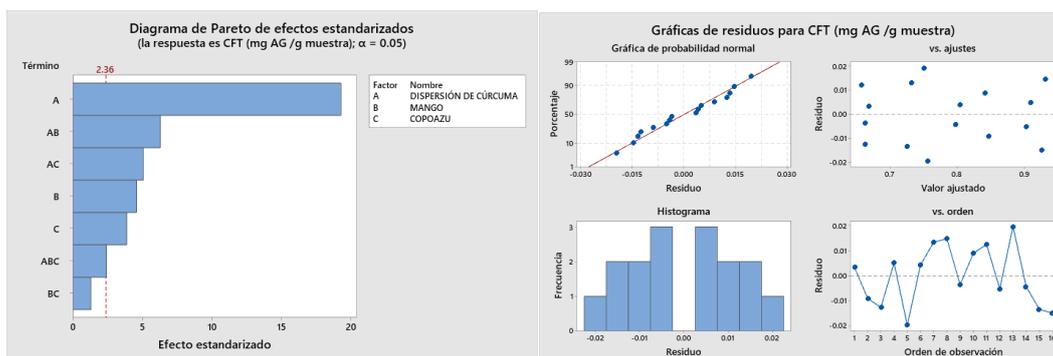


Figura 29. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos de los compuestos fenólicos (b)

b. Curcuminoides

En los gráficos de Pareto (Figura 30) se observó un efecto del factor dispersión de cúrcuma, mango, copoazú y un efecto combinado de estos sobre los curcuminoides, así mismo se observa la distribución de los datos normal.

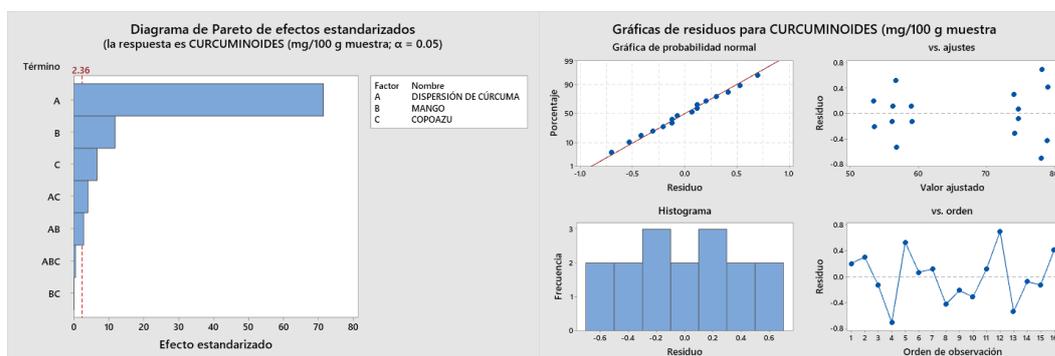


Figura 30. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos para la variable curcuminoides (b)

TERCER OBJETIVO

Capacidad antioxidante

ABTS

En los gráficos de Pareto (Figura 31) se observó un efecto del factor dispersión de cúrcuma, mango, copoazú y un efecto combinado de estos sobre la variable de respuesta ABTS, así mismo se observa distribución normal de los datos.

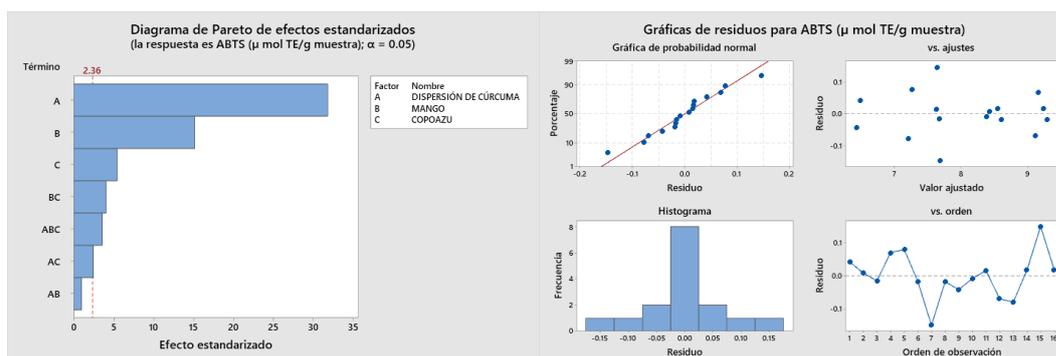


Figura 31. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos para la variable de respuesta ABTS (b)

DPPH

En los gráficos de Pareto (Figura 32) se observó un efecto del factor dispersión de cúrcuma, mango, copoazú y un efecto combinado de estos sobre la variable de respuesta DPPH, así mismo se observa la gráfica de distribución normal de datos.

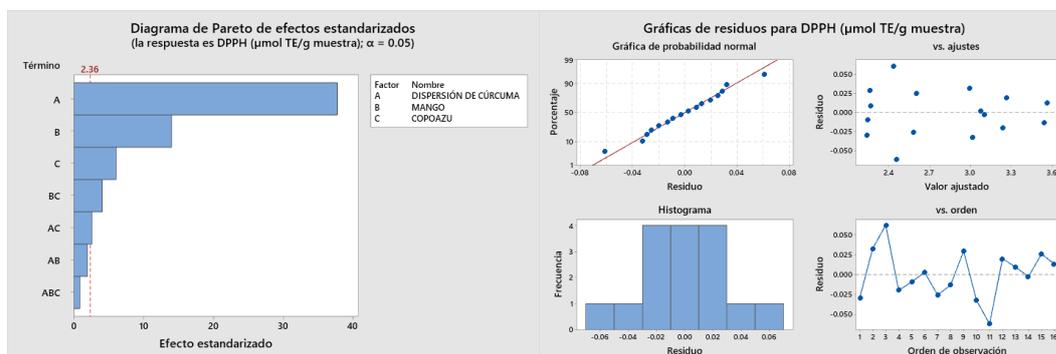


Figura 32. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos para la variable de respuesta DPPH (b)

ORAC

En los gráficos de Pareto (Figura 33) se observó un efecto del factor dispersión de cúrcuma, mango, copoazú y un efecto combinado de estos sobre la variable de respuesta ORAC, así mismo se observa la distribución normal de datos.

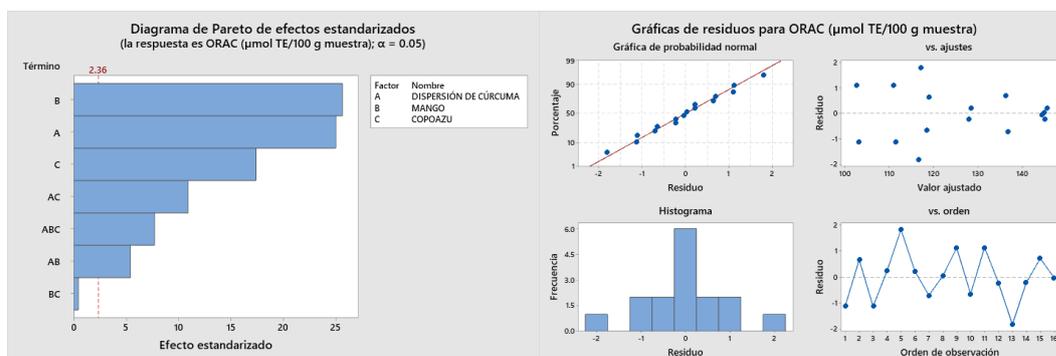


Figura 33. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos para la variable de respuesta ORAC (b)

En la Tabla 19, se muestran la comparación de las bebidas de acuerdo a los CFT, curcuminoides y actividad antioxidante por cada tratamiento, observándose que hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 19. Compuestos fenólicos (CFT), curcuminoides totales, actividad antioxidante (ABTS, DPPH y ORAC).

N°	CFT	Curcuminoides	ABTS	DPPH	ORAC
	mg EAG /g bebida	mg curcumina/100 g bebida	μmol TE/g bebida	μmol TE/g bebida	μmol TE/100 g bebida
1	0.67±0.01 ^{fg}	53.47±0.24 ^e	6.46±0.09 ^e	2.25±0.06 ^e	102.87±1.21 ^f
2	0.73±0.02 ^{ef}	59.04±0.38 ^c	7.67±0.17 ^c	2.59±0.03 ^d	136.60±0.65 ^b
3	0.91±0.01 ^{ab}	78.22±0.23 ^a	9.15±0.13 ^a	3.25±0.07 ^b	145.36±0.68 ^a
4	0.80±0.01 ^{cd}	74.77±1.05 ^b	8.58±0.01 ^b	3.09±0.05 ^{bc}	128.26±0.66 ^c
5	0.66±0.01 ^g	56.21±0.69 ^d	7.65±0.01 ^c	2.45±0.03 ^d	111.27±1.24 ^e
6	0.75±0.02 ^{de}	56.73±0.05 ^d	7.24±0.14 ^d	2.25±0.01 ^e	116.91±2.90 ^d
7	0.84±0.01 ^{bc}	74.15±0.11 ^b	8.41±0.05 ^b	3.01±0.05 ^c	118.72±1.27 ^d

8	0.93±0.03 ^a	79.06±0.65 ^a	9.27±0.01 ^a	3.56±0.04 ^a	144.79±0.40 ^a
---	------------------------	-------------------------	------------------------	------------------------	--------------------------

Los datos se presentan como media \pm desviación estándar ($n=2$). Para cada ensayo, las medias dentro de una columna seguida por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según la prueba de Tukey.

Donde: TE: Equivalente a Trolox, EAG: Equivalente a ácido galico.

CUARTO OBJETIVO:

Actividad antidiabética

α -glucosidasa (α -GLC)

En los gráficos de Pareto (Figura 34) se observó un efecto combinado de la dispersión de cúrcuma y copoazú sobre la variable de respuesta α -glucosidasa, así mismo la distribución normal de datos.

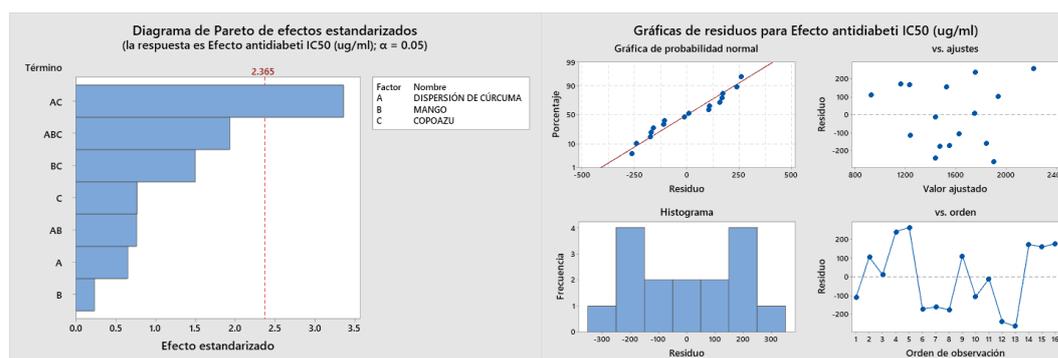


Figura 34. Diagrama de Pareto (a) y normalidad de datos para la variable de respuesta efecto antidiabético (b)

En la Tabla 20, se muestran la comparación de las bebidas de acuerdo a los valores obtenidos para el efecto antidiabético por cada tratamiento, observándose que hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 20. Efecto antidiabético (α –glucosidasa).

Nº	IC ₅₀ (μ g/ml)	Inhibición (%)
1	1083.72 \pm 64.42 ^a	72.20 \pm 4.27 ^a
2	1685.49 \pm 3.30 ^a	58.81 \pm 12.38 ^a
3	1597.26 \pm 560.11 ^a	75.48 \pm 7.96 ^a
4	1391.47 \pm 19.62 ^a	76.73 \pm 2.38 ^a
5	1595.67 \pm 236.54 ^a	47.76 \pm 18.05 ^a
6	2061.03 \pm 592.34 ^a	57.15 \pm 25.89 ^a
7	1781.67 \pm 369.98 ^a	76.01 \pm 5.97 ^a
8	1318.50 \pm 25.48 ^a	71.11 \pm 11.50 ^a

Los datos se presentan como media \pm desviación estándar ($n=3$). Para cada ensayo, las medias dentro de una columna seguida por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según la prueba de Tukey.

Bebida optimizada y su caracterización

Mediante el programa estadístico Minitab se optimizó el mejor tratamiento que presente mayor grado de aceptación en el “sabor” y “aceptación general” como atributos principales, permitiendo asegurar el consumo de la bebida, también se incluyó que presente mayor contenido de curcuminoides, capacidad antioxidante (ABTS, DPPH y ORAC) y efecto antidiabético.

Según la predicción de respuesta múltiple del diseño full factorial la bebida óptima es el tratamiento 8, que presenta la siguiente formulación: 15% dispersión de cúrcuma, mango 30%, copoazú 30% con una deseabilidad de 0.8354 (Figura 35, Anexo 9), siendo la bebida 8.

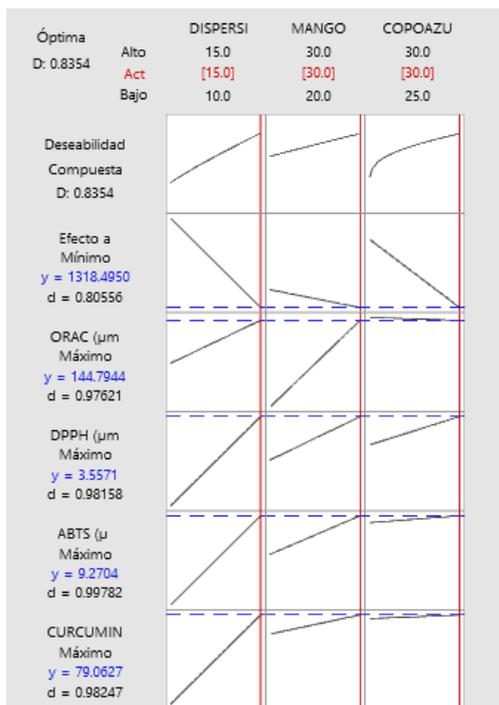


Figura 35. Optimización del mejor tratamiento mediante el diseño full factorial.

En la Tabla 21, se muestra la composición química, caracterización fisicoquímica, actividad biológica y análisis microbiológico de la bebida óptima.

Tabla 21. Características fisicoquímicas, microbiológicas y funcionales de la bebida óptima.

Composición química	
Humedad (%)	90.24±0.03
Proteína (%)	0.34±0.01
Grasas crudas (%)	1.86±0.01
Cenizas (%)	0.57±0.01
Caracterización química	
pH	3.66±0.30
°Brix	10.00±0.20
Solidos totales	10.15±0.10

Color	L*=62.86±0.08 a*=16.33±0.12 b*=62.03±0.11
%Acidez (ácido cítrico)	2.98±0.09
Viscosidad (cP)	5319.00±89.10
Compuestos fenólicos y curcuminoides	
Compuestos fenólicos totales (mg AG /g muestra)	0.89±0.05
Curcuminoides totales (mg/100 g muestra)	78.18±3.94
Capacidad antioxidante	
DPPH (μmol TE/g muestra)	3.52±0.03
ABTS (μmol TE/g muestra)	9.22±0.11
ORAC (μmol TE/100 g muestra)	145.08±1.24
Efecto antidiabético	
α-glucosidasa IC ₅₀ (μg/mL)	1300.48±25.47
Análisis microbiológico	
Numeración de Mohos y Levaduras	< 10* ufc/ mL
Numeración de bacteria coliformes y Escherichia coli	< 10* ufc/ mL
Staphylococcus aureus y otras especies	CT ≤10 ufc/ mL

*, CT: conteo total

Vida útil de bebida optima

Se determinó con la degradación del compuesto bioactivo principal de la bebida, los curcuminoides totales.

- **Curcuminoides totales**

En la Figura 36, se muestra las variaciones del contenido de los curcuminoides totales por influencia de las tres temperaturas de almacenamiento.

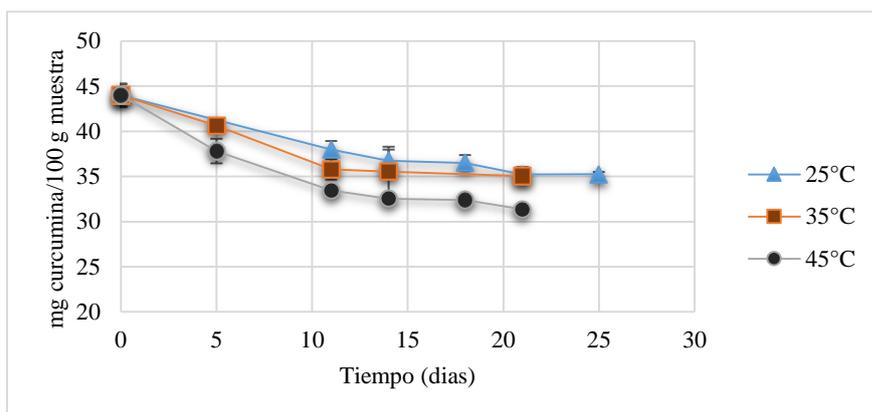


Figura 36. Contenido de curcumina en función al tiempo a las temperaturas de almacenamiento 25, 35 y 45 °C

En la Tabla 22, se muestra el coeficiente de determinación (R^2), según el orden de reacción cero y uno, se eligió el orden de reacción uno por presentar mayor R^2 .

Tabla 22. Coeficientes de determinación (R^2) y constantes de velocidad de reacción (k) de curcuminoides totales.

Orden de reacción	Coeficientes de determinación (R^2)		
	25 °C	35 °C	45 °C
0	0.9052	0.8489	0.8707
1	0.9179	0.8559	0.8924

Así mismo, en la Tabla 23, se muestran las velocidades de reacción (k) según el orden de reacción uno, determinado con los curcuminoides por temperatura de almacenamiento, los cuales aumentaron con el incremento de la temperatura.

Tabla 23. Constantes de velocidad de reacción (k) según el orden de reacción de los curcuminoides totales.

Constantes de velocidad de reacción (k)		
25 °C	35 °C	45 °C
0.0090	0.0115	0.0154

En la Tabla 24, se muestra los coeficientes de determinación (R^2) de los valores de k ajustados al modelo de Arrhenius, la energía de activación y la vida útil predicha a 5 °C según el análisis curcuminoides.

En la Figura 37, se muestra la ecuación Arrhenius para el análisis de curcuminoides totales. El tiempo de vida útil predicha para una temperatura de almacenamiento de 5°C fue 73.37 días (Tabla 24).

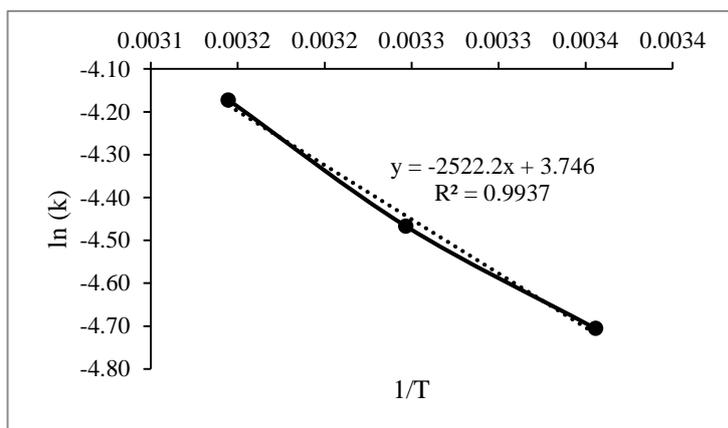


Figura 37. Modelo de Arrhenius según el análisis de curcuminoides totales

Tabla 24. Datos obtenidos del ajuste de los valores de k al modelo de Arrhenius según el análisis de curcuminoides totales

Datos del ajuste al modelo de Arrhenius	
R^2	0.9937
Ea (kJ/mol)	20.97
Vida útil a 5 °C (días)	73.37

Pruebas de estabilidad de curcumina de bebida optima

En la Figura 38 se muestra las variaciones del contenido de los curcuminoides (expresado en curcumina) por influencia de las tres temperaturas de almacenamiento.

La estabilidad de la curcumina en la bebida optima fue de 83.58, 80.83 y 74.00 % para las temperaturas de 25, 35 y 45°C después de 15 días de almacenamiento. Los límites de aceptabilidad para los análisis de curcuminoides totales, se tomaron como referencia un valor de 80%.

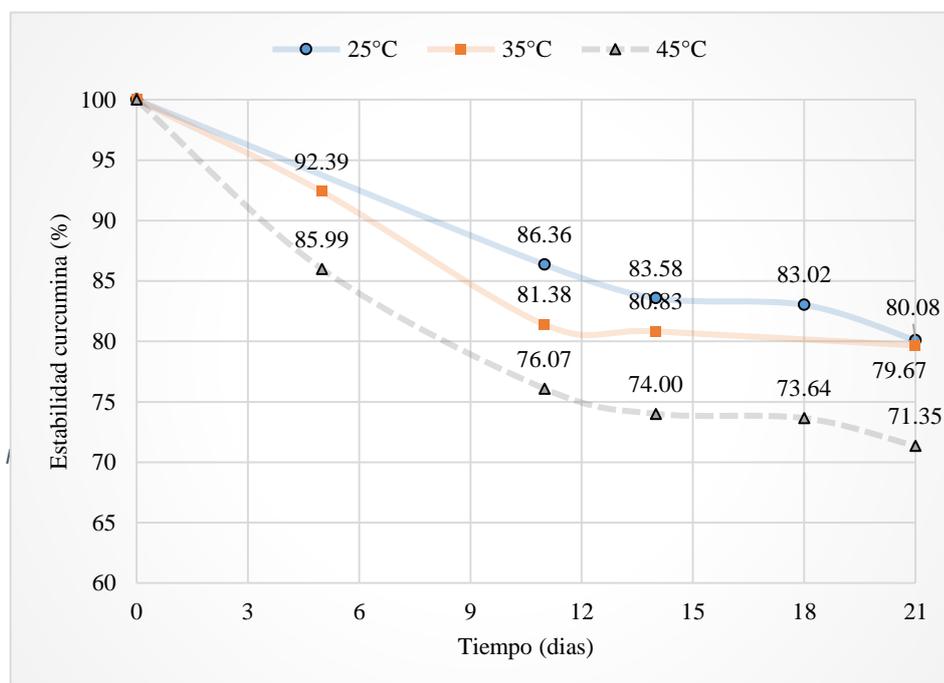


Figura 38. Estabilidad de los curcuminoides totales en el tiempo.

4.2.CAMBIOS RELEVANTES DE LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA

La curcumina, es el principal componente de la cúrcuma, y la curcumina presenta muy baja solubilidad en agua, por lo que en este estudio se buscó solubilizar la oleorresina en diferentes coadyuvantes alimentarios con la finalidad de encontrar el hidrocoloide con mayor retención de curcumina.

El hidrocoloide con mayor solubilidad fue la β -ciclodextrina, debido a que presentó el mayor contenido de curcuminoides totales. Y se incorporó a una bebida frutada con mezcla maracuyá, copuazú y mango para obtener la bebida con mayor aceptación sensorial, mayor contenido de antioxidantes y con efecto antidiabético.

4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Contraste de Hipótesis específica 1

Ho: las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma no presentaron aceptabilidad sensorial

Ha: por lo menos una de las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma presentó aceptabilidad sensorial

Conclusión:

Se aseguró una calificación sensorial desde un puntaje de 3.5, se compararon los valores promedios de los datos obtenidos para los atributos: “color” “sabor” y “evaluación general”, el valor $p < 0.05$ indica que existe diferencia significativa entre los promedios de los tratamientos Anexo 10, 11 y 12 respectivamente (Tabla 18). Las figuras de comparación de las formulaciones para “color” y “sabor” se observa que la bebida diferente con mayor aceptación es la bebida 5 (Figura 40, 41), mientras que para la “evaluación general” (Figura 42) las bebidas con mayor aceptación fueron las bebidas 5 y 6. Por lo tanto, se rechaza la Ho y se acepta la Ha.

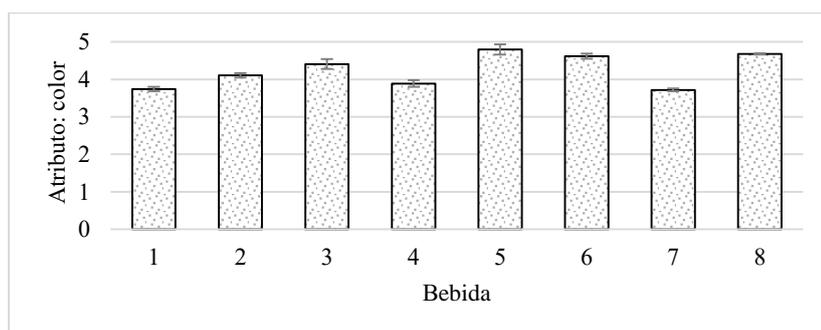


Figura 40. Comparación de grado de aceptación para el atributo “color” de formulaciones de bebidas.

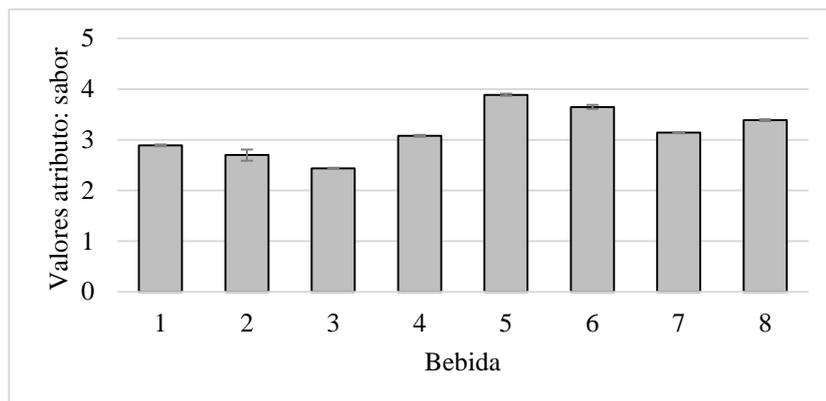


Figura 41. Comparación de grado de aceptación para el atributo “sabor” de formulaciones de bebidas

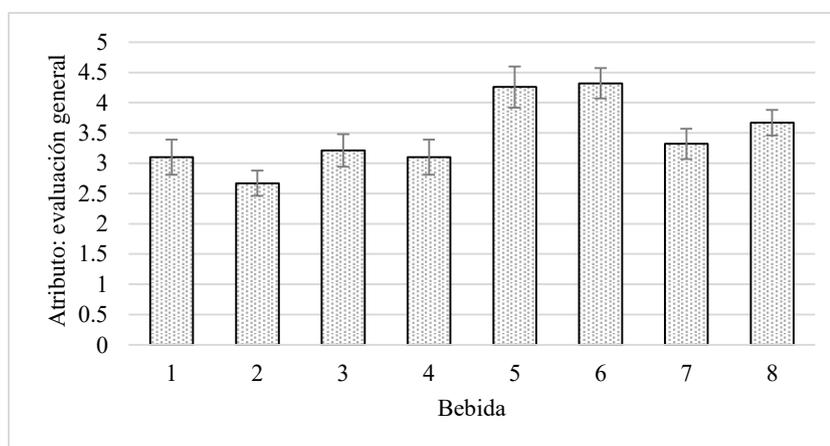


Figura 42. Comparación de grado de aceptación para el atributo “evaluación general” de formulaciones de bebidas

Contraste de Hipótesis específica 2

Ho: los contenidos de los compuestos fenólicos totales y curcuminoides de las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma son iguales

Ha: por lo menos uno de los contenidos de los compuestos fenólicos y curcuminoides de las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma es diferente.

Conclusión:

En relación a los CFT (Figura 43, Tabla 19) y los curcuminoides totales

(Figura 44, Tabla 19), los ANOVA ($p=0$) indicaron que por lo menos uno de los tratamientos es diferente, el análisis de comparaciones múltiples se observa que la bebida 8 presenta mayor contenido de CFT y curcuminoides totales, ver Anexo 13 y 14 respectivamente. Por lo tanto, se rechaza la H_0 y se acepta la H_a .

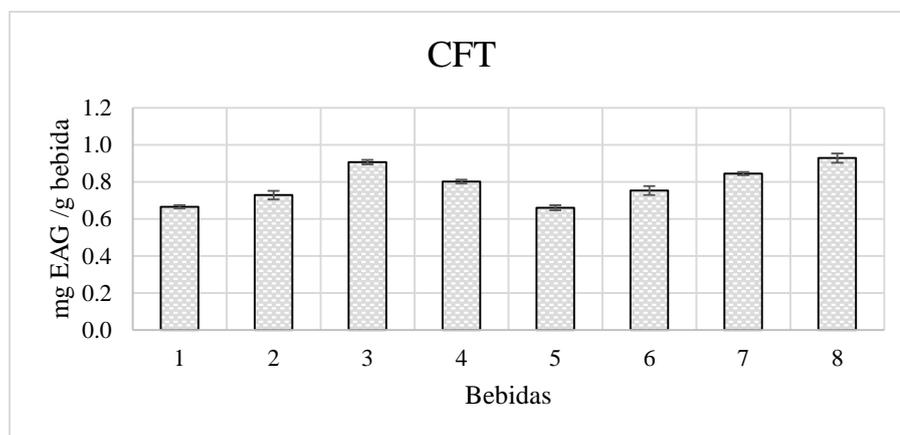


Figura 43. Comparación CFT de las formulaciones de bebidas

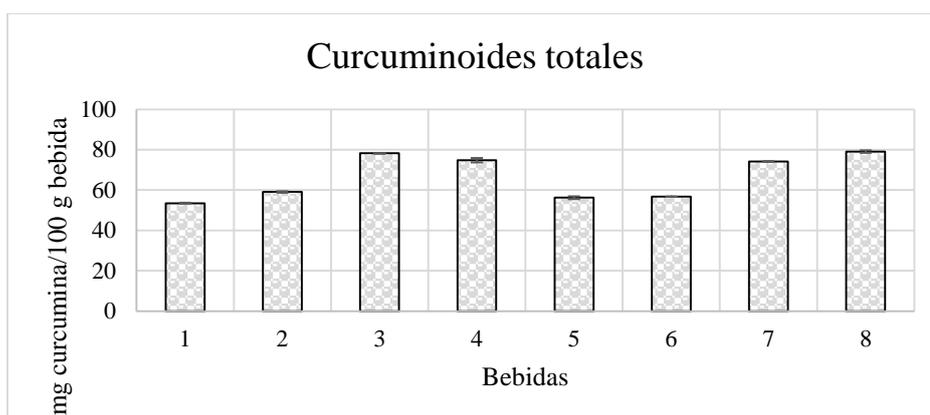


Figura 44. Comparación curcuminoides totales de las formulaciones de bebidas

Contraste de Hipótesis específica 3

H_0 : la capacidad antioxidante de las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma son iguales

H_a : la capacidad antioxidante de por lo menos una de las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma es diferente

En relación a la actividad antioxidante: ABTS, DPPH y ORAC en el análisis factorial ANOVA ($p=0$) indica que por lo menos uno de los tratamientos es diferente (Anexo 15, 16 y 17 respectivamente), presentando la bebida 3 mayor contenido de actividad antioxidante con el método ABTS (Figura 45, Tabla 19) y mediante el método de DPPH y ORAC la bebida 8 (Figura 46, Tabla 19). Por lo tanto, se rechaza la H_0 y se acepta la H_a .

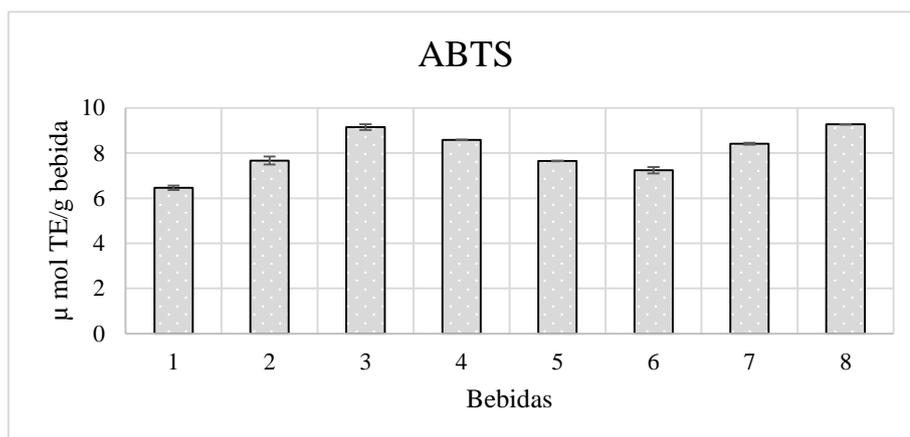


Figura 45. Comparación capacidad antioxidante (ABTS) de las formulaciones de bebidas

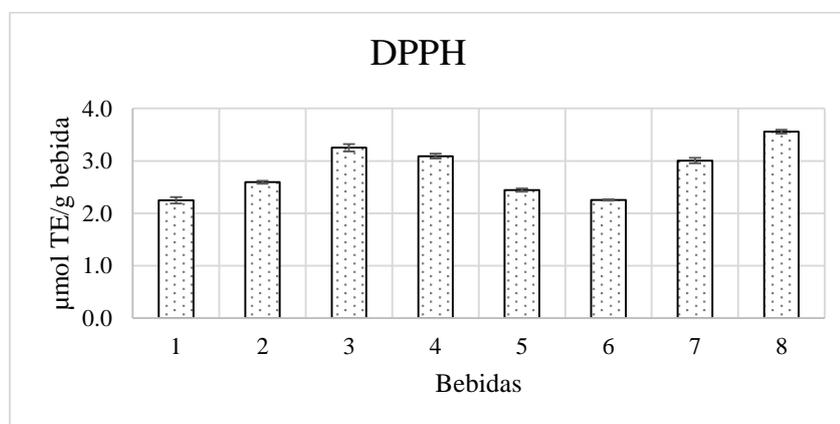


Figura 46. Comparación capacidad antioxidante (DPPH) de las formulaciones de bebidas

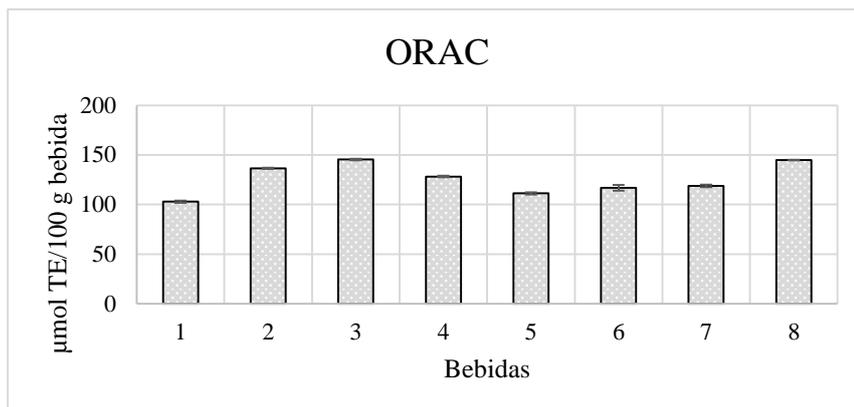


Figura 47. Comparación capacidad antioxidante (ORAC) de las formulaciones de bebidas

Contraste de Hipótesis específica 4

Ho: las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma no tienen efecto antidiabético

Ha: por lo menos una formulación de bebida de frutas y oleorresina de cúrcuma tiene efecto antidiabético.

Conclusión:

Todas las muestras presentaron un efecto antidiabético, porque inhiben el 50% de α -glucosidasa (Figura 48, Anexo 18). Respecto a las unidades expresadas en IC_{50} variaron entre 1083.72 ± 64.42 mg/ml y 2061.03 ± 592.34 mg/ml (Tabla 20) en comparación con el IC_{50} de la acarbosa 415.56 ± 7.20 μ g/mL, lo que significa que se necesita consumir 2.60 y 4.95 veces de las bebidas para tener el mismo efecto que la acarbosa, presentando todas efecto antidiabético. Por lo tanto, se rechaza la Ho y se acepta la Ha.

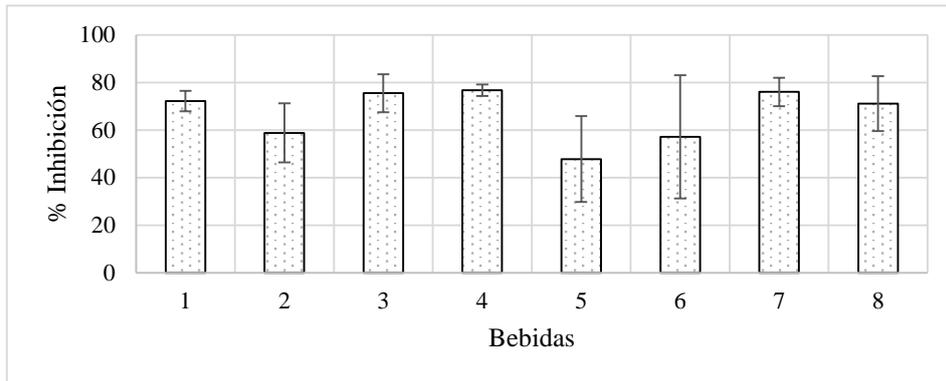


Figura 48. Comparación de efecto antidiabético de las formulaciones de bebidas

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

PRELIMINAR

5.1. Solubilidad de oleorresina de cúrcuma

En este estudio se reporta un valor máximo de curcumina de 2.90 mg curcumina/ mg de dispersión (2.32 mg/mL) (Tabla 8), Chica-Barco, Martinez-Correa y Perez-Munive (2022) reportan valores de solubilidad para oleorresina de cúrcuma y curcumina comercial de 0.142 ± 0.003 y 2.911 mg curcumina /mL aceite respectivamente, obteniéndose mayor solubilidad en aceite de oliva, que en aceite de soya y girasol. Joung et al., (2016) evaluaron solubilidad de la curcumina a 60 °C reportando 0.25 mg/ml en MTC (triglicéridos de cadena media), 0.1 mg/ml en aceite de coco, 0.08 mg/ml aceite de oliva y 0.07 mg/ml en aceite de maíz respectivamente. Vijayan et al., (2020) reportan valores de solubilidad de curcumina en microemulsiones de mezcla de oleato de etilo, Tween 80 y Transcutol-RP en oleorresina de *C. longa*, oleorresina de *C. aromatica* y curcumina (estándar) de 0.06, 0.08 y 0.09 mg/mg, respectivamente. Encontrándose valores menores a lo indicado en este estudio. La mayor solubilidad encontrada en este estudio con β -ciclodextrina, podría deberse a que, debido a la cavidad hidrófoba de la β -ciclodextrina y superficie hidrófila permiten la encapsulación de moléculas invitadas no polares como oleorresina, que pueden entrar parcial o totalmente en la cavidad hidrófoba mientras salen las moléculas de agua haciendo soluble al compuesto (Cabral-Marques, 2010), mejorando la velocidad de disolución, y la biodisponibilidad de nutraceuticos de baja solubilidad (Mourtzinou, Salta, Yannakopoulou, Chiou y Karathanos, 2007) como los curcuminoides.

OBJETIVO 1:

5.2. Caracterización de la materia prima

Curcuma

Madhusankha, Siow & Thoo (2023) reportan un contenido de oleorresina de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) de $19.76 \pm 0.58\%$, extraído con mezcla de etanol y acetona, similar al reportado en este estudio (19.6 a 20.1 g/100 g de harina de

cúrcuma en base seca). Así mismo, Nurhadi et al., (2020) reporta un contenido de oleorresina de $18.89 \pm 0.68\%$ y $14.70 \pm 0.62\%$ para *Curcuma domestica* y *Curcuma xanthorrhiza* respectivamente. Kiran et al., (2013) menciona que el contenido de oleorresina disminuye con la madurez de los cultivares, y se ve influenciado con los nutrientes del terreno de cultivo.

Mango

El rendimiento de pulpa de mango variedad Edward fue de 67.63% (Tabla 16), mientras que Soto et al., (2004), reportan un rendimiento de $71.32 \pm 6.21\%$ en la misma variedad, encontrándose dentro del rango. Por otro parte, Medina et al., (2017) reporta un rendimiento de 59.70% en la variedad Tommy Atkins. El rendimiento puede variar en función a la variedad, zona y clima de producción.

Por otro lado, Gamboa y Suyón (2015), reporta para el mango Edward un contenido de sólidos solubles de 18° Brix, pH de 4.94, % acidez de 0.28 (ácido cítrico), siendo estos valores cercanos a los encontrados en este estudio (Tabla 16), considerando que el pH y contenido de acidez depende del estado de madurez del fruto.

Maracuyá

El rendimiento del jugo de maracuyá fue 25.33% (Tabla 16), menor a los reportado por Rojas-Román (2019), quien reporta un valor de 34.06%, así mismo reporta un pH de 3.61, valor similar al encontrado en este estudio. Calderón y Moran (2017) para jugo de maracuyá señalan un °Brix de 8.6, un pH de 2.96 y una acidez de 4.19 expresada como porcentaje de ácido cítrico, los valores son similares excepto el porcentaje de acidez, que se encuentra en un mayor valor. La obtención de valores diferentes se puede ver influenciada por el índice de madurez, variedad y área de cultivo.

Copoazú

Curo-Manchego e Ybañez-Araujo (2017) reportan sólidos solubles de 13.60 °Brix, acidez 2.24 (% ácido cítrico), pH 3.15, valores similares a este estudio (Tabla

16), excepto el contenido de sólidos soluble en este estudio se reporta valores entre 9 y 11 °Brix, la variación se debería al grado de madurez del fruto, el color de la pulpa fue un blanco lechoso, característico al fruto, similar al color encontrado en este estudio.

5.3. Análisis sensorial

Se evaluó el ANOVA de un solo factor se evaluó las variables sobre los atributos: color, olor, sensación en boca, sabor, y evaluación general. En la Tabla 18, se presenta los valores obtenidos en la evaluación de los panelistas.

Color

En cuanto al atributo del color, en el ANOVA de un solo factor se observa un mayor valor en la bebida 5 (Tabla 18), destacando su menor contenido de dispersión de cúrcuma y mayor contenido de mango, así como un menor contenido de copoazú (Tabla 17). Esto resultó en un color amarillo menos intenso. Los participantes expresaron que este tono suave de amarillo proporciona un color atractivo y agradable.

Olor

En relación al atributo de olor, se observa que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0.05$) (Tabla 18). Los panelistas informaron que el aroma era agradable a fruta, percibiendo principalmente los olores de maracuyá y copuazú.

Sensación en boca

Para el atributo sensación en boca, los valores de p del ANOVA de un solo factor, éstas no presentaron diferencia significativa ($p < 0.05$) (Tabla 18). Los panelistas indicaron que no percibieron separación de fases, ni grumos en las bebidas.

Sabor

En el ANOVA de un solo factor se observa a la bebida 5 y la bebida 3 como la más aceptable y menos aceptable respectivamente (Tabla 18), ambas presentan el mismo contenido de mango y copoazú, pero la bebida 5 presenta menor contenido de curcuma que la bebida 3 (Tabla 17). Los panelistas describieron un ligero amargor al pasar el sorbo de la bebida 3, mientras que en la bebida 5 no percibieron el amargor, indicando además que el dulzor fue el adecuado.

Evaluación general

En el ANOVA de un solo factor se observa que las bebidas más aceptables fueron el tratamiento 5 y 6 con valores de 4.04 y 4.16 respectivamente (Tabla 18). Los panelistas describieron, que la acidez y dulzor fue agradable y no percibieron el amargo de la cúrcuma, presentando ambas bebidas el menor contenido de dispersión de oleorresina de cúrcuma.

Abd Rashid et al., (2022) prepararon 4 bebidas a base de rizoma fresco de temulawak y cúrcuma (especies vegetales pertenecientes a la misma familia), y tamarindo, fue evaluado por un grupo de 21 personas, en una escala hedónica de 1 al 5, obteniendo los siguientes valores para los atributos sensoriales de olor 1.67 - 4.60, color 3.63 - 4.70, sensación en boca de 3.05 - 4.80 y aceptabilidad general de 2.29 - 4.80, lo que demuestra que la mayoría de panelistas prefirieron la bebida 4, con mayor contenido de cúrcuma. Mencionar que, en este estudio, se utilizó oleorresina de cúrcuma, concentrando el contenido de curcuminoides, por lo que se intensifica el sabor amargo y picante.

5.3. Compuestos fenólicos (CFT)

En el ANOVA de un solo factor se observa que el contenido de CFT aumenta gradualmente en relación al contenido de dispersión de cúrcuma, observando mayores valores en las bebidas 3, 4, 7 y 8 (Tabla 19). Presentando el tratamiento 8 el mayor contenido de CFT, y en su formulación el mayor contenido de mango, copoazú y dispersión de cúrcuma.

El rango de CFT encontrado en este estudio de 0.66 a 0.93 mg EAG/g de

bebida. Rashid et al., (2022) reporta un contenido entre 0.20 a 0.45 mg EAG/g de bebida de cúrcuma y tamarindo, menor al encontrado en este estudio. Así mismo Pérez-Ramírez et al., (2015) en un estudio de bebida a base de Jamaica con efecto antidiabético presenta un contenido de CFT entre 14.0 a 29.5 μg EAG/ml. Jayathilake, Jayasinghe & Walpita (2022) desarrollaron una bebida de leche pasteurizada con cáscara de jengibre (*Zingiber officinale*), cúrcuma (*Zingiber officinale*) y granada (*Punica granatum*) la bebida con mayor aceptación sensorial presentó un contenido de CFT de 0.532 ± 0.004 mg EAG/g bebida, este valor es cercano al de este estudio, esto puede deberse al contenido de fenoles presentes en las frutas agregadas. Los principales compuestos polifenólicos en la cúrcuma son curcumina, desmetoxicurcumina y bisdemetoxicurcumina (Vardhini et al., 2023), en el mango mangiferina, flavonoides y galotanino principalmente (Ancos et al., 2013), en el maracuyá se encuentra α -tocoferol y D- α -tocotrienol (Asiimwe et al., 2022) y en copoazú se encuentran los flavonoles, ácidos fenólicos, flavonas y antocianinas (Febrianto & Zhu, 2022) a los que se le puede atribuir los beneficios de la bebida y el contenido de CFT.

5.4. Curcuminoides

En el ANOVA de un solo factor se observa un mayor valor en los tratamientos 3 y 8 con respecto al resto de bebidas (Tabla 19), presentando el mayor contenido curcuminoides ambas bebidas con el nivel mas alto de dispersión de cúrcuma (Tabla 17).

En este estudio se reporta un contenido de curcuminoides entre 53.47 y 79.06 mg/100 g bebida (que representa entre 668 y 987 μg de curcumina/mL de bebida). Gonçalves, Vicente & Pinheiro (2023) reportan una concentración de curcumina de 38 $\mu\text{g}/\text{mL}$ en un nanosistema de curcumina incorporado como emulsión a una bebida, siendo estos valores menores a los reportados en este estudio.

Los valores encontrados en esta investigación estuvieron en el rango de 531.53 ppm y 781.75 ppm mientras que, Dwiloka, Setiani y Purwitasari (2020)

reportaron un contenido de curcumina de 46.91 ppm en una cerveza con jengibre, curcumina, temulawak, lima, azúcar y agua, esto podría deberse a que la cúrcuma utilizada fue harina de cúrcuma, mientras que en este estudio se utilizó oleoresina, un concentrado de curcuminoides.

5.5. Capacidad antioxidante

ABTS

En la Tabla 19, ANOVA de un solo factor se observa mayores valores en la bebida 3 y 8 con 9.15 (0.00915 mmol TE/g bebida) y 9.27 μ mol TE/g bebida (0.00927 mmol TE/g bebida) respectivamente

Lopez-Martinez et al., (2022) reportan para ABTS un rango de actividad antioxidante entre 161.25 y 195.84 mmol TE/ml en la optimización de elaboración de una bebida con pulpa de mango, jugo de zanahoria y cúrcuma en polvo (<0.7%) utilizando un procesador con ultrasonido amplitud de 30-100%, pulso cada 0.4-0.8 segundos y tiempo de ultrasonido entre 10, 20 y 30 min. Bajo esas condiciones de trabajo, logran conseguir un alto valor de actividad antioxidante para ABTS, pero debido al poco contenido de cúrcuma en polvo, la actividad reportada en el estudio podría deberse alto contenido de mango y zanahoria (>45%), siendo el valor de la bebida funcional mayor al obtenido en este estudio.

DPPH

En el ANOVA de un solo factor (Tabla 19), se observa un mayor valor en la bebida 8.

El contenido de IC₅₀ encontrado en este estudio varió entre 503.72 ppm (3.56 \pm 0.04 μ mol TE/g bebida) y 730.49 ppm (2.59 \pm 0.03 μ mol TE/g bebida) para la bebida con mayor y menor contenido de dispersión de cúrcuma respectivamente, Zubaidah et al., (2023) reporta un contenido de IC₅₀ entre 301.12 y 334.03 ppm para bebidas de kombucha (mediante enzimas de microorganismos SCOBY) variando la cúrcuma blanca (kion o jengibre) entre 0.2 y 1.0 %, este valor es mayor a lo encontrado en este estudio, ya que utiliza menor contenido de bebida para el

mismo efecto. En el estudio en referencia, éste podría presentar mayor capacidad antioxidante debido a que, durante la fermentación las enzimas descomponen compuestos complejos entre ellas las sustancias fenólicas. Lo que incrementara los compuestos fenólicos por ende la actividad antioxidante (Bhattacharya et al., 2011).

Los compuestos de fenol liberados pueden actuar como antioxidantes al donar átomos de hidrógeno o electrones del grupo $-OH$ a los radicales libres (Zubaidah et al., 2019). Uno de ellos es el compuesto de curcumina que puede reducirse a compuestos análogos en forma de tetrahidrocurcumina (THC), hexahidrocurcumina (HHC) y octahidrocurcumina (OHC) mediante enzimas de microorganismos SCOBY (Huang et al., 2020). Este cambio provoca la reducción de la doble cadena del compuesto de curcumina a un compuesto de cadena única que aumenta su actividad antioxidante (Zubaidah et al., 2023).

En este estudio los resultados también se pueden expresarse también como 2072 y 2848 $\mu\text{mol/L}$ como rango entre los tratamientos. Del Socorro Cruz-Cansino et al., (2020) reporta valores de DPPH entre 41.18 y 165 $\mu\text{mol/L}$ para néctar de yaca, menores a los encontrados en este estudio.

ORAC

En el ANOVA de un solo factor (Tabla 19), se observa un mayor valor en la bebida 3 y 8. Así como un menor valor en la bebida 1.

En este estudio se encontraron valores en el rango de 102.87 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ (277.82 $\mu\text{g/ml}$) a 144.79 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ (362.92 $\mu\text{g/ml}$) de bebida. Gopi et al. (2016) reporta valores entre 0.289 ± 0.02 y 0.827 ± 0.06 $\mu\text{g/ml}$ en bebida diferentes concentraciones de harina de cúrcuma, jengibre, pimienta negra y té verde, la bebida también cuenta con la presencia de ácido ascórbico y ácido cítrico lo que le otorga mayor valor antioxidante, sin embargo, estos valores son menores a lo reportado en este estudio.

Los valores de ORAC de este estudio también se pueden expresar en el rango de 1028.7 y 1453.6 $\mu\text{mol/L TE}$. Xie, Sintara, Chang & Ou (2015) reporta un valor de 630 $\mu\text{mol/L TE}$ para una bebida de mangostán (fruta del sudeste asiático

ácido y dulce) que presenta actividad antioxidante y antiinflamatorio in vivo en adultos, así mismo Litescu et al., (2014) obtienen valores de ORAC para vinos entre 87.33 y 90.07 $\mu\text{mol/LTE}$, ambos estudios reportan menores valores a lo mencionado en este estudio, los valores más altos indican mayor capacidad para combatir el daño oxidativo. ORAC representa un mecanismo de reacción de transferencia de átomos de hidrógeno (HAT), que es más relevante para la biología humana (Prior et al, 2005) ya que las condiciones son similares a las reacciones químicas en los humanos.

5.6. Efecto antidiabético

En el ANOVA de un solo factor (Tabla 20), se observa que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los tratamientos, para la capacidad inhibidora de las bebidas contra la α -glucosidasa. La concentración inhibidora (IC_{50}) varió entre $1083.72 \pm 64.42 \mu\text{g/mL}$ ($72.20 \pm 4.27\%$) y $2061.03 \pm 592.34 \mu\text{g/mL}$ ($57.15 \pm 25.89\%$) para 20 mg de bebida seca en comparación con la acarbosa de $IC_{50} = 415.56 \pm 7.20 \mu\text{g/mL}$, lo que significa que se necesita 2.60 y 4.95 más de las bebidas para tener el mismo efecto que la acarbosa. Realizando el cálculo, se estima que consumiendo 15 g de la bebida 8 se tiene un efecto antidiabético igual a la acarbosa. Considerar, que el consumo del fármaco acarbosa es en pequeñas cantidades (mg) durante el tratamiento.

No se encontraron estudios de evaluación de efecto antidiabético en bebidas de cúrcuma *in vitro*, sin embargo, Beidokhti y Jäger, (2017), indica que, entre los vegetales, aceites y especias antidiabéticos más consumidos, se encuentra la *Curcuma longa* L. utilizado como tratamiento natural. Entre los estudios encontrados se cuenta con una investigación de extracto etanólico de *Curcuma longa* L. reportado por Aranda-Ventura et al. (2021), en extracto etanólico ($IC_{50} = 81.90 \mu\text{g/mL}$) y extracto acuoso de *C. longa* ($IC_{50} = 171.60 \mu\text{g/mL}$), también Sabir et al., (2021), encontraron que el extracto etanólico de *C. longa* tiene un efecto inhibidor de la α -GLC con un IC_{50} de $37.1 \pm 0.3 \mu\text{g/mL}$, atribuyendo su efecto

antidiabético a la curcumina. Por otro lado, Lucas et al. (2011) y Ojo et al., (2016) revelan el efecto antidiabético del mango, observando un aumento de insulina y mejora de la tolerancia a la glucosa en ratones, al ser este uno de los ingredientes de las bebidas, se le podría atribuir también el efecto antidiabético encontrado.

También existen investigaciones de efecto antidiabético *in vivo* del compuesto bioactivo principal de la *C. longa*, la curcumina, como el de Chuengsamarn et al., (2012) quienes evaluaron extractos de curcumina de 250 mg durante 9 meses en 240 pacientes prediabéticos, concluyendo que el extracto mostró una mejor función general de las células β , responsables de sintetizar la hormona insulina, como prevención de la diabetes tipo 2. Así mismo, Hussain, (2002) en el estudio con extracto acuoso de curcumina en ratas diabéticas indican un efecto al consumir 300 mg/kg durante 8 semanas, mediante una reducción significativa de la glucosa en sangre. Madkor et al., (2011) estudiaron el polvo de cúrcuma en ratas diabéticas, probaron una dosis de 200 mg/kg durante 28 días indicando un incremento en la producción de insulina.

Con la finalidad de comparar el potencial efecto antidiabético *in vitro* de las bebidas de este estudio se compararon los valores obtenidos por Pérez-Ramírez et al., (2015) en una bebida jamaica que presenta una inhibición de 25% con 30 mg/mL en muestra seca. Badejo et al., (2020) reporta efecto antidiabético en bebida de chufa (bebida energética y nutritiva, de origen completamente vegetal) a base de *Vernonia amygdalina* y *Momordica charantia* reporta actividad inhibidora de la α -glucosidasa 38.82 al 75.54% similar a lo reportado en este estudio, indicando que podría usarse como bebida funcional con potencial antidiabético.

Debido a que el hidrolisis del almidón dietético de la glucosa, así como de monosacáridos, disacáridos es catalizada por α -glucosidasa, la inhibición de esta enzima representa una estrategia importante en el manejo de la hiperglucemia relacionada con la diabetes tipo II (Pérez-Ramírez et al., 2015).

5.7. Caracterización fisicoquímica de bebida optima

Composición química proximal (CQP)

En este estudio se obtuvo en la bebida optima humedad de 90.24%, proteína 0.34%, grasa 1.86% y cenizas 0.57% (Tabla 21). Baldini et al., (2017) reporta una humedad de 87.93%, cenizas 1.87%, grasa 1.32%, proteínas 5.79% en una bebida comercial de néctar de manzana enriquecido con arazá o guayaba amazónica (*Eugenia stipitata*) para aumentar los compuestos fenólicos y actividad antioxidante con aceptación sensorial. Del Socorro Cruz-Cansino et al., (2020) reporta valores de CQP para néctar de yaca de humedad 95.93%, proteína 0.41%, grasa 1.04%, cenizas 0.19%. La composición química de las bebidas depende de los componentes por los que están elaborados.

pH:

De la bebida fue de 3.66 (Tabla 21), Matute y Echavarría (2020) reportan un pH de 3.7 a 4 en bebida de tomate con cúrcuma mientras que, Rashid et al., (2022) menciona valores entre 3.37 y 3.46. Gonçalves, Vicente y Pinheiro (2023) indican que el pH no afecto la estabilidad de la bebida elaborada con nanoemulsion de cúrcuma reportando valores de 3.04 y 3.01. La NTP 103.003.2022 para néctar de frutas indica un pH menor a 4.5, cumpliendo lo establecido por la bebida realizada en este estudio.

°Brix:

Los grados brix encontrados fueron 9.8 y 10.2 (Tabla 21). Nabi et al., (2021) en un néctar de naranja endulzada con Stevia enriquecido con pectina destinado a diabéticos reporta un contenido de °Brix de 11.70 ± 0.15 , mayor a lo encontrado en este estudio.

Solidos totales:

En este estudio se encontraron en el rango de 10.05 y 10.25 (Tabla 21). Abd Rashid et al., (2022) en una bebida de cúrcuma reporta valores entre 8.67 y 11.43%, encontrandose los valores de este estudio dentro del rango. Según la NTP

103.003.2022, el contenido mínimo de zumo o jugos y para néctares en bebidas de frutas debe ser 10% y 25-40% respectivamente, encontrándose el valor de este estudio dentro del mínimo valor por la categoría de zumo o jugos de frutas.

Color:

En este estudio se reporta un valor de b^* 62.86, donde b^* va desde 30 a 60 aproximadamente (Tabla 21), encontrándose el valor reportado en el punto máximo del amarillo. Chica-Barco, Martínez-Correa y Perez-Munive (2022) reportaron en una bebida con nanoemulsión de cúrcuma un valor de b^* entre 13.99 y 15.79, siendo un amarillo más claro a lo reportado en este estudio.

% Acidez

En un estudio realizado por valor de 3.25% ácido ascórbico (2.98% ácido cítrico) (Tabla 21), mientras que Theba, Nayi y Ravani (2024) elaboración de una bebida con jugo de remolacha, jugo de uva, jugo de cúrcuma y zumo de limón reportando un contenido de acidez 0.60% ácido ascórbico, lo que indica que es mucho más ácido y varía según la proporción y tipo de fruta empleado.

Viscosidad

La viscosidad encontrada en la bebida óptima fue de 5319.00 ± 89.10 cP (Tabla 21) mientras Bal et al., (2014) reportan valores de 3250 a 50630 cP en néctar de guayaba. La viscosidad varía en función al contenido de sólidos totales y la naturaleza de los ingredientes utilizados.

5.8. Control microbiológico de bebida óptima

Los resultados del control microbiológico, encontrados en el punto 0 después de la pasteurización fueron < 10 UFC/ mL (Tabla 21), igual a los encontrados Matute y Echevaria (2020) en un jugo de tomate y harina cúrcuma pasteurizado a 94-96°C durante 5 min. Además, según Joshi et al., (2021) que la cúrcuma presenta actividad antimicrobiana principalmente contra *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* lo que garantiza la calidad microbiológica hasta el final de la investigación, ya que permite conservar productos alimenticios.

5.9. Vida útil de bebida optima

La vida útil está relacionada a la temperatura de almacenamiento, siguiendo el caso de la cinética de grado 0 y de primer orden para las temperaturas evaluadas. En este estudio se reporta un tiempo de vida útil de 73.37 días a 5°C. En la literatura se pueden encontrar diferentes valores de vida útil reportados para jugo o bebida de frutas. Nabi et al., (2023) reporta un tiempo de vida de 83.87 días a 4°C de una bebida antidiabética con Stevia Rebaudiana mezclada con goma Tragacanth en néctar de naranja, mayor a lo encontrado en este estudio.

Wang et al., (1997) investigaron la cinética de degradación de la curcumina en diversas condiciones de pH y la estabilidad de la curcumina en matrices fisiológicas, señalaron que su degradación siguió una cinética de primer orden. Afirmando que existe degradación de la curcumina en el tiempo, debido a la degradación hidrolítica de la curcumina en la fase acuosa bajo condiciones de pH ácidos (Wang et al., 2019).

5.10. Pruebas estabilidad

En este trabajo se reporta una estabilidad de curcumina de 83.58, 80.83 y 74% para las temperaturas de almacenamiento de 25, 35 y 45°C respectivamente a los 15 días. En un estudio reportado por Aditya et al., (2015) en la encapsulación de curcumina y catequina, indican que al agregar las emulsiones cargadas de curcumina y catequina, mostrando una estabilidad de 91 y 87 % después de 15 días de almacenamiento a 4 y 23 °C, siendo este valor mayor a lo reportado en este estudio, lo que indica que presenta menor estabilidad.

Chica-Barco, Martínez Correa y Pérez-Munive (2022) bebida con sacarosa, ácido cítrico, ácido ascórbico, benzoato de sodio, agua y nanoemulsiones de oleoresina de cúrcuma muestra un % de retención de cúrcuma de 80 % hasta los 15 días de almacenamiento a 4±1 °C.

El resultado indica como la temperatura puede afectar directamente la

estabilidad de la bebida. Conservando la bebida a 5°C, es posible alargar su tiempo de vida útil hasta 73.37 días. La temperatura de almacenamiento permite la conservación de la curcumina en la matriz alimentaria incorporado.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Incorporación de oleorresina de curcuma a una bebida

6.1. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA FOCALIZADO

6.1.1. Presentación del crítico

La oleorresina de cúrcuma presenta escasa solubilidad en agua y al aceite, así como en agua (Figura 49). También no fue posible incorporarlo a un sistema de maltodextrina, proteína y goma arábiga, en la Figura 50, se observa las partículas de oleorresina sin disolver. También se observa inestabilidad de la dispersión, Figura 51, se muestra dispersión en el tiempo 0 de la preparación y luego de 24 h de evaluación.

Además de presentar dificultad en la solubilidad, la oleorresina de cúrcuma presenta sabor amargo y picante, y color intenso propio de la curcuma, al ser una fuente de compuestos bioactivos como los curcuminoides, con propiedades antioxidantes, antidiabéticas, lo ideal es utilizarlo como insumo alimentario, pero su incorporación en la matriz alimentaria es un gran desafío.

En este trabajo de investigación se propuso y se realizó su incorporación en un sistema alimentario, formando de esta manera una dispersión alimentaria, que permitirá ser utilizado como insumo en bebidas de frutas con tonalidades amarillas o naranjas.

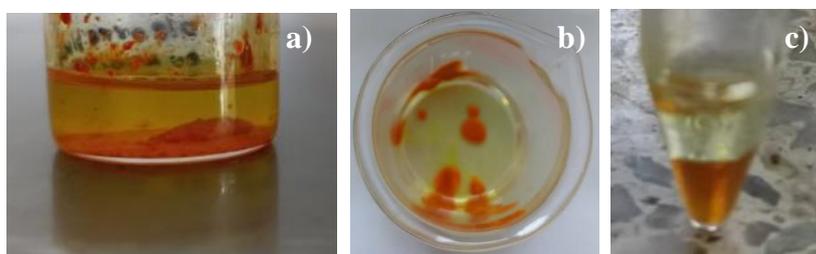


Figura 49. Oleorresina de curcuma en aceite y tween (a), aceite soya (b), agua (c).

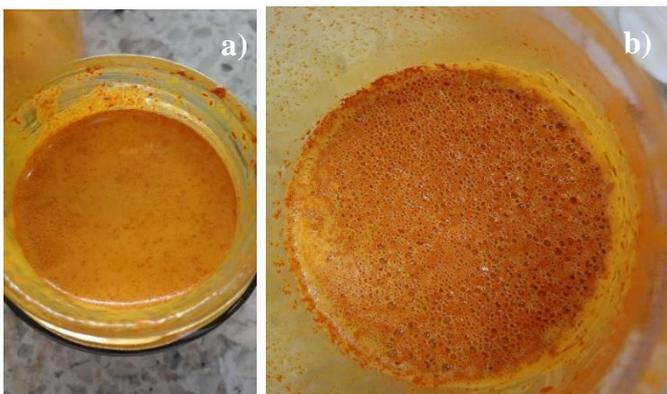


Figura 50. Dispersion con partículas de oleoresina en suspensión utilizando coadyuvantes como goma arábica y maltodextrina (a y b).

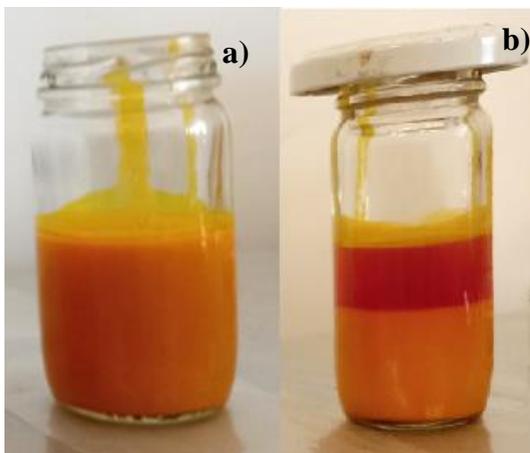


Figura 51. Dispersión de proteína de suero de leche y goma arábica con oleoresina a las 0 (a) y 24 horas (b).

6.1.2. Características relevantes del caso

6.2. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Variable independiente: Formulaciones de bebidas con cúrcuma

Variables dependientes: Evaluación sensorial, CFT, capacidad antioxidante y actividad antidiabético

La descripción de la propuesta, fue aplicada en la variable

independiente, formulación de bebidas con curcuma, en la adición de la oleorresina de cúrcuma, y mezclado con la β -ciclodextrina, para de esa manera lograr la solubilización de la oleorresina, así como la selección de las frutas realizada en las pruebas preliminares, todo ello permitió obtener las bebidas de curcuma con la oleorresina solubilizada y con sabor aceptable. Pero la propuesta de mejora es la incorporación de la betaciclodextrina para solubilizar la oleorresina.

6.3.PROCESO DE MIGRACIÓN HACIA LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Lo que se busca con este estudio es elaborar una bebida funcional con oleorresina de cúrcuma (concentrado de curcuminoides), solubilizarla en agua e incorporada a una matriz alimentaria, como es el caso de la bebida. El proceso de migración se logrará con un proceso de concientización donde las personas consideren que el alimento es su medicina, aumentando el consumo de productos funcionales, logrando así, que todo alimento además de su valor nutritivo, aporte beneficios para salud de manera preventiva o terapéutica.

6.4.COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Se realizó el costeo para la elaboración de 13 kg de bebida a nivel laboratorio (Anexo 19), siendo un total de 52 und de frascos de presentación de 250 ml cada uno.

El cálculo se realizó partiendo de 100 g de harina y, lo que corresponde a 0.02 kg de oleorresina, seguido de la elaboración de la dispersión, preparación de bebida y envasado.

El cálculo para estimación del personal que contempla todos los procesos se muestra, costo de material fungible y no fungible, servicios identificables, costos fijos del laboratorio y los costos programados costos fijos del laboratorio y los costos programados, a partir de estos valores se estima el costo fijo unitario. También se incluyó costos de depreciación, mantenimiento de

equipos y consumo de energía. Por lo que el costo de 13 kg de bebidas fue S/.189.15 por ende, cada unidad de 250 ml cuesta S/3.64 soles.

6.5.BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA

Fue posible solubilizar la oleoresina de curcuma en β -ciclodextrina e incorporarlo a una dispersión con mayor retención de curcuminoides. Bebida de frutas y oleoresina de curcuma con actividad antioxidante, y efecto antidiabético con aceptación sensorial, que puede usarse para prevenir la diabetes, utilizándose como una bebida funcional, ya que además de su valor nutricional también contribuye a mantener una buena salud.

Además, se brinda una propuesta para darle valor agregado a la curcuma fresca y harina de curcuma, siendo aprovechado para su incorporación en bebidas por los beneficios de sus propiedades funcionales a los consumidores.

CONCLUSIONES

- La bebida 5 (dispersion 10%, mango 20%, copoazú 30%) presentó mayor aceptación sensorial para el atributo “color” y “sabor”, mientras que para la “evaluación general” las bebidas con mayor aceptación fueron las bebidas 5 (dispersion 10%, mango 20%, copoazú 30%) y 6 (dispersion 15%, mango 20%, copoazú 30%).
- Las bebidas 3 (dispersion 10%, mango 30%, copoazú 25%) y 8 (dispersion 15%, mango 30%, copoazú 30%) presentaron mayores contenidos de compuestos fenólicos totales (CFT) y curcuminoides totales.
- Las bebidas 3 (dispersion 10%, mango 30%, copoazú 25%) y 8 (dispersion 15%, mango 30%, copoazú 30%) presentaron mayores contenidos de capacidad antioxidante con el método ABTS y ORAC, así mismo la bebida 8 presentó mayor capacidad antioxidante con el método de DPPH.
- Todas las muestras presentaron un efecto antidiabético.
- El mejor tratamiento, con mayor grado de aceptación en el “sabor” y “aceptación

general”, mayor contenido de curcuminoides, capacidad antioxidante (ABTS, DPPH y ORAC) y efecto antidibético fue la formulación de bebida 8 (dispersion 15%, mango 30%, copoazú 30%).

RECOMENDACIONES

- El análisis sensorial también podría realizarse con un “flash profile” este método sirve para evaluar numerosas muestras en un solo momento. La evaluación se realiza de forma rápida y sin mucho tiempo de reflexión para capturar las impresiones sensoriales inmediatas y espontáneas.
- Cuantificar y/o identificar los compuestos fenólicos por cromatografía líquida de alta resolución HPLC en las bebidas para comprender la composición fenólica.
- Evaluar la actividad antioxidante en sistema biológicos.
- Realizar evaluación de efecto antidiabéticas *in vivo* en animales, para evaluar su efecto en un sistema biológico.

Las investigaciones de productos con compuestos bioactivos buscan mejorar la estabilidad y biodisponibilidad mediante técnicas de encapsulación, emulsión para enmascarar sabores desagradables, para fortalecer la perspectiva positiva del consumidor en bebidas funcionales, sin embargo, se necesita más investigación en términos de biodisponibilidad evaluando su comportamiento durante la digestión *in vitro e in vivo*.

REFERENCIAS

- Abbas, G., Al-Harrasi, A., Hussain, H., Hamaed, A., & Supuran, C. T. (2019). The management of diabetes mellitus-imperative role of natural products against dipeptidyl peptidase-4, α -glucosidase and sodium-dependent glucose co-transporter 2 (SGLT2). *Bioorganic Chemistry*, 86, 305-315. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.02.009>
- Abd Rashid, S. N. A., Hasham, R., Abd. Rashid, Z. I., Cheng, K. K., Aziz, A. A., Shafin, N., & Kaprawi, A. A. (2022). Formulation and characterization of the physicochemical, antioxidant activity and sensory attributes of curcuma-

based herbal drink. *Materials Today: Proceedings*, 57, 1061-1066.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.272>

- Abdel-Aal, S. M., Boghdadi, A. M., Abbas Imam, N. F., Aly, I. R., & Al-Antably, A. S. A. G. (2021). Evaluation of giardia lamblia treatment in experimentally infected hamsters. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 51(1), 139-146.
- Aditya, N. P., Aditya, S., Yang, H. J., Kim, H. W., Park, S. O., Lee, J., & Ko, S. (2015). Curcumin and catechin co-loaded water-in-oil-in-water emulsion and its beverage application. *Journal of functional foods*, 15, 35-43.
- Aggarwal, B. B., Kumar, A., & Bharti, A. C. (2003). Anticancer potential of curcumin: preclinical and clinical studies. *Anticancer research*, 23(1/A), 363-398.
- Aguilera, C.M. et al., (2007). Alimentos funcionales. Instituto de nutrición y Transtornos alimentarios. Madrid.
<https://www.madrid.org/bvirtual/BVCM009703.pdf>
- AINIA, Jesus martinez, (02 junio 2021) ¿Qué entiende el consumidor por alimentos funcionales? <https://www.ainia.es/ainia-news/que-entiende-el-consumidor-por-alimentos-funcionales/> Acceso 15 noviembre 2023
- Ajila, C. M., Bhat, S. G., & Prasada Rao, U. J. S. (2007). Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry*, 102(4), 1006–1011. doi:10.1016/j.foodchem.2006.06.036
- Alves, R. M., Chaves, S. F. D. S., Oliveira, R. P. D., Pedroza Neto, J. L., & Sebbenn, A. (2020). Canopy replacement used in the evaluation of cupuassu tree genotypes in the state of Pará. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 42.
- Amaya, J. E. (2009). El cultivo del maracuyá. *Passiflora edulis* form. Flavicarpa. Gerencia Regional Agraria La Libertad, Trujillo-Perú. 2009, 30p
- American Diabetes Association (2018). Lifestyle Management: Standards of Medical Care in Diabetes-2018. *Diabetes Care*, 41(Suppl 1):S38-S50.

- Amit K. y Priyadarsini, K. I. (2011) Free radicals, oxidative stress and importance of antioxidants in human health. *J Med Allied Sci* 1(2):53–60
- Ammon, H.P.T, Wahl, M.A., 1991. Pharmacology of *Curcuma longa*. *Planta Med.* 57, 1–7.
- Ancos, B. D., Sánchez-Moreno, C., Gómez, R., Colina Coca, C., González, M., Lobo, M. G., & Dorta, E. (2013). Caracterización de compuestos fenólicos en sub-productos de variedades de mango (*Mangifera indica* L.) cultivados en España mediante HPLC-ESI-QTOF-MS.
- Antonanzas, J., Idowu, O. J., Ray, D. T., Angadi, S., Grover, K., Seavert, C., ... & Quinn, J. C. (2023). Assessment of guar gum production cost and environmental impact in the US Southwest. *Industrial Crops and Products*, 203, 117116.
- Apostolidis, E., Kwon, Y., & Shetty, K. (2007). Inhibitory potential of herb, fruit, and fungal-enriched cheese against key enzymes linked to type 2 diabetes and hypertension. *Innovative Food Science And Emerging Technologies*, 8(1), 46-54. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2006.06.001>
- Aranda-Ventura, J., Núñez-Tuesta, L., Villacrés-Vallejo, J., & González-Aspajo, G. (2021). Efecto de los alimentos *Curcuma longa* L, *Zingiber officinale* Roscoe, *Lupinus mutabilis* Sweet y *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh sobre la inhibición in vitro de la alfa-glucosidasa. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 6(1). <https://doi.org/10.26722/rpmi.2021.61.194>
- Arshad, M. S., Khalid, W., Ahmad, R. S., Khan, M. K., Ahmad, M. H., Safdar, S., ... & Suleria, H. A. R. (2021). Functional foods and human health: An overview. *Functional Foods Phytochem Health Promoting Potential*, 3.
- Artanti, N., Firmansyah, T., Darmawan, A. (2012). Bioactivities evaluation of indonesian mistletoes (*Dendrophthoe pentandra* (L.) Miq.) leaves extracts. *J Appl Pharm Sci.*, 2(1):24–7

- Ascaso, J. F. (2014). Type 2 diabetes mellitus: new treatments. *Medicin Clínica*, *143*(3), 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2013.05.041>
- Asiimwe, A., Kigozi, J. B., Baidhe, E., & Muyonga, J. H. (2022). Optimization of refractance window drying conditions for passion fruit puree. *Lwt*, *154*, 112742.
- Aytac, Z., Yildiz, Z. I., Kayaci-Senirmak, F., San Keskin, N. O., Tekinay, T., & Uyar, T. (2016). Electrospinning of polymer-free cyclodextrin/geraniol–inclusion complex nanofibers: enhanced shelf-life of geraniol with antibacterial and antioxidant properties. *Rsc Advances*, *6*(52), 46089-46099.
- Badejo, A. A., Falarunu, A. J., Duyilemi, T. I., & Fasuhanmi, O. S. (2020). Antioxidative and anti-diabetic potentials of tigernut (*Cyperus esculentus*) sedge beverages fortified with *Vernonia amygdalina* and *Momordica charantia*. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *14*, 2790-2799.
- Bal, L. M., Ahmad, T., Senapati, A. K., & Pandit, P. S. (2014). Evaluation of quality attributes during storage of guava nectar cv. *Lalit from different pulp and TSS ratio*. *J Food Process Technol*, *5*(3), 329-334.
- Baldini, T. F., Neri-Numa, I. A., Do Sacramento, C. K., Schmiele, M., Bolini, H. M. A., Pastore, G. M., & Bicas, J. L. (2017). Elaboration and characterization of apple nectars supplemented with Araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mac Vaugh—Myrtaceae). *Beverages*, *3*(4), 59.
- Beidokhti, M. N., & Jäger, A. K. (2017). Review of antidiabetic fruits, vegetables, beverages, oils and spices commonly consumed in the diet. *Journal of Ethnopharmacology*, *201*, 26-41.
- Bernal, A. (2022). *Radicales libres y antioxidantes*, Valencia española
- Bhattacharya, S., Gachhui, R., & Sil, P. C. (2011). Hepatoprotective properties of kombucha tea against TBHP-induced oxidative stress via suppression of mitochondria dependent apoptosis. *Pathophysiology*, *18*(3), 221-234.

- Bozkurt, O., Kocaadam-Bozkurt, B., & Yildiran, H. (2022). Effects of curcumin, a bioactive component of turmeric, on type 2 diabetes mellitus and its complications: an updated review. *Food & Function*, *13*(23), 11999-12010. <https://doi.org/10.1039/d2fo02625b>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, *28*(1), 25–30. doi:10.1016/s0023-6438(95)80008-5
- Cabral-Marques, H. (2010). A review on cyclodextrin encapsulation of essential oils and volatiles. *Flavour And Fragrance Journal*, *25*(5), 313-326. <https://doi.org/10.1002/ffj.2019>
- Calderón, K., & Moran, D. (2017). “Optimización del contenido de compuestos bioactivos en el néctar mixto elaborado a partir de zumos de maracuyá (*Passiflora edulis*), carambola (*Averrhoa carambola*) y mango (*Mangifera indica*) utilizando el diseño de mezclas”. Univesidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Peru
- Campos-Rodriguez, J., Aguayo-Flores, M., Mendoza-Narvaez, A., Acosta-Baca, Paucar-Menacho, L. M. (2021). Copoazú (*Theobroma grandiflorum*): Caracterización botánica, composición nutricional, actividad antioxidante y compuestos bioactivos. *Agroindustrial Science*, (11)3, 339-343. <http://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.03.11>
- Carmona-Hernandez, J. C., Taborda-Ocampo, G., Valdez, J. C., Bolling, B. W., & González-Correa, C. H. (2019). Polyphenol extracts from three Colombian passifloras (passion fruits) prevent inflammation-induced barrier dysfunction of Caco-2 cells. *Molecules*, *24*(24), 4614.
- Carrillo, M. L. y Reyes, A. (2012). Vida útil de los alimentos. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias.
- Causse, C. (2010). Los secretos de salud de los antioxidantes. Editorial: Editorial Hispano Europea, S.A
- Celebioglu, A., & Uyar, T. (2020). Fast-dissolving antioxidant

curcumin/cyclodextrin inclusion complex electrospun nanofibrous webs. *Food chemistry*, 317, 126397.

Chica-barco, V., Martínez-correa, H. A., & Perez-munive, A. M. (2022). Obtención de nanoemulsiones de Cúrcuma longa L. y su aplicación en bebida acuosa. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(1), 136-151. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1861>

Chuengsamarn, S., Rattanamongkolgul, S., Luechapudiporn, R., Phisalaphong, C., Jirawatnotai, S. (2012). Curcumin extract for prevention of type 2 diabetes. *Diabetes Care* 35, 2121–2127.

Corrales-Bernal, A., Maldonado, M. E., Urango, L. A., Franco, M. C., & Rojano, B. A. (2014). Mango de azúcar (*Mangifera indica*), variedad de Colombia: características antioxidantes, nutricionales y sensoriales. *Revista chilena de nutrición*, 41(3), 312-318.

Costa, M. P., Frasao, B. S., Silva, A. C. O., Freitas, M. Q., Franco, R. M., & Conte-Junior, C. A. (2015). Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) pulp, probiotic, and prebiotic: Influence on color, apparent viscosity, and texture of goat milk yogurts. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 5995-6003.

Creus, E. G. (2004). Compuestos fenólicos. *Offarm*, 23(6), 80-84. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-compuestos-fenolicos-un-analisis-sus-13063508>

Curo-Manchego, J. J. A., & Ybañez-Araujo, S. M. V. (2017). Parámetros óptimos para la obtención de un néctar de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) y su estudio a nivel de pre-factibilidad. Tesis Para optar el Título Profesional de Licenciado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Peru.

De la Rosa, L. A., Moreno-Escamilla, J. O., Rodrigo-García, J., & Alvarez-Parrilla, E. (2019). *Phenolic Compounds. Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*, 253–271. doi:10.1016/b978-0-12-813278-

4.00012-9

- De Oliveira, T. B., & Genovese, M. I. (2013). Chemical composition of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) and cocoa (*Theobroma cacao*) liquors and their effects on streptozotocin-induced diabetic rats. *Food Research International*, 51(2), 929–935. doi:10.1016/j.foodres.2013.02.019
- de Paulo Farias, D., de Araujo, F. F., Neri-Numa, I. A., & Pastore, G. M. (2021). Antidiabetic potential of dietary polyphenols: A mechanistic review. *Food Research International*, 145, 110383.
- Del Socorro Cruz-Cansino, N., Ariza-Ortega, J. A., Alanís-García, E., Ramírez-Moreno, E., Velázquez-Estrada, R. M., Zafra-Rojas, Q. Y., Cervantes-Elizarrarás, A., Suárez-Jacobo, Á., & Delgado-Olivares, L. (2020). Optimal thermoultrasound processing of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* lam.) nectar: Physicochemical characteristics, antioxidant properties, microbial quality, and fatty acid profile comparison with pasteurized nectar. *Journal Of Food Processing And Preservation*, 45(1). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15029>
- Du, F., Pan, T., Ji, X., Hu, J., & Ren, T. (2020). Study on the preparation of geranyl acetone and β -cyclodextrin inclusion complex and its application in cigarette flavoring. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69323-1>
- Dwiloka, B., Setiani, B. E., & Purwitasari, L. (2020). The changes in the antioxidant activities, total phenol, curcumin and hedonic quality of first and second brewing spiced drinks. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 443, No. 1, p. 012108). IOP Publishing.
- El-Hadary, A., & SitoHy, M. (2020). Safely effective hypoglycemic action of stevia and turmeric extracts on diabetic Albino rats. *Journal of Food Biochemistry*, 45(1). <https://doi.org/10.1111/jfbc.13549>
- Faber, M. A., & Yuyama, L. K. O. (2015). Nectar mix functional based on Amazonian fruits. *Journal of Cell Science & Therapy*, 6(1), 1.

- FDA/BAM (1998) Numeración de bacteria coliformes y de Escherichia coli. FDA/BAM Online 8th Ed. Rev. A / 1998. October 2020. Chapter 4, Item A-G
- FDA/BAM. (2001) Mohos, levaduras y micotoxinas. FDA/BAM ON LINE 8th Ed. Rev. A/1998. Chapter 18. April 2001. Chapter 18, (Item a-c)
- Febrianto, N. A., & Zhu, F. (2022). Comparison of bioactive components and flavor volatiles of diverse cocoa genotypes of Theobroma grandiflorum, Theobroma bicolor, Theobroma subincanum and Theobroma cacao. *Food Research International*, 161, 111764.
- Fettach, S., Mrabti, H. N., Sayah, K., Bouyahya, A., Salhi, N., Cherrah, Y., & My El Abbes, F. (2019). Phenolic content, acute toxicity of Ajuga iva extracts and assessment of their antioxidant and carbohydrate digestive enzyme inhibitory effects. *South African Journal of Botany*, 125, 381–385. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.08.010>
- Gamboa Alracón, P. W., & Suyón Martínez, J. A. (2015). Efecto de la liofilización y encapsulantes sobre el comportamiento reológico de la pulpa de mango (mangifera indica l.) de variedad Edward. Tesis para optar el grado de ingeniero agroindustrial. Universidad Nacional del Santa. Chimbote. Peru.
- Ghorbani, A., Rashidi, R., & Shafiee-Nick, R. (2019). Flavonoids for preserving pancreatic beta cell survival and function: A mechanistic review. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 111, 947–957. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.12.127>.
- Gonçalves, R. F., Vicente, A. A., & Pinheiro, A. C. (2023). Incorporation of curcumin-loaded lipid-based nano delivery systems into food: release behavior in food simulants and a case study of application in a beverage. *Food Chemistry*, 405, 134740. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134740>
- Gopi, S. (2016). Antioxidant Capacity of a Novel Spice Refresher Drink. *Nutrition*

and *Food Toxicology*, 1, 9-15. Leído 08/01/2023 en [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/80864979/SRNUFT-01-00003-libre.pdf?1644923459=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAntioxidant Capacity of a Novel Spice Re.pdf&Expires=1704739731&Signature=e8Tpb8fncURRv1LaF2rwiU6d-a4Cybxexv4BBVLYoATY4taGkfkWtFOhlNxtDdXkucmJX2AhuZg74qhz3tdQ3jNcFgwvuPT7nVjMYWFj8UaE-AwA8nN4vJBtB7rk2018zVlanqtvQukllq7zq-uLFzhR30vWT~YV7XF7OAUJEOI7YQHpkgaLHYEvAsTI5cS0GvsgvDFk6w~rsUtWIHYWUTWrxibj3dWKBR5k4keto3UHFqJa2g7nxV55bc2iQDImCYjI0qRKBqFzDjo-udd5zIZtUc3j6yxOZnxEcyMwpVSBGCmMvd~f9pKFtufS8y0l2Za8VuwNvKtMm6MrTq3KA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/80864979/SRNUFT-01-00003-libre.pdf?1644923459=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAntioxidant+Capacity+of+a+Novel+Spice+Re.pdf&Expires=1704739731&Signature=e8Tpb8fncURRv1LaF2rwiU6d-a4Cybxexv4BBVLYoATY4taGkfkWtFOhlNxtDdXkucmJX2AhuZg74qhz3tdQ3jNcFgwvuPT7nVjMYWFj8UaE-AwA8nN4vJBtB7rk2018zVlanqtvQukllq7zq-uLFzhR30vWT~YV7XF7OAUJEOI7YQHpkgaLHYEvAsTI5cS0GvsgvDFk6w~rsUtWIHYWUTWrxibj3dWKBR5k4keto3UHFqJa2g7nxV55bc2iQDImCYjI0qRKBqFzDjo-udd5zIZtUc3j6yxOZnxEcyMwpVSBGCmMvd~f9pKFtufS8y0l2Za8VuwNvKtMm6MrTq3KA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

- Grasso, S. M. (2018). The Effect of Health Information on the Acceptability of a Functional Beverage with Fresh Turmeric (Doctoral dissertation, Virginia Tech).
- Gupta, A., Sanwal, N., Bareen, M. A., Barua, S., Sharma, N., Olatunji, O. J., Nirmal, N. P., & Sahu, J. K. (2023). Trends in functional beverages: functional ingredients, processing technologies, stability, health benefits, and consumer perspective. *Food Research International*, 113046. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113046>
- Hadian, Z., Maleki, M., Abdi, K., Atyabi, F., Mohammadi, A., & Khaksar, R. (2018). Preparation and characterization of nanoparticle β -cyclodextrin: Geraniol inclusion complexes. *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR*, 17(1), 39.
- Hazra, K., Kumar, R., Sarkar, B. K., Chowdary, Y. A., Devgan, M., & Ramaiah, M. (2015). UV-visible spectrophotometric estimation of curcumin in nanoformulation. *International journal of pharmacognosy*, 2(3), 127-30.

- Hill, L. E., Gomes, C., & Taylor, T. M. (2013). Characterization of beta-cyclodextrin inclusion complexes containing essential oils (trans-cinnamaldehyde, eugenol, cinnamon bark, and clove bud extracts) for antimicrobial delivery applications. *LWT-Food Science and Technology*, *51*(1), 86-93.
- Huang, C., Lu, H. F., Chen, Y. H., Chen, J. C., Chou, W. H., & Huang, H. C. (2020). Curcumin, demethoxycurcumin, and bisdemethoxycurcumin induced caspase-dependent and-independent apoptosis via Smad or Akt signaling pathways in HOS cells. *BMC complementary medicine and therapies*, *20*(1), 1-11.
- Hussain, H.E.M.A., (2002). Hypoglycemic, hypolipidemic and antioxidant properties of combination of Curcumin from *Curcuma longa* Linn and partially purified product from *Abroma augusta* Linn., in streptozotocin induced diabetes. *Indian J. Clin. Biochem.* *17*, 33–43.
- Instituto Nacional de Salud (Perú). (2009). Tablas peruanas de composición de alimentos / Elaborado por María Reyes García; Iván Gómez-Sánchez Prieto; Cecilia Espinoza Barrientos; Fernando Bravo Rebatta y Lizette Ganoza Morón. – 8.^a ed. -- Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de 64 p.
- Jabczyk, M., Nowak, J., Hudzik, B., & Zubelewicz-Szkodzińska, B. (2021). Curcumin in metabolic health and disease. *Nutrients*, *13*(12), 4440. <https://doi.org/10.3390/nu13124440>
- Jayathilake, A. L., Jayasinghe, M. A., & Walpita, J. (2022). Development of ginger, turmeric oleoresins and pomegranate peel extracts incorporated pasteurized milk with pharmacologically important active compounds. *Applied Food Research*, *2*(1), 100063. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100063>
- Joshi, P., Joshi, S., Semwal, D. K., Bisht, A., Sharma, S., & Dwivedi, J. (2021). Chemical composition, antioxidative and antimicrobial activities of turmeric spent oleoresin. *Industrial Crops and Products*, *162*, 113278. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113278>

- Joung, H. J., Choi, M., Kim, J. T., Park, S. H., Park, H. J., & Shin, G. H. (2016). Development of Food-Grade Curcumin Nanoemulsion and its Potential Application to Food Beverage System: Antioxidant Property and In Vitro Digestion. *Journal Of Food Science*, *81*(3). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13224>
- Karadag, A., Ozcelik, B., & Saner, S. (2009). Review of methods to determine antioxidant capacities. *Food analytical methods*, *2*, 41-60.
- Karigidi, K. O., Akintimehin, E. S., Akinyemi, O., Fapetu, A. P., & Adetuyi, F. O. (2022). Nutritional, antioxidant, antidiabetic, and oxidative stability properties of turmeric (*Curcuma longa*) supplemented muffins. *Journal of Food Processing and Preservation*, *46*(11). <https://doi.org/10.1111/jfpp.17009>
- Kaur, G., Invally, M., & Chintamaneni, M. (2016). Influence of piperine and quercetin on antidiabetic potential of curcumin. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, *13*(3). <https://doi.org/10.1515/jcim-2016-0016>
- Kharat, M., Aberg, J., Dai, T., & McClements, D. J. (2020). Comparison of Emulsion and Nanoemulsion Delivery Systems: The Chemical Stability of Curcumin Decreases as Oil Droplet Size Decreases. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, *68*(34), 9205-9212. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c01877>
- Kim, J. K., Noh, J. H., Lee, S., Choi, J. S., Suh, H., Chung, H. Y., ... & Choi, W. C. (2002). The first total synthesis of 2, 3, 6-tribromo-4, 5-dihydroxybenzyl methyl ether (TDB) and its antioxidant activity. *Bulletin-Korean Chemical Society*, *23*(5), 661-662.
- Kiran, C. R., Chakka, A. K., Amma, K. P. P., Menon, A. N., Kumar, M., & Venugopalan, V. V. (2013). Influence of Cultivar and Maturity at Harvest on the Essential Oil Composition, Oleoresin and [6]-Gingerol Contents in Fresh Ginger from Northeast India. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, *61*(17), 4145-4154. <https://doi.org/10.1021/jf400095y>

- Ko, W. C., Chang, C. K., Wang, H. J., Wang, S. J., & Hsieh, C. W. (2015). Process optimization of microencapsulation of curcumin in γ -polyglutamic acid using response surface methodology. *Food chemistry*, *172*, 497-503.
- Kumar, S., Narwal, S., Kumar, V., & Prakash, O. (2011). α -glucosidase inhibitors from plants: A natural approach to treat diabetes. *Pharmacognosy Reviews*, *5*(9), 19. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.79096>
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*, *25*, 726-732.
- Larrosa, V. J. (2014). *Efectos de los hidrocoloides en las características fisicoquímicas y reológicas de pastas libres de gluten aptas para individuos celíacos* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Lee, W.-J., Suleiman, N., Hadzir, N. H. N., & Chong, G.-H. (2020). Chapter 12 - Supercritical fluids for the extraction of oleoresins and plant phenolics. In Inamuddin, A. M. Asiri, & A. M. Isloor (Eds.), *Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science* (pp. 279–328). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817388-6.00012-X>
- Lekshmi, P. C., Arimboor, R., Nisha, V. M., Menon, A. N. & Raghu, K. G. (2013). In vitro antidiabetic and inhibitory potential of turmeric (*Curcuma longa* L) rhizome against cellular and LDL oxidation and angiotensin converting enzyme. *Journal of Food Science and Technology*, *51*(12), 3910-3917. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0953-7>
- Litescu, S. C., Eremia, S. A. V., Tache, A., Vasilescu, I., & Radu, G.-L. (2014). The Use of Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) and Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) Assays in the Assessment of Beverages' Antioxidant Properties. Processing and Impact on Antioxidants in Beverages, 245–251. doi:10.1016/b978-0-12-404738-9.00025-8
- Liu, B., Li, W., Zhao, J., Liu, Y., Zhu, X., & Liang, G. (2013). Physicochemical characterisation of the supramolecular structure of luteolin/cyclodextrin

- inclusion complex. *Food chemistry*, 141(2), 900-906.
- López, C. A., de Vries, A. H., & Marrink, S. J. (2013). Computational microscopy of cyclodextrin mediated cholesterol extraction from lipid model membranes. *Scientific reports*, 3(1), 2071.
- Lopez, J. (19 febrero 2014). El comienzo de una Edad, la historia de cómo Sauron creó sus ciclodextrinas. *Scientia*. Recuperado el 10 de enero 2024 de <https://scientiablog.com/2014/02/19/el-comienzo-de-una-edad-la-historia-de-como-sauron-creo-sus-ciclodextrinas/>
- Lopez-Martinez, L. X., Campos-Gonzalez, N., Zamora-Gasga, V. M., Domínguez-Avila, J. A., Pareek, S., Villegas-Ochoa, M. A., ... & González-Aguilar, G. A. (2022). Optimization of ultrasound treatment of beverage from mango and carrot with added turmeric using response surface methodology. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 72(3), 287-296.
- Lucas, E. A., Li, W., Peterson, S. K., Brown, A., Kuvibidila, S., Perkins-Veazie, P., ... & Smith, B. J. (2011). Mango modulates body fat and plasma glucose and lipids in mice fed a high-fat diet. *British journal of nutrition*, 106(10), 1495-1505.
- Lucas, J., Ralaivao, M., Estevinho, B. N., & Rocha, F. (2020). A new approach for the microencapsulation of curcumin by a spray drying method, in order to value food products. *Powder Technology*, 362, 428-435. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.11.095>
- Lv, Y., Jiang, H., Liu, C., Huang, H., Ma, Y., Yang, X., & Tang, L. (2019). Anti-diabetic effects of a phenolic-rich extract from *Hypericum attenuatum* Choisy in KK-Ay mice mediated through AMPK /PI3K/Akt/GSK3 β signaling and GLUT4, PPAR γ , and PPAR α expression. *Journal Of Functional Foods*, 61, 103506. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103506>
- Madhusankha, G. D. M. P., Siow, L. F., & Thoo, Y. Y. (2023). Efficacy of green solvents in pungent, aroma, and color extractions of spice oleoresins and impact on phytochemical and antioxidant capacities. *Food Bioscience*, 56,

103171.

- Madkor, H. R., Mansour, S. W., & Ramadan, G. (2011). Modulatory effects of garlic, ginger, turmeric and their mixture on hyperglycaemia, dyslipidaemia and oxidative stress in streptozotocin–nicotinamide diabetic rats. *British Journal of Nutrition*, *105*(8), 1210-1217.
- Mamta, Misra, K., Dhillon, G. S., Brar, S. K., & Verma, M. P. (2014). Antioxidants. En *Springer eBooks* (pp. 117-138). https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8005-1_6
- Mancebo-Campos, V; Fregapane, G; Desamparados Salvador, M. 2008. Kinetic study for the development of an accelerated oxidative stability test to estimate virgin olive oil potential shelf life. *European Journal of Lipid Science and Technology* *110*(10):969-976.
- Manfugás, J. E. (2020). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Editorial Universitaria (Cuba).
- Martínez-Navarrete, N., del Mar Camacho Vidal, M., & José Martínez Lahuerta, J. (2008). *Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud*. *Actividad Dietética*, *12*(2), 64–68. doi:10.1016/s1138-0322(08)75623-2
- Mas, A. L., Sabatino, M. E., Theumer, M. G., Wunderlin, D. A., & Baroni, M. V. (2024). Antioxidant activity of chia flour as a food supplement in a cellular model: Repercussions of processing and in vitro digestion. *Heliyon*.
- Matute Castro, N. y Echavarría Vélez, A. (2020). Cinética de degradación del jugo funcional de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill.) y cúrcuma (*Curcuma longa* L.). *FACSALUD-UNEMI* *4*:23–26
- McClements, D. J., Decker, E. A., Park, Y., & Weiß, J. (2009). Structural Design Principles for Delivery of Bioactive Components in Nutraceuticals and Functional Foods. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, *49*(6), 577-606. <https://doi.org/10.1080/10408390902841529>
- Medina, E. A. M., R, Guatemala, G. M. M., Fernandez, O. F., Corona, R. I. G.,

- Mondragón, P. M. C., & Arriola, E. G. (2017). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y tecno funcionales de subproductos de residuos de mango (*mangifera indica*, variedad Tommy Atkins). *Memorias*. <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/800/1/Evaluaci%C3%B3n%20propiedades.pdf>
- Meilgaard, Civille y Carr (2016). *Sensory evaluation techniques*, 5ta edition. Editorial: Taylor & Francis Group
- Minaya, A., & Caro, J. (1999). *El mango en el Perú y sus vínculos con el mercado mundial*. Ministerio de Agricultura.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2013). Resolución número 003929. Republica de Colombia. <http://extranet.comunidadandina.org/sirt/sirtDocumentos/COOTCR14005.pdf>
- MINSA. (2020, 14 de noviembre). Ministerio de Salud. Minsa: Cuatro de cada cien peruanos mayores de 15 años padecen diabetes en el Perú <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/314367-minsa-cuatro-de-cada-cien-peruanos-mayores-de-15-anos-padecen-diabetes-en-el-peru>
- MINSA. (2022, 13 de noviembre). Ministerio de Salud. Cerca de 10 000 casos de diabetes se registraron en el primer semestre del 2022 en el Perú <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/669214-cerca-de-10-000-casos-de-diabetes-se-registraron-en-el-primer-semestre-del-2022-en-el-peru>
- Mourtzinos, I., Salta, F., Yannakopoulou, K., Chiou, A., & Karathanos, V. T. (2007). Encapsulation of olive leaf extract in β -cyclodextrin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(20), 8088-8094.
- Mukhopadhyay, R. D., Das, G., & Ajayaghosh, A. (2018). Stepwise control of host-guest interaction using a coordination polymer gel. *Nature Communications*, 9(1), 1987.

- Nabi, I., Bachir, Y. N., Djellouli, S., Smain, M., & Hadj-Ziane-Zafour, A. (2023). In vivo antidiabetic effect and antioxidant potential of Stevia Rebaudiana mixed with Tragacanth gum in orange nectar. *Food Hydrocolloids for Health*, 4, 100147.
- Nabi, I., Megateli, I., Nait Bachir, Y., Djellouli, S., & Hadj-Ziane-Zafour, A. (2021). Effect of stevia and pectin supplementation on physicochemical properties, preservation and in-vivo hypoglycemic potential of orange nectar. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(2), e15124.
- Naidu, A. K., & Thippeswamy, N. B. (2002). Inhibition of human low density lipoprotein oxidation by active principles from spices. *Molecular and cellular biochemistry*, 229, 19-23.
- Nair, K. R. (2013). Turmeric. En Elsevier eBooks (pp. 1-5). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-394801-4.00001-6>
- Nampoothiri, S. V., Lekshmi, P., Venugopalan, V., & Menon, A. N. (2012). Antidiabetic and antioxidant potentials of spent turmeric oleoresin, a by-product from curcumin production industry. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 2, S169-S172. [https://doi.org/10.1016/s2222-1808\(12\)60146-7](https://doi.org/10.1016/s2222-1808(12)60146-7)
- National Nutrient Database for Standard Reference (USDA) (2019). Spices, turmeric, ground chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.webstaurantstore.com/documents/nutrition/turmeric.pdf. Acceso 10 diciembre 2023
- Nurhadi, B., Saputra, R. A., Setiawati, T., Husein, S., Faressi, F. R., Utari, C. D., Sukri, N., Kayaputri, I. L., & Setiasih, I. S. (2020). Comparison of Curcuma domestica and Curcuma xanthorrhiza oleoresins extracted using maceration, Soxhlet, and ultrasound-assisted extraction (UAE). *IOP Conference Series: Earth And Environmental Science*, 443(1), 012074. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/443/1/012074>
- Ochoa, E. (2019). Evaluación de los parámetros de secado por atomización en el

contenido de vitamina C de microencapsulado de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial). Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú.

- Ojo, B., El-Rassi, G. D., Payton, M. E., Perkins-Veazie, P., Clarke, S., Smith, B. J., & Lucas, E. A. (2016). Mango supplementation modulates gut microbial dysbiosis and short-chain fatty acid production independent of body weight reduction in C57BL/6 mice fed a high-fat diet. *The Journal of nutrition*, *146*(8), 1483-1491.
- Ong, K. W., Hsu, A., Song, L., Huang, D., & Tan, B. K. H. (2011). Polyphenols-rich *Vernonia amygdalina* shows anti-diabetic effects in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, *133*(2), 598–607. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.10.046>.
- Onyeoziri, U. P., Romanus, E. N., & Onyekachukwu, U. I. (2016). Assessment of antioxidant capacities and phenolic contents of Nigerian cultivars of onions (*Allium cepa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, *29*(4), 1183-1188.
- Ortiz, R., Antilén, M., Speisky, H., Aliaga, M. E., López-Alarcón, C., & Baugh, S. (2012). Application of a microplate-based ORAC-pyrogallol red assay for the estimation of antioxidant capacity: first action 2012.03. *Journal of AOAC International*, *95*(6), 1558-1561.
- Ortíz-Martínez, D.M., Cordero-Pérez, P., & Leos-Rivas, C. (2016). Actividad antidiabética. En Rivas-Morales, C., Oranday-Cardenas, M.A., & Verde-Star, M.J. (Eds.). *Investigación en plantas de importancia médica*. Barcelona, España: OmniaScience. 215-268.
- Pandey, A., Poonam, T., Pandey, R., Srivatava, R., & Goswami, S. (2011). Alternative therapies useful in the management of diabetes: A systematic review. *Journal Of Pharmacy And Bioallied Sciences*, *3*(4), 504. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.90103>

- Pereira, A. L., Abreu, V. K., & Rodrigues, S. (2018). Cupuassu—*Theobroma grandiflorum*. In *Exotic fruits* (pp. 159-162). Academic Press.
- Pérez-Ramírez, I. F., Castaño-Tostado, E., León, J. Á., Rocha-Guzmán, N. E., & Reynoso-Camacho, R. (2015). Effect of stevia and citric acid on the stability of phenolic compounds and in vitro antioxidant and antidiabetic capacity of a roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) beverage. *Food Chemistry*, *172*, 885-892. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.126>
- Picado, A. B. y Alvarez, M. (2008). Química I: Introducción al estudio de la materia. Editorial: Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica. ISBN 978-9968-31-626-2
- Polshettiwar, S. A., Sawant, D. H., Abhale, N. B., Chavan, N. B., Baheti, A. M., Wani, M. S., Tagalpallewar, A. A., Deshmukh, C. D., & Polshettiwar, A. P. (2022). Review on Regulation of Herbal Products Used as a Medicine Across the Globe: A Case Study on Turmeric - Golden Medicine. *Biomedical and Pharmacology Journal*, *15*(3), 1227-1237. <https://doi.org/10.13005/bpj/2458>
- Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of agricultural and food chemistry*, *53*(10), 4290-4302.
- Ribeiro, S. M. R., & Schieber, A. (2010). Bioactive compounds in mango (*Mangifera indica* L.). In *Bioactive foods in promoting health* (pp. 507-523). Academic Press.
- Rioja Antezana, A. P., Vizaluque, B. E., Aliaga-Rossel, E., Tejeda, L., Book, O., Mollinedo, P., & Peñarrieta, J. M. (2018). Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales, y la actividad enzimática en una bebida no láctea en base a granos de *chenopodium quinoa*. *Revista Boliviana de Química*, *35*(5), 168-176.
- Robertson, G. L. (2010). Food quality and indices of failure. In *Food packaging and*

shelf life. A practical guide. Florida, Estados Unidos de América, Taylor & Francis. p. 17-30.

Rojas-Román, I. D. R. (2019). Elaboración de néctar tropical de granadilla (*Passiflora ligularis*) con maracuyá (*Passiflora edulis*) edulcorado con stevia (*Stevia rebaudiana*). Tesis para optar el título de ingeniero agroindustrial e insdutrías alimentarias. Piura, Perú.

Samyror, D., Deka, S. C., & Das, A. B. (2021). Physicochemical and phytochemical properties of foam mat dried passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) powder and comparison with fruit pulp. *Journal of Food Science and Technology*, 58, 787-796.

Schmidt, H. (1990). Aditivos alimentarios y la reglamentación de los alimentos. *Aplicaciones y comentarios de orden químico y tecnológico. Chile*.

Sierra y Selva exportadora (2020, 25 de junio). Oportunidades Comerciales - Jengibre y Cúrcuma 2020. <https://www.gob.pe/institucion/sse/informes-publicaciones/1368938-oportunidades-comerciales-jengibre-y-curcuma-2020>

Silva da Costa, R., Pinheiro, W. B. D. S., Arruda, M. S. P., Costa, C. E. F., Converti, A., Ribeiro Costa, R. M., & Silva Júnior, J. O. C. (2022). Thermoanalytical and phytochemical study of the cupuassu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) seed by-product in different processing stages. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 147(1), 275-284.

Silva, C. R. S., Venturieri, G. A., & Figueira, A. (2004). Description of Amazonian *Theobroma* L. collections, species identification, and characterization of interspecific hybrids. *Acta Botanica Brasilica*, 18, 333-341.

Singleton, V., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)

- Solanilla Duque, J. F., Bravo Gómez, J. E., & Roa Acosta, D. F. (2023). *Fundamentos de Interacciones Intermoleculares de Proteínas de Interés Industrial: Fundamentos de Interacciones Intermoleculares de P.* Editorial Universidad del Cauca.
- Soto, E., Avilán, L., Unai, E., Rodríguez, M., & Ruiz, J. (2004). Comportamiento y Características de algunos Cultivares Promisorios de Mango. *Agronomía Tropical*, 54(2).
- Srianta, I., Kusumawati, N., Nugerahani, I., Artanti, N., & Xu, G. R. (2013). In vitro α -glucosidase inhibitory activity of *Monascus*-fermented durian seed extracts. *International Food Research Journal*, 20(2), 533-536. <http://repository.wima.ac.id/11242/>
- Syed, H. K., Liew, K. B., Loh, G. O. K., & Peh, K. K. (2015). Stability indicating HPLC–UV method for detection of curcumin in *Curcuma longa* extract and emulsion formulation. *Food Chemistry*, 170, 321-326.
- Taco (2011). Tabela Brasileira de composição de alimentos. (versão 2, 2. ed.). Campinas: UNICAMP/NEPA.
- Tang, W., Zou, C., Chen, D., Cao, Y., & Peng, H. (2020). A review on the recent development of cyclodextrin-based materials used in oilfield applications. *Carbohydrate Polymers*, 240, 116321. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116321>
- Theba, T., Nayi, P., & Ravani, A. (2024). Beetroot-based blended juice: Process development, Physico-chemical analysis and optimization of novel health drink. *Food Chemistry Advances*, 100607.
- Vardhini, N. M., Punia, J., Jat, S., Pawar, S. D., Devi, N. K. D., Radhakrishnanand, P., Murty, U. S., Saini, A., Sethi, K. K., & Kumar, P. (2023). Purification and characterization of pure curcumin, desmethoxycurcumin, and bisdemethoxycurcumin from North-East India Lakadong turmeric (*Curcuma longa*). *Journal Of Chromatography A*, 1708, 464358. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2023.464358>

- Vijayan, U. K., Varakumar, S., Sole, S., & Singhal, R. S. (2020). Enhancement of loading and oral bioavailability of curcumin loaded self-microemulsifying lipid carriers using *Curcuma* oleoresins. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 46(6), 889-898. <https://doi.org/10.1080/03639045.2020.1762201>
- Wall, A., Olivas, F., Veldarrain, G., Gonzales, A., López, D. I., López, J., & Álvarez, E. (2015). El mango: aspectos agroindustriales, valor nutricional/funcional y efectos en la salud. *Revista Nutricion Hospitaaria* , 68
- Wang, Q., Yu, W., Li, Z., Liu, B., Hu, Y., Chen, S., de Vries, R., Yuan, Y., Erazo Quintero, L. E., Hou, G., Hu, C., & Li, Y. (2022). The stability and bioavailability of curcumin loaded α -lactalbumin nanocarriers formulated in functional dairy drink. *Food Hydrocolloids*, 131, 107807. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107807>
- Wang, R., Han, J., Jiang, A., Huang, R., Fu, T., Wang, L., Zheng, Q., Wen, L., & Li, J. (2019). Involvement of metabolism-permeability in enhancing the oral bioavailability of curcumin in excipient-free solid dispersions co-formed with piperine. *International Journal Of Pharmaceutics*, 561, 9-18. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2019.02.027>
- Wang, Y. J., Pan, M., Cheng, A., Lin, L., Ho, Y., Hsieh, C., & Lin, J. (1997). Stability of curcumin in buffer solutions and characterization of its degradation products. *Journal Of Pharmaceutical And Biomedical Analysis*, 15(12), 1867-1876. [https://doi.org/10.1016/s0731-7085\(96\)02024-9](https://doi.org/10.1016/s0731-7085(96)02024-9)
- Watts, B.M., Ylimaki, G.L., Jeffery, L.E. y L. G. Elias (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. International Development Research Centre, Ottawa.
- Xie, Z., Sintara, M., Chang, T., & Ou, B. (2015). Daily consumption of a mangosteen-based drink improves in vivo antioxidant and anti-inflammatory biomarkers in healthy adults: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Food science & nutrition*, 3(4), 342-348.

- Zapata, C., & Zapata, P. (2022). Método ORAC y su aplicación en la determinación de la capacidad antioxidante de bebidas fermentadas. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 121.
- Zarasvand, S. A., Mullins, A. P., Arjmandi, B., & Haley-Zitlin, V. (2023). Antidiabetic properties of mango in animal models and humans: A systematic review. *Nutrition Research (New York, NY)*, 111, 73-89.
- Zubaidah, E., Afgani, C. A., Kalsum, U., Srianta, I., & Blanc, P. J. (2019). Comparison of in vivo antidiabetes activity of snake fruit Kombucha, black tea Kombucha and metformin. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 17, 465-469.
- Zubaidah, E., Susanti, I., Sujuti, H., Martati, E., Rahayu, A. P., Srianta, I., & Tewfik, I. (2023). The distinctive hepatoprotective activity of turmeric kombucha (*Curcuma longa*) induced by diethylnitrosamine in Balb/C mice. *Food Bioscience*, 55, 103043. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103043>

APÉNDICE

Apéndice 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipotesis	Variables	Metodología
Problema principal	Objetivo General	Hipótesis general	Independiente	Tipo de investigación: Aplicada
¿Las formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de cúrcuma tienen aceptación sensorial, compuestos fenólicos, curcuminoides, capacidad antioxidante y efecto antidiabético?	Desarrollar una bebida con aceptación sensorial, compuestos fenólicos, curcuminoides, capacidad antioxidante y efecto antidiabético a partir de formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de cúrcuma.	Al menos una de las bebidas formuladas de frutas con oleorresina de cúrcuma presenta aceptación sensorial, compuestos fenólicos, curcuminoides, capacidad antioxidante y efecto antidiabético	Formulaciones de bebidas	Nivel de investigación: Correlacional Diseño de investigación: Experimental Población: 100 plantaciones
Problemas secundarios	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Dependiente	Técnicas e instrumentos
¿Cual formulación de bebida de frutas con oleorresina de cúrcuma es más aceptable sensorialmente?	Elaborar una bebida de frutas con oleorresina de cúrcuma con aceptabilidad sensorial.	Al menos una de las formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de cúrcuma presenta aceptabilidad sensorial.	1. Variable Evaluación sensorial	Ficha de evaluación sensorial

¿Alguna de las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma presentan compuestos fenólicos y curcuminoides?	Determinar los compuestos fenólicos totales y curcuminoides de las formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de curcuma	Al menos una de las formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de cúrcuma presenta mayor contenido de compuestos fenólicos y curcuminoides que las otras bebidas.	2. Variable Compuestos fenólicos	Folin Ciocalteu
			3. Variable Curcuminoides	Curcuminoides totales
¿En qué medida las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma presentan capacidad antioxidante?	Determinar la capacidad antioxidante de las formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de curcuma.	Al menos una de las formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de cúrcuma presenta mayor capacidad antioxidante que las otras bebidas.	4. Variable Capacidad antioxidante	<ul style="list-style-type: none"> • ABTS • DPPH • ORAC
¿En qué medida las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma presentan efecto antidiabético?	Evaluar el efecto de las formulaciones de bebidas de frutas y oleorresina de cúrcuma sobre el efecto antidiabético de la bebida.	Al menos una de las formulaciones de bebidas de frutas con oleorresina de cúrcuma presenta efecto antidiabético.	5. Variable Efecto antidiabético	α -glucosidasa

Apéndice 2. Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos
Variable independiente: Formulaciones de bebidas	Adición de cantidades de mango, copoazú y dispersión de cúrcuma para encontrar el más aceptable	Se preparará las pulpas de frutas y se mezclará en un homogenizador, luego se envasará y pasteurizará	D: 10%, M:20%, C:25% D: 15%, M:20%, C:25% D: 10%, M:30%, C:25% D: 15%, M:30%, C:25% D: 10%, M:20%, C:30% D: 15%, M:20%, C:30% D: 10%, M:30%, C:30% D: 15%, M:30%, C:30%	Análisis microbiológico	Diagrama de proceso de elaboración de bebida (Figura 18)
Variable dependiente: Evaluación sensorial	Evaluación de bebidas utilizando los sentidos	Se realizará en cabinas de evaluación sensorial, se entregará las muestras, vaso de agua, ficha y lapicero	<ul style="list-style-type: none"> •Color •Olor •Sensación en boca •Sabor •Evaluación general 	Escala hedónica: 5: me gusta mucho 4: Me gusta moderadamente 3: Ni me gusta, ni me disgusta 2: Me disgusta moderadamente	Ficha de evaluación sensorial (Anexo 8)

				1: Me disgusta mucho	
Variable dependiente: Compuestos fenólicos	Sustancias sintetizadas por las plantas, que contribuye a la pigmentación de las plantas (Gimeno Creus, 2004)	Para la cuantificación de compuestos fenólicos, se usará un espectrofotómetro UV visible calibrado, reactivos certificados y materiales de vidrio calibrados, cada análisis tendrá duplicados.	Compuestos fenólicos/ g bebida	Equivalente a ácido gálico (EAG)	Ficha de datos (Apéndice 4)

<p>Variable dependiente: Curcuminoides</p>	<p>Compuestos como curcumina, demetoxicurcumina y bisdemetoxicurcumina, todos aislados de la cúrcuma.</p>	<p>Para la cuantificación de curcuminoides, se usará un espectrofotómetro UV visible calibrado, reactivos certificados y materiales de vidrio calibrados, cada análisis tendrá duplicados.</p>	<p>Curcuminoides /100 g bebida</p>	<p>Equivalente a curcumina mayor que 50 mg curcumina/100 g bebida</p>	<p>Ficha de datos (Apéndice 5)</p>
<p>Variable dependiente: Capacidad antioxidante</p>	<p>Potencial de una sustancia o compuesto para inhibir o dificultar la oxidación de un</p>	<p>Se usará un espectrofotómetro UV visible calibrado, reactivos</p>	<p>ABTS : $\mu\text{mol TE/g}$ bebida</p>	<p>Equivalente a Trolox Mayor a 5 $\mu\text{mol TE/g}$ bebida</p>	<p>Ficha de datos (Apéndice 6)</p>

	sustrato (Benítez-Estrada et al., 2020)	certificados y materiales de vidrio calibrados, cada análisis tendrá duplicados.	DPPH: $\mu\text{mol TE/g}$ bebida	Equivalente a Trolox Mayores valores de $\mu\text{mol TE/g}$ bebida	Ficha de datos (Apéndice 7)
			ORAC: $\mu\text{mol TE/g}$ bebida	Equivalente a Trolox Mayores valores de $\mu\text{mol TE/g}$ bebida	Ficha de datos (Apéndice 8)
Variable dependiente: Efecto antidiabético	Inhibidores potenciales de la α -glucosidasa (Ayarza Contreras et al., 2020).	Se usará un espectrofotómetro UV visible calibrado, reactivos	% inhibición IC_{50} (mg/ml)	Valores iguales o menores que la acarbosa	Ficha de datos (Apéndice 9)

		certificados y materiales de vidrio calibrados, cada análisis tendrá duplicados.			
--	--	--	--	--	--

Donde: D: dispersión de oleorresina de cúrcuma, M: mango, C: copoazú, TE: euivalente a Trolox

Apéndice 3. Instrumentos utilizados:

Instrumentos	Equipos
pHmetro	Espectofotómetro
refractómetro	Equipo de ultrasonido
Termómetro	Baño de sonicación
	Centrifuga
	Bomba al vacío
	Rotavapor
	Titulador automático
	Viscosímetro
	Estufa
	Baño maria

Apéndice 4. Ficha de datos para cuantificación de compuestos fenólicos

Muestra	Abs	mg/mL	Peso (g)	Volumen (mL)	g EAG/g bebida
Bebida					

Apéndice 5. Ficha de datos para cuantificación de curcuminoides

Muestra	Abs	µg/mL	Peso (g)	Volumen (mL)	mg curcumina/100 g bebida

Bebida					
--------	--	--	--	--	--

Apéndice 6. Ficha de datos para cuantificación de ABTS

Muestra	Abs	mM TE	Peso (g)	Volumen (mL)	μ mol TE/g muestra
Bebida					

TE: Equivalente a Trolox

Apéndice 7. Ficha de datos para cuantificación de DPPH

Muestra	Concentracion (mg/ml)	Abs	μ g/mL	Peso (g)	Volumen (mL)	μ mol TE/g bebida	% Inhibición
Bebida							

Apéndice 8. Ficha de datos para cuantificación de ORAC

Muestra	Area total	Área neta	[] μ M Trolox	Peso (g)	Volumen (mL)	μ mol TE	μ mol TE/g bebida
Bebida							

TE: Equivalente a Trolox

Apéndice 9. Ficha de datos para calculo de efecto antidiabético

Muestra (μ g/mL)	5000	2000	1000	100	IC 50 (μ g/ml)	% Inhibición
Bebida						

Apéndice 10. Matriz de datos de análisis sensorial

Datos antes de procesar en Software R					Datos procesados en Software R				
COLOR	OLOR	SENSACIÓN EN BOCA	SABOR	EVALUACIÓN GENERAL	COLOR R	OLOR R	SENSACION EN BOCA R	SABOR R	EVALUACIÓN GENERAL R
4.57	4.43	4.00	3.00	3.57	3.70	3.86	3.55	2.88	2.89
3.71	3.57	3.43	2.57	2.71	3.70	4.11	3.55	3.13	3.14
4.00	3.71	3.00	3.00	3.29	4.70	4.86	4.30	3.88	4.02
4.57	4.00	3.71	3.14	3.29	4.32	3.73	3.05	2.44	3.02
4.86	4.14	3.43	3.07	3.29	4.57	4.73	4.05	3.63	4.14
4.00	4.00	3.29	3.00	3.14	3.82	3.73	4.05	3.06	2.89
4.71	4.71	4.14	4.43	4.43	4.07	3.86	2.93	2.63	2.52
4.57	4.57	4.00	3.20	3.71	4.70	3.98	3.93	3.38	3.52
4.00	3.93	3.43	3.14	3.29	3.78	3.91	3.26	2.90	3.00
4.71	4.14	4.14	3.21	3.21	3.75	3.72	4.01	3.15	3.18
3.86	3.71	2.86	2.57	2.86	4.90	4.1	4.01	3.91	4.05
4.14	4.14	3.86	3.14	3.86	4.50	4.22	3.38	2.45	3.04
4.43	4.43	3.29	3.43	3.43	4.67	4.1	3.76	3.68	4.19
3.86	4.14	3.71	3.57	3.57	3.95	4.1	3.70	3.09	2.90

4.57	4.29	3.86	3.71	4.14	4.15	4.54	4.01	2.78	2.49
4.59	4.00	4.21	3.71	3.60	4.67	4.1	3.95	3.40	3.55

Apéndice 11. Datos de Compuestos fenólicos totales y curcuminoides totales.

Bebida	CFT		CURCUMINOIDES	
	mg EAG /g muestra		mg/100 g muestra	
1	0.67	0.66	53.64	53.30
7	0.84	0.85	74.41	73.88
5	0.65	0.67	56.05	56.37
3	0.92	0.90	77.48	78.96
6	0.74	0.77	57.22	56.23
4	0.81	0.79	74.80	74.74
2	0.75	0.71	59.12	58.96
8	0.95	0.91	78.60	79.52

Apéndice 12. Datos de Capacidad antioxidante

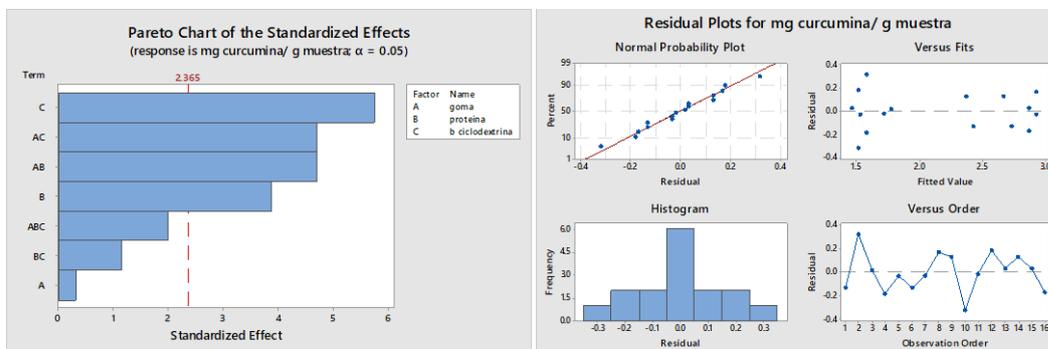
Bebida	ABTS		DPPH		ORAC	
	μ mol TE/g muestra		μ mol TE/g muestra		μ mol TE/100 g muestra	
1	6.53	6.40	2.21	2.29	102.01	103.73
7	8.44	8.38	3.03	2.99	119.61	117.82
5	7.66	7.64	2.49	2.40	110.39	112.14
3	9.24	9.05	3.22	3.29	145.84	144.88
6	7.34	7.14	2.23	2.28	118.96	114.85
4	8.59	8.57	3.08	3.10	128.73	127.79
2	7.54	7.79	2.56	2.63	136.14	137.06
8	9.28	9.26	3.53	3.58	145.08	144.51

Apéndice 13. Datos de efecto antidiabético

Bebida	IC ₅₀ (ug/mL)		% Inhibición	
1	1129.27	1038.17	69.18	75.22
7	2043.29	1520.06	80.23	71.79
5	1762.93	1428.41	35.00	60.53
3	1993.32	1201.20	81.10	69.85
6	2479.87	1642.18	38.84	75.45
4	1377.59	1405.34	75.04	78.41
2	1683.16	1687.82	50.06	67.57
8	1300.48	1336.51	79.24	62.98

ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de Pareto y grafica de residuos de pruebas preliminares de retención de curcumina en diseño factorial 2^3



Anexo 2. Porcentajes de coadyuvantes para una mayor retención de curcumina.



Anexo 3. Evaluación sensorial de bebidas con oleorresina de cúrcuma de pruebas preliminares.

Atributos	Bebida (%)					
	A	B	C	D	E	F
Color	4.54	3.54	4.40	4.50	4.60	4.40
Olor	4.23	3.77	4.20	3.60	3.90	3.30
Apariencia	4.69	4.46	4.70	4.60	4.60	4.50
Sabor	3.62	2.46	3.10	2.40	3.00	2.20
Consistencia	4.15	3.77	4.30	4.20	4.40	4.40

Anexo 4. Reclutamiento de panelistas sensoriales

Con fines de formar un grupo de evaluadores en análisis sensorial, le invitamos a participar en la fase de selección e integrar nuestro grupo de evaluadores para la degustación de una bebida a base de frutas con cúrcuma.

Los datos personales proporcionados serán **datos anonimizados**.

1. Nombre:.....

2. Edad:.....

3. Celular:.....

4. Considera ud. que su estado de salud se encuentra:

<input type="checkbox"/>	Excelente
<input type="checkbox"/>	Buena
<input type="checkbox"/>	Mala

5. De la pregunta anterior sobre su estado de salud, si su respuesta fue "Malo" indicar ¿por qué?

6. ¿Tiene diabetes?

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

7. ¿Tiene algún familiar con diabetes?

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

8. ¿Se enfermó de COVID-19?

<input type="checkbox"/>	Si
--------------------------	----

<input type="checkbox"/>	No
--------------------------	----

9. De la pregunta anterior, si su respuesta fue que "SI" tuvo COVID-19, indicar ¿Hace cuánto tiempo?

10. ¿Cuántas tazas de café consume a la semana?

<input type="checkbox"/>	Ninguna
<input type="checkbox"/>	Entre 1 y 4
<input type="checkbox"/>	De 5 a más

11. ¿Acostumbra fumar?

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

12. ¿Es alérgico a algún alimento?

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

13. De la pregunta anterior, si su respuesta fue que "SI" es alérgico a algún alimento, indicar ¿a qué alimento?

14. ¿Consume frutas y/o bebidas de

frutas, diariamente o mínimo 3 veces
a la semana?

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

15. ¿Ha participado antes en evaluación
sensorial de alimentos?

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

16. ¿Estaría dispuesto en participar como
miembro de panel sensorial?

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

Anexo 5. Ficha de evaluación de identificación de sabores básicos

**FICHA DE EVALUACIÓN
IDENTIFICACIÓN DE SABORES BÁSICOS**

Nombre:..... Fecha:

Indicaciones:

1. Probar las soluciones de izquierda a derecha una sola vez y neutralizando con agua entre muestras, en caso de que un juicio sea incierto, se puede volver a probar la muestra.
2. La muestra se toma a sorbos y se mueve alrededor de la boca de tal manera que entre en contacto con toda la superficie de la lengua.
3. Si no siente gusto a la muestra la debe dejar vacío el espacio y si detecta el gusto básico, debe anotararlo en la hoja de respuestas.

CÓDIGO	Gusto detectado
.....
.....
.....
.....

¡Muchas gracias!

Anexo 6. Ficha de evaluación de test triangular de sabor ácido

Test Triangular 1

Nombre:

Fecha:

Instrucciones

Se presentan dos muestras iguales y una distinta. Por favor indique encerrándola en un círculo cuál es la muestra diferente.

A qué atribuye lo distinto en la muestra que escogió. Describa las diferencias

.....

Anexo 7. Ficha de evaluación de test triangular de sabor amargo

Test Triangular 2

Nombre:

Fecha:

Instrucciones

Se presentan dos muestras iguales y una distinta. Por favor indique encerrándola en un círculo cuál es la muestra diferente.

A qué atribuye lo distinto en la muestra que escogió. Describa las diferencias

.....

Anexo 8. Evaluación sensorial de formulaciones de bebidas

Evaluación sensorial

Nombre: Fecha:

INSTRUCCIONES:

Frente a usted hay dos muestras codificadas de bebidas a base de cúrcuma las cuales debe probar y marcar con un X según su juicio sobre cada muestra.

CARACTERISTICA	PUNTAJE	ESCALA	Muestras	
COLOR "observar el color de la bebida indicar agrado"	5	Me gusta mucho		
	4	Me gusta moderadamente		
	3	Ni me gusta, ni me disgusta		
	2	Me disgusta moderadamente		
	1	Me disgusta mucho		
OLOR "aspirar el aroma con los ojos cerrados"	5	Me gusta mucho		
	4	Me gusta moderadamente		
	3	Ni me gusta, ni me disgusta		
	2	Me disgusta moderadamente		
	1	Me disgusta mucho		
SENSACIÓN EN BOCA "colocar cantidad suficiente de muestra en la boca y distinga cualquier posible separación de fases"	5	Me gusta mucho		
	4	Me gusta moderadamente		
	3	Ni me gusta, ni me disgusta		
	2	Me disgusta moderadamente		
	1	Me disgusta mucho		
SABOR 'tomar una cantidad adecuada de muestra en la lengua y distinguir el sabor y los olores"	5	Me gusta mucho		
	4	Me gusta moderadamente		
	3	Ni me gusta, ni me disgusta		
	2	Me disgusta moderadamente		
	1	Me disgusta mucho		
EVALUACION GENERAL	5	Me gusta mucho		
	4	Me gusta moderadamente		

"sacar una conclusión basada en todos los atributos sensoriales probados"	3	Ni me gusta, ni me disgusta		
	2	Me disgusta moderadamente		
	1	Me disgusta mucho		

OBSERVACIONES:.....

¡Muchas gracias!

Anexo 9. Predicción de respuesta múltiple de bebida óptima.

Solución	DISPERSIÓN			Efecto antidiabeti	ORAC ($\mu\text{mol TE}/100\text{ g muestra}$)	DPPH ($\mu\text{mol TE/g muestra}$)	ABTS ($\mu\text{mol TE/g muestra}$)
	DE CÚRCUMA	MANGO	COPOAZU	IC50 (ug/ml)	Ajuste	Ajuste	Ajuste
1	15	30	30	1318.49	144.794	3.55707	9.27036
CURCUMINOIDES (mg/100 g muestra)							
Solución	EVALUACIÓN			SABOR	Deseabilidad compuesta		
	Ajuste	GENERAL	Ajuste	Ajuste	Ajuste		
1	79.0627	3.66893	3.3864	0.835437			

Variable	Valor de configuración		EE de		IC de 95%	IP de 95%
Respuesta	Ajuste	ajuste				
Efecto antidiabeti IC50 (ug/ml)	1318	183			(886; 1751)	(569; 2068)
ORAC ($\mu\text{mol TE}/100\text{ g muestra}$)	144.794	0.983			(142.469; 147.120)	(140.767; 148.822)
DPPH ($\mu\text{mol TE/g muestra}$)	3.5571	0.0315			(3.4826; 3.6316)	(3.4280; 3.6861)
ABTS ($\mu\text{mol TE/g muestra}$)	9.2704	0.0710			(9.1024; 9.4383)	(8.9794; 9.5613)
CURCUMINOIDES (mg/100 g muestra)	79.063	0.400			(78.117; 80.008)	(77.425; 80.701)
EVALUACIÓN GENERAL	3.6689	0.0298			(3.5985; 3.7394)	(3.5469; 3.7909)
SABOR	3.3864	0.0225			(3.3332; 3.4396)	(3.2943; 3.4785)

Anexo 10. Comparaciones multiples por tuckey para el atributo color

One-way ANOVA: 1; 7; 5; 3; 6; 4; 2; 8

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	8	1; 7; 5; 3; 6; 4; 2; 8

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	7	2.68579	0.383685	52.78	0.000
Error	8	0.05815	0.007269		
Total	15	2.74394			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0852575	97.88%	96.03%	91.52%

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
5	2	4.798	A
8	2	4.6832	A B
6	2	4.6207	A B
3	2	4.4107	B C
2	2	4.1107	C D
4	2	3.8857	D E
1	2	3.7382	E
7	2	3.7232	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Anexo 11. Comparaciones multiples por tuckey para el atributo sabor

One-way ANOVA: 1; 7; 5; 3; 6; 4; 2; 8

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor Levels Values
 Factor 8 1; 7; 5; 3; 6; 4; 2; 8

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	7	3.26638	0.466626	252.17	0.000
Error	8	0.01480	0.001850		
Total	15	3.28119			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0430172	99.55%	99.15%	98.20%

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
5	2	3.8903	A
6	2	3.6547	B
8	2	3.3864	C
7	2	3.1353	D
4	2	3.0768	D
1	2	2.8880	E
2	2	2.7001	F
3	2	2.44430	G

Means that do not share a letter are significantly different.

Anexo 12. Comparaciones multiples por tuckey para el atributo evaluación general

One-way ANOVA: 1; 7; 5; 3; 6; 4; 2; 8

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	8	1; 7; 5; 3; 6; 4; 2; 8

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	7	4.7697	0.68139	7.50	0.005
Error	8	0.7268	0.09084		
Total	15	5.4965			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.301404	86.78%	75.21%	47.11%

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
6	2	4.320	A
4	2	4.260	A B
3	2	3.320	A B C
5	2	3.210	A B C
1	2	3.206	A B C
2	2	3.095	B C
7	2	3.095	B C
8	2	2.670	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Anexo 13. Comparaciones multiples de los tratamientos para los compuestos fenólicos totales (CFT) por tuckey

One-way ANOVA: 1; 7; 5; 3; 6; 4; 2; 8

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	8	1; 7; 5; 3; 6; 4; 2; 8

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	7	0.146406	0.020915	73.32	0.000
Error	8	0.002282	0.000285		
Total	15	0.148688			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0168898	98.47%	97.12%	93.86%

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
8	2	0.9289	A
3	2	0.90688	A B
7	2	0.84459	B C
4	2	0.80142	C D
6	2	0.7535	D E
2	2	0.7291	E F
1	2	0.66577	F G
5	2	0.66052	G

Means that do not share a letter are significantly different.

Anexo 14. Comparaciones multiples de los tratamientos para los curcuminoides por tuckey

One-way ANOVA: 1; 7; 5; 3; 6; 4; 2; 8

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	8	1; 7; 5; 3; 6; 4; 2; 8

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	7	1697.72	242.531	856.28	0.000
Error	8	2.27	0.283		
Total	15	1699.98			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.532202	99.87%	99.75%	99.47%

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
8	2	79.063	A
3	2	78.218	A
4	2	74.7728	B
7	2	74.146	B
2	2	59.0374	C
6	2	56.726	D
5	2	56.210	D
1	2	53.472	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Anexo 15. Comparaciones multiples de los tratamientos para actividad antioxidante ABTS por tuckey

One-way ANOVA: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	8	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	7	13.1757	1.88224	188.58	0.000
Error	8	0.0798	0.00998		
Total	15	13.2555			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0999052	99.40%	98.87%	97.59%

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
8	2	9.27036	A
3	2	9.1458	A
4	2	8.58119	B
7	2	8.4088	B
2	2	7.668	C
5	2	7.65332	C
6	2	7.238	D
1	2	6.4610	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Anexo 16. Comparaciones multiples de los tratamientos para actividad antioxidante DPPH por tuckey

One-way ANOVA: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor Levels Values
 Factor 8 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	7	3.34645	0.478064	234.10	0.000
Error	8	0.01634	0.002042		
Total	15	3.36278			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0451904	99.51%	99.09%	98.06%

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
8	2	3.5571	A
3	2	3.2534	B
4	2	3.09034	B C
7	2	3.0074	C
2	2	2.5944	D
5	2	2.4458	D
6	2	2.2548	E
1	2	2.2499	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Anexo 17. Comparaciones multiples de los tratamientos para actividad antioxidante ORAC por tuckey

One-way ANOVA: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	8	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	7	3463.84	494.834	272.47	0.000
Error	8	14.53	1.816		
Total	15	3478.37			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.34762	99.58%	99.22%	98.33%

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
3	2	145.358	A
8	2	144.794	A
2	2	136.601	B
4	2	128.258	C
7	2	118.715	D
6	2	116.91	D
5	2	111.266	E
1	2	102.872	F

Means that do not share a letter are significantly different.

Anexo 18. Comparaciones multiples de los tratamientos para efecto antidiabético

One-way ANOVA: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	8	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	7	1651	235.9	1.34	0.342
Error	8	1404	175.5		
Total	15	3055			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
13.2493	54.04%	13.82%	0.00%

Factor N Mean Grouping

Factor	N	Mean	Grouping
4	2	76.72	A
7	2	76.01	A
3	2	75.47	A
1	2	72.20	A
8	2	71.11	A
2	2	58.81	A
6	2	57.1	A
5	2	47.8	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Anexo 19. Estimación de costo de bebida propuesta

Estimación de costo de personal para el proceso de elaboración de bebida

Actividad	Cantidad de Personas	Tiempo de Actividad (min)	Costo de mano de Obra (min)	Costo total (S/.)
Extraccion de oleoresina de curcuma (0.02kg)	1	120	0.07	8.4
Preparación de dispersion de curcuma (1.3 kg)	1	52	0.07	3.64
Preparacion de bebida (13 kg)	1	600	0.07	42
Envasado y almacenado (52 und botella 250 g)	1	41.6	0.07	2.912
Costo de Personal				56.95

Costo de material fungible y materias primas para elaboración de bebida

Descripción del Material	Cantidad	Unidad de Medida	Costo Unitario (S/.)	Costo Total (S/.)
Papel toalla 20 cm x 22 cm x 100 hojas	0.01	unidad	25.00	0.25
Alcohol etílico (etanol) 96% X 1	1.0	1 Lt	8.00	8.00
Rizoma de cúrcuma fresco	1.0	kg	3.00	3.00
Bolsas al vacío (1/2 kg cada una)	1.0	und	0.20	0.20
frasco ambar	1.0	und	0.50	0.50
nitrogeno	0.2	m3	4.00	0.80
Goma guar	0.003	kg	60.00	0.17
Proteína	0.024	kg	40.00	0.95
Betaciclodextrina	0.047	kg	80.00	3.74
Agua	5.510	kg	1.00	5.51
Pulpa de mango	3.900	kg	6.00	23.40
Jugo de maracuyá	2.129	kg	5.00	10.65
Jugo de copuazú	1.330	kg	10.00	13.30
CMC	0.029	kg	60.00	1.72
Estevia	0.0091	kg	80.00	0.73
Costo material fungible y materias primas:				72.91

Costo de material no fungible para elaboración de bebida

Descripción del Material	Cantidad	Unidad de Medida	Costo Unitario	Rendimiento	Costo Unitario del Material Utilizado	Cantidad Utilizada en el Servicio	Costo Parcial
Cuchillo	1	unidad	7.000	1000	0.0070	1.00	S/ 0.007
Tabla	1	unidad	5.000	1000	0.0050	1.00	S/ 0.005
Frascos plástico	1	unidad	0.500	1000	0.0005	1.00	S/ 0.001
Bandejas	2	unidad	15.00	1000	0.0150	2.00	S/ 0.030
Envases de vidrio	52	unidad	1.00	1	1.0000	52.00	S/ 52.000
Costo de material no fungible por prestación:							S/ 52.04

Descripción de los servicios identificables de los equipos utilizados

Descripción del Servicio identificable	Costo del Servicio Identificable	Costo del Servicio Ident. (hora)	Tiempo de Actividad (hora)	Costo Unitario de la Actividad
Servicio de calibración de balanza	S/. 330.40	S/. 0.001	2.00	0.0013
Costos Total de Servicios Identificables				0.0013

Costos fijos de laboratorio.

Costos fijos	Laboratorio
Servicio de suministro de energía eléctrica	s/. 25,261.88
Servicio de agua y desagüe	s/. 3,591.75
Servicio de telefonía móvil	s/. 2,736.16
Servicio de telefonía fija	s/. 898.61
Servicio de internet	s/. 1,532.47
Correos y servicios de mensajería	s/. 346.55
Otros servicios de publicidad y difusión	s/. 321.23
Servicio de impresiones, encuadernación y empastado	s/. 342.04
Servicios de seguridad y vigilancia	s/. 18,151.69
Total	53,182.38

Costos programados y estimación de costo unitario.

Costo fijo laboratorio	Servicios de laboratorio programado	Costo fijo unitario por servicio (soles)
53,182.38	8,652	6.15

Costos de depreciación de equipos por el tiempo de uso.

Descripción de la maquinaria o equipo	Importe de Equipo	Vida Util (años)	Costo Anual por Depreciación (Soles)	Costo por minuto	Tiempo de uso de la Maquinaria o equipo (minuto)	Costo por equipo o maquinaria según número procesos
Balanza electrónica	S/. 600.00	10	60.00	0.00011	120	0.0136986
Baño maria	S/. 10,000.00	10	1,000.00	0.00190	120	0.2283105
Bomba al vacio	S/. 15,000.00	10	1,500.00	0.00285	10	0.0285388
Evaporador (BUCHI)	S/. 70,000.00	10	7,000.00	0.01332	60	0.7990868
Ultraturrax	S/. 12,000.00	10	500.00	0.00095	15	0.0142694
Licudadora	S/. 150.00	10	15.00	0.00003	112	0.0031963
Costo por depreciación de equipos y maquinarias :						1.0871

Costo de mantenimiento por el tiempo de uso

Descripción de la maquinaria o equipo	Costo anual de mantenimiento	Costo por hora de mantemimiento	Tiempo de uso (minuto)	Costo Total (Soles/minuto)
Balanza electrónica	S/. 200.00	0.0004	0.00011	0.00000004
Baño maria	S/. 500.00	0.0010	0.00190	0.00000181
Bomba al vacio	S/. 1,000.00	0.0019	0.00285	0.00000543
Evaporador (BUCHI)	S/. 10,000.00	0.0190	0.01332	0.00025339
Ultraturrax	S/. 2,000.00	0.0038	0.00095	0.00000362
Licudadora	S/. 100.00	0.0002	0.00003	0.00000001
Costo de mantenimiento :				0.0003

Costo de consumo de energía por el tiempo de uso

Descripción de la maquinaria o equipo	Potencia Kw	Tiempo de Uso (minuto)	Consumo de Energia (kw)	Precio por Kw	Costo Total
Balanza electrónica	0.01	0.00011	0.000001	0.44	0.0000005
Baño maria	1.20	0.00190	0.002283	0.44	0.0010046
Bomba al vacio	0.22	0.00285	0.000628	0.44	0.0002763
Evaporador (BUCHI)	1.50	0.01332	0.019977	0.44	0.0087900
Ultraturrax	1.10	0.00095	0.001046	0.44	0.0004604
Licudadora	0.30	0.00003	0.000009	0.44	0.0000038
Costo de consumo de energia :					0.011

Costo de total de elaboración de 13 kg de bebida.

Resumen						
COSTOS DE PERSONAL	MATERIAL FUNGIBLE	SERVICIOS IDENTIFICABLES	MATERIAL NO FUNGIBLE	DEPRECIACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONSUMO DE ENERGIA	COSTOS FIJOS	COSTO UNITARIO
S/56.95	S/72.91	S/0.0013	S/52.04	S/1.10	S/6.15	S/189.15