

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS					   	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
	CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Obtención de una bebida hipocalórica carbonatada a base de cholupa (passifloramaliformis L.) Edulcorada con monk Fruit.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Pérez Ospina	Juan Camilo
Gonzales Arias	María Alejandra

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Moreno Turriago	Liliana Marcela

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Bustos Vanegas	Jaime Daniel
Ochoa Ospitia	Laura Nathalia

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agroindustrial

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agroindustrial

Vigilada Mineducación

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



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 4

CIUDAD: Neiva
82

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2025

NÚMERO DE PÁGINAS:

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas X Fotografías X Grabaciones en discos Ilustraciones en general X
Grabados Láminas Litografías Mapas Música impresa Planos
Retratos Sin ilustraciones Tablas o Cuadros X

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

MATERIAL ANEXO:

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

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>bebida carbonatada</u>	<u>carbonated drink</u>	6. <u> </u>	<u> </u>
2. <u>pulpa de cholupa</u>	<u>cholupa pulp</u>	7. <u> </u>	<u> </u>
3. <u>edulcorante</u>	<u>sweetener</u>	8. <u> </u>	<u> </u>
4. <u>Monk Fruit.</u>	<u>Monk fruit.</u>	9. <u> </u>	<u> </u>
5. <u> </u>	<u> </u>	10. <u> </u>	<u> </u>

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El presente proyecto tuvo como objetivo desarrollar una bebida hipocalórica carbonatada a base de pulpa de cholupa (*Passiflora maliformis*), utilizando un enfoque de optimización de formulaciones basado en el diseño experimental de superficie de respuesta. Se llevó a cabo un análisis fisicoquímico inicial de la pulpa de cholupa producida en el corregimiento de La Ulloa, determinando parámetros clave como °Brix, pH, acidez y viscosidad, los cuales cumplieron con los estándares establecidos por la legislación vigente. Posteriormente, se evaluaron diversas formulaciones de la bebida mediante un diseño de



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 4

mezclas, con el fin de encontrar la combinación óptima de agua, pulpa de cholupa y edulcorante (Monk Fruit). El proceso de optimización se realizó utilizando el software Statgraphics®, priorizando criterios como la minimización de la viscosidad y la diferencia de color, así como la maximización de la aceptación sensorial. El resultado fue una fórmula optimizada que equilibraba las características organolépticas y fisicoquímicas para satisfacer las expectativas de los consumidores.

Finalmente, la bebida estandarizada fue sometida a pruebas de estabilidad acelerada para determinar su vida útil, concluyéndose que, a una temperatura de almacenamiento de 20°C, la bebida mantiene sus propiedades por un período aproximado de 4 meses. A temperaturas más altas, se observó un deterioro acelerado, principalmente reflejado en la diferencia de color, lo que resalta la importancia de un adecuado control de la cadena de frío. Este proyecto ofrece una solución innovadora y comercialmente viable al mercado de bebidas saludables, cumpliendo con los parámetros de calidad establecidos por la NTC 2740:2020.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This project aimed to develop a low-calorie carbonated beverage using cholupa pulp (*Passifloramaliformis*) through an optimization approach based on response surface experimental design. A pHysicochemical analysis of the cholupa pulp produced in the La Ulloa region was conducted, assessing key parameters such as °Brix, pH, acidity, and density, which complied with current legislation standards.

Various formulations of the beverage were evaluated using a mixture design to identify the optimal combination of water, cholupa pulp, and sweetener (Monk Fruit). Optimization was performed using Statgraphics® software, focusing on **minimizing viscosity** and **color difference**, and **maximizing sensory acceptance**. The result was an optimized formula that balanced organoleptic and pHysicochemical characteristics to meet consumer preferences.

The standardized beverage underwent **accelerated stability tests**, estimating a shelf life of approximately **4 months** at a storage temperature of 20°C. At higher temperatures, accelerated degradation, particularly in color, was observed, emphasizing the need for proper cold chain management. This project provides an innovative and commercially viable solution for the healthy beverage market, meeting the quality standards set by **NTC 2740:2020**.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS					   	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO					FC 1206-4 SGR 1817-102136 PM-278-102111	
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	4 de 4

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Jurado: Jaime Daniel Bustos Vanegas

Firma:



Nombre Jurado: Laura Nathalia Ochoa Ospitia.

Firma:





UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 30/04/2025

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

NEIVA - HUILA

El (Los) suscrito(s):

MARIA ALEJANDRA GONZALES ARI, con C.C. No. 1010143736,

JUAN CAMILO PEREZ OSPINA, con C.C. No. 1080189133,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o TESIS DE GRADO

titulado OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA HIPOCALÓRICA CARBONATADA A BASE DE CHOLUPA (*Passifloramaliformis* L.) EDULCORADA CON MONK FRUIT.

presentado y aprobado en el año 28/04/2025 como requisito para optar al título de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL;

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

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

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

Vigilada Mineducación

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



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

MARIA ALEJANDRA GONZALES ARIAS

JUAN CAMILO PEREZ OSPINA

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

Mª Alejandra G.

Firma:

Juan Camilo Perez

Vigilada Mineducación

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

OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA HIPOCALÓRICA CARBONATADA A BASE DE
CHOLUPA (*Passifloramaliformis* L.) EDULCORADA CON MONK FRUIT

JUAN CAMILO PÉREZ OSPINA
MARÍA ALEJANDRA GONZÁLEZ ARIAS

TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

ASESOR:

LILIANA MARCELA MORENO TURRIAGO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
NEIVA- HUILA
2025

Nota de aceptación

Director: Ph.D. Liliana Marcela Moreno Turriago

Jurados

Jurado: Jaime Daniel Bustos Vanegas.

Jurado: Laura Natalia Ochoa Ospitia.

Agradecimientos

Le agradecemos principalmente a Dios, familiares y amigos que nos han brindado su apoyo incondicional durante todo el proceso de formación académica y desarrollo de este trabajo, ellos son quienes nos han impulsado a perseguir las metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a nuestra tutora Liliana Marcela Moreno por su dedicación y paciencia porque sin ella no habría sido posible culminar con éxito este trabajo, también al equipo de laboratorio de investigación del centro de formación agroindustrial del SENA por su invaluable apoyo en la realización de este proyecto.

A la Universidad Surcolombiana por darnos la oportunidad de crecer académicamente y profesional. Nuestra gratitud a los docentes que hicieron parte de este proceso académico.

Finalmente agradecemos al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) por abrirnos las puertas y brindarnos la oportunidad de avanzar en la práctica de nuestra carrera profesional.

A todos aquellos los que de una u otra manera durante este tiempo han ayudado a que este trabajo de grado sea hoy una realidad.

Tabla de contenido

Resumen.....	8
Abstract	9
Introducción	10
1. Descripción del Problema de Investigación	11
1.2 Objetivos	12
1.2.1 Objetivo General.....	12
1.2.2 Objetivos Específicos	12
2. Antecedentes y Marco Teórico.....	13
2.1 Marco Teórico	13
2.1.1 La Cholupa	13
2.1.2 Bebidas refrescantes	15
2.1.3 Los Edulcorantes	16
2.1.4 Monk Fruit.....	17
2.1.5 Variables Fisicoquímicas.....	17
2.1.6 Goma Xantana	19
2.1.7 Carbonatación de Bebidas	20
2.1.8 Diseños Experimentales de Superficie de Respuesta: Diseño de Mezclas.....	21
2.1.9 Pruebas de Estabilidad y Estudios de Estabilidad Acelerados	24
2.1.10 Cinética de Deterioro de los Alimentos.....	25
2.1.11 Determinación de la Vida Útil de un Alimento	27
2.2 Antecedentes	27
3. Metodología.....	30
3.1 Tipo de estudio	30
3.2 Caracterización fisicoquímica de pulpa de cholupa.....	30
3.2.1 Contenido de sólidos solubles	30
3.2.2 pH de la pulpa.....	30
3.2.3 Acidez titulable.....	30
3.2.4 Densidad	30
3.3. Optimización de la formulación de bebida carbonatada	31
3.3.1 Diseño Experimental	31

3.3.2 Análisis Estadístico.....	34
3.5 Preparación de la bebida carbonatada	34
3.6 Estudio de estabilidad acelerada	38
4. Resultados y Discusión.....	41
4.1 Análisis Fisicoquímico de la Pulpa de Cholupa.....	41
4.1.1 °Brix	41
4.1.2 pH	42
4.1.3 Acidez.....	42
4.1.4 Densidad	42
4.2 Optimización de la formulación de la bebida carbonatada de cholupa.....	43
4.2.1 Viscosidad	44
4.2.2 pH	45
4.2.3 Contenido de Sólidos Solubles.....	47
4.2.4 Acidez.....	48
4.2.5 Diferencia de Color	50
4.3 Análisis Sensorial.....	50
4.3.1 Aspecto (Color)	51
4.3.2 Sabor (Dulzor, Acidez, Tipicidad)	52
4.3.3 Textura (Consistencia).....	55
4.3.4 Olor (Tipicidad).....	56
4.3.5 Impresión General	57
4.4 Optimización de la formulación de bebida carbonatada	58
4.4.1 Análisis de Mezclas.....	58
4.4.2 Optimización de Múltiples Respuestas.....	63
4.5 Tiempo de vida útil de la bebida carbonatada de cholupa	66
Conclusiones.....	75
Recomendaciones	76
Referencias Bibliográficas	77

Lista de Tablas

Tabla 1. Componentes de la Pulpa de Cholupa	15
Tabla 2. Límites mínimos y máximos de los tres ingredientes evaluados.....	31
Tabla 3. Formulaciones de los tratamientos aplicando el Diseño Simplex Centroide ampliado para la mezcla de agua, pulpa de Cholupa y Monk Fruit.....	31
Tabla 4. Rango de intervalos	33
Tabla 5. Criterios de optimización de la fórmula de bebida carbonatada de Cholupa	34
Tabla 6. Condiciones de almacenamiento para el estudio de estabilidad	39
Tabla 7. Resultados °Brix, pH, Acidez titulable y densidad de la pulpa de cholupa.....	41
Tabla 8. Resultados fisicoquímicos de los tratamientos elaborados (medias $\pm$ error estándar) ...	43
Tabla 9. Resultados del Análisis Sensorial de los Tratamientos de la Bebida Hipocalórica Carbonatada	50
Tabla 10. Efectos estimados del modelo completo para Viscosidad	58
Tabla 11. Anova para Viscosidad	58
Tabla 12. Valores óptimos de la composición por Viscosidad	60
Tabla 13. Efectos estimados del modelo completo Diferencia de Color	60
Tabla 14. Anova para Diferencia de Color	61
Tabla 15. Valores óptimos de la composición por Diferencia de Color	61
Tabla 16. Efectos estimados del modelo completo para Análisis Sensorial.....	62
Tabla 17. Anova para Análisis Sensorial.....	62
Tabla 18. Valores óptimos de la composición por Análisis Sensorial.....	63
Tabla 19. Caracterización de la Deseabilidad.....	64
Tabla 20. Valores de Deseabilidad para cada tratamiento	64
Tabla 21. Composición ideal de la bebida	65
Tabla 22. Resultados de la variación de la diferencia de color en diferentes temperaturas de almacenamiento	66
Tabla 23. Resultado del cálculo de logaritmo natural de ΔE	69
Tabla 24. Datos de la gráfica Ln (ΔE) vs tiempo de almacenamiento.....	70
Tabla 25. Resultados de la prueba de estabilidad acelerada	72
Tabla 26. Validación de la bebida carbonatada	73

Lista de Figuras

Figura 1. Fruto de la Cholupa (<i>Passiflora maliformis</i>)	13
Figura 2. Conceptualización del diseño de centro y centroide aumentado	23
Figura 3. Escala no saturada con máximo valor en el centro.....	33
Figura 4. Fotografía de la inspección de la materia prima.....	35
Figura 5. Fotografía del pesaje de los ingredientes.....	35
Figura 6. Fotografía del proceso de la homogenización	36
Figura 7. Fotografía del proceso de pasteurización	36
Figura 8. Fotografía del proceso de adición de aditivos	37
Figura 9. Flujograma del proceso de elaboración de bebida carbonatada de Cholupa	38
Figura 10. Grupos homogéneos para la Viscosidad.....	44
Figura 11. Grupos Homogéneos para el pH.....	46
Figura 12. Grupos Homogéneos para °Brix.....	47
Figura 13. Grupos Homogéneos para la Acidez	49
Figura 14. Grupos Homogéneos para la diferencia de color	50
Figura 15. Representación de cajas y bigotes de los resultados obtenidos de color por el panel sensorial	51
Figura 16. Representación de cajas y bigotes de los resultados obtenidos de dulzor por el panel sensorial	52
Figura 17. Representación de cajas y bigotes de los resultados obtenidos de acidez por el panel sensorial	53
Figura 18. Representación de cajas y bigotes de los resultados obtenidos de tipicidad sabor por el panel sensorial.....	54
Figura 19. Representación de cajas y bigotes de los resultados obtenidos de la consistencia por el panel sensorial.....	55
Figura 20. Representación de cajas y bigotes de los resultados obtenidos de olor por el panel sensorial	56
Figura 21. Representación de cajas y bigotes de los resultados obtenidos de la impresión general por el panel sensorial	57
Figura 22. Contornos de la superficie de respuesta estimada	66
Figura 23. Comportamiento de la diferencia de color de la bebida de cholupa a diferentes temperaturas de almacenamiento	67
Figura 24. Diferencia de color respecto al tiempo de almacenamiento a las 3 temperaturas	68
Figura 25. Logaritmo natural de ΔE respecto al tiempo de almacenamiento	69
Figura 26. $\ln(K)$ vs $1/\text{temperatura en Kelvin}$	70

Resumen

El presente proyecto tuvo como objetivo desarrollar una bebida hipocalórica carbonatada a base de pulpa de cholupa (*Passiflora maliformis*), utilizando un enfoque de optimización de formulaciones basado en el diseño experimental de superficie de respuesta. Se llevó a cabo un análisis fisicoquímico inicial de la pulpa de cholupa producida en el corregimiento de La Ulloa, determinando parámetros clave como °Brix, pH, acidez y viscosidad, los cuales cumplieron con los estándares establecidos por la legislación vigente.

Posteriormente, se evaluaron diversas formulaciones de la bebida mediante un diseño de mezclas, con el fin de encontrar la combinación óptima de agua, pulpa de cholupa y edulcorante (Monk Fruit). El proceso de optimización se realizó utilizando el software Statgraphics®, priorizando criterios como la minimización de la viscosidad y la diferencia de color, así como la maximización de la aceptación sensorial. El resultado fue una fórmula optimizada que equilibraba las características organolépticas y fisicoquímicas para satisfacer las expectativas de los consumidores.

Finalmente, la bebida estandarizada fue sometida a pruebas de estabilidad acelerada para determinar su vida útil, concluyéndose que, a una temperatura de almacenamiento de 20°C, la bebida mantiene sus propiedades por un período aproximado de 4 meses. A temperaturas más altas, se observó un deterioro acelerado, principalmente reflejado en la diferencia de color, lo que resalta la importancia de un adecuado control de la cadena de frío. Este proyecto ofrece una solución innovadora y comercialmente viable al mercado de bebidas saludables, cumpliendo con los parámetros de calidad establecidos por la NTC 2740:2020 y demostrando el potencial de la cholupa como ingrediente clave en la industria alimentaria.

Palabras Clave: bebida carbonatada, pulpa de cholupa, edulcorante, Monk fruit.

Abstract

This project aimed to develop a low-calorie carbonated beverage using cholupa pulp (*Passifloramaliformis*) through an optimization approach based on response surface experimental design. A physicochemical analysis of the cholupa pulp produced in the La Ulloa region was conducted, assessing key parameters such as °Brix, pH, acidity, and density, which complied with current legislation standards.

Various formulations of the beverage were evaluated using a mixture design to identify the optimal combination of water, cholupa pulp, and sweetener (Monk Fruit). Optimization was performed using Statgraphics® software, focusing on **minimizing viscosity** and **color difference**, and **maximizing sensory acceptance**. The result was an optimized formula that balanced organoleptic and physicochemical characteristics to meet consumer preferences.

The standardized beverage underwent **accelerated stability tests**, estimating a shelf life of approximately **4 months** at a storage temperature of 20°C. At higher temperatures, accelerated degradation, particularly in color, was observed, emphasizing the need for proper cold chain management. This project provides an innovative and commercially viable solution for the healthy beverage market, meeting the quality standards set by **NTC 2740:2020**, and highlighting cholupa's potential as a key ingredient in the food industry.

Keywords: carbonated drink, cholupa pulp, sweetener, Monk fruit.

Introducción

La cholupa como fruta autóctona del departamento del Huila obtuvo el reconocimiento de Denominación de Origen en el año 2007, la cual no ha sido fuente de investigación en la preparación de bebidas carbonatadas a nivel mundial, ya que su producción es netamente local. De acuerdo con la Región Administrativa y de Planeación Especial, RAP-E Región Central (2023), el carácter exótico de la cholupa se reconoció como un producto único en el mundo, ya que en el interior del fruto se localizan numerosas semillas, las cuales van envueltas en un mucílago viscoso y transparente que le da su sabor dulce o ácido según el grado de madurez.

El objetivo de la presente investigación consistió en evaluar el potencial de una bebida carbonatada elaborada a partir de pulpa de cholupa (*Passiflora maliformis* L) y el edulcorante natural hipocalórico denominado Monk Fruit. Para el desarrollo del estudio, se planteó realizar un diseño de mezclas simplex con centroide aumentado, donde los factores a evaluar fueron la concentración pulpa, agua y edulcorante sobre las variables respuesta °Brix, pH, viscosidad, color y acidez titulable de la bebida teniendo en cuenta los parámetros técnicos exigidos en la NTC 2740:2020.

Además, se realizaron pruebas sensoriales y se identificó plenamente el estabilizante idóneo para mantener intacta la integridad del producto, logrando la estandarización de una fórmula para la elaboración de una bebida hipocalórica carbonatada a partir de pulpa de cholupa edulcorada con MonkFruit. Esta fórmula cumple con la normatividad técnica legal vigente, lo que permite su comercialización y garantiza la conservación de todas las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del fruto de la cholupa.

1. Descripción del Problema de Investigación

Debido al fenómeno de la globalización, “en el mercado de consumo surgen diversos productos que, aunque no son de necesidad básica para el uso humano, se convierten en tales debido al trabajo mercadológico y al interés económico de compañías cuyo cometido es su enriquecimiento desmedido” (Ruiz et al., 2018, p. 37). Al respecto, el mayor consumo de bebidas carbonatadas o comúnmente denominadas gaseosas se presenta en países de América; según Orus (2022), “el mayor consumo per cápita de bebidas refrescantes a nivel mundial durante el 2021 lo presentó Estados Unidos con 23.914 Litros, seguido por Alemania con 9.614 Litros” (p. 1).

En Colombia, el mercado de las bebidas carbonatadas también es significativo, con una alta demanda impulsada por el clima cálido del país y las preferencias de los consumidores. Las bebidas carbonatadas constituyen una parte importante de la industria de bebidas en Colombia, con un crecimiento constante en el consumo anual. La tendencia hacia productos más saludables ha llevado a un aumento en la demanda de opciones hipocalóricas y endulzadas con alternativas naturales como el Monk Fruit, lo que hace que este estudio y sus resultados sean especialmente relevantes para el mercado colombiano.

Lo anterior se debe a que el sabor de las bebidas refrescantes es muy atractivo para el consumidor y por la cultura que se ha generado, sin embargo, es importante señalar que el consumo de bebidas azucaradas merece especial atención, ya que de acuerdo con Arroyo y Torres (2022), es uno de los principales factores que está dando lugar al aumento de la obesidad y enfermedades como la diabetes en el mundo, siendo esta última considerada como una epidemia. El consumo de bebidas azucaradas se relaciona con un aumento en la incidencia de varias condiciones adversas, como caries dental, enfermedades cardiovasculares, dislipidemia, hígado graso, resistencia a la insulina, diabetes y ciertos tipos de cáncer, incluyendo pulmón, mama, próstata y colorrectal (Arroyo & Torres, 2022, p. 12).

En vista de lo anterior y aplicando los conocimientos adquiridos en el programa de Ingeniería Agroindustrial, el alcance de la investigación se enfocó en desarrollar un producto sustituto de las bebidas refrescantes con alto contenido de azúcares y aditivos sintetizados químicamente, mediante la obtención de una bebida hipocalórica carbonatada a base de pulpa de cholupa, que permita prescindir del uso de saborizantes artificiales y azúcar refinada, lo anterior, evaluando su calidad sensorial y los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que conlleven al cumplimiento de la normatividad legal nacional vigente. Es entonces pertinente enunciar la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las concentraciones óptimas de los diferentes ingredientes para la obtención de una bebida hipocalórica carbonatada a base de cholupa (*Passiflora maliformis* L.) edulcorada con Monk Fruit?

Por otra parte, se debe tener en cuenta que la cholupa es una planta trepadora originaria del departamento del Huila, donde “la producción es significativamente de economía de pequeños productores. El fruto fresco se consume y utiliza en la industria de alimentos debido a su aporte de proteínas, carbohidratos y ácido ascórbico, lo que le confiere su alto valor nutricional” (Sabogal et al., 2016, p. 4). Asimismo, “la cholupa es un fruto exótico que los colombianos poco conocemos, pero que tiene unas propiedades nutritivas muy buenas” (Rodríguez, 2018, p. 1). Al respecto, se destaca que:

La cholupa es una fruta endémica del sur de Colombia principalmente en el departamento del Huila, también conocida como granadilla de hueso, granadilla de piedra entre otros. La planta es un bejuco leñoso trepador perenne, de tallo fino y voluble y entero, presenta un

color rojizo, rosado o púrpura, sus ramificaciones aumentan durante la maduración de la planta. (Pérez et al., 2017, p. 20)

Teniendo en cuenta lo anterior, la investigación es viable técnica y económicamente, debido a que la cholupa es reconocida por tener un sabor refrescante, y de acuerdo con Montealegre (2022) la denominación de origen de la que goza la cholupa abre camino para sacar provecho de una de las frutas insignias del Huila a través del descubrimiento de nuevos usos y propiedades que la posicionen en el mercado; para ello, se destaca que:

Es necesario explorar los diferentes usos de la fruta y generar proyectos empresariales que la transformen en productos cuya comercialización pueda generar modelos de negocios sostenibles, además de la posibilidad de ser reconocidos como productores protegidos a nivel mundial diferenciándola claramente de otras pasifloras que ya cuentan con algún reconocimiento y grado de exportación como la gulupa y el maracuyá (Montealegre, 2022, p. 3).

Desde el punto de vista investigativo, este proyecto podría tener un impacto positivo en la salud de los consumidores, ya que la cholupa, además de tener un sabor y aroma únicos, es una fuente rica en vitaminas, antioxidantes y fibras, que aportan un gran valor nutricional al organismo. La estandarización de una bebida hipocalórica carbonatada a base de pulpa de cholupa brinda la oportunidad de mejorar los procesos de cultivo, conservación y elaboración de alimentos.

La importancia práctica de la investigación radicó en establecer una fórmula estandarizada para la elaboración de una bebida hipocalórica carbonatada a partir de pulpa de cholupa edulcorada con Monk Fruit permitiendo identificar los factores que determinan la adopción de estos modelos productivos. Además, el valor teórico de la investigación es significativo, ya que proporcionó información valiosa para los procedimientos de elaboración de bebidas hipocalóricas carbonatadas, sirviendo como guía para futuros proyectos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Obtener una fórmula estandarizada para la elaboración de una bebida hipocalórica carbonatada a partir de pulpa de cholupa edulcorada con MonkFruit.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar fisicoquímicamente la pulpa de cholupa producida en el corregimiento de la Ulloa mediante métodos analíticos estandarizados.
- Evaluar diferentes formulaciones de bebida hipocalórica mediante la aplicación de un diseño experimental de superficie de respuesta que permita obtener una fórmula optimizada.
- Validar técnicamente la bebida obtenida teniendo en cuenta los parámetros exigidos en la NTC 2740:2020 para este tipo de productos.
- Determinar el tiempo de vida útil más probable de la bebida estandarizada a través de un estudio de estabilidad acelerada.

2. Antecedentes y Marco Teórico

2.1 Marco Teórico

2.1.1 La Cholupa

Figura 1.

Fruto de la Cholupa (*Passiflora maliformis* L)



Nota. (Cholupa del Huila | Croper, s. f.).

2.1.1.1 Importancia Económica. La cholupa (*Passiflora maliformis* L.), se ha consolidado como un símbolo del departamento del Huila, Colombia. Esta fruta exótica, apreciada por su sabor ácido y refrescante y por sus propiedades nutricionales, representa un producto de gran valor económico y cultural para la región. La producción de cholupa en el Huila es altamente significativa, concentrando el 98% de la producción nacional con alrededor de 1.500 hectáreas cultivadas y una producción anual que supera las 12.000 toneladas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023). Este cultivo genera empleo directo para más de 3.000 personas en el departamento, involucradas principalmente en labores agrícolas, transformación y comercialización (Gobernación del Huila, 2022). Los ingresos anuales de los productores de cholupa superan los 30.000 millones de pesos, lo que contribuye significativamente a la economía local (Federación Nacional de Cafeteros, 2021).

La transformación de la cholupa no solo incrementa su valor comercial, sino que también abre nuevas oportunidades de negocio. Esta fruta es empleada en la producción de una variedad de productos derivados, como jugos, néctares, pulpas, salsas, dulces, licores y artesanías (Corporación Centro de Investigación para la Gestión Tecnológica de Passiflora del Huila, 2020). Además, la cholupa ha fomentado el turismo en el Huila, promoviendo el desarrollo del agroturismo y ofreciendo experiencias gastronómicas únicas alrededor de este fruto (ProColombia, 2019).

La cholupa del Huila ha obtenido la Denominación de Origen, una certificación que garantiza su calidad y origen exclusivo, destacándola en los mercados tanto nacionales como internacionales (Superintendencia de Industria y Comercio, 2018). Esta distinción refuerza su potencial de exportación, especialmente hacia mercados europeos y asiáticos, donde existe una creciente demanda de frutas exóticas y productos gourmet (Proexport Colombia, 2022).

Para aprovechar al máximo el potencial económico de la cholupa, es esencial diversificar sus mercados de exportación, disminuyendo así la dependencia del mercado interno y explorando oportunidades internacionales. La innovación en la creación de nuevos productos derivados puede aumentar su valor añadido y ampliar las opciones para los consumidores, alineándose con tendencias actuales de productos saludables, funcionales y gourmet. Además, fortalecer la colaboración entre productores, procesadores, comercializadores y entidades gubernamentales es clave para superar los desafíos del sector y aprovechar las oportunidades de crecimiento sostenible.

2.1.1.2 Características Principales. Al sur del departamento del Huila se cosecha la cholupa, una de las frutas más características de la región. Según lo presentado por Millan (2021), la *Passiflora Maliformis* L., como es conocida científicamente, tiene un rendimiento promedio de 8,39 t/ha, pero dependiendo del manejo y de la calidad de la semilla, algunos productores alcanzan las 20 t/ha. Por otro lado, además de tener un sabor y aroma únicos, la cholupa es una fuente de vitaminas, antioxidantes y fibras que aportan un gran valor nutricional al organismo. De igual forma, se ajusta perfectamente con las altas temperaturas de la región, ya que a la hora de ser consumida en bebida brinda una sensación de frescura que alivia el calor. Actualmente, además de los jugos, su pulpa es utilizada para elaborar helados, postres, tortas, mermeladas, cervezas, entre otros productos deliciosos que son altamente consumidos por la población huilense y que, poco a poco, han tomado cada vez más fuerza en otros mercados del país como Bogotá. Por ende, se destaca que:

El consumo de cholupa está limitado específicamente al municipio de Neiva, donde cerca del 90% de la producción total del departamento es consumida por los habitantes de esta urbe. El 10% restante se consume localmente en los municipios productores y un pequeño porcentaje es comercializado en Bogotá; semanalmente los neivanos consumen entre 8,4 a 12 toneladas, siendo el uso principal para la elaboración de jugos. (Cuenca, 2019, p. 4)

Por su parte, en el departamento del Huila nace un emprendimiento llamado gaseosas Royal en el Municipio de Campoalegre realizado por el señor Jesús Ismael Jaramillo, quien tras varios desacuerdos familiares en 1954 se crea en la ciudad de Neiva gaseosas Condor, haciendo de esta no solo una marca sino también un emblema regional auténtico del departamento del Huila. Actualmente es la única gaseosa con desarrollo Huilense (Núñez, 2018). De ahí, se menciona que:

Siendo por estos motivos la necesidad de producir una bebida carbonatada, saborizada naturalmente con una fruta autóctona del departamento, como lo es la cholupa una especie originaria de las montañas de los andes tropicales, que puede crecer hasta los 2.200 m.s.n.m en forma silvestre, en Colombia se encuentra en zonas bajas por debajo de los 1000 m. El fruto es una baya de forma esférica u ovoide de 40 a 97 mm de longitud por 42 a 86 mm de diámetro, su cascara (pericarpio) es principalmente de consistencia dura, lisa y cerosa, de unos 3.0 a 4.5mm de espesor y con un mesocarpio de color blanco. (Ocampo et al., 2020, p. 13)

Al respecto, el fruto en estado inmaduro es de color verde pálido o amarillo con puntos blancos diminutos y color verde amarillento cuando llega a su madurez. El peso puede variar entre 21 g y 223 g, y presenta en su interior un promedio de 135 a 243 semillas recubiertas por un mucílago (arilo) que puede variar su color (amarillo, anaranjado o carmelita) es donde se encuentra los azúcares, vitaminas y minerales. El porcentaje promedio de la pulpa (mucílago) más la semilla varía entre 12,5 y 70% del peso total del fruto, de los cuales el 5,4 al 7,8% corresponden al peso de las semillas. Es una fruta que contiene gran cantidad de nutrientes como carbohidratos,

vitaminas (A, B3, B12 y C), minerales, fibras y antioxidantes. (Ocampo et al., 2020). En la Tabla 1 se presentan los componentes de la totalidad de la pulpa de Cholupa:

Tabla 1.

Componentes de la Pulpa de Cholupa

Componentes	Cholupa
Agua (%)	75,7 – 86,0
Proteínas (g)	1,1 – 2,34
Calorías (Kcal.)	40,0 – 95,74
Carbohidratos (g)	11,8 – 21,56
Grasas (%)	0,02
Fibras (g)	0,3
Cenizas (%)	0,91
Calcio (g)	7
Fósforo (mg)	30
Hierro (mg)	0,8
Vitamina A (IU)	1,78
Riboflavina – B12 (mg)	0,1
Niacina – B3 (mg)	2,1
Vitamina C (mg)	10,74 – 20,0
Sólidos solubles totales (°Brix)	10,0 – 18,0
Acidez (%)	3
pH	3,2 – 3,8

Nota: Datos tomados de Ocampo et al. (2020).

2.1.2 Bebidas refrescantes

De acuerdo con la Asociación de Bebidas Refrescantes ANFABRA (2021), se destaca que, las bebidas refrescantes nacieron hace más de dos siglos, a finales del XVIII. Muchas de ellas tuvieron su origen en el ámbito de la farmacia y se solían tomar para mitigar pequeñas afecciones; los primeros refrescos conocidos se elaboraban a base de agua natural o aguas gaseosas naturales, que se combinaban con frutos y edulcorantes como la miel u otros jugos azucarados. El primer paso que dio lugar a la elaboración de los refrescos modernos, se produjo a finales del siglo XVIII, cuando comenzó a utilizarse el término soda para denominar a una bebida elaborada a partir de agua, bicarbonato sódico y anhídrido carbónico.

Fue hasta el siglo XIX cuando empezaron a producirse los primeros refrescos embotellados de cola, su fórmula se basaba en agua carbonatada, azúcar, vainilla y nueces de cola, también contenía propiedades energéticas y era un buen estimulante para las funciones digestivas. Como sucedió con otras áreas industriales, la producción de refrescos embotellados fue impulsada durante el siglo XX y la Segunda Guerra Mundial. Estas bebidas eran ingeridas por los soldados para levantar ánimos y, posterior al conflicto, su distribución se facilitó en gran medida. De este modo, numerosas empresas continuaron explorando distintas fórmulas y métodos de preparación, procediendo a añadir o restar ingredientes como azúcares, vitaminas, anhídrido carbónico o zumo de frutas (Reyna, 2020, p. 4).

Con lo anterior, Franco (2021) destaca que las bebidas tradicionales hacen parte del folklore de cada territorio en la cual el uso de ingredientes, el respeto al producto, la reincorporación de cultivos y la preparación son el carácter más importante de las bebidas. La tradición de prepararla en ocasiones especiales como celebraciones de fiestas de fundación en cada ciudad o pueblo convierten a las bebidas en la tradición más común de cada familia en la que cada generación aprende cuando es el momento de realizarla.

2.1.3 Los Edulcorantes

En relación con los edulcorantes, StepHens et al. (2018) destacan que, debido al incremento de enfermedades relacionadas con el consumo de azúcares, la industria química y la ingeniería de alimentos se han enfocado en la búsqueda de sustancias que puedan proveer el sabor dulce, pero sustituyendo los efectos calóricos de los carbohidratos. Los productos generados para reemplazar el uso de carbohidratos son conocidos como edulcorantes o sustitutos del azúcar. En efecto, los edulcorantes utilizados en la industria alimentaria están divididos en dos grandes grupos: Edulcorantes naturales o nutritivos y edulcorantes artificiales o no nutritivos. Entre los edulcorantes no nutritivos de mayor consumo, se pueden nombrar:

- Sacarina de sodio: Esta es una sulfamida, es aproximadamente 300 veces más dulce que el azúcar y no aporta calorías, presenta un gusto metálico en altas concentraciones.
- Ciclamato de sodio: en 1937 fue descubierto en Estados Unidos. Es la sal sódica y cálcica del ácido ciclámico presenta una elevada solubilidad en agua. Es 30 a 50 veces más dulce que el azúcar. Es el edulcorante menos intenso por lo que para aumentar su poder endulzante se mezcla con sacarina sódica y así se logra un producto más dulce.
- Aspartamo: Es un edulcorante artificial compuesto por un metilester de un dipéptido formado por el ácido L - aspártico y L - fenilalanina. Es 180 y 200 veces más dulce que el azúcar y aporta 4 calorías por gramo. El consumo de éste en las personas que padecen fenilcetonuria está contraindicado.
- Sucralosa: Es entre 500 a 700 veces más dulce que el azúcar, no contiene aporte energético, es pobremente absorbida a través del tracto gastrointestinal.
- Acesulfamo de potasio: es un derivado del acetoacético, y es la sal de potasio del 6- metil -1, 2,3 -oxatiazina - 4 (3 H)-1,2, 2- dióxido. Es 160-220 veces más dulce que el azúcar. Es ligeramente soluble en agua.
- Estevia: Estevia rebudiada es una planta selvática subtropical del alto Paraná. Ante la creciente demanda de productos light, la Stevia ha tomado un sitio muy importante en la canasta familiar, se emplea como edulcorante de mesa, en la elaboración de bebidas, dulces, mermeladas, chicles, pastelería, confituras, yogures, entre otros.
- Alitamo: se caracteriza por su elevado poder edulcorante (2.000 veces mayor que el del azúcar). Puede potencialmente usarse en productos de repostería y masas; mezclas secas para bebidas; bebidas calientes y frías; preparaciones a base de fruta. (Durán, et al., 2013, p. 310)

Sobre la base de lo anterior, “los edulcorantes son aditivos alimentarios que brindan un sabor dulce a los alimentos. Se clasifican en naturales (sacarosa y estevia) o artificiales (sucralosa) y, con base en su aporte energético, como nutritivos (sacarosa) o no nutritivos (sucralosa y estevia) (Escoto et al., 2021, p. 508). En los últimos años, se ha incrementado el uso de edulcorantes no nutritivos como alternativa para reducir el consumo de calorías y, así, combatir la elevada tasa de enfermedades crónicas no transmisibles, como obesidad, diabetes mellitus e hipertensión arterial sistémica. Los edulcorantes con mayor demanda comercial actualmente son sacarosa, sucralosa y estevia.

2.1.4 Monk Fruit

Garrido (2022) destaca que el Monk Fruit “es uno de los edulcorantes de mayor uso en los últimos años; siendo originario de China e Indonesia, pertenece al género *Siraitia*, es rico en varios compuestos que presentan altos efectos biológicos y un sabor dulce” (p.1). Estos compuestos forman parte de una sustancia llamada mogrol que contiene moléculas de glucosa. En relación a los beneficios del Monk Fruit, se ha utilizado en remedios medicinales (básicamente té) desde hace cientos de años. Algunos de los más sobresalientes, de acuerdo con lo presentado por B’graan (2022) son:

1. Reduce el daño causado por radicales libres: la Fruta del Monje tiene poderes antioxidantes que combaten el daño de los radicales libres, que conduce a muchas enfermedades, reducen significativamente el daño oxidativo.
2. Reduce el riesgo de padecer obesidad: Debido a que contiene cero calorías, y evita el aumento de peso. Puede ser un buen sustituto del azúcar de caña típico de mesa y de ingredientes como el chocolate.
3. Contribuye a nivelar el azúcar en la sangre: lo cual también ayuda a reducir el daño renal asociado con la diabetes.
4. Contiene propiedades antiinflamatorias: Se usaba en la medicina china para enfriar el cuerpo cuando la temperatura se elevaba, también se usó para curar el dolor de garganta.
5. Alivia las alergias: producen inflamación, comezón, irritación en los ojos, secreción nasal y malestar general.
6. Contiene propiedades antimicrobianas: Otro aspecto a destacar de este fruto ancestral, es su poder contra las bacterias (p. 3)

En relación a la composición del MonkFruit, Rincón (2022) destaca que, “su composición química de la intensidad edulcorante, lo que es consecuencia de un porcentaje entre el 25 y el 38% de hidratos de carbono; entre ellos se encuentran predominantemente la fructosa o azúcar invertido y la glucosa” (p. 7). Pero la potencia de su dulzor no es responsabilidad directa de estos, sino de los denominados mogrósidos, un grupo de sustancias llamadas glucósidos triterpénicos, comúnmente conocidos como saponinas, catalogados del I a V y de los cuales predomina claramente en la fruta de monje el mogrósido V o esgósido. Entre sus propiedades de mayor interés se encuentran “Su extracto puede ser fuente de incluso 17 aminoácidos diferentes, incluyendo algunos aminoácidos esenciales; contiene antioxidantes que pueden ayudar a combatir el estrés oxidativo” (Vidalia, 2021, p. 6).

2.1.5 Variables Fisicoquímicas

2.1.5.1 Viscosidad. La viscosidad es una propiedad de transporte que es importante tanto desde el punto vista teórico como práctico. De acuerdo con Páez et al. (2014), los estudios sistemáticos de las propiedades físicas de mezclas líquidas multicomponentes son requeridos para permitir un mejor conocimiento de la teoría del estado líquido. En este sentido, la viscosidad de soluciones de electrolitos es de gran interés a nivel científico debido a que las variaciones de la viscosidad con la temperatura y la composición del disolvente permiten tener una mayor comprensión de las interacciones ión-solvente en los sistemas de electrolitos ,de igual forma a nivel ingenieril la viscosidad de electrolitos tiene un rol sumamente relevante debido a su importancia en numerosos sistemas industriales entre los cuales se destacan los procesos electroquímicos así como cálculos de ingeniería química relacionados con el flujo de fluidos, transferencia de calor y masa.

Para conocer cómo de viscoso es un fluido, el principal instrumento es el viscosímetro. A continuación, Zschimmer y Schwarz (2023) explican dos tipos de viscosímetros distintos, para conocer cómo medir la viscosidad de un fluido:

- Viscosímetro de Rotación: El viscosímetro de rotación, también conocido como viscosímetro de tambor giratorio, es uno de los instrumentos más usados para medir la viscosidad de un fluido. El proceso consiste en sumergir un husillo dentro de un cilindro repleto del fluido del cual quieres conocer su viscosidad. Como su nombre indica, el husillo rotará para determinar la fuerza necesaria para mover el fluido.
- Viscosímetro en Copa Ford: En este caso, se suele utilizar para aquellos fluidos cuya viscosidad es baja. Su funcionamiento es bastante simple: se añade el fluido dentro de un cuerpo cilíndrico con una boquilla cerrada en la parte inferior. Cuando el cilindro está completamente lleno, se abre la boquilla y se mide cuánto tiempo tarda el fluido en desprenderse del cilindro. Cuánto más tiempo tarde en caer, más viscoso es el fluido. (Zschimmer&Schwarz, 2023, p. 6).

Respecto a la viscosidad de un fluido, se trata de la medida de la resistencia a fluir ante la aplicación de una fuerza. “Cuanta más resistencia oponen los líquidos a fluir, mayor viscosidad poseen. Se expresa mediante el coeficiente de viscosidad, que depende directamente de la fuerza de flujo e inversamente de la velocidad relativa del flujo” (Calleja et al., 2015, p. 1402). Para la medición de la viscosidad puede ser empleado un reómetro o un viscosímetro. Se debe tener en cuenta que además de la composición química del alimento, la temperatura afecta a la viscosidad influyendo en la capacidad del alimento para fluir, lo que se traduce en que a menor temperatura mayor viscosidad.

2.1.5.3 pH. El pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua. Se define como la concentración de iones de hidrógeno en el agua. La escala del pH es logarítmica con valores de 0 a 14. Un incremento de una unidad en la escala logarítmica, equivale a una disminución diez veces mayor en la concentración de iones de hidrógeno. Con una disminución del pH, el agua se hace más ácida y con un aumento de pH el agua se hace más básica. En relación a la importancia de medir el pH, Hanna (2022) destaca que el pH es la más común de todas las mediciones durante los procesos industriales, asimismo desempeña un papel importante en el procesamiento de alimentos, agricultura, acuicultura, entre otras industrias. Las razones por las que es importante usar un medidor de pH destacan las siguientes:

- Para producir productos con propiedades coherentes y bien definidas.
- Para producir productos de manera eficiente a un costo óptimo.
- Evitar problemas de salud en los consumidores.
- Cumplir con los requisitos reglamentarios.

2.1.5.4 Acidez. La acidez de una sustancia es el grado en el que es ácida. El concepto complementario es la basicidad. De acuerdo con Química.ES (2023), la escala más común para cuantificar la acidez o la basicidad es el pH, que sólo es aplicable para disolución acuosa. Sin embargo, fuera de disoluciones acuosas también es posible determinar y cuantificar la acidez de diferentes sustancias. Se puede comparar, por ejemplo, la acidez de los gases dióxido de carbono (CO₂, ácido), trióxido de azufre (SO₃, ácido más fuerte) y dinitrógeno (N₂, neutro). De ahí se señala que:

El pH y la acidez de la fruta (específicamente de la pulpa) son características importantes de la calidad post cosecha respecto a la maduración de ella. Usualmente los ácidos

orgánicos disminuyen durante la maduración debido a la respiración o su conversión en azúcar. Los ácidos orgánicos son importantes para suministrar un balance azúcar/ácido deseable que da como resultado un sabor agradable a la fruta durante la maduración. Por lo tanto, parte de los procesos de medición paralelos a los controles visuales de un fruto para ser recolectado es su medición de °Brix relacionándolos directamente con el azúcar que posee el fruto. (Hanna, 2017, p. 6)

Por otro lado, los ácidos orgánicos forman parte del contenido de vacuolas en los tejidos vegetales. Junto con los azúcares contribuyen al sabor de las frutas. Según Hanna (2017), los ácidos más importantes son el cítrico, málico, tartárico y oxálico. La acidez tiene importancia en las frutas por que representan una barrera protectora contra la invasión de algunos microorganismos deteriorativos y patógenos.

2.1.5.5 °Brix. Los °Brix (símbolo °Bx) miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. De acuerdo con lo presentado por Equipos y Laboratorios de Colombia (2011), una solución de 25 °Bx tiene 25 g de azúcar (sacarosa) por 100 g de líquido o, dicho de otro modo, hay 25 g de sacarosa y 75 g de agua en los 100 g de la solución. Los °Brix se miden con un sacarímetro, que mide la gravedad específica de un líquido, o, más fácilmente, con un refractómetro.

Los °Brix en las frutas en conserva “miden la concentración de azúcar que hay en estas. Se trata de una unidad de medida que la industria alimentaria utiliza habitualmente para alimentos y bebidas como el vino, la fruta en conserva, los zumos y los refrescos” (Lázaro, 2017, p. 2). Pero también es una escala para medir la concentración de azúcar de la fruta fresca en la tienda o incluso de la que está sin recoger aún en el campo.

2.1.5.6 Temperatura. La Temperatura es una propiedad de la materia que está relacionada con la sensación de calor o frío que se siente en contacto con ella. Cuando se toca un cuerpo que está a menos temperatura que el nuestro, se siente una sensación de frío, y al revés de calor. Sin embargo, aunque tengan una estrecha relación, no se debe confundir la temperatura con el calor. Al respecto, se destaca lo siguiente:

La escala Fahrenheit ubica el punto de congelación del agua en los 32 °F y el punto de ebullición en los 212 °F. Esta escala en particular es utilizada exclusivamente por los Estados Unidos de América. Por último, la escala Kelvin es empleada usualmente en el ámbito científico y en la investigación. A esta escala se la denomina escala absoluta, ya que su 0 °K, o cero absolutos, que se encuentra en los -273,15 °K, expresa la ausencia total de calor y debido a ese extremo, implica la ausencia total de movimiento en las partículas. (Burgues, 2023, p. 6)

Por ende, el instrumento utilizado habitualmente para medir la temperatura es el termómetro. Los termómetros de líquido encerrado en vidrio son los más populares; se basan en la propiedad que tiene el mercurio, y otras sustancias (alcohol coloreado, etc.), de dilatarse cuando aumenta la temperatura. El líquido se aloja en una burbuja -bulbo- conectada a un capilar (tubo muy fino). Cuando la temperatura aumenta, el líquido se expande por el capilar, así, pequeñas variaciones de su volumen resultan claramente visibles.

2.1.6 Goma Xantana

La goma xantana “es un heteropolisacárido que sirve para incrementar la viscosidad y consistencia de líquidos, logrando con ello, una sedimentación más lenta de partículas que puedan

estar en suspensión dentro del líquido” (Nieto et al., 2018, p. 105). La principal aplicación de la goma xantana “es como agente espesante y estabilizante en la industria alimentaria (salsas, helados, yogures) y en productos de cuidado personal (champú, geles, cremas). Entre otras aplicaciones se destaca su uso en la extracción (agente de relleno) del petróleo, industria farmacéutica” (Carmona, 2015, p. 9).

Al respecto, la bacteria *Xanthomonas campestris* produce de forma natural en su pared celular el polisacárido mediante un proceso enzimático complejo. De acuerdo con Carmona (2015), dicha bacteria se puede encontrar en las hojas de las Brassicas, un ejemplo de ellas es la col de jardín. De forma industrial la goma xantana es producida mediante un proceso de fermentación aeróbico empleando bacterias purificadas. Las bacterias son cultivadas en un medio bien oxigenado, el cual contiene glucosa, una fuente de nitrógeno y varios microelementos. Para proporcionar continuidad a la etapa de fermentación, el proceso de inoculación se realiza en varias etapas. Cuando el proceso de fermentación ha finalizado, el proceso de pasteurización del medio mata a la bacteria y la goma xantana es recuperada por precipitación con alcohol isopropílico o etanol. Finalmente, el producto es secado, molido y empaquetado.

En cuanto a sus propiedades fisicoquímicas, a un bajo pH, la disolución de la goma “es rápida y completa e influye en la suspensión de componentes insolubles. Es así, que el uso de la goma en bebidas con frutas cítricas proporciona estabilización en las propiedades organolépticas, específicamente olor, sabor y textura” (Martínez, 2017, p. 14). La función de un hidrocoloide es ligar agua, reaccionar con otros constituyentes del medio, estabilizar la red de proteína y evitar la liberación de agua.

2.1.7 Carbonatación de Bebidas

2.1.7.1 Definición. La carbonatación es el proceso mediante el cual el dióxido de carbono (CO_2) se disuelve en un líquido, generalmente agua, bajo presión. Este proceso crea burbujas y le da a las bebidas su característico efecto efervescente. El propósito principal de la carbonatación en la producción de bebidas es mejorar la experiencia sensorial del consumidor, añadiendo una sensación de frescura y una textura burbujeante que realza el sabor de la bebida.

2.1.7.2 Fundamentos Químicos de la Carbonatación. La carbonatación implica una reacción química en la cual el dióxido de carbono (CO_2) se combina con el agua (H_2O) para formar ácido carbónico (H_2CO_3). La ecuación química básica de esta reacción es:



Este ácido carbónico es inestable y se disocia parcialmente en agua para liberar burbujas de CO_2 cuando la presión disminuye, como cuando se abre una botella de bebida carbonatada. Varios factores influyen en la eficiencia y efectividad de la carbonatación:

- **Temperatura:** La solubilidad del CO_2 en el agua disminuye a medida que aumenta la temperatura. Por lo tanto, las bebidas se carbonatan más eficientemente a temperaturas más bajas.
- **Presión:** La cantidad de CO_2 que se puede disolver en un líquido es directamente proporcional a la presión del gas sobre el líquido. Una mayor presión permite una mayor disolución de CO_2 .
- **Solubilidad del CO_2 :** La solubilidad del dióxido de carbono en agua también depende de la pureza del agua y de la presencia de otros solutos que pueden influir en la capacidad del agua para disolver gases.

2.1.7.3 Métodos de Carbonatación. Existen diferentes métodos para lograr la carbonatación de una bebida, entre estos, se destacan los siguientes:

- **Carbonatación Natural:** La carbonatación natural ocurre durante la fermentación, un proceso biológico en el cual las levaduras y bacterias convierten los azúcares en alcohol y CO_2 . Este método es común en la producción de cervezas y vinos espumosos. Durante la fermentación, el CO_2 producido se disuelve en el líquido bajo la presión creada en el recipiente de fermentación, resultando en una bebida naturalmente carbonatada.
- **Carbonatación Forzada:** En la carbonatación forzada, el dióxido de carbono se inyecta directamente en el líquido bajo alta presión. Este método es utilizado principalmente en la producción de refrescos, aguas con gas y otras bebidas industriales. El proceso implica mantener el líquido a baja temperatura y alta presión para maximizar la solubilidad del CO_2 . Los sistemas de inyección de CO_2 suelen estar integrados en las líneas de embotellado para asegurar una carbonatación uniforme y controlada.

2.1.7.4 Rangos para una bebida carbonatada. El refresco carbonatado es una bebida no alcohólica que se caracteriza por la presencia de dióxido de carbono disuelto. Sus componentes principales son: agua, azúcar, dióxido de carbono y aditivos. Dentro de los principales aditivos de las bebidas carbonatadas, Islas et al. (2023) destacan que se encuentran los acidulantes (ácido fosfórico, cítrico, tartárico, entre otros), colorantes (amarillo 6, rojo 5, rojo allura, tartrazina, etc.), endulzantes y conservadores (tales como benzoato de sodio o sorbato de potasio). Todos los aditivos tienen una función particular, y en su conjunto ayudan a resaltar propiedades organolépticas del producto final. Los ingredientes utilizados en la formulación de las bebidas deben ser aceptados bajo normas nacionales (e internacionales si se destinan a exportación). Así, el agua utilizada debe tratarse adecuadamente a través de procesos fisicoquímicos que garanticen su calidad.

2.1.8 Diseños Experimentales de Superficie de Respuesta: Diseño de Mezclas

2.1.8.1 ¿Qué son los Diseños de Superficie de Respuesta? Los diseños de superficie de respuesta (RSM, por sus siglas en inglés) son una colección de técnicas matemáticas y estadísticas útiles para el modelado y análisis de problemas donde la respuesta de interés es influenciada por varias variables. El objetivo principal del RSM es optimizar esta respuesta, encontrando las condiciones óptimas de las variables independientes para obtener un resultado deseado. Se aplican ampliamente en la ingeniería y en las ciencias, incluidas las industrias farmacéutica, química y alimentaria.

2.1.8.2 Fundamentos del Diseño de Mezclas. En los diseños de mezclas, el interés principal radica en cómo los componentes de una mezcla afectan una o más respuestas. A diferencia de los diseños experimentales convencionales, en los cuales los factores pueden variar de manera independiente, en los diseños de mezclas la suma de las proporciones de los componentes siempre debe ser igual a 1 (o 100%). Esto implica que el aumento en la proporción de un componente necesariamente resulta en la disminución de otro.

2.1.8.3 ¿Qué es el Diseño de Mezclas? Dentro de los diseños de superficie de respuesta, el diseño de mezclas es una metodología específica utilizada cuando las variables independientes son proporciones de diferentes componentes de una mezcla que suman una constante. A diferencia de otros tipos de diseños experimentales, en el diseño de mezclas el interés se centra en cómo las distintas proporciones de los componentes influyen en la respuesta.

2.1.8.4 ¿Para Qué Se Usan Los Diseños De Mezclas? Son utilizados los diseños de mezclas con la finalidad de mejorar formulaciones donde son mezclados los elementos en partes específicas para el logro de las propiedades deseadas del producto final. Al respecto, el diseño de mezclas es fundamental en la industria química, cosmética, farmacéutica y alimentaria; entre algunos ejemplos, se destacan los siguientes:

- **Optimización de Formulaciones Alimentarias:** establecer la combinación efectiva de ingredientes para obtener la textura, sabor y firmeza deseada en productos como bebidas, salsas, entre otros.

- **Desarrollo de Productos Químicos:** Mejoramiento de mezclas de reactivos para la creación de materiales específicos o la maximización de la eficacia de una reacción química.

Producción de Medicamentos: Formulación de medicamentos donde se equilibre la cantidad de ingredientes y mezclas activas que aseguren la estabilidad y efectividad del producto.

2.1.8.5 Beneficios de Aplicar el Diseño de Mezclas en la Industria Alimenticia. Los beneficios de la aplicación de las mezclas en la industria alimenticia son los siguientes:

1. Optimización del Producto: Permite conocer las proporciones deseadas de ingredientes para mejorar el sabor, aroma, textura, la vida útil y estabilidad del producto.
2. Eficiencia en el desarrollo de productos novedosos: Disminuye el número de experimentos necesarios para la obtención de la efectiva formulación, el ahorro de recursos y tiempo para desarrollar nuevos alimentos y bebidas.
3. Mejoramiento en la consistencia del producto: Optimiza la consistencia del producto final mediante el control y el mejoramiento de las proporciones de los componentes, dando garantía a que el producto mantenga las características y calidad en cada lote.
4. Cumplimiento de normas: Posibilita el cumplimiento de normas y reglamentos de calidad, para que los alimentos estén seguros y con óptima calidad.
5. Reducción de costos: Mediante la optimización de las formulaciones se minimizan los costos de producción mediante la reducción del uso de ingredientes costosos o al utilizar los ingredientes disponibles.
6. Innovación y competitividad: Permite la invención incesante en la formulación de productos, generándose una ventaja competitiva mediante el desarrollo de productos únicos y de óptima calidad de acuerdo a los gustos de los consumidores.

2.1.8.6 Diseño simple con centroide aumentado. Esta es una estrategia experimental utilizada para mejorar la formulación de productos, específicamente en áreas como la química, la ingeniería y la ciencia de los alimentos. Este punto de vista está enmarcado en el diseño de mezclas, donde su finalidad consiste en establecer la óptima combinación que genere una respuesta de interés.

2.1.8.7 Concepto de Centroide. El centroide en un diseño de mezclas es el punto donde todos los componentes se mezclan en proporciones iguales. En un diseño simple, este punto representa la formulación promedio o base que se evalúa en el experimento. Por ejemplo, en una

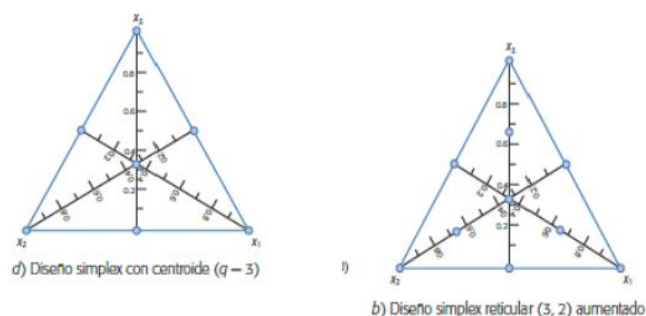
mezcla de tres componentes, el centroide sería el punto donde cada componente representa el 33.33% de la mezcla total.

2.1.8.8 Aumento del Centroide. El aumento del centroide implica la adición de puntos adicionales alrededor del centroide para explorar cómo pequeñas variaciones en la proporción de los componentes afectan la respuesta. Estos puntos permiten una mejor exploración del espacio de formulación cercano al centroide y pueden ayudar a identificar interacciones entre componentes que no serían evidentes en un diseño simple.

El aumento del centroide es útil cuando se sospecha que la respuesta no es lineal con respecto a la mezcla de componentes, o cuando se busca refinar la región alrededor de una formulación promedio para optimizar el desempeño del producto. Este enfoque puede mejorar la precisión del modelo predictivo y proporcionar una mejor comprensión de cómo interactúan los componentes de la mezcla. Para comprender mejor el concepto de aumento del centroide y su aplicación en el diseño de mezclas, se presenta la figura 2 que ilustra dos tipos de diseños: el diseño centroide y el diseño centroide aumentado.

Figura 2.

Conceptualización del diseño de centro y centroide aumentado



Nota. Tomado de Gómez Payan et Al. (2018).

El **diseño centroide** conforma un tipo de diseño de mezcla centrado en los puntos que constituyen el promedio de las proporciones de los componentes en una formulación. Al respecto, estos puntos centroides se usan para determinar cómo afecta la respuesta del sistema en una formulación la combinación de los componentes. Por ende, solo se consideran en un diseño centroide estándar las proporciones promedio de los ingredientes, lo que da una visión del comportamiento del sistema en relación a una mezcla media. No obstante, existe una limitante en este diseño si las respuestas de interés no son lineales en relación a la proporción de cada componente.

En discrepancia, el **diseño centroide aumentado** se extiende sobre el diseño centroide básico al agregar más puntos alrededor del centroide. Estos puntos son ubicados de manera estratégica para el estudio de variaciones pequeñas en el tamaño de los componentes alrededor del promedio con la finalidad de obtener una mejor comprensión de las interacciones no lineales entre los ingredientes. Es importante esta expansión del diseño cuando se intuye sobre la existencia de interacciones complejas entre los componentes. Al incluir estos puntos, el diseño centroide aumentado genera una precisión mayor en la estimación de la respuesta del sistema, lo que facilita que se identifiquen las regiones óptimas para formular el producto.

El uso de un diseño centroe aumentado es particularmente útil en la optimización de productos complejos, donde se busca mejorar las propiedades del producto mediante ajustes finos en las proporciones de los componentes. Este enfoque permite un análisis más detallado y una mayor flexibilidad en la formulación, lo que conduce a un producto final que mejor satisface las necesidades del consumidor y cumple con los estándares de calidad deseados.

2.1.8.9 Aplicaciones del Diseño Simple con Centroe Aumentado. El diseño simple con centroe aumentado es ampliamente utilizado en la optimización de formulaciones de productos como alimentos, bebidas, cosméticos y productos farmacéuticos. En el desarrollo de nuevos productos, esta metodología permite identificar rápidamente la combinación de ingredientes que maximiza la calidad, estabilidad y aceptación sensorial, mientras se minimizan los costos y tiempos de desarrollo.

2.1.9 Pruebas de Estabilidad y Estudios de Estabilidad Acelerados

2.1.9.1 ¿Qué son las pruebas de estabilidad? Consiste en el diseño de procedimientos para evaluar el cambio de un producto a través del tiempo mediante la repercusión de factores ambientales como la luz, humedad y temperatura, las cuales son pruebas necesarias para establecer la vida útil del producto y garantizar el cumplimiento de las normas de calidad durante su uso o almacenamiento.

En la industria alimentaria la evaluación de los aspectos utilizados en las pruebas de estabilidad son las siguientes:

- **Degradación de nutrientes:** Evaluación de la falta de minerales, vitaminas y demás nutrientes fundamentales.
- **Cambios organolépticos:** Supervisión constante de cambios de textura, sabor, aroma y color.
- **Crecimiento microbiano:** Evaluación de la propagación de microorganismos que perjudican la calidad de los alimentos.
- **Integridad del envase:** Análisis de la capacidad del envase para proteger el producto contra elementos externos.

2.1.9.2 Estudios de estabilidad acelerados. Mediante estos estudios el producto es sometido a entornos ambientales severos con la finalidad de acelerar el proceso de deterioro. Su finalidad es establecer la estabilidad del producto y tener un diagnóstico de su vida útil a través de condiciones de almacenamiento normales. Estos estudios comprenden lo siguiente:

- **Condiciones de almacenamiento aceleradas:** altas temperaturas y elevados niveles de humedad para estimular las reacciones de deterioro.
- **Período de prueba más corto:** Durante un período corto, los resultados que se obtienen son extrapolados para pronosticar el comportamiento a largo plazo del producto.

2.1.9.3 Ecuación de Arrhenius para predecir el tiempo de vida útil. Esta ecuación consiste en una fórmula matemática para describir cómo la velocidad de una reacción química depende de la temperatura. En la circunstancia de la estabilidad de alimentos, esta ecuación es utilizada para predecir el aceleramiento de las reacciones de deterioro mediante el aumento de la temperatura.

$$K = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (2)$$

Donde:

k es la constante de velocidad de reacción.

E_a es la energía de activación de la reacción.

A es el factor pre exponencial, referido con la frecuencia de las colisiones efectivas entre las moléculas reactantes.

R conforma la constante de los gases.

T basado en la temperatura en grados Kelvin.

Mediante estos estudios de estabilidad acelerados, la velocidad de deterioro es medido a diversas temperaturas elevadas. Al usar la ecuación de Arrhenius se predice el tiempo de vida del producto mediante la velocidad de deterioro a temperaturas de almacenaje normales.

2.1.9.4 Importancia de la Ecuación de Arrhenius en la Industria Alimentaria. El uso de la ecuación de Arrhenius en los estudios de estabilidad acelerados ofrece varios beneficios clave:

1. Predicción Precisa de la Vida Útil: Permite predecir con precisión cuánto tiempo un producto mantendrá su calidad y seguridad bajo condiciones normales de almacenamiento.

2. Aceleración del Proceso de Desarrollo de Productos: Los estudios acelerados permiten obtener rápidamente datos críticos, reduciendo el tiempo necesario para llevar un nuevo producto al mercado.

3. Optimización del Envasado y Almacenamiento: Ayuda a determinar las mejores condiciones de envasado y almacenamiento para maximizar la vida útil del producto.

4. Garantía de Calidad: Asegura que los productos mantengan su calidad durante toda su vida útil, protegiendo la reputación de la marca y asegurando la satisfacción del consumidor.

5. Cumplimiento Regulatorio: Facilita el cumplimiento de las normativas y estándares de calidad impuestos por las autoridades reguladoras, garantizando que los productos sean seguros y eficaces durante todo su ciclo de vida.

2.1.10 Cinética de Deterioro de los Alimentos

La cinética de deterioro de los alimentos es un campo de estudio fundamental dentro de la ciencia de los alimentos, ya que permite entender los procesos que afectan la calidad y seguridad de los productos alimenticios a lo largo del tiempo. El deterioro de los alimentos es el resultado de una serie de reacciones químicas, físicas y microbiológicas que ocurren de manera continua desde el momento de la cosecha, procesamiento, almacenamiento y hasta el consumo del producto.

El deterioro puede manifestarse de diversas formas, tales como cambios en el color, textura, sabor, olor y valor nutricional, así como la proliferación de microorganismos que pueden comprometer la seguridad alimentaria. Estas transformaciones pueden ser catalizadas por factores intrínsecos del alimento, como la actividad del agua, el pH, la composición de nutrientes y la presencia de enzimas, así como por factores extrínsecos, incluyendo la temperatura, la humedad, la luz y la exposición al oxígeno.

El estudio de la cinética de deterioro implica la cuantificación de la velocidad a la que estos cambios ocurren, generalmente mediante la aplicación de modelos matemáticos que describen las reacciones de deterioro. Entre los modelos más utilizados se encuentran los de orden cero, primer orden y las ecuaciones de Arrhenius, que relacionan la velocidad de reacción con la temperatura. Estos modelos permiten predecir la vida útil de un producto alimenticio, optimizar los procesos de conservación y diseñar sistemas de envasado más eficientes.

Comprender la cinética de deterioro es esencial para la industria alimentaria, ya que no solo ayuda a garantizar la calidad y seguridad de los productos, sino que también es crucial para la toma de decisiones en la cadena de suministro, el diseño de productos y la satisfacción del consumidor.

2.1.10.1 Factores que Influyen en el Deterioro de los Alimentos. El deterioro de los alimentos está influenciado por una combinación de factores intrínsecos y extrínsecos. Los factores intrínsecos incluyen la actividad del agua, el pH, la composición de nutrientes y la presencia de enzimas que pueden catalizar reacciones no deseadas. Por ejemplo, la actividad del agua (a_w) es un factor crucial, ya que afecta la estabilidad microbiológica y las reacciones químicas, como la oxidación de lípidos y la hidrólisis enzimática. Por otro lado, los factores extrínsecos, como la temperatura, humedad, luz y exposición al oxígeno, juegan un papel importante en la aceleración o desaceleración de las reacciones de deterioro.

2.1.10.2 Modelos de Cinética de Deterioro. Para cuantificar y predecir la velocidad de deterioro de los alimentos, se utilizan modelos matemáticos de cinética de reacciones. Los modelos más comunes son los de orden cero, primer orden y las ecuaciones de Arrhenius, que permiten describir cómo las condiciones de almacenamiento afectan la velocidad de deterioro.

1. Modelo de Orden Cero: En un modelo de orden cero, la velocidad de la reacción de deterioro es constante e independiente de la concentración del reactivo. La ecuación que describe este modelo es:

$$C_t = C_0 - k_0 \cdot t \quad (3)$$

Donde:

C_t es la concentración del reactivo (o calidad del alimento) en el tiempo t .

C_0 es la concentración inicial.

k_0 es la constante de velocidad de reacción de orden cero.

t es el tiempo.

2. Modelo de Primer Orden: En este modelo, la velocidad de la reacción de deterioro es directamente proporcional a la concentración del reactivo. La ecuación correspondiente es:

$$C_t = C_0 \cdot e^{-k_1 \cdot t} \quad (4)$$

Donde:

k_1 es la constante de velocidad de reacción de primer orden.

Los demás términos son los mismos que en el modelo de orden cero.

3. Ecuación de Arrhenius: La ecuación de Arrhenius es utilizada para describir la influencia de la temperatura en la velocidad de las reacciones de deterioro. Esta ecuación se expresa como:

$$k = k_A \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}} \quad (5)$$

Donde:

k es la constante de velocidad de la reacción.

k_A es el factor preexponencial o frecuencia de colisión.

E_a es la energía de activación de la reacción.

R es la constante universal de los gases (8.314 J/mol·K)

T es la temperatura absoluta en Kelvin.

La combinación de estos modelos permite predecir cómo varían las propiedades de los alimentos con el tiempo bajo diferentes condiciones de almacenamiento.

2.1.11 Determinación de la Vida Útil de un Alimento

La vida útil de un alimento es el período durante el cual se mantiene la calidad aceptable para el consumo, considerando tanto la seguridad como los aspectos sensoriales del producto. La vida útil se determina generalmente a través de estudios de estabilidad, en los que se mide cómo cambian las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del alimento bajo condiciones controladas.

Para calcular la vida útil, se utiliza la siguiente relación basada en la ecuación de Arrhenius:

$$Vida \text{ Útil} = \frac{1}{k} \quad (6)$$

Donde k es la constante de velocidad de la reacción que conduce al deterioro. Si la reacción sigue un modelo de primer orden, k se puede determinar a partir de la pendiente de una gráfica de $\ln(Ct)$ versus t . Para diferentes temperaturas, k se puede ajustar con la ecuación de Arrhenius para predecir la vida útil a diferentes condiciones de almacenamiento.

En la práctica, la vida útil también se puede determinar empíricamente mediante estudios de vida útil acelerada, donde el alimento se almacena a temperaturas elevadas para acelerar el proceso de deterioro, y luego se extrapolan los resultados a temperaturas normales de almacenamiento utilizando la ecuación de Arrhenius.

2.2 Antecedentes

Ruiz (2010) realizó una investigación titulada Elaboración de una bebida a base de quitosano y extracto de Jamaica Rosa (*Hibiscussabdariffa*). El objetivo consistió en realizar una bebida a base de quitosano y extracto de Jamaica Rosa sensorialmente aceptable, que pudiera contribuir en la disminución de los problemas relacionados con la obesidad. Se presentó una metodología de tipo experimental, para ello, se obtuvieron cuatro extractos a partir del cáliz de la flor de Jamaica, utilizando agua y etanol como solventes y temperaturas de refrigeración durante ocho días o de ebullición durante diez minutos. El análisis sensorial reveló que la bebida desarrollada fue aceptada por los consumidores.

Asimismo, Cuenca (2019) realizó un trabajo titulado Estudio de mercado para la producción y comercialización de néctar de Cholupa en el municipio de Neiva, Huila. El objetivo se basó en analizar el mercado para el néctar de cholupa en el municipio de Neiva. La metodología empleada fue de tipo descriptiva, experimental, en la cual se analizaron variables como producto, demanda, oferta, precios y canales de distribución. Los resultados destacaron que, el estudio de

mercado del néctar de cholupa presenta la factibilidad condicionada del proyecto, causada por la alta competencia y la afectación de las variaciones de precio y las condiciones del canal seleccionado. Se concluyó que, las características del néctar de cholupa lo hace un producto único en el mercado local, siendo sustituto de jugos y bebidas gaseosas entre otros.

De igual modo, Montealegre et al. (2019) realizaron un trabajo sobre el aprovechamiento de la cholupa en mixología molecular, con el objetivo de realizar un diagnóstico en el que se pudiera identificar los hábitos de consumos de frutas y el conocimiento de la fruta de Cholupa. La metodología fue de tipo cualitativa y experimental, en la que se aplicó un cuestionario de 14 preguntas a los estudiantes de 4 y 5 semestre de tecnología en gastronomía. Posteriormente se estandarizaron las recetas de las preparaciones de los cocteles para identificar costos y las técnicas moleculares para la elaboración de los cocteles, en los que se determinó el uso de concentración de licor vodka Finlandia. Los resultados permitieron concluir que, se logró mantener preciso el sabor de la pulpa de Cholupa. Finalmente se obtuvieron cinco cocteles con nueve recetas estándar, destacando que el recetario incluyó fotografías de los mismos y se precisó su preparación.

Por su parte, Ron (2021) realizó un trabajo sobre la relación entre la ingesta dietética y el consumo de alimentos de alta densidad calórica con el estado nutricional de los trabajadores administrativos de la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas de Quito - Ecuador entre los meses de abril y mayo de 2021. El estudio tuvo como objetivo relacionar la ingesta dietética y de alimentos densamente energéticos con el estado nutricional de trabajadores adultos con cargos administrativos de la Empresa Pública. Se aplicó un estudio observacional, analítico con enfoque cuantitativo. Los resultados mostraron que los trabajadores tienen un consumo de energía y macronutrientes excesivo a sus requerimientos nutricionales, por lo que se concluye que no afecta a todos por igual en su estado nutricional ni en su riesgo cardiovascular el exceso de consumo de nutrientes.

Asimismo, Navas y Roque (2021) realizaron un trabajo sobre los factores que influyen en el consumo de bebidas carbonatadas y su relación con la obesidad en adolescentes de 10 a 19 años en El Salvador durante el período 2009-2019. Se presentó un estudio de tipo descriptivo, correlacional y documental por búsqueda de palabras claves en la red, abarcando algunos países de la región Latinoamericana. Los resultados destacaron que, la mayoría de los adolescentes consumen de una a más bebidas gaseosas por día. Entre las causas para que los adolescentes consuman bebidas se identificó la accesibilidad, oferta, demanda y la publicidad.

En el salvador se han implementado algunas estrategias para reducir el consumo de bebidas azucaradas pero aún falta mejorar y crear nuevas estrategias que ayuden a la reducción de los índices en consumo de estos productos y por ende disminuir la obesidad; se concluyó que, en algunos países de Latinoamérica se ha observado que se han implementado estrategias como etiquetado de fácil comprensión e impuestos específicos que han disminuido el consumo de azúcares, sin embargo, aún es muy pronto para que los esfuerzos realizados se traduzcan en una disminución en los porcentajes de obesidad (Navas & Roque, 2021).

Por su parte, Parra y Valencia (2022) realizaron un proyecto sobre el efecto de los diferentes métodos de concentración sobre los atributos de calidad del concentrado de jugo de cholupa (*Passifloramaliformis* L.). El objetivo consistió en evaluar los atributos composicionales y funcionales de pulpa de cholupa concentrado usando diferentes técnicas de concentración. La metodología fue experimental, se emplearon frutas frescas en estado de maduración óptimo. Los zumos de fruta fueron concentrados utilizando evaporador rotatorio al vacío, calentamiento convencional a presión atmosférica y calentamiento con horno microondas realizando análisis de contenido fenólico total y carotenoides totales mediante espectrofotometría UV-VIS. Los

resultados establecieron que, el concentrado de cholupa es una excelente fuente de compuestos fenólicos y antocianinas; todos los métodos de concentración, así como el tiempo de almacenamiento, afectaron los compuestos bioactivos del concentrado de cholupa. Se concluyó que, en comparación con los métodos convencionales y de calentamiento al vacío, el procesamiento por microondas tuvo efectos menos destructivos en los compuestos bioactivos de los concentrados de cholupa durante el almacenamiento de 21 días.

3. Metodología

3.1 Tipo de estudio

El presente trabajo de investigación es de tipo cuantitativo experimental realizado en el Laboratorio de Investigación del Centro de Formación Agroindustrial del SENA ubicado en el municipio de Campoalegre – Huila a una altura de 525 msnm, una temperatura media anual de 32°C y una humedad relativa del 79%.

3.2 Caracterización fisicoquímica de pulpa de cholupa

La pulpa de cholupa fue suministrada por la empresa Passipulpas SAS ubicada en el Municipio de Rivera – Huila. El edulcorante Monk Fruit, la goma Xantana y los aditivos conservantes fueron adquiridos en Tecnas SAS ubicada en Medellín – Antioquia.

En primer lugar, la pulpa de cholupa fue caracterizada fisicoquímicamente teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

3.2.1 Contenido de sólidos solubles

Los °Brix se determinaron usando un refractómetro digital (PAL-1, ATAGO, Japón). El prisma del instrumento se limpió previamente con agua destilada para después dispensar 10 gotas de la pulpa, la corrección de la lectura se realizó teniendo en cuenta lo establecido en la NTC 440 (ICONTEC, 2022).

3.2.2 pH de la pulpa

El potencial de Hidrógeno de la pulpa de cholupa se determinó teniendo en cuenta la norma AOAC 181.12. Se empleó un potenciómetro portátil (HI98161, HANNA Instruments, EE.UU.) debidamente calibrado.

3.2.3 Acidez titulable

Esta prueba fisicoquímica se realizó por alcalimetría según lo describe la NTC 440 del ICONTEC usando una bureta (RS232, BRAND, EE.UU.). La acidez titulable se expresó como la cantidad de ácido cítrico contenida en 100 mL de pulpa de cholupa.

La titulación se realizó con una solución estándar de hidróxido de sodio 0,1 N en presencia de fenolftaleína como indicador (pH = 8.3) con 5 ml de muestra de pulpa y 20 ml de agua destilada.

$$\text{Acidez (g/100 mL)} = \frac{V * N * meq}{V_1} * 100 \quad (7)$$

Dónde:

V: mL de hidróxido de sodio empleada en la titulación

N: Normalidad del hidróxido de sodio

Meq: miliequivalente de ácido cítrico (0,06404 g)

V₁: mL de la muestra

3.2.4 Densidad

La densidad de la pulpa se estableció siguiendo lo descrito en la norma AOAC 962.19 empleando un picnómetro por el método de desplazamiento de volumen con a 20°C utilizando agua destilada como líquido de referencia, para ello:

- Se secó el picnómetro en horno de convección forzada (UN160, Memmert Inc., Alemania) durante una hora y después se dejó enfriar durante 15 minutos.
- Se pesó el picnómetro seco y vacío.

- En el picnómetro seco se dispensó la muestra con una pipeta y se colocó el tapón de aforo.
- Posteriormente se secó completamente el exceso de muestra derramada sobre el picnómetro.
- Se pesó el picnómetro con la muestra en una balanza analítica y se tomaron los datos.

$$Densidad = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} \quad (8)$$

Donde:

M_0 : Masa del picnómetro vacío

M_1 : Masa del picnómetro lleno de agua

M_2 : Masa del picnómetro lleno de muestra

3.3. Optimización de la formulación de bebida carbonatada

3.3.1 Diseño Experimental

Con el fin de encontrar las proporciones adecuadas de agua, pulpa de cholupa y edulcorante MonkFruit para elaborar una bebida carbonatada con elevada aceptación sensorial, se empleó un diseño de mezclas Simplex Centroide Aumentado con un arreglo de 10 tratamientos utilizando el programa estadístico StatgraphicsCenturion XIX®. En la Tabla 2 se presentan las restricciones mínimas y máximas de los tres ingredientes evaluados (matriz variable).

Tabla 2.

Límites mínimos y máximos de los tres ingredientes evaluados

Variables	Mínimo (%)	Máximo (%)
Agua	71,8	82,8
Pulpa de cholupa	7	18
Monk Fruit	10	21

Nota. Elaboración propia.

La matriz fija representó el 0,2% de la formulación, cuyas concentraciones individuales se mantuvieron constantes en todos los tratamientos (goma Xantana 0,15% y benzoato de sodio + sorbato de potasio 0,05%), mientras que la matriz variable representó el 99,8% de la formulación variando su concentración para cada tratamiento.

Tabla 3.

Formulaciones de los tratamientos aplicando el Diseño Simplex Centroide ampliado para la mezcla de agua, pulpa de Cholupa y Monk Fruit

Tratamiento	Agua (%)	Pulpa de Cholupa (%)	MonkFruit (%)
1	71,8	18,0	10,0
2	77,3	12,5	10,0
3	71,8	12,5	15,5
4	71,8	7,0	21,0
5	77,3	7,0	15,5
6	73,6	14,3	11,8
7	79,1	8,8	11,8

8	75,5	10,7	13,7
9	73,6	8,8	17,3
10	82,8	7,0	10,0

Nota. Elaboración propia.

Como variables dependientes se tomaron las siguientes respuestas experimentales:

pH. Para cada tratamiento se determinó teniendo en cuenta la norma AOAC 181.12. Se empleó un potenciómetro portátil (HI98161, HANNA Instruments, EE. UU.) debidamente calibrado.

°Brix. Se determinaron usando un refractómetro digital (PAL-1, ATAGO, Japón). El prisma del instrumento se limpió previamente con agua destilada para después dispensar 10 gotas de la pulpa, la corrección de la lectura se realizó teniendo en cuenta lo establecido en la NTC 440 (ICONTEC, 2022).

Acidez titulable. Se realizó según lo describe la NTC 440 del ICONTEC usando una bureta (RS232, BRAND, EE.UU.). La acidez titulable se expresó como la cantidad de ácido cítrico contenida en 100 mL de bebida de cholupa.

Color. El color de cada tratamiento se determinó empleando un colorímetro portátil (CR-400, Konica Minolta, Japón). Las mediciones se realizaron con el iluminante D₆₅ y 10° del observador, empleando el espacio de color L*a*b. La diferencia total de color (ΔE) se obtuvo para establecer la diferencia de color de cada tratamiento con el color de la pulpa de cholupa pura usando la siguiente ecuación:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (9)$$

Viscosidad. Se determinó la viscosidad de cada tratamiento empleando un viscosímetro rotacional (V100002, Fungilab S.A, España) con el husillo R1 con una precisión de $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

Aceptabilidad sensorial. Para la evaluación sensorial de los tratamientos de bebida carbonatada con pulpa de cholupa, se implementó una prueba sensorial descriptiva cuantitativa utilizando la técnica conocida como "Caracterización mediante escala no estructurada". Para ello, cada tratamiento fue ultra congelado a -40°C usando un equipo ultra congelador (Abbattitori, Italia), los cuales fueron enviados al Centro de Formación de Comercio y Servicios Regional Atlántico del Servicio Nacional de Aprendizaje, donde nueve jueces entrenados realizaron una prueba sensorial descriptiva cuantitativa.

Durante la evaluación sensorial, se consideraron los siguientes atributos sensoriales, los cuales fueron evaluados para cada tratamiento:

- Aspecto: Color del producto.
- Sabor: Dulzor, acidez y tipicidad a las frutas.
- Textura: Consistencia o espesura.
- Olor: Tipicidad a las frutas.
- Impresión general.

Cada uno de estos atributos se evaluó utilizando una escala horizontal de longitud de 12 cm, donde se asignó un valor máximo de 5. Algunos atributos, como la acidez o el dulzor, tenían la escala dividida en dos partes, con el máximo valor en el centro de la escala. La evaluación de

cada muestra se realizó individualmente, presentando cada una junto con una hoja de respuestas donde los evaluadores debían trazar una línea vertical sobre la escala horizontal según la intensidad percibida del atributo evaluado.

Figura 3.

Escala no saturada con máximo valor en el centro

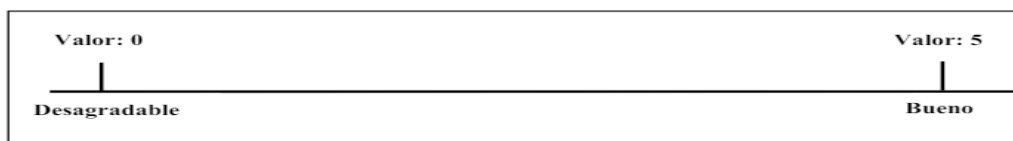
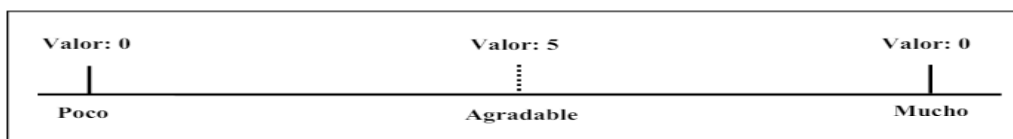


Figura 2.3: Escala no estructurada con valor máximo en el extremo



Nota: Tomado de Grandez Gil (2008).

Los resultados de la evaluación se recopilaban midiendo la distancia desde la línea marcada por cada evaluador hasta el nivel de valor 0 en la escala. Posteriormente, esta medida se convirtió a una calificación de 0 a 5, teniendo en cuenta que la longitud total de la escala era de 12 cm. Para ello, se multiplicó la distancia por el cociente 5/12.

Además de los seis atributos sensoriales mencionados anteriormente, se incluyó un parámetro llamado "Nota", que se calculó como una combinación lineal de los seis atributos sensoriales utilizando los coeficientes especificados en la tabla de coeficientes. La ecuación del parámetro "Nota" se empleó para obtener una puntuación total para cada muestra, lo que permitió clasificar la aceptación de los néctares en diferentes categorías, desde "Excelente" hasta "Malo", según el intervalo de puntuación obtenido. La ecuación del parámetro Nota es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Nota} = & (0,5) * (\text{color}) + (0,5) * (\text{dulzor}) + (0,5) * (\text{acidez}) + (0,3) \\ & * (\text{tipicidad del sabor}) + (0,6) * (\text{consistencia}) + (0,6) \\ & * (\text{Tipicidad del olor}) + (1) * (\text{impresión general}) \end{aligned} \quad (10)$$

La suma total de los coeficientes es de 4. Por lo tanto, la máxima puntuación que puede tener una formulación es de 20 puntos (5 puntos por atributo). Por lo tanto, por medio de la siguiente Tabla 4 se muestra las categorías que se han definido para clasificar la aceptación de los tratamientos.

Tabla 4.

Rango de intervalos

Calificación	Intervalo de puntuación
Excelente	17,5 a 20
Bueno	15,4 a 17,4
Aceptable	11,2 a 15,3

Insuficiente	7,2 a 11,1
Malo	<7,2

Nota. Tomado de Grandez Gil (2008).

3.3.2 Análisis Estadístico

En primer lugar, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para cada una de las seis variables dependientes con el fin de establecer cuál o cuáles presentan diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$). Una vez se determinaron las variables que presentaron significancia en la variabilidad de los datos, se consideraron para realizar la optimización multicriterio de la bebida carbonatada de cholupa, siendo estas presentadas en la tabla 5:

Tabla 5.

Criterios de optimización de la fórmula de bebida carbonatada de Cholupa

Variable	Criterio	Valor-P	R-cuadrada	R-cuadrada ajustada
Viscosidad	Minimizar	0,0176	93,4467	85,2551
Diferencia de color	Minimizar	0,0002	99,2938	98,4111
Nota sensorial	Maximizar	0,0751	85,8977	68,2689

Nota. Elaboración propia.

Los datos recopilados para cada una de las tres variables se analizaron utilizando técnicas de superficie de respuesta para identificar las relaciones entre las proporciones de los componentes y las respuestas observadas. Se obtuvo un modelo matemático para cada variable que permitió predecir el comportamiento de las respuestas en función de las proporciones de los componentes de la matriz variable. A partir de estos modelos, se identificaron las proporciones óptimas que maximizaron la Nota Sensorial y minimizaron la viscosidad y la diferencia de color de la bebida.

3.5 Preparación de la bebida carbonatada

Una vez planteados los tratamientos a evaluar, se procedió a elaborar la bebida de cholupa gasificada aplicando el siguiente proceso:

- Inspección de la materia prima. Se verificó que la pulpa de cholupa no presentará alteraciones y/o adulteraciones mediante la medición de parámetros como los °Brix, pH y acidez titulable. A su vez se desinfectaron los recipientes en los cuales se envasaron los tratamientos.

Figura 4.

Fotografía de la inspección de la materia prima



Nota. Elaboración propia.

- **Pesaje de ingredientes.** Todos los ingredientes fueron pesados en una balanza analítica (WBA-6200, DaihanScientific Co., Corea) con una exactitud de $\pm 0,01$ g.

Figura 5.

Fotografía del pesaje de los ingredientes

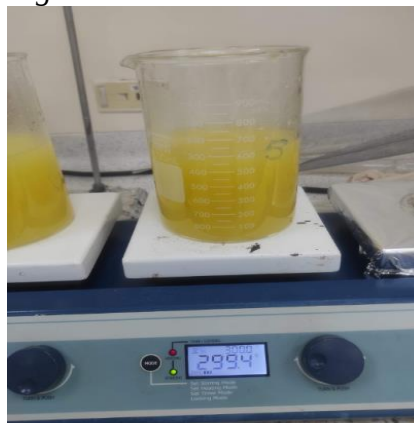


Nota. Elaboración propia.

- **Homogenización.** Los ingredientes de la matriz variable se homogeneizaron a 200 rpm empleando una barra magnética y plancha de agitación (RD100, Witeg, Alemania) hasta su completa disolución.

Figura 6.

Fotografía del proceso de la homogenización



Nota. Elaboración propia.

- **Pasteurización.** Todos los tratamientos se pasteurizaron empleando una temperatura de 72°C durante 5 minutos empleando recipientes en acero inoxidable.

Figura7.

Fotografía del proceso de pasteurización



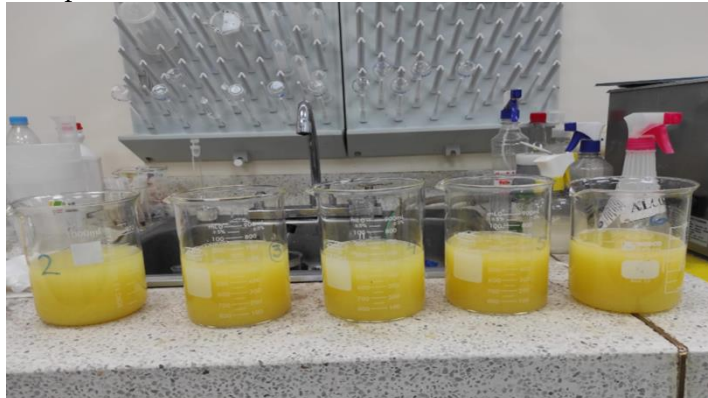
Nota. Elaboración propia.

- **Enfriamiento.** Una vez terminado el tiempo de pasteurización, las bebidas se llevaron a choque térmico en un baño de hielo hasta alcanzar una temperatura de 4°C.

- **Adición de aditivos.** Después de enfriados los tratamientos, se procedió a adicionar los aditivos de la matriz fija (goma Xantana y benzoato de sodio + sorbato de potasio) con ayuda de barras magnéticas y plancha de agitación hasta obtener una textura homogénea y estable.

Figura 8.

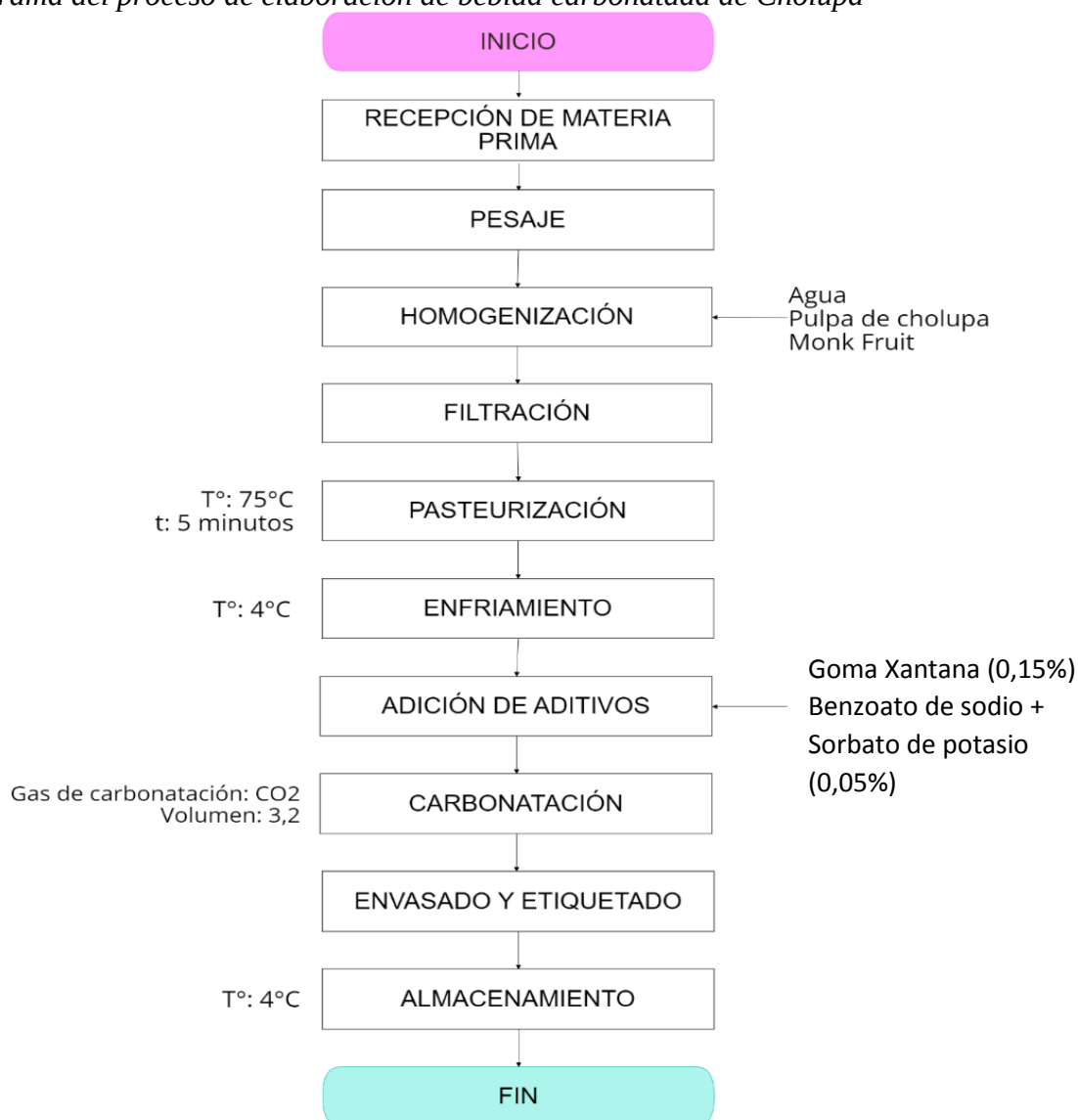
Fotografía del proceso de adición de aditivos



Nota. Elaboración propia.

- **Carbonatación.** Cada tratamiento se carbonató por separado empleando una máquina gasificadora manual (Drinkmate, Taiwán) inyectando CO_2 . La cantidad de gas inyectado a cada tratamiento se controló por pesaje en una balanza analítica (WBA-6200, DaihanScientific Co., Corea) hasta un valor de $3,0 \text{ g CO}_2/\text{L}$ de bebida. El volumen que ocupa la cantidad mencionada de CO_2 es $1640,6 \text{ cm}^3$. Considerando que $1,5 \text{ g}$ de CO_2 se disolvieron en 500 cm^3 de bebida de cholupa, se puede establecer que el nivel de gasificación fue de 3,2 volúmenes, lo que quiere decir que el gas inyectado correspondió a 3,2 veces al volumen de la bebida. El volumen de CO_2 para los tratamientos se estipuló teniendo en cuenta los requisitos fisicoquímicos contemplados en la NTC 2740:2020 para las bebidas carbonatadas no alcohólicas.

- **Envasado en frío.** Todos los tratamientos fueron envasados en frío (4°C) teniendo en cuenta que la cantidad de CO_2 que se puede disolver en medio acuoso aumenta significativamente al disminuir la temperatura.

Figura 9.*Flujograma del proceso de elaboración de bebida carbonatada de Cholupa*

Nota. Elaboración propia.

3.6 Estudio de estabilidad acelerada

Una vez se estableció la formulación óptima de la bebida carbonatada se realizó el estudio de estabilidad acelerada que permitió predecir su tiempo de vida útil en función de la temperatura de almacenamiento.

Se prepararon 10 muestras de bebida de cholupa carbonatada de 200 mL para cada condición de almacenamiento (Tabla 6). Las muestras se almacenaron en una cámara climática (ICH, Memmert, Alemania) donde se controló la temperatura y humedad relativa de acuerdo con las condiciones del estudio.

Tabla 6.*Condiciones de almacenamiento para el estudio de estabilidad*

Condición	Temperatura	Humedad relativa
1	25°C ± 1°C	47% ± 3%
2	35°C ± 1°C	50% ± 3%
3	45°C ± 1°C	50% ± 3%

Nota. Elaboración propia.

Se determinó emplear la Diferencia total de color (ΔE) como el atributo de calidad en la bebida carbonatada de Cholupa para establecer su tiempo de vida útil debido a que fue la variable que presentó mayor variación durante el tiempo almacenamiento del producto, además de estar directamente relacionada con el grado de aceptación por parte de los consumidores. Por otro lado, cabe destacar que se fijó un valor de ΔE igual a 30 como valor crítico de aceptabilidad comercial, es decir, que cuando la bebida almacenada alcanzara una Diferencia de color (ΔE) de 30 terminaría su tiempo de vida útil.

Para calcular el tiempo de vida útil de la bebida de cholupa carbonatada, se empleó la metodología propuesta por Isuaza et al. (2018) teniendo en cuenta que una de las particularidades de los cambios en los atributos en los alimentos y bebidas como el color, textura y sabor, es que estos responden a modelos cinéticos de orden cero o de primer orden (Baldizón et al., 2011, p. 33). En vista de lo anterior, inicialmente se determinó la orden de reacción en función del r^2 al relacionar gráficamente el valor del atributo de calidad medido (A) vs el tiempo de almacenamiento (cinética de orden cero) y $\ln A$ vs tiempo de almacenamiento (cinética de orden uno). El orden de reacción se escogió de acuerdo con el mayor valor de r^2 obtenido.

$$\frac{dA}{dt} = \pm kA^n \quad (11)$$

$$\ln A = \ln A_0 \pm kt \quad (12)$$

Donde:

A: atributo de calidad

A_0 : Valor inicial del atributo de calidad

k: constante de cinética de reacción

t: tiempo de vida de anaquel

Posteriormente, se determinó la energía de activación (E_a) de la reacción empleando la ecuación de Arrhenius, donde E_a/R es la pendiente de la recta $\ln k$ vs $1/T$ absoluto (°K) y $\ln K_0$ el intercepto.

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{RT} \quad (13)$$

Donde:

k_0 : factor pre-exponencial

E_a : energía de activación (KJ/mol)

R: constante universal de los gases ideales (0.008314 KJ/mol °K)

T: temperatura absoluta (°K)

Finalmente, se emplearon los valores hallados de E_a y k_0 para calcular el k_{20} a una temperatura de 20°C (293°K) empleando la siguiente ecuación:

$$ts = \frac{\ln\left(\frac{A_0}{A}\right)}{k_{20}} \quad (14)$$

Donde:

ts: tiempo estimado de vida útil en días

A_0 : valor del atributo de calidad día cero

A: valor crítico del atributo (valor crítico de aceptabilidad comercial)

4. Resultados y Discusión

En esta sección se presentan y analizan los resultados obtenidos durante la realización de la tesis, organizados conforme a los objetivos específicos planteados. En primer lugar, se reportan los datos de la caracterización fisicoquímica de la pulpa de cholupa, materia prima fundamental para el desarrollo de la bebida hipocalórica. A continuación, se detallan los resultados de la evaluación de diferentes formulaciones de la bebida, teniendo en cuenta la formulación arrojada por el diseño experimental de superficie de respuesta para identificar la fórmula óptima en cuanto a la nota sensorial, la diferencia de color y la viscosidad. Posteriormente, se presenta la validación técnica de la bebida optimizada de acuerdo con los estándares establecidos en la NTC 2740:2020. Finalmente, se expone el análisis del tiempo de vida útil de la bebida estandarizada, determinado mediante un estudio de estabilidad acelerada. Esta organización permite una comprensión clara y lógica del proceso de investigación, desde la caracterización inicial de los ingredientes hasta la optimización y evaluación final del producto.

4.1 Análisis Fisicoquímico de la Pulpa de Cholupa

La caracterización fisicoquímica de la pulpa de cholupa es un paso fundamental para comprender las propiedades y la calidad de esta materia prima, que es clave en la elaboración de la bebida hipocalórica. En esta sección, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de °Brix, pH, acidez y densidad de la pulpa de cholupa. Estos parámetros son esenciales para evaluar la dulzura, acidez y consistencia del producto, factores que influyen directamente en la formulación y optimización de la bebida final.

Tabla 7.

Resultados °Brix, pH, Acidez titulable y densidad de la pulpa de cholupa

RÉPLICA	°Brix	pH	Acidez (g/100mL)	Densidad (g/mL)
1	14,4	3,2	1,49	1,025
2	14,2	3,1	1,55	1,024
3	14,4	3,1	1,52	1,025
PROMEDIO	14,3 ± 0,11	3,13 ± 0,06	1,520± 1,9	1,025 ± 0,07

Nota. Elaboración propia.

4.1.1 °Brix

Estos resultados sugieren que la pulpa de cholupa presenta un nivel de dulzura moderado, adecuado para su uso en la formulación de bebidas hipocalóricas. Aunque no existen niveles mínimos establecidos por la Resolución 3929 de 2013 para la cholupa, si se encuentran valores mínimos de 12 °Brix para la pulpa de maracuyá que se localizan dentro de la misma familia de las passifloras, comparado a los valores obtenidos por Gómez (2019) acerca de la *Passiflora edulis Sims* (Gulupa), quien afirma que, el índice de madurez es un parámetro que relaciona el comportamiento de la pulpa con los °Brix, estos se encuentran entre 13,33±0,05 y un máximo de 14,83±0,45 característico de las passifloras en un estado de madurez óptimo. Se concluye que la pulpa de la cholupa tiende a ser igual de dulce que la Gulupa y un poco más dulce que la maracuyá. Esto indica que la pulpa evaluada no solo cumple con las normativas de calidad vigentes, sino que

también posee un nivel de dulzura significativamente superior, lo cual es favorable para los procesos de producción y estandarización del producto final. La consistencia en los valores de °Brix entre las réplicas también indica una buena homogeneidad en la calidad de la pulpa.

4.1.2 pH

El pH en el caso de la pulpa de cholupa, es un parámetro crítico para evaluar su estabilidad microbiológica y sensorial. Un pH más bajo en las pulpas de fruta suele estar asociado con una mayor acidez, lo cual puede contribuir a la percepción de un sabor más fresco y ácido en los productos finales. Los resultados indican que la pulpa de cholupa es ácida, lo cual es típico para este tipo de fruta y puede ser beneficioso para la preservación del producto y la mejora del perfil de sabor en la formulación de bebidas.

Cabe mencionar que, actualmente, no existe un valor mínimo o máximo de pH establecido por ninguna norma específica para la pulpa de cholupa, ni para ningún tipo de pulpa de fruta en general. Esto significa que, aunque el pH es un parámetro relevante para la calidad y estabilidad de la pulpa, su control y monitoreo dependen de los requisitos específicos de cada aplicación y producto final. La ausencia de una regulación específica permite cierta flexibilidad en la formulación, siempre que se mantengan los estándares de seguridad y calidad alimentaria. Al tener en cuenta la investigación de Gómez (2019), los parámetros de pH tomados para la *Passiflora edulis Sims* oscilan entre 2,72 y 2,95 siendo esta más una pulpa ácida que la *Passiflora malformis L.*

4.1.3 Acidez

Estos resultados reflejan una acidez moderada, característica de la cholupa que contribuye tanto al perfil sensorial como a la estabilidad microbiológica de la pulpa. Es importante destacar que, de acuerdo con la Resolución 3929 de 2013, no existe un porcentaje mínimo establecido para la acidez en la pulpa de cholupa, pero si para la *Passiflora edulis Sims* comúnmente conocida como maracuyá perteneciente a la misma familia de passifloras, donde especifica que su nivel mínimo de acidez es de 2,5 que se ajustan a los resultados obtenidos por Campos et al. (2023), donde indica que la maracuyá se caracteriza por tener un contenido de alta acidez con valores de $3,48 \pm 0,069$. Se puede afirmar que la cholupa es menos ácida, lo cual se alinea con las expectativas para la pulpa asegurando que el producto mantenga su perfil organoléptico natural y cumpla con los estándares de calidad aceptados para este tipo de frutas.

4.1.4 Densidad

De acuerdo a la tabla 7 los resultados indican una densidad relativamente uniforme y consistente entre las diferentes réplicas, lo que refleja una buena homogeneidad en la muestra de pulpa de cholupa. La densidad puede ser indicativa de la calidad del producto, ya que valores estables sugieren que no hay variación significativa en la concentración de sólidos disueltos, lo cual es fundamental para asegurar una experiencia sensorial uniforme para los consumidores. Es relevante mencionar que, según la Resolución 3929 de 2013, no se establece un valor mínimo o específico para la densidad de la pulpa de cholupa, permitiendo que esta característica fluctúe dependiendo de factores como el grado de madurez de la fruta y las condiciones de procesamiento.

Estos resultados guardan relación a los resultados obtenidos en investigaciones como la de Gómez (2019), donde la densidad de la Gulupa en condiciones estables de temperatura tuvo valores entre 1,150 y 1,163 g/cm³ en dos tipos de cultivos diferentes. Por lo tanto, los resultados obtenidos son considerados aceptables dentro del contexto de los parámetros no estandarizados para este tipo de pulpa de passiflora.

4.2 Optimización de la formulación de la bebida carbonatada de cholupa.

Cada tratamiento arrojado por el diseño experimental de superficie de respuesta representa una combinación única de ingredientes que se diseñó para optimizar la formulación de la bebida hipocalórica carbonatada. Esta variabilidad en las composiciones permite evaluar cómo diferentes proporciones de pulpa de fruta, Monk Fruit y agua afectan las características sensoriales y físico-químicas de la bebida.

Los resultados de las mediciones de las propiedades físicoquímicas de los diferentes tratamientos de la bebida hipocalórica carbonatada se muestran en la siguiente tabla 8:

Tabla 8.

Resultados físicoquímicos de los tratamientos elaborados (medias $\pm$ error estándar)

Tratamiento	Viscosidad (cP)	pH	Acidez (g/100 mL)	°Brix	Color (ΔE)
1	241,7 $\pm$ 0,312	3,466 $\pm$ 1,665	3,013 $\pm$ 0,383	14,59 $\pm$ 1,959	7,531 $\pm$ 0,391
2	194,7 $\pm$ 0,051	3,25 $\pm$ 1,538	2,215 $\pm$ 0,225	12,326 $\pm$ 1,293	12,250 $\pm$ 0,480
3	169,4 $\pm$ 0,059	3,5 $\pm$ 0	3,753 $\pm$ 0,935	13,286 $\pm$ 1,101	11,210 $\pm$ 0,304
4	194,6 $\pm$ 0,102	3,633 $\pm$ 1,589	2,773 $\pm$ 0,550	11,906 $\pm$ 2,190	11,74 $\pm$ 0,077
5	191,2 $\pm$ 0,079	3,6 $\pm$ 0	3,336 $\pm$ 1,211	11,08 $\pm$ 0,548	13,10 $\pm$ 0,306
6	197,5 $\pm$ 0,101	3,6 $\pm$ 0	2,836 $\pm$ 1,238	13,666 $\pm$ 0,402	10,940 $\pm$ 0,050
7	192,3 $\pm$ 0,052	3,6 $\pm$ 0	3,166 $\pm$ 0,794	11,13 $\pm$ 1,323	13,440 $\pm$ 0,0273
8	199,6 $\pm$ 0,100	3,6 $\pm$ 0	2,936 $\pm$ 1,195	11,506 $\pm$ 3,169	12,342 $\pm$ 1,014
9	186,6 $\pm$ 0,061	3,533 $\pm$ 1,634	3,123 $\pm$ 0,805	12,493 $\pm$ 0,801	12,00 $\pm$ 0,167
10	137,5 $\pm$ 0,145	3,6 $\pm$ 0	3,56 $\pm$ 0,743	10,516 $\pm$ 0,952	13,802 $\pm$ 0,582

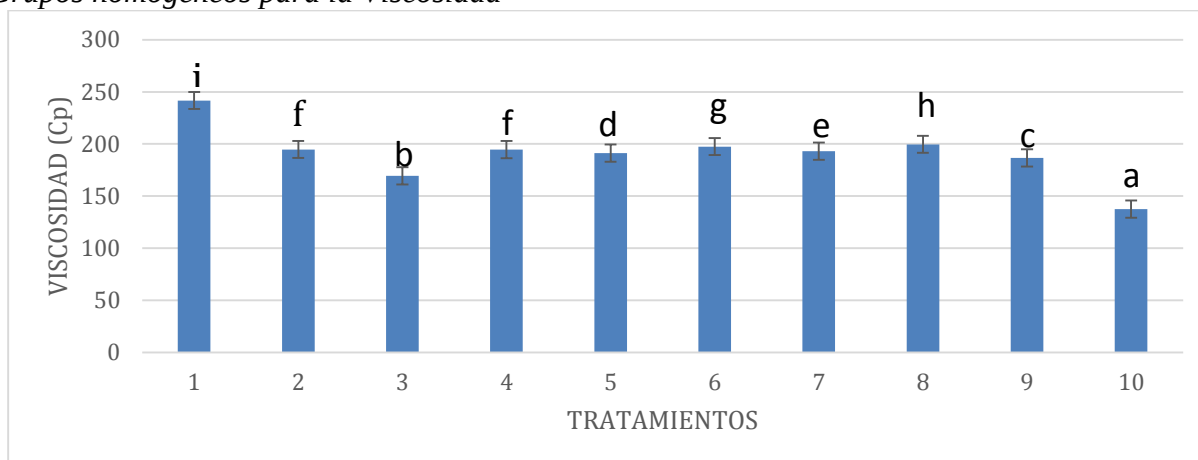
Nota. Elaboración propia.

Así pues, se presentan los resultados obtenidos del análisis de grupos homogéneos para las propiedades físicoquímicas evaluadas: acidez, diferencia de color, °Brix, viscosidad y pH. Las gráficas y tablas que se incluyen a continuación muestran cómo los diferentes tratamientos experimentales se agrupan en función de sus características físicoquímicas, proporcionando una visión clara de las variaciones y similitudes entre ellos. Esta representación permite identificar cuáles tratamientos comparten propiedades similares y cuáles difieren significativamente, lo cual es esencial para comprender el comportamiento de las formulaciones en estudio.

4.2.1 Viscosidad

Figura 10.

Grupos homogéneos para la Viscosidad



Los niveles de significancia dados por la prueba de Tukey están indicados por letras. Barras que no presentan la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Nota. Elaboración propia.

La viscosidad es un factor determinante en la percepción de la textura y la consistencia de las bebidas carbonatadas, influyendo directamente en la experiencia sensorial del consumidor. En los diferentes tratamientos evaluados, se observó una considerable variabilidad en los valores de viscosidad que oscilaron entre 137,5 cP y 241,7 cP. Esta variación refleja cómo las proporciones de pulpa de fruta, Monk Fruit, y agua, los tres componentes variables en cada tratamiento, afectan la viscosidad de la bebida.

El tratamiento 1 presentó la viscosidad más alta con un valor promedio de 241,7 cP, lo que indica una textura más densa y posiblemente una sensación de mayor cuerpo en la bebida ya que es el tratamiento de mayor concentración de pulpa (18%) y de menor concentración de agua (71,8%). Esta alta viscosidad podría estar relacionada con una mayor concentración de pulpa de fruta que incrementa la cantidad de sólidos suspendidos contribuyendo a una mayor resistencia al flujo. Este comportamiento es semejante a estudios previos en donde afirman que la viscosidad aparente aumenta con el incremento de la concentración de pulpa (Tinoco, 2016).

En contraste, el tratamiento 10 mostró la viscosidad más baja con un valor promedio de 137,5 cP, lo que sugiere una textura más ligera y menos densa. Este resultado es indicativo de una menor cantidad de pulpa de fruta (7%) y una mayor proporción de agua en la formulación (82,8%), lo que reduce la densidad de la bebida y proporciona una experiencia sensorial más fluida y refrescante. Este tratamiento podría ser preferido por aquellos consumidores que buscan una bebida más ligera y menos espesa.

La variabilidad observada en la viscosidad entre los diferentes tratamientos subraya la importancia de ajustar cuidadosamente las proporciones de los ingredientes para alcanzar la textura deseada en la bebida final. Este resultado se relaciona con lo presentado por Campos et al. (2023) dado que la viscosidad influye tanto en la percepción de la bebida como en su aceptación por parte de los consumidores, es crucial optimizar este parámetro para lograr un producto balanceado que satisfaga las expectativas sensoriales del mercado objetivo.

En el análisis de grupos homogéneos para la viscosidad, se observa que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, ya que solo existe un grupo homogéneo. Específicamente, los tratamientos 2 y 4 pertenecen al mismo grupo f, lo que indica

que no hay diferencias significativas entre ellos en términos de viscosidad. Este comportamiento sugiere que la viscosidad de la bebida está influenciada por la cantidad de agua y pulpa presente. El tratamiento 10, que contiene la mayor cantidad de agua y la menor cantidad de pulpa, presenta el menor nivel de viscosidad con una media de 137.5 cP. En contraste, el tratamiento 1, que tiene la mayor cantidad de pulpa y la mayor cantidad de agua, muestra la viscosidad más alta con una media de 241.7 cP.

4.2.2 pH

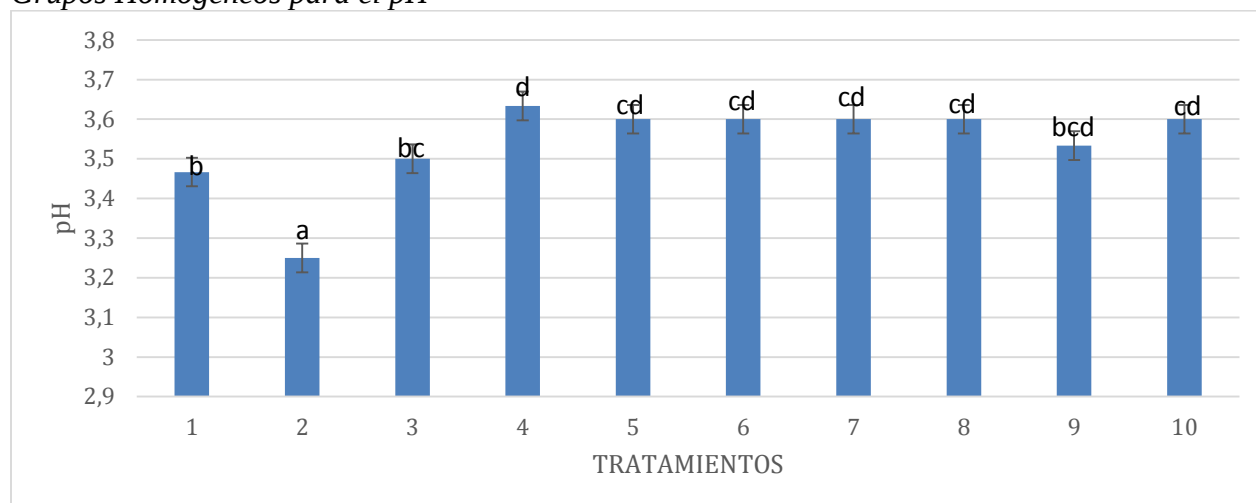
El pH, un parámetro fundamental que indica la acidez o alcalinidad de una solución, es además, un parámetro clave en la formulación de bebidas, ya que afecta tanto la percepción del sabor como la estabilidad del producto. Se evidencia una moderada variación en los niveles de pH entre los distintos tratamientos, lo que puede influir significativamente en la percepción del sabor, así como en la estabilidad del producto final.

En el análisis de los tratamientos realizados, se observó que los valores oscilaron entre 3,25 y 3,63. Esta variación está directamente relacionada con las diferentes proporciones de pulpa de fruta, Monk Fruit, y agua, que son los ingredientes variables en cada tratamiento. En términos generales, un pH más bajo tiende a incrementar la percepción de acidez, mientras que un pH más alto puede suavizar el sabor y conferir una mayor sensación de equilibrio.

El rango de pH observado en los tratamientos refleja una diversidad de características sensoriales y fisicoquímicas en las bebidas. Los tratamientos con valores de pH más bajos tienden a exhibir una mayor acidez, lo que puede aportar una sensación de frescura y vivacidad en el paladar. Por otro lado, los tratamientos con valores de pH más altos pueden presentar una menor acidez, lo que podría brindar una sensación de suavidad y equilibrio en el sabor.

Es notable que la mayoría de los tratamientos mantienen un pH en torno a 3,6, lo que sugiere una tendencia hacia la consistencia en la acidez percibida de las bebidas. Sin embargo, el tratamiento 1 y 2 presenta un pH significativamente más bajo (3,4 y 3,25), lo que podría indicar una acidez más pronunciada en comparación con los demás tratamientos. Esta diferencia podría ser resultado de una mayor proporción de pulpa de fruta y una menor concentración de MonkFruit, lo que aumenta la percepción de la acidez debido a la menor capacidad para camuflar sabores ácidos, según King et al., (2006). La interacción entre estos ingredientes es crítica para lograr el balance deseado en la bebida final. La diferencia en el pH del tratamiento 2 en comparación con los demás tratamientos podría atribuirse a la composición específica de ingredientes utilizados en su formulación.

Por otro lado, el tratamiento 10 mostró el valor de pH más alto (3,63), lo que sugiere una menor acidez percibida. Este tratamiento podría ser considerado más suave en términos de sabor, lo que puede resultar más agradable para ciertos consumidores. Este tratamiento presenta la menor concentración de edulcorante y la menor proporción de pulpa de fruta, lo que lleva a concluir que a menor concentración de pulpa de fruta la bebida será más básica.

Figura 11.*Grupos Homogéneos para el pH*

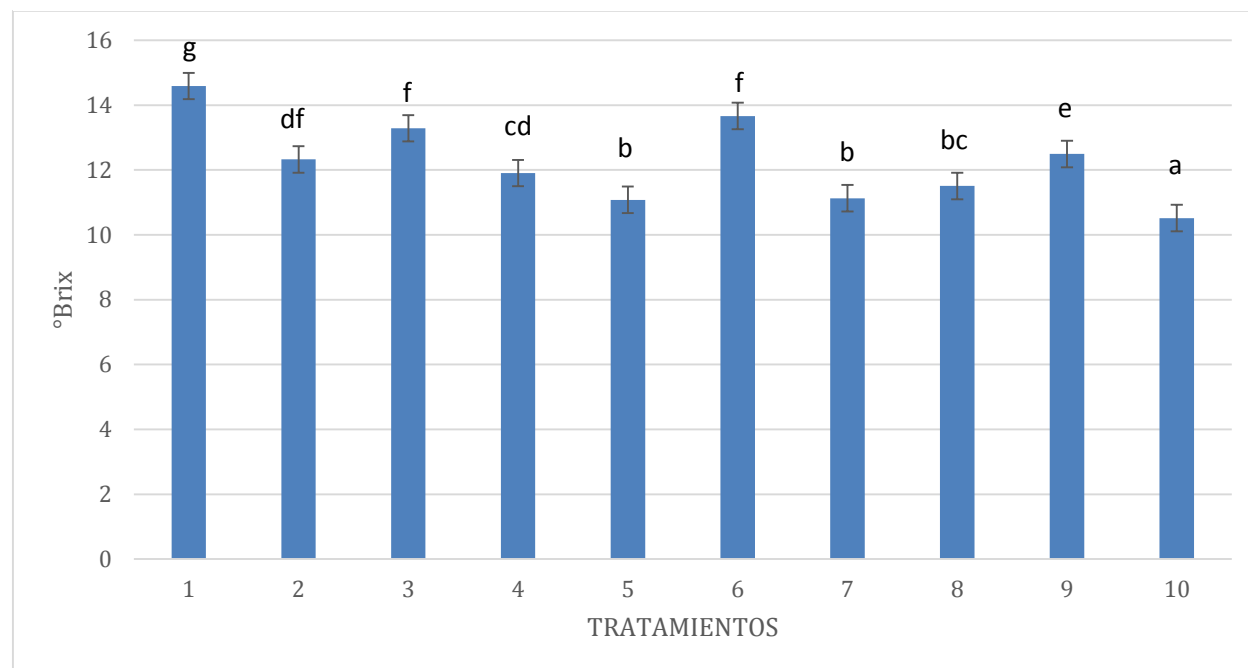
Nota. Elaboración propia.

El análisis de grupos homogéneos para el pH revela que los tratamientos 5, 6, 7, 8 y 10 pertenecen al grupo cd, lo que indica que no hay diferencias significativas entre ellos en cuanto al pH. Los tratamientos 3 y 9 comparten el mismo grupo (bc y bcd), sugiriendo similitudes en sus niveles de pH. El tratamiento 1 se encuentra en el grupo b, lo que lo diferencia de la mayoría de los tratamientos excepto de los tratamientos 3 y 9, mientras que el tratamiento 4 se ubica en el grupo d, mostrando diferencias con la mayoría, excepto con los tratamientos 5, 6, 7, 8 y 10. Por otro lado, el tratamiento 2, que pertenece al grupo a, presenta el pH más bajo (3,25) y se diferencia significativamente de todos los demás tratamientos. En general, estos resultados reflejan la variabilidad en los niveles de pH entre los tratamientos, destacando la influencia de la composición de cada uno en esta propiedad.

4.2.3 Contenido de Sólidos Solubles.

Figura12.

Grupos Homogéneos para °Brix



Nota. Elaboración propia.

Los °Brix, que indican la concentración de sólidos solubles en una solución, son un parámetro esencial en la formulación de bebidas carbonatadas, ya que afectan el sabor, la dulzura y la percepción general del producto. En el análisis de los diferentes tratamientos, se observó una variabilidad notable en los °Brix, con valores que van desde 10,5 hasta 14,6. Esta variabilidad refleja cómo las diferentes proporciones de pulpa de fruta y MonkFruit influyen en el contenido total de sólidos solubles y, por ende, en la percepción de dulzura de la bebida.

El tratamiento 10 presentó el valor más bajo de °Brix, con un promedio de 10,5. Este bajo nivel de sólidos solubles puede resultar en una bebida menos dulce y con una percepción de sabor más ligera. La menor concentración de pulpa de fruta y edulcorante en este tratamiento contribuye a esta menor medida, lo que puede ser adecuado para consumidores que prefieren una bebida con menor contenido de azúcar y un perfil de sabor menos dulce.

Por otro lado, el tratamiento 1 mostró el valor más alto de °Brix, con un promedio de 14,6. Este valor elevado indica una mayor concentración de sólidos solubles, lo que se traduce en una mayor dulzura y riqueza en el sabor de la bebida. El aumento en los °Brix puede ser consecuencia de una mayor cantidad de pulpa de fruta y una mayor proporción de MonkFruit, proporcionando una experiencia de sabor más intensa y dulce. Esta característica puede ser preferida por consumidores que buscan una bebida más dulce y con un perfil de sabor más pronunciado.

La variabilidad en los °Brix entre los tratamientos subraya la importancia de equilibrar la concentración de pulpa de fruta y edulcorantes para lograr el perfil de dulzura deseado en el producto final. La optimización de este parámetro es crucial para ajustar la percepción del sabor y asegurar que la bebida satisfaga las preferencias del mercado objetivo.

Las posibles razones detrás de estas variaciones pueden estar relacionadas con la composición específica de ingredientes utilizados en cada tratamiento. La cantidad de pulpa de fruta, la adición de edulcorantes como Monk Fruit y la presencia de otros compuestos solubles pueden influir en los niveles de °Brix de las bebidas. Además, factores como la proporción de agua también pueden afectar estos niveles.

Los tratamientos con los valores más altos de °Brix (tratamiento 1, 3 y tratamiento 6) contienen una mayor concentración de compuestos solubles, como azúcares y otros componentes, en comparación con los tratamientos con valores más bajos. Estas concentraciones más altas pueden atribuirse a una combinación específica de ingredientes en la formulación de las bebidas.

- **Tratamiento 1:** Este tratamiento tiene un alto contenido de pulpa de fruta, lo que resultaría en una mayor concentración de sólidos solubles y, por lo tanto, un mayor valor de °Brix.

- **Tratamiento 6:** Similar al Tratamiento 1, este tratamiento también tiene una formulación con una proporción significativa de pulpa de fruta, lo que contribuye a su mayor contenido de sólidos solubles.

Por otro lado, los tratamientos con los valores más bajos de °Brix (Tratamiento 5 y Tratamiento 10) pueden tener una menor concentración de compuestos solubles, lo que resulta en un valor de °Brix más bajo.

- **Tratamiento 5:** Este tratamiento tiene la menor proporción de pulpa de fruta, lo que conduce a un menor contenido de sólidos solubles y, por lo tanto, un valor de °Brix más bajo.

- **Tratamiento 10:** Al igual que el Tratamiento 10, este tratamiento tiene una formulación con la proporción más baja de pulpa de fruta, al igual que el tratamiento 5, lo que resulta en un valor de °Brix más bajo.

Las diferencias en los valores de °Brix entre los tratamientos pueden atribuirse a las variaciones en la composición de ingredientes utilizados en cada formulación, especialmente en términos de la cantidad de pulpa de fruta.

En cuanto al contenido de sólidos solubles (°Brix), los tratamientos 5 y 7 pertenecen al mismo grupo b, indicando que no hay diferencias significativas entre ellos. De manera similar, los tratamientos 3 y 6 comparten el grupo f, mientras que los tratamientos 2 y 9 comparten parte del mismo grupo de y e. El tratamiento 8 está parcialmente en el grupo bc junto con los tratamientos 5 y 7. Sin embargo, el tratamiento 1, que tiene la media más alta (14,59), pertenece al grupo g, destacándose de los demás por su mayor contenido de °Brix. El tratamiento 10, con la media más baja (10,5167), se encuentra en el grupo a. Estas diferencias indican que hay una variabilidad significativa en los sólidos solubles entre los tratamientos, lo cual puede influir en el dulzor percibido de las bebidas.

4.2.4 Acidez

La acidez es un parámetro crítico en la formulación de bebidas carbonatadas, ya que afecta directamente el perfil de sabor y la percepción sensorial del producto. En los tratamientos evaluados, los valores de acidez mostraron una variabilidad significativa, con valores que oscilan entre 2,2 y 3,8. Esta variabilidad refleja cómo las diferencias en la proporción de pulpa de fruta, Monk Fruit y agua influyen en la acidez total de la bebida.

El tratamiento 2 presentó el nivel de acidez más bajo, con un promedio de 2,2, lo que indica una bebida con una percepción más suave y menos ácida. Esta baja acidez puede ser resultado de una menor cantidad de pulpa de fruta o de una mayor proporción de Monk Fruit, que, al ser un edulcorante, puede contrarrestar la acidez, suavizando el sabor. Los consumidores que prefieren una bebida menos ácida podrían encontrar este tratamiento más atractivo, ya que proporciona un perfil de sabor más equilibrado y menos ácido.

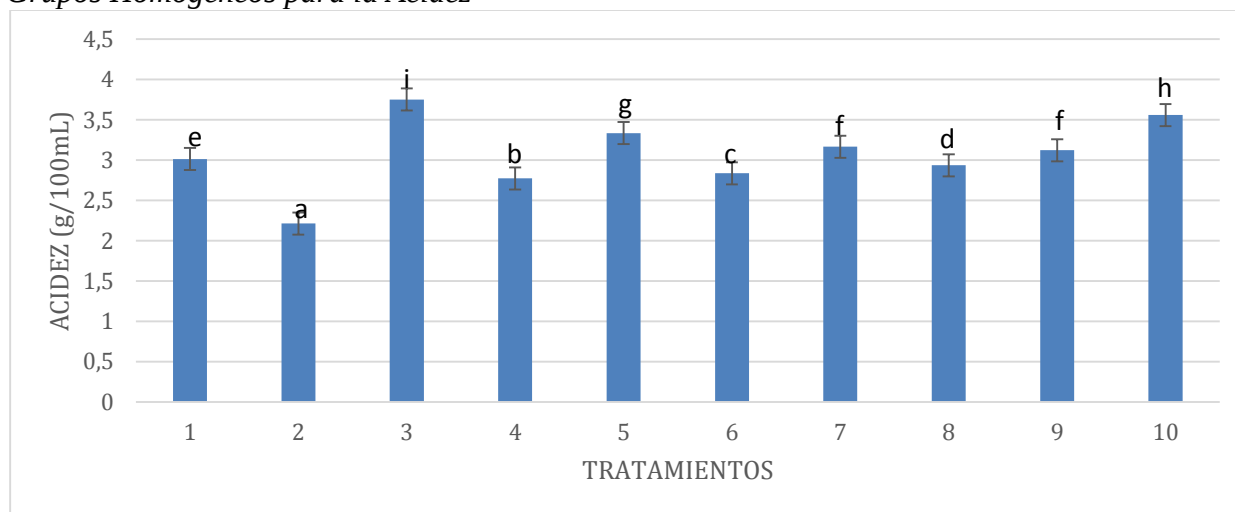
En contraste, el tratamiento 3 presentó el nivel de acidez más alto, con un promedio de 3,8. Esta mayor acidez se puede atribuir a la mayor concentración de pulpa de fruta utilizada en este tratamiento, la cual incrementa la presencia de ácidos orgánicos en la bebida. La alta acidez contribuye a una sensación de frescura y vivacidad en el sabor, que podría ser apreciada por los consumidores que prefieren un perfil de sabor más ácido y refrescante.

Comparando el tratamiento 3 con el tratamiento 2, que exhibió la menor acidez, se observa que ambos tratamientos tienen una concentración idéntica de pulpa de fruta (12,5%). Sin embargo, la principal diferencia radica en la concentración de Monk Fruit, siendo del 10% en el tratamiento 2 y del 15,5% en el tratamiento 3. Esta diferencia en la concentración del Monk Fruit sugiere que, a pesar de su función principal como edulcorante, el Monk Fruit también contribuye al nivel de acidez de la bebida. La mayor concentración de Monk Fruit en el tratamiento 3 parece estar asociada con un aumento en la acidez, lo que indica que el Monk Fruit no solo endulza la bebida, sino que también tiene un impacto en la acidez final del producto.

La variabilidad en los niveles de acidez entre los tratamientos destaca la necesidad de ajustar cuidadosamente las proporciones de pulpa de fruta y edulcorantes para obtener el equilibrio deseado en el producto final. La acidez, al afectar tanto el sabor como la percepción general de la bebida, juega un papel crucial en la aceptación del consumidor, y optimizar este parámetro es esencial para desarrollar una bebida que cumpla con las expectativas del mercado.

Figura 13.

Grupos Homogéneos para la Acidez



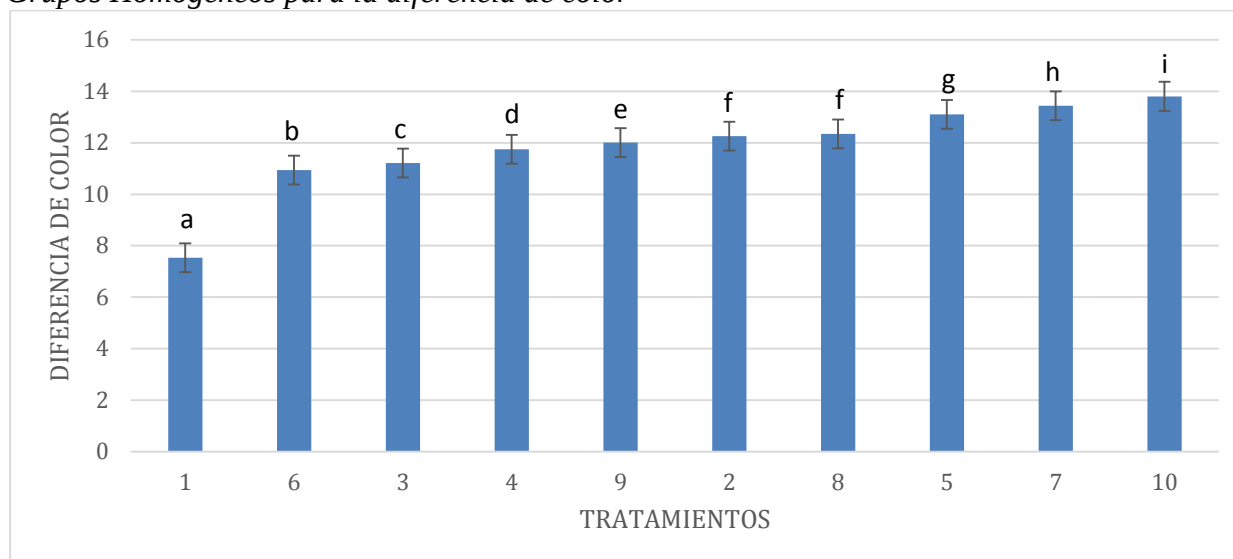
Nota. Elaboración propia.

El análisis de acidez muestra que los tratamientos 7 y 9 comparten el mismo grupo f, indicando que no hay diferencias significativas entre ellos en cuanto a la acidez. Todos los demás tratamientos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 y 10) pertenecen a grupos distintos, lo que sugiere diferencias significativas entre ellos. El tratamiento 3 tiene la acidez más alta con una media de 3,753 y pertenece al grupo i, mientras que el tratamiento 2 tiene la acidez más baja con una media de 2,215 y pertenece al Grupo a. Las similitudes y diferencias en los niveles de acidez pueden influir significativamente en el perfil sensorial de las bebidas, afectando su frescura y percepción general.

4.2.5 Diferencia de Color

Figura 14.

Grupos Homogéneos para la diferencia de color



Nota. Elaboración propia.

En términos de diferencia de color, los tratamientos 2 y 8 comparten el mismo grupo f, lo que sugiere que son homogéneos y no presentan diferencias significativas en esta propiedad. Los demás tratamientos (1, 3, 4, 5, 6, 9 y 10) se encuentran en grupos distintos, indicando variaciones significativas en la diferencia de color. El tratamiento 10 tiene la media más alta (13,802) y se ubica en el grupo i, mientras que el tratamiento 1 tiene la media más baja (7,531) y pertenece al grupo a. Estas diferencias en la diferencia de color pueden reflejar variaciones en la percepción visual del producto, lo cual es crucial para la aceptación del consumidor.

4.3 Análisis Sensorial

A continuación, se presentan los resultados del análisis sensorial realizado por un panel de nueve jueces para los 10 tratamientos de la bebida hipocalórica carbonatada:

Tabla 9.*Resultados del Análisis Sensorial de los Tratamientos de la Bebida Hipocalórica Carbonatada*

TRATAMIENTO	Aspecto	Sabor			Textura	Olor	Impresión general	Nota	Calificación
	Color	Dulzor	Acidez	Tipicidad 1	Consistencia	Tipicidad 2			
1	3,911	2,288	3,611	1,644	1,2	3,233	0,433	8,821	Insuficiente
2	3,344	4,355	2,2	1,566	3,111	4,733	3,655	14,095	Aceptable
3	3,244	1,6	2,477	1,677	2,488	3,9	2,3	10,633	Insuficiente
4	3,477	0,722	2,177	0,877	1,466	3,422	0,522	7,083	Malo
5	4,355	2,955	3,466	1,444	3,955	3,555	3,533	14,151	Aceptable
6	2,933	2,877	3,422	2,944	2,255	4,5	3,611	13,753	Aceptable
7	4,311	2,077	4,344	3,777	4,3	3,933	4,5	16,695	Bueno
8	4,244	2,511	3,8	4,6	3,922	4,544	4,555	17,213	Bueno
9	2,022	4,211	1,977	1,044	0,755	4,6	1,944	9,785	Insuficiente
10	1,722	3,344	2,144	2,333	1,066	3,488	1,533	9,038	Insuficiente

Nota. Elaboración propia.

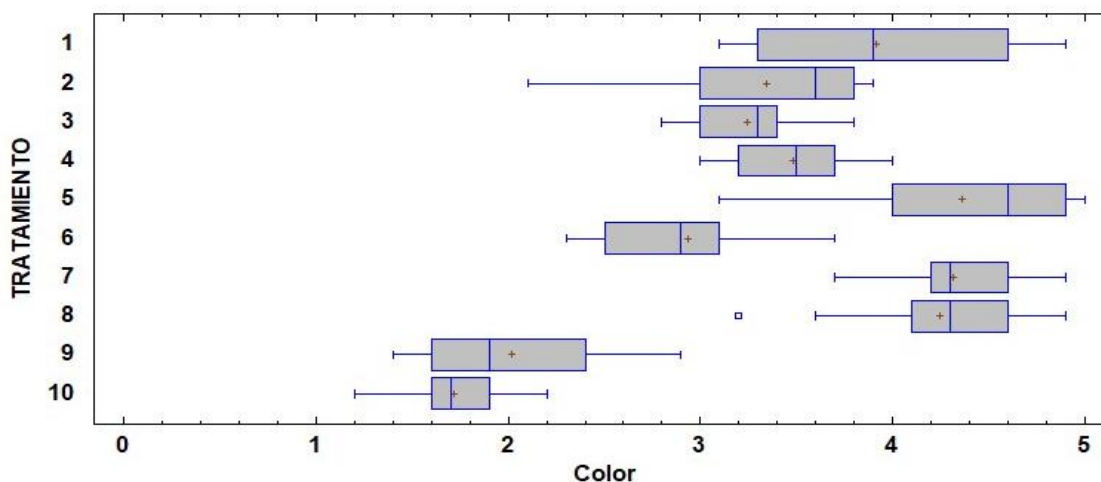
Estos resultados proporcionan una evaluación detallada de la percepción sensorial de cada tratamiento en términos de aspecto, sabor, textura, olor e impresión general. Las puntuaciones promedio indican cómo cada tratamiento fue calificado por el panel de jueces en comparación con los demás tratamientos. Los resultados del análisis sensorial son fundamentales para determinar la aceptabilidad y preferencia del consumidor, lo que ayudará a seleccionar la formulación óptima de la bebida hipocalórica carbonatada.

El análisis sensorial proporciona información valiosa sobre la aceptabilidad y las preferencias de los consumidores respecto a los diferentes tratamientos de la bebida hipocalórica carbonatada. A continuación, se presenta el análisis de las calificaciones otorgadas por los jueces en la evaluación sensorial de la bebida carbonatada con pulpa de cholupa. Estas calificaciones representan la percepción subjetiva de los evaluadores sobre diversos atributos sensoriales, como el color, el sabor, la textura, el olor y la impresión general de cada muestra. Cada atributo fue evaluado utilizando una escala de 0 a 5, donde un valor más alto indica una mejor percepción del atributo correspondiente. Los resultados proporcionan una visión integral de la aceptabilidad y calidad sensorial de las diferentes formulaciones de la bebida. A continuación, se realiza un análisis detallado de los resultados obtenidos:

4.3.1 Aspecto (Color)

Figura 15.

Representación de cajas y bigotes de los resultados obtenidos de color por el panel sensorial



Nota. Elaboración propia.

Según la figura 15 se logra observar que no existen diferencias significativas en los tratamientos del 1 al 8, sin embargo, si existen diferencias significativas entre el tratamiento 5 y tratamiento 10, aunque estos dos tengan la misma cantidad de pulpa de fruta, la cantidad de agua que se agregó en al tratamiento 10 fue mucho mayor que la del tratamiento 5, esto causó que el cambio de color de estos tratamientos sea mucho más notable.

Los tratamientos 5, 7 y 8 recibieron las calificaciones más altas en cuanto al aspecto visual o color, con puntuaciones superiores a 4. Estos tratamientos podrían haber tenido una apariencia más atractiva o cercana al color deseado por los consumidores. Por otro lado, los tratamientos 6, 9, y 10 obtuvieron puntuaciones más bajas en este aspecto, posiblemente debido a variaciones en la concentración de los ingredientes que afectaron el color final del producto. Además, es

importante destacar que, los tratamientos mejor calificados en términos de aspecto visual o color, como los tratamientos 5, 7, y 8, coinciden en tener valores medios en la composición de pulpa de fruta y de Monk Fruit, mientras que los tratamientos con puntuaciones más bajas tienen valores bajos de pulpa de fruta (tratamiento 10) o valores altos de pulpa de fruta (Tratamientos 6 y 9).

Esta observación sugiere que una mayor presencia de pulpa de fruta en la composición no contribuye significativamente a la apariencia visual atractiva de estas bebidas. Por lo tanto, se puede inferir que debe haber un balance correcto entre la concentración de Monk Fruit y de pulpa de fruta para influir positivamente en el color del producto final, lo que a su vez puede aumentar su atractivo para los consumidores. Este hallazgo resalta la importancia del equilibrio y un correcto balance como un componente clave no solo en términos de sabor, sino también en la calidad estética del producto final.

4.3.2 Sabor (Dulzor, Acidez, Tipicidad)

El sabor es uno de los aspectos más importantes que influyen en la aceptabilidad y la satisfacción del consumidor. Para una bebida hipocalórica carbonatada elaborada a partir de pulpa de cholupa edulcorada con Monk Fruit, es fundamental desglosar el análisis sensorial en sus componentes clave: dulzor, acidez y tipicidad.

El dulzor, determinado en gran medida por la presencia y la cantidad de edulcorantes como el Monk Fruit, influye en la percepción de la dulzura del producto y su atractivo para los consumidores que prefieren bebidas más dulces.

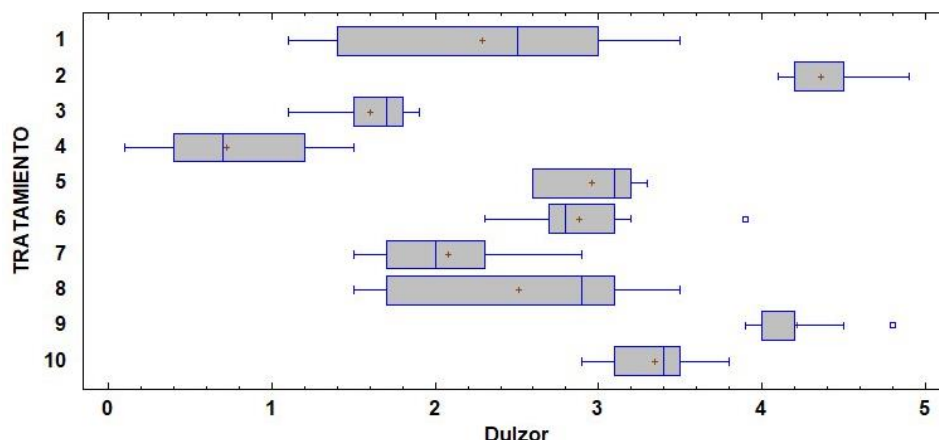
La acidez, asociada principalmente al contenido de pulpa de fruta en la bebida, juega un papel crucial en el equilibrio y la frescura del sabor. Una acidez adecuada puede realzar la complejidad del perfil sensorial y mejorar la experiencia de consumo.

La tipicidad, por otro lado, se refiere a la capacidad de la bebida para reflejar fielmente las características distintivas de la cholupa y el Monk Fruit. Esta dimensión del sabor se ve influenciada por la interacción de todos los ingredientes y su capacidad para mantener la autenticidad y la esencia de las frutas utilizadas en la formulación.

- Dulzor

Figura 16.

Representación de cajas y bigotes de los resultados obtenidos de dulzor por el panel sensorial



Nota. Elaboración propia.

Según la figura 16 se logra observar que no existen diferencias significativas en los tratamientos a excepción de los tratamientos 2 y 9 que fueron los que mayor puntuación obtuvieron, estos tratamientos destacaron en términos de dulzor, una característica que se

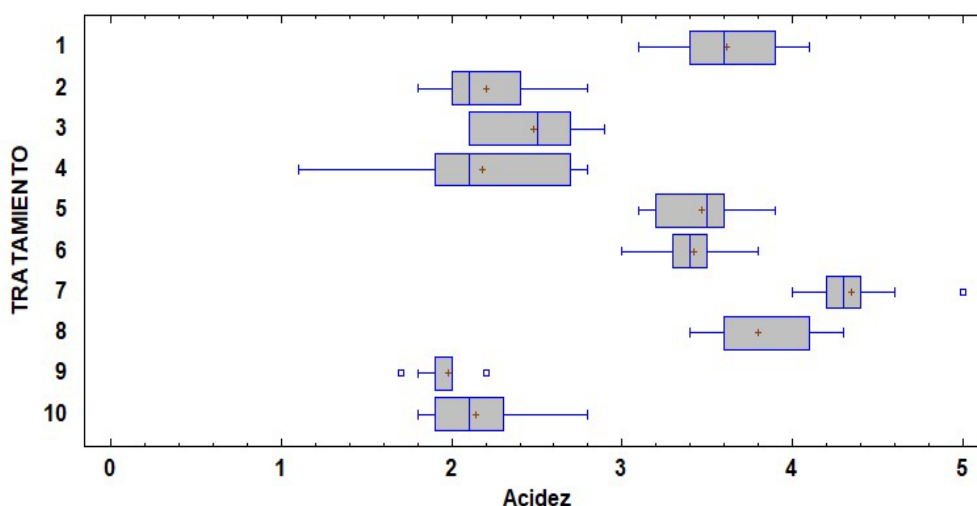
correlaciona con su alto contenido de Monk Fruit, un edulcorante natural. Sin embargo, el tratamiento 9, a pesar de tener un contenido elevado de Monk Fruit, no es el de mayor concentración de este edulcorante, lo que indica que el efecto del Monk Fruit en el dulzor no es lineal. Por otro lado, el tratamiento 2, que presenta una menor concentración de Monk Fruit, también sobresale en dulzor. Esto sugiere que el dulzor no depende únicamente del contenido de Monk Fruit, sino que se debe equilibrar con otros factores de la formulación. Además, se debe considerar que la percepción del dulzor puede verse afectada por otros componentes y características físicas de la bebida, como la viscosidad y el perfil de sabor, que pueden enmascarar o realzar la percepción de la dulzura.

Los tratamientos 2 y 9 destacaron en términos de dulzor, una característica que se correlaciona con su alto contenido de Monk Fruit, un edulcorante natural. Sin embargo, el tratamiento 9, a pesar de tener un contenido elevado de Monk Fruit, no es el de mayor concentración de este edulcorante, lo que indica que el efecto del Monk Fruit en el dulzor no es lineal. Por otro lado, el tratamiento 2, que presenta una menor concentración de Monk Fruit, también sobresale en dulzor. Esto sugiere que el dulzor no depende únicamente del contenido de Monk Fruit, sino que se debe equilibrar con otros factores de la formulación. Además, se debe considerar que la percepción del dulzor puede verse afectada por otros componentes y características físicas de la bebida, como la viscosidad y el perfil de sabor, que pueden enmascarar o realzar la percepción de la dulzura.

- **Acidez:**

Figura 17.

Representación de cajas y bigotes de los resultados obtenidos de acidez por el panel sensorial



Nota. Elaboración propia.

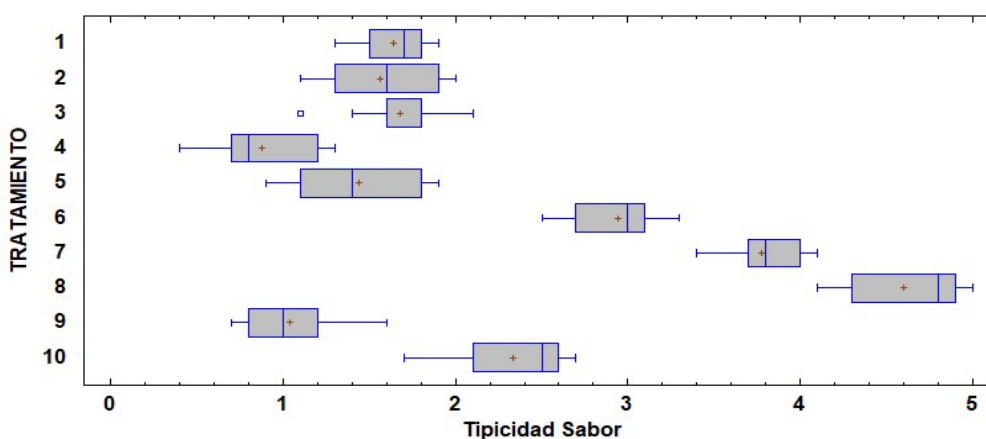
Según la Figura 17 se observan que los datos no tienen diferencias significativas. el tratamiento 7 se destacó por su nivel de acidez, a pesar de que presenta concentraciones de ingredientes en valores medios, sin extremos notables en ningún componente. Esto indica que no es la alta concentración de un ingrediente específico la que contribuye a la acidez, sino una combinación adecuada de los componentes presentes. La correcta mezcla de pulpa de fruta, Monk Fruit y agua en el tratamiento 7 parece haber logrado un equilibrio que proporciona un nivel deseable de acidez, realzando el perfil sensorial y ofreciendo una experiencia de sabor más equilibrada y completa. Este balance es crucial para evitar que la acidez sea demasiado dominante o insuficiente, lo cual puede afectar la aceptación general del producto.

El tratamiento 7 se destacó por su nivel de acidez, a pesar de que presenta concentraciones de ingredientes en valores medios, sin extremos notables en ningún componente. Esto indica que no es la alta concentración de un ingrediente específico la que contribuye a la acidez, sino una combinación adecuada de los componentes presentes. La correcta mezcla de pulpa de fruta, Monk Fruit y agua en el tratamiento 7 parece haber logrado un equilibrio que proporciona un nivel deseable de acidez, realzando el perfil sensorial y ofreciendo una experiencia de sabor más equilibrada y completa. Este balance es crucial para evitar que la acidez sea demasiado dominante o insuficiente, lo cual puede afectar la aceptación general del producto.

- Tipicidad:

Figura 18.

Representación de cajas y bigotes de los resultados obtenidos de tipicidad sabor por el panel sensorial



Nota. Elaboración propia.

Según la Figura 18 se observa que existen diferencias significativas en los tratamientos ya que se encuentran muy dispersos entre ellos, el tratamiento 8 sobresalió significativamente en términos de tipicidad, con una ventaja de hasta 4 puntos sobre otros tratamientos. Este tratamiento no presenta valores extremos en sus componentes; en cambio, maneja concentraciones medias en cada uno de los ingredientes. La alta calificación en tipicidad sugiere que una formulación equilibrada con valores medios en pulpa de fruta, Monk Fruit y agua puede mejorar la percepción del producto en cuanto a su afinidad con la fruta original, en este caso, la cholupa. La tipicidad, que refleja qué tan bien el sabor y aroma de la bebida se asemejan al de la fruta original, se logra mejor con una mezcla equilibrada que evita extremos en los ingredientes. Esta observación resalta la importancia de la formulación precisa para alcanzar un perfil sensorial que se asemeje a las expectativas de los consumidores.

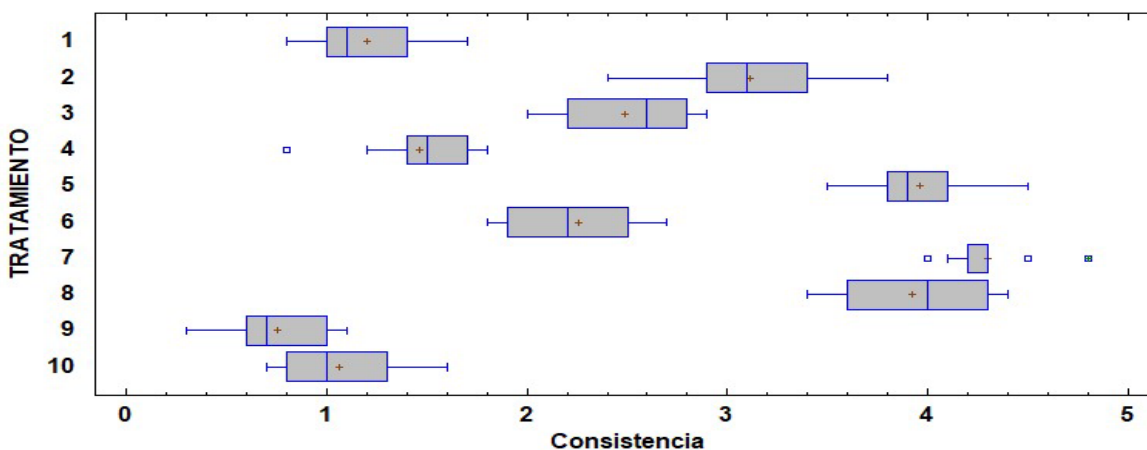
Al respecto, el tratamiento 8 sobresalió significativamente en términos de tipicidad, con una ventaja de hasta 4 puntos sobre otros tratamientos. Este tratamiento no presenta valores extremos en sus componentes; en cambio, maneja concentraciones medias en cada uno de los ingredientes. La alta calificación en tipicidad sugiere que una formulación equilibrada con valores medios en pulpa de fruta, Monk Fruit y agua puede mejorar la percepción del producto en cuanto a su afinidad con la fruta original, en este caso, la cholupa. La tipicidad, que refleja qué tan bien el sabor y aroma de la bebida se asemejan al de la fruta original, se logra mejor con una mezcla equilibrada que evita extremos en los ingredientes. Esta observación resalta la importancia de la

formulación precisa para alcanzar un perfil sensorial que se asemeje a las expectativas de los consumidores.

4.3.3 Textura (Consistencia)

Figura 19.

Representación de cajas y bigotes de los resultados obtenidos de la consistencia por el panel sensorial



Nota. Elaboración propia.

Según la Figura 19 se observa que existen diferencias significativas en los tratamientos, a textura, y en particular la consistencia, juega un papel fundamental en la percepción sensorial de una bebida, ya que influye directamente en la sensación táctil y en la experiencia general de consumo. La evaluación de los tratamientos reveló una notable variabilidad en la consistencia entre las diferentes formulaciones.

Los tratamientos 5 y 7 destacaron por su excelente consistencia, obteniendo puntuaciones superiores a las de los demás tratamientos. Estas formulaciones lograron una textura robusta y agradable, lo que puede mejorar significativamente la experiencia de consumo. La adecuada consistencia en estos tratamientos se traduce en una sensación en boca satisfactoria y una percepción de calidad. Se observó que estos tratamientos tienen valores bajos de concentración de pulpa de fruta, viscosidad y °Brix, lo que sugiere que un equilibrio preciso entre estos factores contribuye a una textura más deseable.

En contraste, los tratamientos 1, 9 y 10 recibieron calificaciones más bajas en cuanto a consistencia. Estos tratamientos presentaron problemas que podrían afectar negativamente la experiencia del consumidor. El tratamiento 1 mostró la mayor viscosidad de todos los tratamientos, el tratamiento 9 tiene un alto valor de °Brix, mientras que el tratamiento 10 presentó la menor viscosidad. Una consistencia deficiente, como la observada en estos casos, puede percibirse como aguada, espesa o irregular, lo que puede disminuir la satisfacción del consumidor y afectar la percepción general del producto.

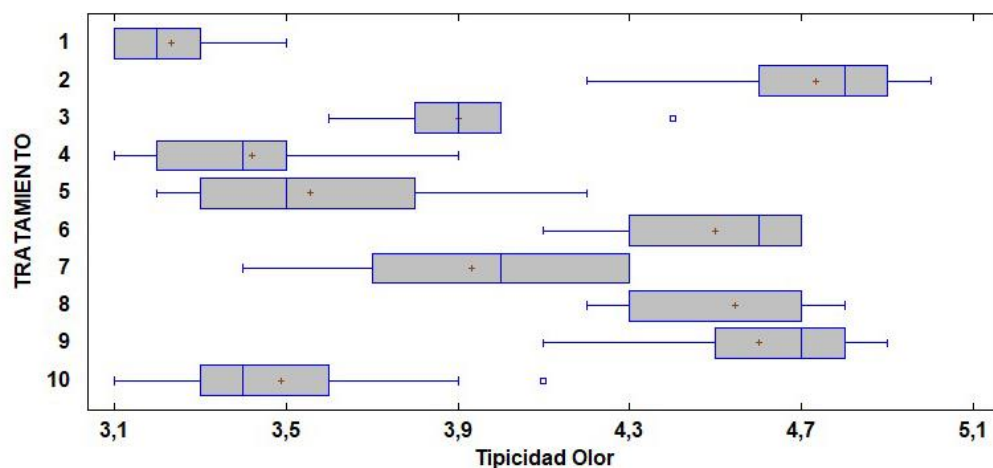
Las diferencias en la consistencia entre los tratamientos pueden deberse a varios factores, como las proporciones de ingredientes, los métodos de procesamiento y la interacción entre los componentes. Los tratamientos que lograron una consistencia óptima probablemente encontraron un equilibrio adecuado entre los ingredientes para garantizar una textura uniforme y agradable. Por el contrario, los tratamientos con baja consistencia pueden haber enfrentado problemas en la formulación que condujeron a una textura menos deseable. El análisis de la textura subraya la

importancia de alcanzar una consistencia adecuada para mejorar la satisfacción del consumidor y la percepción general de la bebida hipocalórica carbonatada.

4.3.4 Olor (Tipicidad)

Figura 20.

Representación de cajas y bigotes de los resultados obtenidos de olor por el panel sensorial



Nota. Elaboración propia.

Según la Figura 20 se observa que existen diferencias significativas en los tratamientos, el aroma es un componente crucial en la percepción sensorial de una bebida, ya que influye en la primera impresión del consumidor y puede afectar significativamente su experiencia de consumo. Al evaluar los tratamientos en términos de olor, se observa una variabilidad en la percepción de la tipicidad del aroma de la cholupa.

Los tratamientos 2, 6, 8 y 9 fueron calificados positivamente en términos de olor, sugiriendo que estos tratamientos lograron mantener la tipicidad del aroma de la cholupa de manera efectiva. Estas formulaciones pueden haber conservado el aroma característico de la fruta de manera satisfactoria, lo que contribuye a una experiencia sensorial más auténtica y atractiva para el consumidor. El olor distintivo de la cholupa puede ser percibido como fresco, frutal y agradable, lo que puede mejorar la percepción general del producto.

Por el contrario, los tratamientos 1, 4, y 10 recibieron puntuaciones más bajas en cuanto a tipicidad del olor. Esto sugiere posibles problemas con la conservación del aroma característico de la fruta en estas formulaciones. Es posible que estos tratamientos hayan experimentado una pérdida de aroma durante el procesamiento o almacenamiento, lo que podría afectar negativamente la percepción sensorial del producto. La falta de tipicidad en el olor puede llevar a una experiencia sensorial menos auténtica y satisfactoria para el consumidor.

Las diferencias en la tipicidad del olor entre los tratamientos pueden atribuirse a varios factores, como la calidad de los ingredientes utilizados, los métodos de procesamiento y la estabilidad del aroma durante el almacenamiento. Los tratamientos que lograron mantener la tipicidad del aroma de la cholupa pueden haber empleado técnicas efectivas de procesamiento y almacenamiento que preservaron la frescura y la autenticidad del aroma. Por otro lado, los tratamientos con baja tipicidad en el olor pueden haber experimentado problemas en la

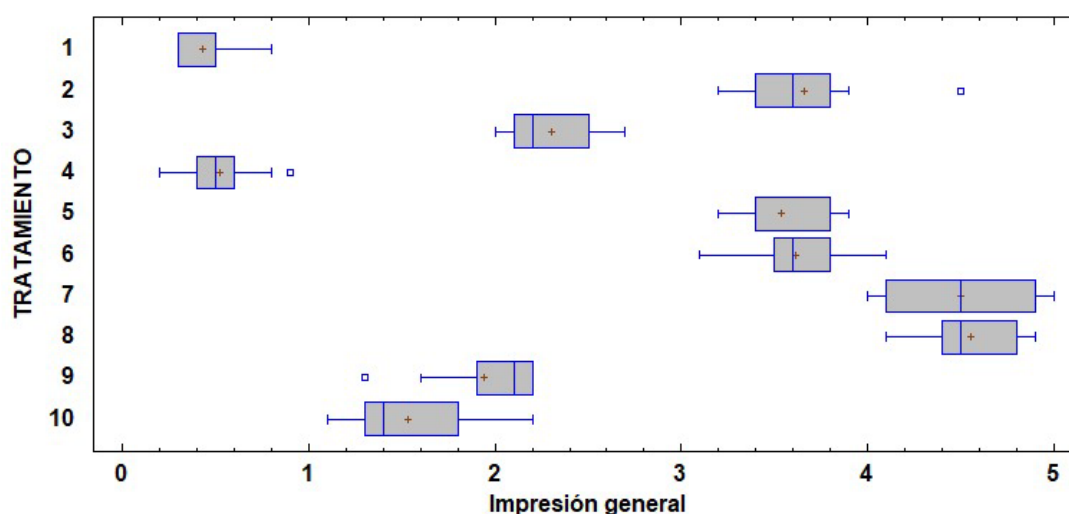
conservación del aroma durante el procesamiento o almacenamiento, lo que llevó a una pérdida de la característica distintiva de la fruta.

El análisis del olor resalta la importancia de conservar la tipicidad del aroma de la cholupa en una bebida hipocalórica carbonatada. Las formulaciones que logran mantener un aroma característico y auténtico tienen el potencial de mejorar la percepción sensorial del producto y la satisfacción del consumidor.

4.3.5 Impresión General

Figura 21.

Representación de cajas y bigotes de los resultados obtenidos de la impresión general por el panel sensorial



Nota. Elaboración propia.

Según la Figura 21 se observa que existen diferencias significativas en los tratamientos, La impresión general es una evaluación integral que captura la percepción global de los jueces sobre la aceptabilidad y el atractivo de cada tratamiento. Al examinar las puntuaciones de impresión general, se identifica qué tratamientos fueron los más valorados en términos de aceptación general.

Los tratamientos 8 y 7 emergieron como los mejor calificados en cuanto a la impresión general, destacándose por su equilibrio entre sabor, textura, aroma y otros aspectos sensoriales. Estos tratamientos lograron una experiencia de consumo más satisfactoria y positiva, sugiriendo que han alcanzado un balance adecuado en todos los atributos evaluados. Los resultados indican que estos tratamientos cumplieron con las expectativas de los jueces, proporcionando una experiencia globalmente placentera.

En contraste, los tratamientos 1, 4, 9 y 10 obtuvieron puntuaciones más bajas en la impresión general, lo que sugiere una menor aceptación global. Este menor nivel de aceptación puede deberse a deficiencias en uno o varios aspectos sensoriales, como sabor, textura o aroma. Estas deficiencias pueden haber resultado en una experiencia de consumo menos agradable, afectando negativamente la impresión general.

Es relevante observar que los tratamientos mejor calificados tienden a presentar concentraciones promedio en sus ingredientes, mientras que los tratamientos con puntuaciones más bajas muestran extremos en la concentración de alguno de sus componentes. Este

comportamiento se relaciona con el concepto de “comportamiento en forma de U”, donde las formulaciones que alcanzan niveles moderados en sus atributos suelen ser preferidas en comparación con aquellas que presentan valores extremos en alguno de los componentes. Este efecto en forma de U sugiere que la satisfacción global puede estar influenciada por un equilibrio óptimo en la composición de los ingredientes, evitando tanto deficiencias significativas como excesos que podrían perjudicar la experiencia del consumidor.

En resumen, el análisis de la impresión general subraya la importancia de lograr una combinación equilibrada de atributos sensoriales para optimizar la aceptación global del producto. Los tratamientos que alcanzan este equilibrio tienen más probabilidades de ser bien recibidos en el mercado, mientras que las formulaciones que presentan extremos en sus características pueden enfrentar una menor aceptación por parte de los consumidores.

4.4 Optimización de la formulación de bebida carbonatada

4.4.1 Análisis de Mezclas

4.4.1.1 Viscosidad. Se realizó la selección del modelo que mejor describía el comportamiento de la viscosidad para el conjunto de los tratamientos según el menor valor de la siguiente tabla 10.

Tabla 10.

Efectos estimados del modelo completo para Viscosidad

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razon-F	Valor-P
Media	362941	1	362941		
Lineal	3083,53	2	1541,77	3,62	0,083
Cuadrático	2580,11	3	860,038	8,66	0,031
Cúbico Especial	177,355	1	177,355	2,42	0,217
Error	219,848	3	73,2826		
Total	369001	10			

Nota. Elaboración propia.

Para comprender cómo los componentes de la mezcla influyen en la viscosidad de la bebida carbonatada, se evaluaron diferentes modelos matemáticos. La selección del modelo adecuado se basó en su capacidad para describir el comportamiento observado en los tratamientos, tomando como criterio el menor valor de los efectos estimados. Después de este análisis, se determinó que el modelo cuadrático es el que mejor representa la relación entre la viscosidad y las proporciones de los ingredientes (agua, Monk Fruit y pulpa de cholupa).

Se determinó si existe una relación estadísticamente significativa entre la propiedad y los componentes con un nivel de significancia del 95% tal como se muestra en la siguiente tabla 11:

Tabla 11.

Anova para Viscosidad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razon-F	Valor-P
Modelo cuadrático	5663,67	5	1132,73	11,41	0,0176
Error total	397,184	4	99,296		

Total (corr.)	6060,85	9
---------------	---------	---

Nota. Elaboración propia.

El modelo cuadrático fue seleccionado por su capacidad de capturar tanto los efectos individuales de cada ingrediente como las interacciones entre ellos, lo que permite una comprensión más profunda del fenómeno. Además, se verificó la existencia de una relación estadísticamente significativa entre la viscosidad y los componentes de la mezcla, con un nivel de significancia del 95%. A continuación, se presenta el modelo cuadrático ajustado, que describe esta relación:

$$\begin{aligned} \text{VISCOSIDAD} = & 140,017 * \text{AGUA} + 192,672 * \text{MONK FRUIT} + 238,145 * \text{PULPA DE} \\ & \text{CHOLUPA} + 131,667 * \text{AGUA} * \text{MONK FRUIT} + 48,2127 * \text{AGUA} * \text{PULPA DE} \\ & \text{CHOLUPA} - 176,078 * \text{MONK FRUIT} * \text{PULPA DE CHOLUPA} \end{aligned} \quad (15)$$

La ecuación del modelo cuadrático ajustado es el resultado del análisis de mezclas llevado a cabo en el programa Statgraphics Centurion XVI® donde se obtuvo un valor de R-cuadrado de 93,4467% y un valor de R-cuadrada ajustada de 85,2551% estos datos sugieren que el modelo explica una alta variabilidad en la viscosidad aun así después de ajustarlo por el número de variables. Este modelo permite predecir la viscosidad de la bebida en función de las proporciones de los tres ingredientes principales: agua, Monk Fruit y pulpa de cholupa. A continuación, se explica cómo interpretar y utilizar este modelo.

Componentes de la ecuación:

- **140,017*AGUA:** Este coeficiente positivo indica que, a medida que aumenta la proporción de agua en la mezcla, la viscosidad de la bebida también aumenta, aunque de manera moderada. Sin embargo, el agua sigue siendo el componente principal que diluye la mezcla.
- **192,672*MONK FRUIT:** El coeficiente más alto para el Monk Fruit refleja que este ingrediente tiene un impacto considerable en la viscosidad, probablemente debido a su naturaleza más densa en comparación con el agua.
- **238,145*PULPA DE CHOLUPA:** La pulpa de cholupa tiene el coeficiente más alto entre los ingredientes individuales, lo que sugiere que este componente es el que más incrementa la viscosidad de la mezcla, debido a sus características de pulpa.

Interacciones entre componentes:

- **131,667AGUA-MONK FRUIT:** Este término de interacción positiva entre el agua y el Monk Fruit indica que la combinación de estos dos ingredientes en la mezcla contribuye a aumentar la viscosidad. Esto podría ser un indicio de que, cuando se combinan en ciertas proporciones, sus efectos se suman de manera más pronunciada.
- **48,2127AGUA-PULPA DE CHOLUPA:** Este término positivo, aunque más bajo, muestra que la interacción entre el agua y la pulpa de cholupa también aumenta la viscosidad, pero no de forma tan significativa como con el Monk Fruit.
- **176,078MONK FRUIT-PULPA DE CHOLUPA:** Este término de interacción negativa indica que, al combinar Monk Fruit y pulpa de cholupa, se observa una disminución en la viscosidad en comparación con lo que se esperaría si se sumaran los efectos individuales de ambos ingredientes. Esto sugiere que, en combinación, estos dos ingredientes se contrarrestan parcialmente en su efecto sobre la viscosidad.

Este modelo cuadrático ajustado permite optimizar la formulación de la bebida en función de la viscosidad. Al conocer los coeficientes de cada ingrediente y sus interacciones, es posible ajustar las proporciones de agua, Monk Fruit y pulpa de cholupa para lograr una bebida con la

viscosidad más baja posible, lo cual es esencial para un producto refrescante. La ecuación puede ser utilizada para realizar predicciones sobre cómo pequeños cambios en las cantidades de los ingredientes afectarán la viscosidad de la bebida, permitiendo así optimizar la formulación y cumplir con los objetivos de calidad del producto.

Conociendo que existe una relación significativa, se procede a la combinación de los niveles de los factores que minimizan la viscosidad tal como se presenta en la siguiente tabla 12.

Tabla 12.

Valores óptimos de la composición por Viscosidad

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
AGUA	71,8	82,8	82,8
MONK FRUIT	10	21	10
PULPA DE CHOLUPA	7	18	7

Nota. Elaboración propia.

La relación de ingredientes seleccionada, con 82.8% de agua, 10.0% de Monk Fruit, y 7.0% de pulpa de cholupa, es óptima para la viscosidad de la bebida porque se buscó deliberadamente minimizar este parámetro para crear una bebida ligera y refrescante.

Una menor viscosidad es crucial en este contexto, ya que una bebida con alta viscosidad podría percibirse como pesada o densa, lo que va en contra del objetivo de producir un producto refrescante. El alto contenido de agua asegura que la bebida mantenga una textura suave y fácil de beber, mientras que la proporción controlada de pulpa de cholupa aporta el sabor característico sin aumentar significativamente la viscosidad.

El Monk Fruit, además de endulzar, tiene un impacto limitado en la viscosidad, lo que permite su inclusión sin comprometer la ligereza de la bebida. Esta combinación de ingredientes, optimizada a través del software Statgraphics®, garantiza que el producto final sea atractivo para los consumidores que buscan una opción refrescante y de fácil consumo.

4.4.1.2 Diferencia de color. Se realizó la selección del modelo que mejor describía el comportamiento de la diferencia de color para el conjunto de los tratamientos según el menor valor de la siguiente tabla 13.

Tabla 13.

Efectos estimados del modelo completo Diferencia de Color

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Media	1401,12	1	1401,12		
Lineal	24,292	2	12,146	21,56	0,001
Cuadrático	3,744	3	1,248	25,05	0,004
Cúbico Especial	0,028	1	0,028	0,5	0,531
Error	0,17	3	0,056		
Total	1429,36	10			

Nota. Elaboración propia.

Seleccionando el modelo cuadrático, como modelo matemático que describe mejor el comportamiento de la propiedad evaluada, se determinó si existe una relación estadísticamente

significativa entre la propiedad y los componentes con un nivel de significancia del 95% tal como se muestra en la siguiente tabla 14:

Tabla 14.

Anova para Diferencia de Color

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razon-F	Valor-P
Modelo Cuadrático	28,036	5	5,607	112,49	0
Error total	0,199	4	0,049		
Total (corr.)	28,235	9			

Nota. Elaboración propia.

Conociendo que existe una relación significativa, se procede a la combinación de los niveles de los factores que minimizan la diferencia de color tal como se presenta en la siguiente tabla.

La ecuación del modelo cuadrático ajustado para la diferencia de color tiene como objetivo predecir cómo los ingredientes principales de la bebida carbonatada, es decir, el agua, Monk Fruit y la pulpa de cholupa, junto con sus interacciones, afectan el cambio de color del producto final a lo largo del tiempo. Este modelo es especialmente útil para comprender el impacto que cada componente tiene sobre la estabilidad visual del producto, ayudando a optimizar la formulación para que la bebida mantenga un color atractivo y consistente, similar al de la pulpa fresca de cholupa.

$$\text{DIF. COLOR} = 13,8351 \cdot \text{AGUA} + 11,669 \cdot \text{MONK FRUIT} + 7,62416 \cdot \text{PULPA DE CHOLUPA} + 0,846321 \cdot \text{AGUA} \cdot \text{MONK FRUIT} + 6,20869 \cdot \text{AGUA} \cdot \text{PULPA DE CHOLUPA} + 5,94033 \cdot \text{MONK FRUIT} \cdot \text{PULPA DE CHOLUPA} \quad (16)$$

La ecuación se desglosa en varios términos que representan tanto los efectos individuales de cada ingrediente como sus interacciones combinadas. Los coeficientes asociados a cada componente indican cómo una variación en su proporción influye en la diferencia de color. Por ejemplo, el término $13,8351 \cdot \text{AGUA}$ muestra que el agua tiene una influencia significativa en la diferencia de color; es decir, un mayor contenido de agua está relacionado con un aumento en el cambio de color. Lo mismo ocurre con Monk Fruit y la pulpa de cholupa, cuyos coeficientes 11,669 y 7,62416, respectivamente, reflejan su impacto en el color final de la bebida.

Además, las interacciones entre los ingredientes, representadas por términos como $0,846321 \cdot \text{AGUA} \cdot \text{MONK FRUIT}$, $6,20869 \cdot \text{AGUA} \cdot \text{PULPA DE CHOLUPA}$ y $5,94033 \cdot \text{MONK FRUIT} \cdot \text{PULPA DE CHOLUPA}$, describen cómo la combinación de estos componentes afecta la diferencia de color. Estas interacciones son fundamentales para entender cómo la variación en las proporciones de los ingredientes puede intensificar o reducir el cambio de color.

Tabla 15.

Valores óptimos de la composición por Diferencia de Color

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
AGUA	71,8	82,8	71,8
MONK FRUIT	10	21	10
PULPA DE CHOLUPA	7	18	18

Nota. Elaboración propia.

La diferencia de color es una variable crucial en la percepción visual del producto y puede influir en la aceptación del consumidor. En el caso de la bebida hipocalórica, el punto óptimo para la diferencia de color se alcanzó al aumentar la proporción de pulpa de cholupa y minimizar la proporción de agua.

La pulpa de cholupa, que tiene un color natural vibrante, aporta intensidad al color de la bebida. Sin embargo, un exceso de pulpa podría resultar en una coloración demasiado intensa o incluso en variaciones que podrían no ser consistentes de lote a lote. Por otro lado, una alta proporción de agua, como la utilizada en la formulación óptima (71.8%), ayuda a diluir la intensidad del color, logrando una tonalidad más homogénea y visualmente atractiva, que es percibida como natural y fresca.

El MonkFruit no tiene un impacto significativo en la coloración, lo que permite que el color natural de la cholupa sea el que predomine en la bebida. Este balance es fundamental para asegurar que la bebida tenga un aspecto apetecible y consistente, sin grandes variaciones de lote a lote, lo que es clave para la aceptación del consumidor.

4.4.1.3 Análisis Sensorial. Se realizó la selección del modelo que mejor describía el comportamiento de las calificaciones del estudio sensorial para el conjunto de los tratamientos según el menor valor de la siguiente tabla 16.

Tabla 16.

Efectos estimados del modelo completo para Análisis Sensorial

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razon-F	Valor-P
Media	1470,64	1	1470,64		
Lineal	17,047	2	8,523	0,63	0,557
Cuadrático	78,306	3	26,102	6,67	0,049
Cúbico Especial	3,345	1	3,345	0,82	0,433
Error	12,309	3	4,103		
Total	1581,65	10			

Nota. Elaboración propia.

Seleccionando el modelo cuadrático, como modelo matemático que describe mejor el comportamiento de la propiedad evaluada, se determinó si existe una relación estadísticamente significativa entre la propiedad y los componentes con un nivel de significancia del 95% tal como se muestra en la siguiente tabla 17:

Tabla 17.

Anova para Análisis Sensorial

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo Cuadrático	95,354	5	19,07	4,87	0,075
Error total	15,654	4	3,913		
Total (corr.)	111,009	9			

Nota. Elaboración propia.

El objetivo principal fue maximizar la calificación sensorial, que refleja la aceptación global del producto por parte de los consumidores. Esto es fundamental para asegurar que la bebida

no solo cumpla con los estándares técnicos, sino que también sea bien recibida en el mercado, logrando una ventaja competitiva en términos de preferencia del consumidor.

La ecuación del modelo cuadrático ajustado para la nota sensorial tiene como objetivo predecir cómo las proporciones de los ingredientes principales de la bebida carbonatada (agua, Monk Fruit y pulpa de cholupa) y sus interacciones afectan la evaluación sensorial del producto final. Esta evaluación es crucial para asegurar que la bebida tenga una aceptación óptima por parte de los consumidores, ya que la nota sensorial refleja la calidad percibida en términos de sabor, aroma, textura y otros atributos sensoriales importantes.

El modelo se expresa de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{NOTA SENSORIAL} = & 9,45859*AGUA + 6,10768*MONK FRUIT \quad (17) \\ & + 8,77406*PULPA DE CHOLUPA + 27,3577*AGUA*MONK FRUIT \\ & + 25,5305*AGUA*PULPA DE CHOLUPA + 12,7887*MONK FRUIT*PULPA DE CHOLUPA \end{aligned}$$

Cada coeficiente en la ecuación representa el impacto de cada ingrediente y sus interacciones en la evaluación sensorial de la bebida. Por ejemplo, el coeficiente 9,45859 asociado al agua indica que un aumento en la proporción de agua tiene un efecto positivo en la nota sensorial del producto. De manera similar, los coeficientes para Monk Fruit (6,10768) y pulpa de cholupa (8,77406) muestran que estas variables también influyen en la evaluación sensorial de la bebida, aunque en diferentes magnitudes.

Los términos de interacción, como 27,3577 para AGUA-MONK FRUIT, 25,5305 para AGUA-PULPA DE CHOLUPA y 12,7887 para MONK FRUIT*PULPA DE CHOLUPA, reflejan cómo la combinación de estos ingredientes afecta la calidad sensorial del producto. Estas interacciones son importantes porque muestran que los efectos de los ingredientes no son independientes, y que la mezcla de ellos puede alterar la percepción sensorial de manera significativa.

La tabla 18, a continuación, presenta la combinación óptima de ingredientes que, según el modelo predictivo, maximiza la nota sensorial. Esta formulación es aquella que logró la mayor aceptación en las pruebas realizadas, sugiriendo que los consumidores perciben esta combinación como la más equilibrada y agradable.

Tabla 18.

Valores óptimos de la composición por Análisis Sensorial

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
AGUA	71,8	82,8	76,99
MONK FRUIT	10	21	12,128
PULPA DE CHOLUPA	7	18	10,681

Nota. Elaboración propia.

4.4.2 Optimización de Múltiples Respuestas

Para determinar la composición óptima de la bebida carbonatada de cholupa, se llevó a cabo un proceso de Optimización de Múltiples Respuestas. Este enfoque permitió evaluar de manera integral tres respuestas clave: viscosidad, resultados del análisis sensorial y diferencia de color. La primera fase de este proceso consistió en identificar los valores deseables para cada una de estas respuestas, estableciendo los rangos mínimos y máximos, así como asignando un peso e impacto a cada variable según su relevancia en la calidad final del producto. La tabla 19 a continuación muestra la descripción detallada de la deseabilidad para cada una de estas respuestas, proporcionando una base sólida para la optimización.

Tabla 19.*Caracterización de la Deseabilidad*

	Deseabilidad	Deseabilidad		Pesos	Pesos	
Respuesta	Baja	Alta	Meta	Primero	Segundo	Impacto
Viscosidad	137,5	241,7	Minimizar	1		1
Sensorial	7,08	17,21	Maximizar	1		5
Dif. Color	7,531	13,802	Minimizar	1		1

Nota. Elaboración propia.

Para optimizar la formulación final de la bebida hipocalórica carbonatada, se establecieron criterios de deseabilidad que guiaron la selección de las variables clave en el proceso. En este contexto, se decidió **minimizar la viscosidad** y **la diferencia de color** mientras que se buscó **maximizar la nota sensorial**.

Minimizar la viscosidad fue una prioridad porque se pretende elaborar un producto ligero y refrescante, características que son esenciales para el tipo de bebida que se desea ofrecer al mercado. Una menor viscosidad asegura que la bebida tenga una textura suave y agradable al paladar, lo cual es crucial para la aceptación del consumidor.

Minimizar la diferencia de color también se consideró importante, ya que se buscó que la bebida carbonatada tuviera una tonalidad similar a la pulpa de cholupa fresca y de manera uniforme ya que el color es indicativo de consistencia en la calidad del producto. Además, un color atractivo y uniforme es un factor visual clave que influye en la percepción del producto por parte del consumidor, impactando su decisión de compra y su satisfacción general.

Por otro lado, **maximizar la nota sensorial** fue fundamental para identificar la formulación que ofreciera la mayor aceptación en términos de sabor, aroma, y textura. La nota sensorial es una medida directa de la preferencia del consumidor, por lo que maximizarla garantiza que la bebida cumpla con las expectativas del mercado.

Después de definir estos criterios, se aplicó el método de optimización multicriterio a los distintos tratamientos desarrollados en la fase experimental. Se calculó la deseabilidad tanto prevista como observada para cada tratamiento, lo que permitió comparar los resultados obtenidos en el laboratorio con los objetivos establecidos. Esta comparación es esencial para validar la precisión del modelo predictivo y realizar los ajustes necesarios en las condiciones de producción, asegurando así que el producto final cumpla con los estándares de calidad esperados.

La tabla 20 presenta la deseabilidad para cada uno de los tratamientos, resaltando las diferencias entre los valores previstos y observados, lo que proporciona una visión clara de la eficacia del proceso de optimización implementado.

Tabla 20.*Valores de Deseabilidad para cada tratamiento*

				Deseabilidad	Deseabilidad
Fila	VISCOSIDAD	SENSORIAL	DIF. COLOR	Prevista	Observada
1	241,7	8,82	7,531	0,171	0
2	194,7	14,1	12,25	0,625	0,562
3	169,4	10,63	11,211	0,396	0,395
4	194,6	7,08	11,747	0	0
5	191,2	14,15	13,103	0,534	0,509
6	197,5	13,75	10,94	0,562	0,586
7	192,3	16,7	13,441	0,528	0,576

8	199,6	17,21	12,342	0,628	0,713
9	186,6	9,79	12,002	0,461	0,297
10	137,5	9,04	13,802	0	0

Nota. Elaboración propia.

Finalmente, con base en los resultados del análisis de deseabilidad, se determinó la composición óptima de los tres componentes principales de la bebida: agua, pulpa de cholupa y edulcorante (Monk Fruit). La combinación de estos ingredientes en las proporciones adecuadas es fundamental para lograr un producto que cumpla con los estándares de calidad en términos de viscosidad, características sensoriales y estabilidad del color. La tabla 21 final muestra la composición óptima sugerida para la producción de la bebida, la cual se espera maximice la aceptación del consumidor y mantenga la estabilidad del producto durante su vida útil.

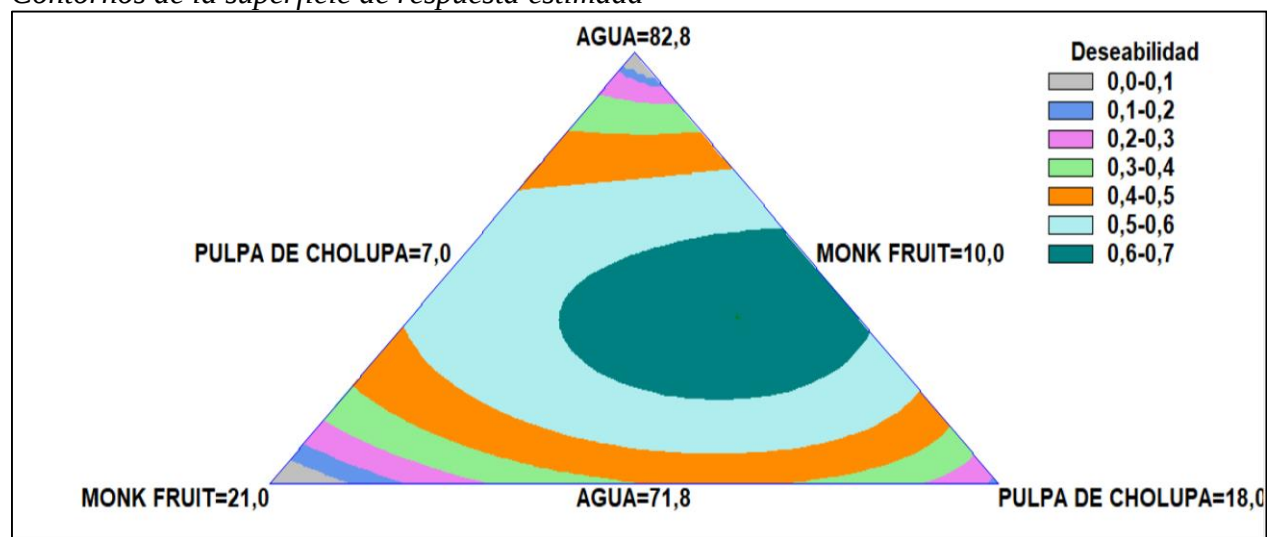
Tabla 21.

Composición ideal de la bebida

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
AGUA	71,8	82,8	76,033
MONK FRUIT	10	21	11,82
PULPA DE CHOLUPA	7	18	11,946

Nota. Elaboración propia.

Las gráficas generadas a partir del software StatgraphicsCenturion XVI® muestran los contornos de la superficie de respuesta estimada para cada una de las variables optimizadas. Estas representaciones gráficas permiten visualizar cómo interactúan los diferentes niveles de los ingredientes en la bebida hipocalórica, facilitando la identificación de las combinaciones más adecuadas para cumplir con los criterios establecidos. En la Figura 23, se observan las áreas que maximizan o minimizan las respuestas en función de las variables seleccionadas. En la Figura 22, se destaca un asterisco verde, que indica el punto óptimo encontrado por el proceso de optimización, siendo este el conjunto de proporciones de ingredientes que cumple mejor con los objetivos planteados. Este punto es clave, ya que representa la formulación que maximiza la nota sensorial mientras minimiza tanto la viscosidad como la diferencia de color, optimizando así el desempeño global del producto. Las gráficas que ilustran estos puntos óptimos y las áreas de mejor desempeño se presentan a continuación.

Figura 22.*Contornos de la superficie de respuesta estimada*

Nota: Elaboración propia.

Los datos obtenidos de las propiedades fisicoquímicas (como viscosidad, pH, acidez, y °Brix) y del análisis sensorial fueron cruciales en el proceso de optimización. Los tratamientos 7 y 8 se destacaron en el estudio por presentar valores típicos en sus propiedades fisicoquímicas y por recibir las calificaciones más altas en el análisis sensorial. Esto indica que estas composiciones lograron un equilibrio efectivo entre las características fisicoquímicas y la aceptación sensorial.

A partir de la optimización de múltiples respuestas, se determinó que la composición final recomendada es: Agua 76.033%, Monk Fruit 11.8202% y pulpa de cholupa 11.9468%. Esta formulación final es notablemente similar a las composiciones de los tratamientos 7 y 8, confirmando que estos tratamientos no solo cumplieron con los estándares fisicoquímicos, sino que también ofrecieron una excelente aceptación sensorial. La similitud en la composición final con los tratamientos mejor calificados refuerza la validez de la selección y asegura que la bebida resultante mantendrá tanto la calidad deseada como la preferencia del consumidor.

4.5 Tiempo de vida útil de la bebida carbonatada de cholupa

El tiempo de vida útil de la bebida carbonatada de cholupa elaborada con la formulación optimizada, se estimó mediante pruebas aceleradas empleando la diferencia de color como el indicador de deterioro.

Tabla 22.*Resultados de la variación de la diferencia de color en diferentes temperaturas de almacenamiento*

35°C		45°C		55°C	
t (días)	ΔE	t (días)	ΔE	t (días)	ΔE
0	13,08	0	13,08	0	13,08
7	17,21	5	18,04	3	19,38
14	19,08	10	18,92	6	19,97
21	19,32	15	21,84	9	20,94
28	20,87	20	23,19	12	22,08

35	22,94	25	23,94	15	23,17
42	23,18	30	24,08	18	23,98
49	24,08	35	24,83	21	24,91

Nota. Elaboración propia.

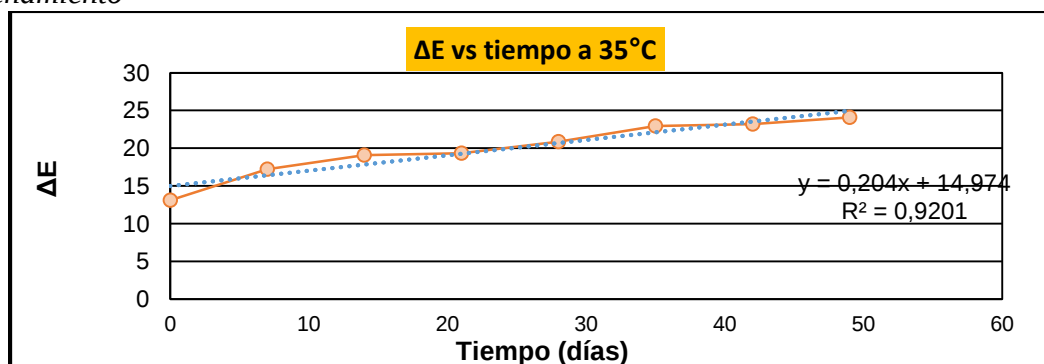
La diferencia de color (ΔE) fue seleccionada como el atributo clave para evaluar el tiempo de vida útil de la bebida debido a su impacto directo en la percepción visual del consumidor, que es uno de los primeros criterios de aceptación al momento de evaluar un producto. Un cambio significativo en el color puede ser percibido como un signo de deterioro, aun cuando otras propiedades del producto, como el sabor o la textura, sigan siendo aceptables. En productos de consumo, especialmente bebidas, la consistencia en la apariencia es esencial para garantizar la satisfacción del consumidor y mantener la confianza en la calidad del producto a lo largo del tiempo.

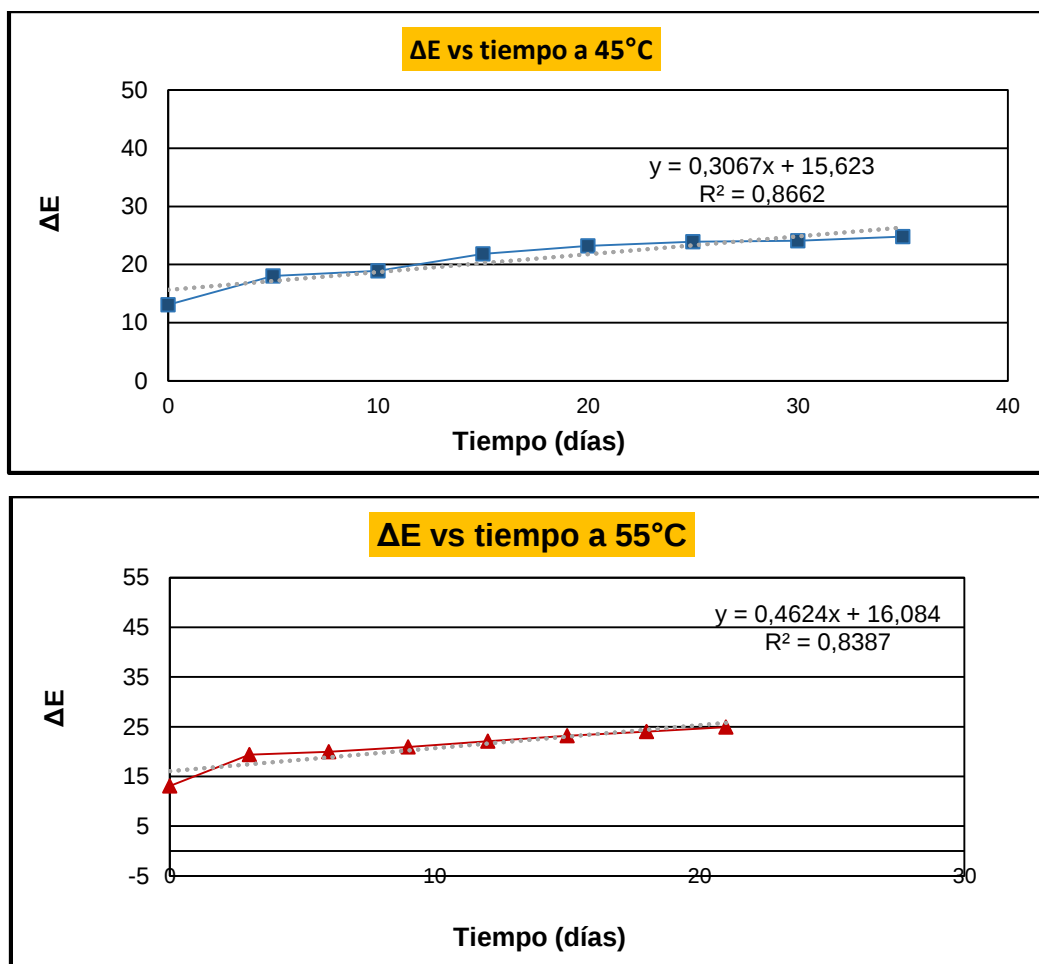
Por otro lado, la diferencia de color es un parámetro fácilmente medible de manera objetiva y es sensible a cambios en las condiciones de almacenamiento, como la temperatura y la exposición a la luz, que pueden acelerar el deterioro de la bebida. Debido a que el ΔE captura la degradación visual que puede ocurrir durante el tiempo de vida del producto, su medición ofrece una herramienta valiosa para predecir cuándo un cambio en la calidad es lo suficientemente grande como para afectar la aceptación del consumidor.

En la Tabla 23 se presenta la evolución del ΔE en función del tiempo (días) bajo tres condiciones de almacenamiento diferentes. Posteriormente, se construyeron 4 gráficos lineales que muestran cómo varía la diferencia de color en cada una de estas condiciones. Estas gráficas permiten visualizar cómo factores como la temperatura y el tiempo de almacenamiento influyen en la estabilidad visual del producto, ayudando a establecer un marco claro para determinar el tiempo de vida útil de la bebida bajo diferentes escenarios de conservación. Las gráficas que ilustran la evolución de la diferencia de color se presentan a continuación en las Figuras 23 y 24.

Figura 23.

Comportamiento de la diferencia de color de la bebida de cholupa a diferentes temperaturas de almacenamiento

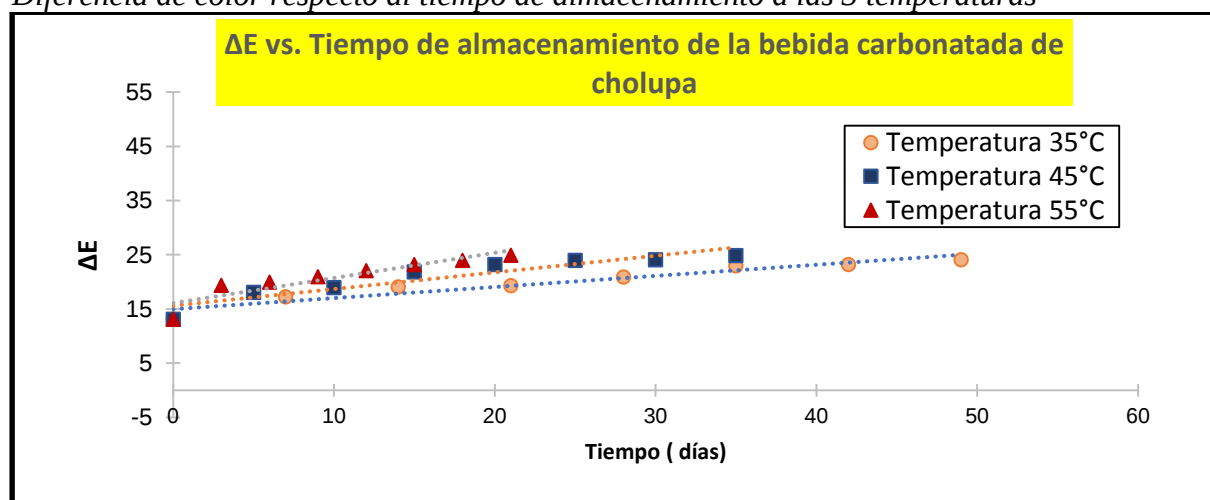




Nota. Elaboración propia.

Figura 24.

Diferencia de color respecto al tiempo de almacenamiento a las 3 temperaturas



Nota. Elaboración propia.

Se llevó a cabo el cálculo de la energía de activación a partir de la ecuación linealizada de Arrhenius, donde en primer lugar se calculó el logaritmo natural de ΔE (diferencia de color) que se muestran en la Tabla 23 y luego se graficó el logaritmo natural de ΔE respecto a el tiempo en días, como lo muestra la Figura 25.

Tabla 23.

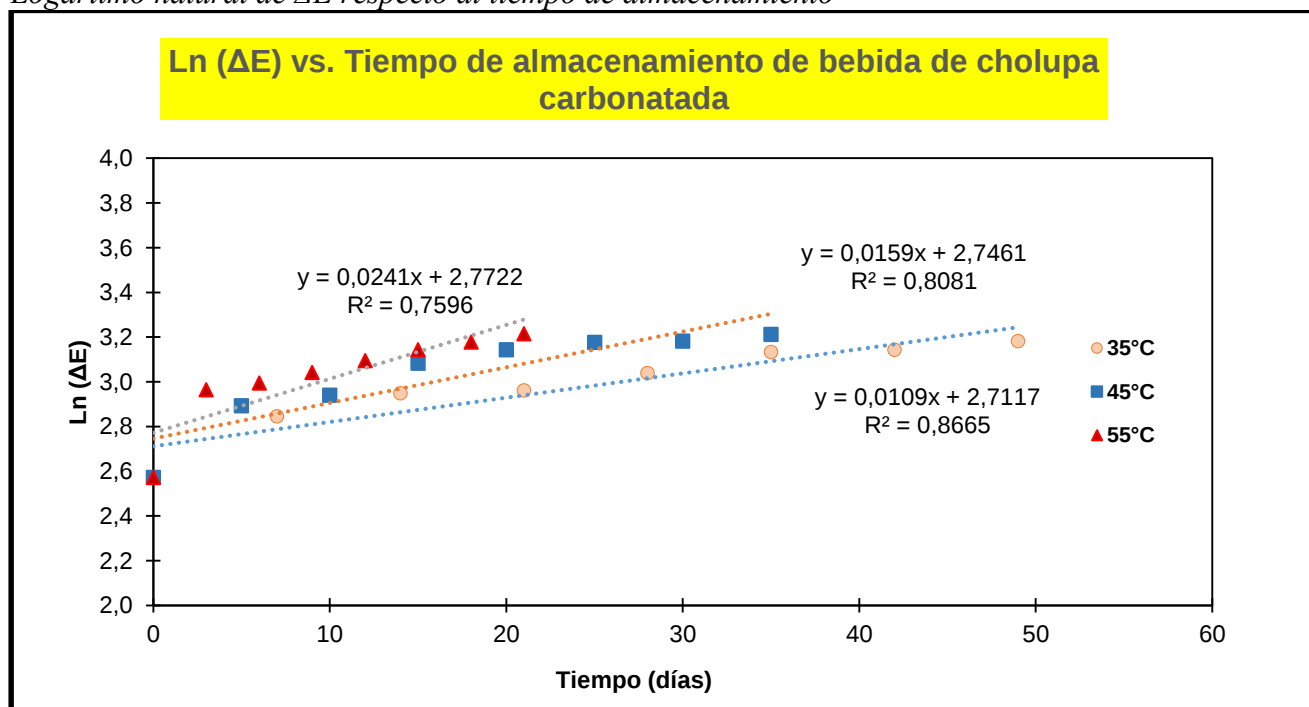
Resultado del cálculo de logaritmo natural de ΔE

35°C			45°C			55°C		
t (días)	ΔE	Ln (ΔE)	t (días)	ΔE	Ln (ΔE)	t (días)	ΔE	Ln (ΔE)
0	13,08	2,57	0	13,08	2,57	0	13,08	2,57
7	17,21	2,85	5	18,04	2,89	3	19,38	2,96
14	19,08	2,95	10	18,92	2,94	6	19,97	2,99
21	19,32	2,96	15	21,84	3,08	9	20,94	3,04
28	20,87	3,04	20	23,19	3,14	12	22,08	3,09
35	22,94	3,13	25	23,94	3,18	15	23,17	3,14
42	23,18	3,14	30	24,08	3,18	18	23,98	3,18
49	24,08	3,18	35	24,83	3,21	21	24,91	3,22

Nota. Elaboración propia.

Figura 25.

Logaritmo natural de ΔE respecto al tiempo de almacenamiento

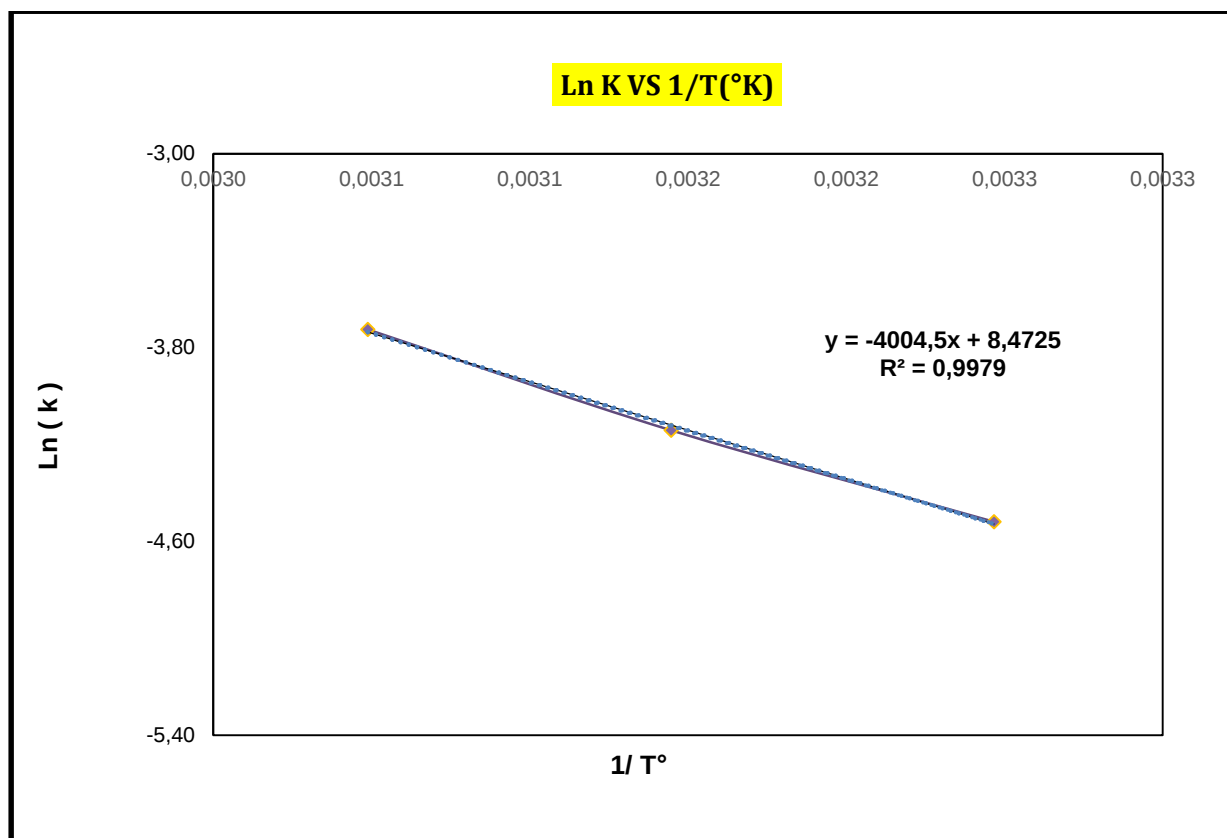


Nota. Elaboración propia.

Con la Figura 26 se obtiene el valor de la constante de velocidad de la reacción k (pendiente de la recta) con la cual se opera para tener el Ln de k .

Tabla 24.*Datos de la gráfica $\ln (\Delta E)$ vs tiempo de almacenamiento*

1/T	T°C	k	LN (k)
0,0032	35	0,0109	-4,5190
0,0031	45	0,0159	-4,1414
0,0030	55	0,0241	-3,7255

Nota. Elaboración propia.**Figura 26.***Ln (K) vs 1/temperatura en Kelvin**Nota.* Elaboración propia.

Se utilizó la ecuación de Arrhenius, con los datos de la gráfica 12 donde:

$$K = K_0 e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (15)$$

 K_0 Constante pre exponencial E_a Energía de activación KJ/mol R Constante de los gases ideales KJ/mol°K T Temperatura en °K (°C+273)

$$\ln k = \ln k_0 - E_a / RT \quad (16)$$

$$y = mx + b \quad (17)$$

La pendiente de la Recta es igual a:

$$\frac{Ea}{R} = 4004,5 \text{ } ^\circ K \quad (18)$$

La constante general de los gases ideales (R) es igual a:

$$R = 0,008314 \frac{KJ}{mol \text{ } ^\circ K} \quad (19)$$

Despejando valores se obtiene que:

$$Ea = 33,2934 \frac{KJ}{mol} \quad (20)$$

El valor de la energía de activación (Ea) obtenido para de la bebida carbonatada de cholupa es de 33,2934 KJ/mol. Este parámetro es crucial para entender la sensibilidad de la bebida a las variaciones de temperatura y su impacto sobre la velocidad de deterioro. La energía de activación representa la cantidad mínima de energía que se requiere para que se inicien los procesos de degradación o cambios en el producto a nivel molecular. En el contexto de la estabilidad de la bebida, un valor de Ea de 33,2934 KJ/mol sugiere que la bebida tiene una moderada sensibilidad a la temperatura. Es decir, a medida que la temperatura de almacenamiento aumenta, la velocidad de los cambios en la bebida, como el cambio de color, se acelera de manera significativa. Esto implica que, a temperaturas más altas, el deterioro es más rápido, reduciendo la vida útil del producto.

Comparado con otros productos alimenticios, este valor puede considerarse típico para bebidas que contienen pulpa de fruta, las cuales son susceptibles a cambios oxidativos y de color con el tiempo. El hecho de que la bebida muestre esta energía de activación indica que la conservación en condiciones controladas de temperatura, como un almacenamiento a 20°C, es clave para prolongar su vida útil. El cálculo de la vida útil basado en la energía de activación permite predecir de manera más precisa cuánto tiempo el producto mantendrá sus características de calidad bajo diferentes condiciones de almacenamiento. A partir de este valor de Ea, se puede ajustar la cadena de distribución para asegurar que la bebida llegue al consumidor en óptimas condiciones.

Aplicando la ecuación de orden uno finalmente se obtiene que:

$$Ln(A) = Ln(Ao) + k \cdot ts \quad (21)$$

$$ts = Ln(A/Ao) / k \quad (22)$$

Dónde:

Ao = 13,08 de ΔE inicial (día 0)

A = 30 de ΔE crítica de aceptabilidad comercial

kn= valores a diferentes temperaturas

ts= tiempo de vida útil

Por lo tanto, se obtiene que:

$$Q_{10} = \frac{\text{Tiempo de vida útil a } T (^{\circ}\text{C})}{\text{Tiempo de vida útil a } T(^{\circ}\text{C}) + 10^{\circ}\text{C}} \quad (23)$$

$Q_{10} = 1,66$ Entre 35°C y 45°C

$Q_{10} = 3,59$ Entre 45°C y 55°C

Los resultados obtenidos de la prueba de estabilidad acelerada son presentados en la siguiente tabla 25, proporcionando un análisis detallado de la estabilidad del producto bajo condiciones aceleradas, lo que permite estimar su vida útil y garantizar su calidad durante el tiempo de almacenamiento proyectado.

Tabla 25.

Resultados de la prueba de estabilidad acelerada

k	T°C	días	meses
0,0055	20	117,78	3,93
0,0068	35	95,26	3,18
0,0113	45	57,33	1,91
0,0406	55	15,96	0,53

Nota. Elaboración propia.

Los resultados de la prueba de estabilidad acelerada muestran que la temperatura de almacenamiento afecta directamente la vida útil de la bebida carbonatada de cholupa donde la durabilidad del producto disminuye con la temperatura. La vida útil de la bebida se estima en 117,78 días (casi 4 meses) a 20°C , mientras que a 35°C se reduce a 95,26 días (aproximadamente 3,18 meses) y como bien se observó la vida útil disminuye aún más a temperaturas más altas, como 45°C y 55°C , alcanzando solo 57,33 días (1,91 meses) y 15,96 días (0,53 meses), respectivamente.

El deterioro del color se relaciona con reacciones químicas que intensifican a medida que aumenta la temperatura lo que hace que la bebida carbonatada cambie visiblemente.

La diferencia de color (ΔE) es importante ya que a través de esto se logra ver la pérdida gradual de la apariencia original del producto teniendo en cuenta que el color es un importante indicador de la frescura y calidad percibida de las bebidas, este deterioro visual puede tener un impacto negativo en la aceptación del consumidor.

Con base a los resultados se deduce que variaciones de temperatura en la cadena de suministro pueden reducir la vida útil del producto y dañar la experiencia del consumidor, además de afectar la calidad y apariencia, por lo tanto, es importante implementar prácticas de control de calidad y almacenamiento.

La prueba acelerada y la evaluación de la vida útil de la bebida carbonatada de cholupa brindan información importante sobre la estabilidad y la resistencia del producto bajo diferentes condiciones de almacenamiento. Esta prueba evaluó la influencia de las temperaturas en la vida útil del producto.

Los resultados muestran las constantes de deterioro (k) para cada temperatura y la vida útil estimada en días y meses. A continuación, se presenta un análisis detallado de estos resultados:

1. Temperatura de 20°C : A esta temperatura, la constante de deterioro (k) es 0.0055. La vida útil estimada es de aproximadamente 117.78 días o 3.93 meses. Este valor de k sugiere una tasa de deterioro relativamente baja, indicando que la bebida mantiene una estabilidad aceptable durante casi 4 meses bajo condiciones de almacenamiento de 20°C .

2. Temperatura de 35°C: Con una constante de deterioro de 0.0068, la vida útil estimada es de 95.26 días o 3.18 meses. Aunque la bebida aún presenta una vida útil considerable a esta temperatura, se observa una disminución en comparación a los 20°C. Esto indica que el aumento en la temperatura acelera el proceso de deterioro, reduciendo la durabilidad del producto.

3. Temperatura de 45°C: A esta temperatura, la constante de deterioro aumenta a 0.0113, y la vida útil estimada se reduce significativamente a 57.33 días o 1.91 meses. El aumento en la constante de deterioro muestra que existe una relación entre la temperatura y durabilidad, a mayor temperatura disminuye la vida útil del producto a poco menos de dos meses.

4. Temperatura de 55°C: En la temperatura más alta evaluada, la constante de deterioro (k) alcanza 0.0406, resultando en una vida útil estimada de solo 15.96 días o 0.53 meses. Esta temperatura extrema provoca un deterioro rápido, con una vida útil que se reduce drásticamente a menos de medio mes. Este resultado subraya cómo las altas temperaturas comprometen gravemente la estabilidad y la calidad del producto.

Los resultados de la prueba acelerada muestran que la temperatura afecta significativamente la vida útil de la bebida carbonatada de cholupa. La vida útil de una bebida disminuye significativamente a temperaturas más altas debido al aumento de la tasa de deterioro. A temperaturas más bajas, la bebida mantiene una estabilidad aceptable durante un período de tiempo más largo.

Con base a estos resultados se deduce que es importante realizar este tipo de pruebas para optimizar el almacenamiento y la distribución, asegurando que se conserve en las mejores condiciones para prolongar la vida útil y garantizar la satisfacción del consumidor. La vida útil de la bebida es de unos 4 meses a 20 °C, pero disminuye significativamente con el aumento de la temperatura, lo que demuestra la importancia de mantener el producto a temperaturas más bajas siempre que sea posible para mantener su calidad.

El análisis de grupos homogéneos permite identificar las similitudes y diferencias significativas en las propiedades fisicoquímicas entre los tratamientos. Estas diferencias sugieren que la composición de cada tratamiento influye notablemente en sus características fisicoquímicas, afectando potencialmente la aceptabilidad y preferencia del consumidor.

Así mismo se llevó a cabo la validación de la bebida carbonatada teniendo en cuenta la NTC-2740-2020, donde cada uno de los tratamientos cumple satisfactoriamente todos los parámetros que exige la normativa, como se muestra en la tabla 26.

Tabla 26.

Validación de la bebida carbonatada

PARÁMETRO	BEBIDA CARBONATADA DE CHOLUPA	NTC 2740:2022		CALIFICACIÓN
		Mínimo	Máximo	
°Brix (Sólidos solubles)	13 ± 0,2	-	14	Cumple
Volumen de carbonatación	3,2 ± 0,04	1,5	5	Cumple
pH	3,2 ± 0,1	2,3	3,5	Cumple
Acidez titulable (% ácido cítrico)	0,31 ± 0,07	-	0,5	Cumple

Nota: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los parámetros sobre los °Brix, pH, acidez y volumen de carbonatación, que da la norma NTC 2740:2022, se indica que todos los parámetros tienen establecidos valores mínimos y máximos. Los sólidos solubles tienen un máximo de hasta 14 °Brix, por lo que se puede afirmar que la bebida cumple satisfactoriamente con el requisito, ya que esta obtuvo una media de

$13 \pm 0,2$ °Brix, El pH tiene valores mínimos de 1,5 y máximos de 3,5, por ende la totalidad de los tratamientos cumplen con los valores mínimos y máximos, con una media de $3,2 \pm 0,1$, así mismo la acidez y el volumen de carbonatación con valores máximos de 0,5 y 5 respectivamente, cumplen con lo establecido en la normativa con una media de $0,31 \pm 0,07$ y $3,2 \pm 0,04$ respectivamente.

Conclusiones

Fue realizada la caracterización fisicoquímica de la pulpa de Cholupa producida en el corregimiento de Ulloa, resultando valores de 14.3 °Brix, 3.13 de pH, 1.52 de acidez y 1.02 de densidad. No obstante, la Resolución 3929 de 2013 no establece valores mínimos para la Cholupa; al respecto, se tomó como referencia la Maracuyá (*Passiflora edulis Sims*), debido a que sus valores mínimos y su sabor es la más semejante. Con base en esto, se deduce que no solo cumple con la normativa de calidad, sino que posee un nivel de dulzura y acidez moderada, y sus valores aún se encuentran en fase experimental.

Por otra parte, se ha identificado las principales variables, parámetros y operaciones necesarios para elaborar la bebida hipocalórica carbonatada a partir de pulpa de Cholupa edulcorada con Monk Fruit, como humedad, tiempo, pH y temperatura.

Asimismo, fue validado el proceso mediante la determinación de parámetros fisicoquímicos de calidad establecidos en la NTC 2740-2020, cumpliéndose con todos los parámetros que la normativa indica, con la finalidad de que la producción asegure la calidad del producto final.

El diseño experimental permitió elaborar diversas combinaciones de ingredientes hasta hallar la formulación óptima de la bebida hipocalórica carbonatada a partir de la Cholupa edulcorada con Monk Fruit. Al aplicar el método de superficie de respuesta, conllevó a facilitar la identificación de los porcentajes requeridos para la fórmula ideal; obteniéndose como resultado un porcentaje de 76.033% para agua, 11.820% de Monk Fruit y 11.946% de pulpa de Cholupa. A través de estas concentraciones se ha logrado una estabilidad y aceptación sensorial, asimismo, se destaca la relevancia de altas concentraciones de pulpa por cuanto se obtuvieron mejores calificaciones en el análisis sensorial respecto al color y sabor. En relación al edulcorante, resultó ser efectivo, debido a que proporcionó el dulzor deseado de la bebida sin agregar calorías.

El desarrollo de la bebida carbonatada a base de Cholupa responde a la actual demanda creciente de productos saludables, ofreciendo una alternativa innovadora que combina los beneficios nutricionales de la Cholupa con un exclusivo sabor y autóctono de la región, teniendo un alto potencial de reproductibilidad.

Por último, el proyecto presentado representa un paso significativo hacia la creación de una bebida hipocalórica carbonatada de alta calidad y seguridad alimentaria. Los resultados obtenidos generan una base sólida para investigaciones futuras y desarrollos en el campo de bebidas saludables y funcionales.

Recomendaciones

De acuerdo con los resultados y hallazgos obtenidos en el presente proyecto, a continuación, se destacan las siguientes recomendaciones:

1. Es recomendable realizar diversos estudios de estabilidad a largo plazo con la finalidad de conocer la conservación y durabilidad de la bebida en diversos ambientes de almacenamiento, a fin de establecer sus cambios físicos, microbiológicos y químicos del producto.
2. Se recomienda investigar la incorporación de otros ingredientes que optimicen las propiedades sensoriales y nutricionales de la bebida, tales como el agregado de frutas adicionales, hierbas o edulcorantes.
3. Es necesario comprender las preferencias de los consumidores en relación a la bebida desarrollada, para ello, se recomienda realizar estudios de mercado incluyendo la segmentación de mercado objetivo y canales de distribución apropiados.
4. Se recomienda optimizar constantemente el proceso productivo de la bebida elaborada, para garantizar la calidad del producto final. Para ello se debe evaluar continuamente los parámetros de procesamiento, implementar prácticas de manufacturas seguras y seleccionar equipos adecuados.
5. Se recomienda tomar en cuenta la normativa aplicable en relación al etiquetado, seguridad alimentaria antes de que la bebida sea comercializada.
6. Se recomienda darle continuidad en el desarrollo y comercialización de la bebida hipocalórica carbonatada a base de la cholupa, a fin de asegurar su calidad, seguridad y aceptación en el mercado.

Referencias Bibliográficas

- Asociación de Bebidas Refrescantes ANFABRA (2021). Historia de los refrescos. <https://www.refrescantes.es/historia/#:~:text=Inicios,tomar%20para%20paliar%20peque%C3%B1as%20afecciones>.
- Arroyo, S., & Torres, M. (2022). Ingesta de azúcar e índice de masa corporal, en niños del Distrito de Chilca, Huancayo en el año 2021. (Trabajo de grado, Universidad Peruana Los Andes). Huancayo, Perú. <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/3490/TESIS%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- B'graan (2022). Stevia Vs MonkFruit ¿Cuál elegir? <https://bgraan.com/blogs/noticias/stevia-vs-Monk-fruit-cual-elegir>
- Burgues, M. (2023). Temperatura: qué es y cuál es su importancia. Ok Diario. <https://okdiario.com/curiosidades/que-temperatura-4584859>
- Calleja, A., Pintor, B., Vidal, A., Villar, R., Urioste, A., Cano, I., & Ballesteros, M. (2015). Características técnicas de los productos alimentarios específicos para el paciente con disfagia. *Nutrición Hospitalaria*, 32(4), 1401-1407. <https://www.redalyc.org/pdf/3092/309243319001.pdf>
- Campos, J., Acosta, K., Moreno, C., & Paucar, L. (2023). Maracuyá (*Passiflora edulis*): composición nutricional, compuestos bioactivos, aprovechamiento de subproductos, biocontrol y fertilización orgánica en el cultivo. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 479-497. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v14n4/2077-9917-agro-14-04-479.pdf>
- Cardona, F. (2019). Actividad del agua en alimentos: concepto, medida y aplicaciones. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/121948/Cardona%20-%20ACTIVIDAD%20DEL%20AGUA%20EN%20ALIMENTOS%3A%20CONCEPTO%20C%20MEDIDA%20Y%20APLICACIONES.pdf>
- Carmona, J. (2015). Reología de dispersiones acuosas de Goma Xantana de prestaciones avanzadas. (Tesis de Grado, Universidad de Sevilla), Sevilla. <https://core.ac.uk/download/pdf/51396075.pdf>
- Castaños, E. (2016). Densidad: concepto y medida. Ciencia de Luz. <https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/2016/07/16/densidad-concepto-y-medida/>
- Cholupa del Huila | Croper.* (s. f.). Croper. <https://croper.com/products/9794-cholupa-del-huila>
- Cuenca, K. (2019). Estudio de mercado para la producción y comercialización de Néctar de Cholupa en el municipio de Neiva, Huila. (Trabajo de grado, Universidad Católica de Manizales), Neiva, Huila. <https://repositorio.ucm.edu.co/jspui/bitstream/10839/2609/1/Karol%20Tatiana%20Cuenc%20Marin.pdf>
- Durán, S., Córdón, K., & Rodríguez, M. (2013). Edulcorantes no nutritivos, riesgos, apetito y ganancia de peso. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(3), 309-314. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182013000300014
- Equipos y Laboratorios de Colombia (2011). Que son los °Brix. <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/que-son-los-grados-brix>

- Escoto, J., Martínez, B., Ramírez, N., Ramírez, H., Aguirre, J., & Valdés, R. (2021). Consumo crónico de edulcorantes en ratones y su efecto sobre el sistema inmunitario y la microbiota del intestino delgado. *Biomédica*, 41(3), 504-530. <https://www.redalyc.org/journal/843/84369108013/html/>
- Forero, F., & Vélez, C. (2013). Optimización de la concentración por evaporación osmótica del jugo de maracuyá. *Dyna*, 80(179), 90-98. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49627363011.pdf>
- Franco, M. (2021). Estrategias para la comercialización de una bebida a base de yuca (*Manihotesculenta*Krantz) en Bucaramanga y su área metropolitana. (Tesis de Grado, Universidad Santo Tomas), Bucaramanga. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/38733/2021FrancoMilton.pdf?sequence=1>
- García-Salcedo, R. y Martínez-Tomé, M. (1999). Composition of Fruits and Vegetables, Including Potatoes: Correlation Tables (Vol. 1). Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación, Madrid, Spain.
- Garrido, M. (2022). Monkfruit o fruta del monje ¿opción para endulzar nuestros alimentos? BEYOND TYPE 2. <https://es.beyondtype2.org/Monk-fruit/>
- Grandez Gil, G. (2008). Evaluación sensorial y fisicoquímica de néctares mixtos de frutas a diferentes proporciones [Tesis de grado, Universidad de Piura]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDEP_c97ff26cbe9373a6d4f7ff4f06debec4/Details
- Gómez, M. (2019). Desarrollo y caracterización fisicoquímica de una mermelada elaborada con Golupa (*Passiflora edulis* Sims). (Trabajo de Grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD), Tolima. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/30700>
- Gómez Payan, M. J., Romero López, R., Rodríguez Borbón, M. I., & Alvarado Iniesta, A. (2018). Mejora en la flexión del concreto hidráulico utilizando el diseño de experimentos con mezclas. *Cultura Científica Y Tecnológica*. <https://revistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/2205>
- Hanna Instruments (2017). Química en la fruta. <https://ww2.hannachile.com/blog/post/qu%C3%ADmica-en-la-fruta#:~:text=Los%20%C3%A1cidos%20m%C3%A1s%20importantes%20son,algunos%20microorganismos%20deteriorativos%20y%20pat%C3%B3genos.>
- Hanna Instruments (2022). ¿Qué es el PH? <https://www.hannacolombia.com/blog/post/447/ques-el-ph>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. Sexta Edición. México: Mc Graw Hill / Interamericana Editores, S.A. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Islas, K., Gutiérrez, A, Soto, A., & Aguillón, K. (2023). Bebidas Carbonatadas. (Tesis de Grado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo), México. <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n4/m2.html#:~:text=El%20refresco%20carbonatado%20es%20una,di%C3%B3xido%20de%20carbono%20y%20aditivos.>
- King, B. M., Arents, P., Bouter, N., Duineveld, C. A. A., Meyners, M., Schroff, S. I., & Soekhai, S. T.(2006). Sweetener/Sweetness-Induced Changes in Flavor Perception and Flavor Release of Fruity and Green Character in Beverages. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 54(7), 2671-2677. <https://doi.org/10.1021/jf060195f>
- Laboratorios Becar (2019). Actividad de agua. <http://laboratoriosbecar.com/blog-item31.html>

- Laz, M., Tuárez, M., Bermello, S. & Díaz, G. (2018). Evaluación fisicoquímica en jugo de maracuyá con diferentes concentraciones de hidrocoloides. *Revista Espamciencia para el Agro*, 10(1), 119-123. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7020078.pdf>
- Lázaro, I. (2017). °Brix en las frutas en conserva: ¿Qué miden? <https://www.lazayafruits.com/es/blog-de-frutas-en-conserva/grados-brix-en-las-frutas-en-conserva-que-miden/>
- Maldonado, M. & Moncayo, V. (2012). Elaboración de una bebida carbonatada de maracuyá. <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1431>
- Martínez, N. (2017). Evaluación de estabilizantes en una bebida alimenticia a partir de chontaduro. (Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo), Ecuador. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/acea90f6-ce97-42ff-9792-a21596f2fd96/content>
- Millan, L. (2021). Tan huilense como la cholupa. <https://aneiapre.uniandes.edu.co/tan-huilense-como-la-cholupa/>
- Montealegre, A., Suarez, J., & Tauta, J. (2019). El aprovechamiento de la cholupa en mixología molecular. (Trabajo de grado, Universidad Agustianiana). Bogotá. <http://bibliotecavirtualoducal.uc.cl:8081/handle/123456789/1548795>
- Montealegre, G. (2022). La cholupa, una gran oportunidad. *La Nación*. <https://www.lanacion.com.co/la-cholupa-una-gran-oportunidad/>
- Navas, S. & Roque, S. (2021). Factores que influyen en el consumo de bebidas carbonatadas y su relación con la obesidad en adolescentes de 10 a 19 años, en El Salvador, período 2009-2019. (Trabajo de grado, Universidad de El Salvador). Ciudad Universitaria, El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/26957/1/316-11106555.pdf>
- Nieto, M., Domínguez, M., Villar, M., Álvarez, Y., & Santacruz, S. (2018). Elaboración de un alimento para niños de 6 a 24 meses. *Revista Científica*, 28(2), 104-111. <https://www.redalyc.org/journal/959/95955158003/95955158003.pdf>
- Núñez, G. (2018). Pese a la guerra fría de las gaseosas, el Cóndor no está en vía de extinción. *Diario La Economía*. <https://diariolaeconomia.com/erase-una-vez/item/3694-pese-a-la-guerra-fria-de-las-gaseosas-el-condor-no-esta-en-via-de-extincion.html>
- Ocampo, J., Rodríguez, A., Puentes, A., & Molano, Z. (2020). El cultivo de la cholupa (*Passifloramaliformis* L.): una alternativa para la fruticultura colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 14(1), 32-43. https://www.researchgate.net/publication/286937451_El_cultivo_de_la_Cholupa_Passiflora_maliformis_L_Una_alternativa_para_la_fruticultura_colombiana
- Orús, A. (2022). Consumo per cápita de bebidas refrescantes a nivel mundial por país en 2021. STATISTA. <https://es.statista.com/previsiones/1292261/ventas-per-capita-en-el-mercado-de-refrescos-a-nivel-mundial-por-pais#:~:text=En%202021%2C%20Estados%20Unidos%20fue,segunda%20y%20tercera%20posici%C3%B3n%20respectivamente>
- Páez, M., Alvarino, G., & Cantero, P. (2014). Viscosidades y propiedades viscosimétricas de la Glicina en soluciones acuosas de Tiosulfato de Sodio Pentahidratado a diferentes temperaturas. *Dyna*, 81(186), 218-225. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49631663029.pdf>

- Parra, M., & Valencia, J. (2022). Efecto de los diferentes métodos de concentración sobre los atributos de calidad del concentrado de jugo de cholupa (*Passifloramaliformis* L.) Revista Tecnoacademia SENA, 6(1); 62-67. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/conciencia/article/view/3907>
- Pérez, A., Suárez, J., & Tauta, J. (2017). Aprovechamiento de la cholupa en mixología molecular. (Trabajo de grado, Universitaria Agustiniiana), Bogotá, D.C. <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/308/MontealegrePerez-Adriana-2018.pdf;jsessionid=3B280466AAF311B7AF78C8B84DA0BA0A?sequence=1>
- Región Administrativa y de Planeación Especial, RAP-E Región Central (2023). Cholupa del Huila: la fruta multifacética que busca más consumidores. <https://regioncentralrape.gov.co/cholupa-del-huila-la-fruta-multifacetica-que-busca-mas-consumidores/#:~:text=El%20fruto%20cae%20despu%C3%A9s%20de,producto%20%C3%BAnico%20en%20el%20mundo.>
- Reyna, S. (2020). Cuando el refresco era medicina: la historia de la industria refresquera. METALBOSS. <https://www.metalboss.com.mx/cuando-el-refresco-era-medicina-la-historia-de-la-industria-refresquera>
- Rincón, A. (2022). Fruta de monje: de la tradición ancestral china hasta nuestros días. HSNBLOG. <https://www.hsnstore.com/blog/nutricion/plantas/fruta-de-monje/>
- Rodríguez, L. (2018). La cholupa, fruta exótica que usted debe consumir. Caracol Radio. https://caracol.com.co/programa/2018/10/14/al_campo/1539475886_015187.html
- Ron, N. (2021). Relación entre la ingesta dietética y el consumo de alimentos de alta densidad calórica con el estado nutricional de los trabajadores administrativos de la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas de Quito en abril - mayo 2021. (Trabajo de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador). Quito.
- Ruiz, N. (2010). Elaboración de una bebida a base de quitosano y extracto de Jamaica Rosa (*Hibiscus sabdariffa*). (Tesis de grado, Universidad Veracruzana Instituto de Ciencias Básicas). Xalapa, Veracruz. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46783/RuizFigueroaEvangelinea.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Ruiz, M., Bustamante, M., Corcuera, Á., Guere, E., & Osore, C. (2018). Diseño del proceso productivo de una bebida energética y nutritiva a base de cereales andinos y frutas en la ciudad de Piura (Trabajo de grado, Universidad de Piura). Piura. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3839/PYT_Informe_Final_Proyecto_BEBIDAENERGETICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sabogal, A., Chávez, J., Oliveros, D., Murillo, E., & Méndez, J. (2016). Funcionalidades biológicas de *Passifloramaliformis* del Sur Macizo colombiano. *Bioagro*, 28(1), 3-12. <https://www.redalyc.org/pdf/857/85744678001.pdf>
- StepHens, N., Valdez, S., Lastra, G., & Félix, L. (2018). Consumo de edulcorantes no nutritivos: efectos a nivel celular y metabólico. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 20(2), 185-202. <http://www.scielo.org.co/pdf/penh/v20n2/0124-4108-penh-20-02-00185.pdf>
- Tinoco, L. K. (2016). EFECTO DE LA TEMPERATURA Y CONCENTRACIÓN EN EL PERFIL REOLÓGICO DE LA PULPA DE MELÓN (*cucumis melo*) [Tesis de ingeniería agroindustrial, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1966/Tinoco%20Oscanoa.>

[pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20todas%20las%20muestras%20la,con%20el%20incremento%20de%20concentraci%C3%B3n](#)

Química.ES (2023). Acidez. <https://www.quimica.es/enciclopedia/Acidez.html>

VIDALIA (2021). La guía básica de edulcorantes: Eritritol, Stevia y Fruto del Monje. <https://www.vidalia.com.co/alimentacion-cat/guia-basica-de-edulcorantes/>

Zita, A. (2021). Densidad. <https://www.todamateria.com/densidad/>

Zschimmer &Schwarz (2023). ¿Qué es la viscosidad de un fluido y cómo se mide? <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-es-la-viscosidad-de-un-fluido-y-como-se-mide/#:~:text=La%20viscosidad%20de%20un%20fluido%20se%20refiere%20a%20la%20resistencia,interna%20para%20resistir%20el%20flujo.>