



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE UNA BEBIDA VEGETAL DE
BETERRAGA (*Beta vulgaris*), QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y STEVIA
(*Stevia rebaudiana*) MEDIANTE PRUEBAS ACELERADAS

Línea de investigación:
Competitividad industrial, diversificación productiva y prospectiva

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autora

Reyes Calderon, Yoselin Sussan

Asesor

Quispe Prado, Wilber

ORCID: 0000-0003-2452-3669

Jurado

Geldres Benites, Zonia Gudelia

Ccasani Allende, Julián

Huiman Sandoval, José Alberto

Lima - Perú

2026

DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE UNA BEBIDA VEGETAL DE BETERRAGA (Beta vulgaris), QUINUA (Chenopodium quinoa) Y STEVIA (Stevia rebaudiana) MEDIANTE PRUEBAS ACELERADAS.

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

2

Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal

Trabajo del estudiante

1%

3

apirepositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1%

5

dokumen.pub

Fuente de Internet

<1%

6

1library.co

Fuente de Internet

<1%

7

qdoc.tips

Fuente de Internet

<1%

8

worldwidescience.org

Fuente de Internet

<1%

9

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1%

10

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1%



FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE UNA BEBIDA VEGETAL DE BETERRAGA

(Beta vulgaris), QUINUA *(Chenopodium quinoa)* Y STEVIA *(Stevia rebaudiana)*

MEDIANTE PRUEBAS ACELERADAS.

Línea de Investigación:

Competitividad industrial, diversificación productiva y prospectiva

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autora

Reyes Calderon, Yoselin Sussan

Asesor

Quispe Prado, Wilber

ORCID: 0000-0003-2452-3669

Jurado

Geldres Benites, Zonia Gudelia

Ccasani Allende, Julián

Huiman Sandoval, José Alberto

Lima – Perú

2026

Dedicatoria

Dedico este logro a Dios por ser mi guía, a mis
padres por ser el cimiento de mis metas y
objetivos, a mis maestros por inculcarme con
sabiduría y amigos que me alentaron a seguir
adelante. Sin su apoyo y confianza, este camino no
habría sido el mismo.

Agradecimiento

Agradezco a mis padres por la vida y la educación, a mi abuelo que me guía desde el cielo, a mi asesor por su paciencia, y a mis amigos quienes con su compañía transformaron horas de estudio en recuerdos inolvidables.

INDICE

Resumen.....	1
Abstract.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Descripción y formulación del problema.....	3
1.1.1. <i>Problema general</i>	4
1.1.2. <i>Problemas específicos</i>	4
1.2. Antecedentes	5
1.2.1. <i>Internacionales</i>	5
1.2.2. <i>Nacionales</i>	8
1.3. Objetivos.....	10
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	10
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	10
1.4. Justificación	10
1.5. Hipótesis	12
1.5.1. <i>Hipótesis general</i>	12
1.5.2. <i>Hipótesis específicas</i>	12
II. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Bebidas de vegetales	13
2.2. Beterraga	13
2.2.1. <i>Taxomia</i>	14
2.2.2. <i>Contenido proximal</i>	14
2.2.3. <i>Usos en alimentos</i>	15
2.3. Quinoa <i>Chenopodium quinoa</i>	16

2.3.1.	<i>Taxonomía</i>	16
2.3.2.	<i>Contenido proximal</i>	16
2.3.3.	<i>Usos en alimentos</i>	17
2.4.	<i>Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni)</i>	18
2.4.1.	<i>Taxonomía</i>	18
2.4.2.	<i>Contenido Proximal</i>	19
2.4.3.	<i>Usos en alimentos</i>	19
2.5.	<i>Cuánto duran los alimentos y las bebidas</i>	21
2.5.1.	<i>Pruebas aceleradas de vida útil (ASLT)</i>	21
2.6.	<i>Modelos cinéticos en ASLT: Arrhenius y criterio Q10</i>	22
2.6.1.	<i>Selección de indicadores críticos en vida útil de bebidas funcionales</i>	22
2.6.2.	<i>Betarraga (Beta vulgaris): betalainas, estabilidad y deterioro</i>	23
2.7.	<i>Quinoa (Chenopodium quinoa)</i>	23
2.7.1.	<i>Retos tecnológicos y estabilidad en bebidas vegetales</i>	23
III.	MÉTODO	25
3.1.	Tipo de investigación	25
3.2.	Ámbito temporal y espacial	25
3.3.	Variables	25
3.3.1.	<i>Variable independiente (VI)</i>	25
3.3.2.	<i>Variable dependiente (VD)</i>	25
3.4.	Población y muestra	25
3.4.1.	<i>Población</i>	25
3.4.2.	<i>Muestra</i>	26
3.4.3.	<i>Tipo de muestreo</i>	26
3.5.	Instrumentos	26

3.5.1. Equipos	26
3.5.2. Análisis fisicoquímicos	27
3.5.3. Análisis microbiológico	28
3.5.4. Análisis sensorial de la bebida vegetal.....	29
3.6. Procedimientos.....	30
3.6.1. Preparación de las materias primas.....	30
3.6.2. Descripción del proceso	31
3.6.3. Definición del diseño estadístico para la bebida vegetal.....	32
3.6.4. Análisis de vida útil.....	34
3.6.5. Ecuación de Gompertz.....	35
3.7. Análisis de datos	35
3.8. Consideraciones éticas	36
IV. RESULTADOS	37
4.1. Resultado del Análisis fisicoquímico de las materias primas	37
4.2. Determinación de la formulación optima de la bebida vegetal.....	37
4.2.1. Aceptabilidad general.....	37
4.2.2. Color.....	43
4.2.3. Olor.....	48
4.2.4. Sabor.....	52
4.2.5. Textura.....	56
4.3. Resultado de la formulación óptima de la bebida vegetal	62
4.4. Análisis fisicoquímico de la bebida optimizada	63
4.5. Análisis microbiológico de la bebida optimizada	65
4.6. Resultados del análisis microbiológico mediante el modelo de Gompertz	66
4.6.1. Modelo Gompertz para el crecimiento microbiano a 4 °C	67

4.6.2. Modelo Gompertz para el crecimiento microbiano a 20 °C	67
4.6.3. Modelo Gompertz para el crecimiento microbiano a temperatura 30°C.....	68
4.7. Contrastación de la hipótesis general.....	72
4.7.1. Resultado	72
4.7.2. Decisión	72
4.8. Hipótesis específicas 1	72
4.8.1. Resultados.....	72
4.8.2. Decisión	73
4.9. Hipótesis específicas 2	73
4.9.1. Resultados.....	73
4.9.2. Decisión	73
4.10. Hipótesis específicas 3	73
4.10.1. Resultados.....	74
4.10.2. Decisión	74
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	75
5.1. Características fisicoquímicas de las materias primas	75
5.2. Formulación óptima y atributos sensoriales	75
5.3. Estabilidad microbiológica y vida útil	77
5.4. Implicaciones tecnológicas y comparación con antecedentes	78
5.5. Limitaciones y perspectivas	78
VI. CONCLUSIONES	80
VII. RECOMENDACIONES	82
VIII. REFERENCIAS	83
IX ANEXOS	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Métodos de análisis microbiológico	28
Tabla 2. Restricción de la mezcla para la elaboración de la bebida vegetal	32
Tabla 3. Diseño estadístico para los componentes de la bebida vegetal.....	33
Tabla 4. Resultados del análisis fisicoquímico de las materias primas	37
Tabla 5. Resultado de la aceptabilidad general de la bebida vegetal.....	38
Tabla 6. ANOVA para los modelos matemáticos aplicados a la variable aceptabilidad de la bebida vegetal	39
Tabla 7. ANOVA para el modelo cuadrático para el análisis de la variable aceptabilidad general.....	40
Tabla 8. Coeficientes en términos de factores codificados para el modelo cuadrático para aceptabilidad general	40
Tabla 9. Resultado del atributo color de la bebida vegetal	43
Tabla 10. ANOVA para los modelos matemáticos aplicados al atributo color de la bebida vegetal.....	44
Tabla 11. Coeficientes en términos de factores codificados para el modelo cuadrático para el atributo color.....	45
Tabla 12. Resultado del atributo olor de la bebida vegetal.....	48
Tabla 13. ANOVA para los modelos matemáticos aplicados al atributo olor de la bebida vegetal	49
Tabla 14. Coeficientes en términos de factores codificados para el modelo cuadrático para el atributo olor.....	50
Tabla 15. Resultado del atributo sabor de la bebida vegetal.....	52
Tabla 16. ANOVA para los modelos matemáticos aplicados al atributo sabor de la bebida vegetal.....	53

Tabla 17. Coeficientes en términos de factores codificados para el modelo cuadrático para el atributo sabor	54
Tabla 18. Resultado del atributo textura de la bebida vegetal	56
Tabla 19. ANOVA para los modelos matemáticos aplicados al atributo textura de la bebida vegetal	58
Tabla 20. Coeficientes en términos de factores codificados para el modelo cuadrático para el atributo textura	59
Tabla 21. Valores asignados a las variables para la formulación optima de la bebida vegetal	62
Tabla 22. Resultado del análisis fisicoquímico de la bebida optimizada	64
Tabla 23. Resultados del análisis microbiológico de la bebida vegetal.....	65
Tabla 24. Recuento microbiano de la bebida vegetal optimizada y almacenado	66
Tabla 25. Parámetros del modelo Gompertz para diferentes temperaturas	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de elaboración de extracto de beterraga.....	30
Figura 2. Diagrama de flujo de preparación de materia prima para la bebida vegetal.....	31
Figura 3. Diagrama de flujo experimental de la elaboración de la bebida vegetal	34
Figura 4. Trazos COX para aceptabilidad general de la bebida vegetal	42
Figura 5. Trazos COX para atributo color de la bebida vegetal.....	47
Figura 6. Trazos COX para atributo olor de la bebida vegetal	52
Figura 7. Trazos COX para atributo sabor de la bebida vegetal	56
Figura 8. Trazos COX para atributo textura de la bebida vegetal.....	61
Figura 9. Grafica de valores optimizados de la bebida vegetal.....	63
Figura 10. Ajuste del modelo de Gompertz para almacenamiento a 4°C	67
Figura 11. Ajuste del modelo de Gompertz para almacenamiento a 20°C	68
Figura 12. Ajuste del modelo Gompertz a temperatura a 30°C	68
Figura 13. Grafica del $\ln(u_{max})$ y la inversa de la temperatura	70

Resumen

La presente investigación tuvo como **objetivo:** determinar la vida útil de una bebida a base de beterraga (*Beta vulgaris*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y stevia (*Stevia rebaudiana*) mediante pruebas aceleradas. **Metodo:** el estudio fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y nivel experimental. Se evaluaron las características fisicoquímicas de las materias primas, la calidad microbiológica de la bebida y la formulación óptima mediante un diseño de mezclas. La aceptabilidad sensorial se analizó considerando color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general. Asimismo, la vida útil microbiológica se estimó mediante el modelo de Gompertz y la ecuación de Arrhenius, bajo diferentes temperaturas de almacenamiento. **Resultados:** mostraron que las materias primas presentaron características adecuadas para la elaboración de la bebida. La formulación óptima estuvo constituida por 30% de extracto de beterraga, 69.93% de quinua y 0.07% de stevia, alcanzando una aceptabilidad general de 4.98 y una textura de 4.63 en escala hedónica de 5 puntos. La bebida optimizada presentó 12.5 °Brix, pH 3.9, 0.52% de acidez, 1.4% de proteína y 7.3% de fibra. En el análisis microbiológico se obtuvo ausencia de coliformes totales, coliformes fecales y *Staphylococcus aureus*, con recuentos de mohos y levaduras dentro de los límites permitidos. **Conclusión:** que la bebida fue fisicoquímica, sensorial y microbiológicamente adecuada, estimándose una vida útil de 12 días a 23 °C.

Palabras claves: beterraga, quinua, stevia, vida útil, bebida vegetal, modelo de Gompertz.

Abstract

The **objective:** of this research was to determine the shelf life of a beverage based on beet (*Beta vulgaris*), quinoa (*Chenopodium quinoa*), and stevia (*Stevia rebaudiana*) thru accelerated tests.

Method: the study had a quantitative approach, was applied in nature, and was at an experimental level. The physicochemical characteristics of the raw materials, the microbiological quality of the beverage, and the optimal formulation were evaluated using a mixture design. Sensory acceptability was analyzed considering color, odor, flavor, texture, and overall acceptability. Likewise, the microbiological shelf life was estimated using the Gompertz model and the Arrhenius equation, under different storage temperatures. **Results:** showed that the raw materials had suitable characteristics for the preparation of the beverage. The optimal formulation consisted of 30% beet extract, 69.93% quinoa, and 0.07% stevia, achieving a general acceptability of 4.98 and a texture of 4.63 on a 5-point hedonic scale. The optimized beverage presented 12.5 °Brix, pH 3.9, 0.52% acidity, 1.4% protein, and 7.3% fiber. In the microbiological analysis, the absence of total coliforms, fecal coliforms, and *Staphylococcus aureus* was found, with mold and yeast counts within the permitted limits. **Conclusion:** the beverage was physicochemical, sensory, and microbiologically adequate, with an estimated shelf life of 12 days at 23 °C.

Keywords: beet, quinoa, stevia, shelf life, plant-based beverage, Gompertz model.

I INTRODUCCIÓN

El sector alimentario ha ideado nuevas ideas porque la gente quiere alimentos y bebidas saludables que se adapten a sus necesidades. Las bebidas funcionales elaboradas con ingredientes ricos en nutrientes se están volviendo más populares en todo el mundo (Bigliardi y Galati, 2013). La remolacha (*Beta vulgaris*) es una fuente importante de betalaínas, compuestos químicos antioxidantes que pueden mejorar la salud cardiovascular y cognitiva (Rodríguez et al., 2019). La quinua (*Chenopodium quinoa*) es reconocida como un pseudocereal nutricionalmente completo, que contiene todos los aminoácidos esenciales y compuestos fenólicos con características antioxidantes (Abugoch, 2009; Repo-Carrasco et al., 2010). La stevia (*Stevia rebaudiana*) se ha establecido como un edulcorante natural bajo en calorías, sirviendo como alternativa a los azúcares tradicionales y a los edulcorantes artificiales (Chatsudthipong y Muanprasat, 2009). Estos tres ingredientes funcionan bien juntos en una receta de bebida, ya que todos son buenos para ti, pero son difíciles de mantener estables y seguros. La vida útil es un factor importante en la elaboración de productos alimenticios. Es el tiempo que un alimento permanece seguro, bueno y libre de sustancias nocivas cuando se almacena de ciertas maneras (Zhou et al., 2011). Las pruebas aceleradas son un procedimiento científico que utiliza circunstancias de estrés (altas temperaturas, luz) para simular cómo envejecen las cosas en tiempo real. Esto permite determinar rápidamente cuánto durará un producto sin afectar la calidad de los resultados (Fu y Labuza, 1993). El objetivo de este estudio es determinar la vida útil de la bebida propuesta mediante pruebas aceleradas, evaluando las variaciones en los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, para garantizar que el producto conserve sus atributos de calidad durante su presencia en el mercado.

1.1 Descripción y formulación del problema

Existe una creciente necesidad de bebidas funcionales que mezclen ingredientes naturales con alto valor nutricional y beneficios para la salud (Vaya y Mahmood, 2006). No

obstante, crear bebidas que combinen varios ingredientes bioactivos, como remolacha, quinua y estevia, es muy difícil porque son difíciles de mantener estables y frescas durante el almacenamiento (Kalt et al., 2020).

La remolacha (*Beta vulgaris*) contiene betalainas y polifenoles que pueden descomponerse fácilmente cuando se exponen a cosas como el calor, la luz y el oxígeno (Cortés et al., 2021). La quinua (*Chenopodium quinoa*) también contiene compuestos fenólicos y saponinas, pero aún no sabemos qué tan estables son cuando se almacenan en bebidas mixtas (Im et al., 2008). La estevia (*Stevia rebaudiana*) también puede modificar su perfil sensorial y químico cuando está sometida a mucho estrés durante mucho tiempo.

Hay investigaciones independientes sobre la estabilidad de cada uno de estos ingredientes por separado, pero no hay muchos estudios que analicen cómo funcionan juntos en una bebida nueva. La mayoría de los estudios sobre la vida útil de los productos se centran en bebidas tradicionales o componentes individuales, lo que deja una laguna en nuestra comprensión de los nuevos productos con fórmulas complicadas (Singh y Anderson, 2004).

Es importante determinar la vida útil de un producto mediante pruebas aceleradas para que se mantenga seguro, de buena calidad y libre de bacterias dañinas durante la distribución y venta (Steffe y Singh, 2004). Las pruebas aceleradas son una forma rápida de obtener resultados válidos en semanas en lugar de meses, lo que es mucho más rápido que las pruebas de envejecimiento natural (Wanjiru, 2020).

1.1.1 Problema general

¿Cuál será la vida útil de una bebida a base de beterraga (*beta vulgaris*), quinua (*chenopodium quinoa*) y Stevia (*Stevia rebaudiana*) mediante pruebas aceleradas?

1.1.2 Problemas específicos

- ¿Cuál será las características fisicoquímico de la materia prima para la elaboración de

una bebida a base de beterraga (*beta vulgaris*), quinua (*chenopodium quinoa*) y Stevia (*Stevia rebaudiana*)?

- ¿Cuál es la calidad microbiológica de la bebida a base de beterraga (*beta vulgaris*), quinua (*chenopodium quinoa*) y Stevia (*Stevia rebaudiana*)?
- ¿Cuál es la formulación optima de una bebida a base de beterraga (*beta vulgaris*), quinua (*chenopodium quinoa*) y Stevia (*Stevia rebaudiana*)?
- ¿Cuál es la vida útil de la bebida a base de beterraga (*beta vulgaris*), quinua (*chenopodium quinoa*) y Stevia (*Stevia rebaudiana*) de la formulación optima?

1.2 Antecedentes

1.2.1 Internacionales

Muniandy et al. (2023) examinaron los efectos de la combinación de presión de oxígeno y temperatura en la degradación de productos no perecederos. Investigaron cómo se pierden las vitaminas y construyeron un modelo para describir cómo sucede esto. Utilizaron una comida estable con vitaminas A, B1, C y D3 añadidas como muestra para ver cómo estos elementos afectaban la calidad de los alimentos estables en envases de PET. Llenaron botellas de PET con esta comida de prueba y las sometieron a una prueba llamada prueba de vida útil ultraacelerada (UASLT), que implicó alta presión de oxígeno puro (138 kPa) y una temperatura de 40 °C. Comparamos los resultados de este procedimiento con muestras que habían sido sometidas a una prueba de vida útil acelerada (ASLT) a 40 °C y a condiciones de control normales a 22,5 °C, ambas a presión atmosférica. En solo 50 días, el método UASLT indujo una rápida disminución de las vitaminas A, C y D3, con pérdidas del $27.1 \pm 1.9\%$, $35.8 \pm 1.0\%$ y $35.4 \pm 0.7\%$, respectivamente. Hubo una disminución del $25.1 \pm 1.5\%$ en las vitaminas A, C y D3. A lo largo de 210 días, las vitaminas A, C y D3 disminuyeron en un $14.9 \pm 5.0\%$, $13.8 \pm 2.2\%$ y $10.6 \pm 0.8\%$, respectivamente. En las muestras de UASLT, los niveles de oscurecimiento (Δ) aumentaron hasta 11.67 ± 0.09 ; en las muestras de ASLT, aumentaron hasta

$7,49 \pm 0,19$; y en las muestras de control, aumentaron hasta $2,51 \pm 0,11$. La vitamina B1 se descompuso de la misma manera en todas las situaciones. Las vitaminas y el cambio de color se descompusieron más rápido en presencia de oxígeno porque el oxígeno entró muy rápidamente. Un modelo que integró el transporte de oxígeno y la descomposición de vitaminas al mismo tiempo explicó eficazmente los resultados del tratamiento UASLT. Las tasas de respuesta para las vitaminas C, D3 y A fueron 0.686 , 0.631 y $0.422 \text{ M}^{-1} \text{ día}^{-1}$, en ese orden.

Khasanov y Matveeva (2020a) llevaron a cabo un estudio para determinar la duración de la conservación de una bebida nutricional a base de plantas. Para ello, utilizaron un método acelerado basado en la ley de Arrhenius para estimar cuánto durará. Vigilaban de cerca la cantidad de antocianinas, que son los químicos buenos de la bebida. El experimento principal se llevó a cabo a 50°C , y una muestra de referencia se almacenó a 20°C . La cantidad de antocianinas se midió cada tres o cuatro días. Vieron que después de 14 días, la cantidad de antocianinas había disminuido en un 55% desde donde comenzó. Entonces, según estos cálculos y la ecuación de Arrhenius, la bebida durará 3.7 meses.

Haouet et al. (2019) validaron la eficacia de una prueba rápida de vida útil para alimentos perecederos con longevidad limitada, ejemplificada por un plato de diseño reciente compuesto por cereales, atún y pollo, contenido en bandejas selladas y sometido a pasteurización. Mantuvieron diferentes partes de este producto a temperaturas más altas de lo normal y las revisaron de vez en cuando para ver cómo olían, sabían y cuánta TVB-N y pH tenían. Calculó la energía de activación y Q_{13} . Esto les ayudó a estimar cuánto tiempo sobreviviría el producto a la temperatura sugerida de 4°C . Descubrieron que el producto solo duraba 26 días, no los 30 días que el fabricante pensaba que duraría. Esto demuestra que las pruebas aceleradas de vida útil son una buena manera de evaluar productos que no duran mucho, ahorrando tiempo y dinero.

Sánchez et al. (2015) examinaron la degradación de betacianinas, betaxantinas y

vitamina C en una bebida de remolacha con miel a temperaturas de 30, 40 y 50 grados Celsius. Utilizaron el modelo de Arrhenius y los modelos cinéticos de orden cero, primero y segundo para averiguar cómo afecta la temperatura a la velocidad de esta degradación. Descubrieron que los tres compuestos sufrieron desintegración según la cinética de primer orden en todas las temperaturas investigadas, demostrando una precisión significativa ($R^2 = 0.974; 0.98; 0.979$). Llegaron a la conclusión de que las betacianinas y la vitamina C reaccionan al calor de la misma manera, pero las betaxantinas son más robustas. Calculan las energías de activación y los valores Q10 para ver cómo la temperatura afecta la velocidad de degradación. Esto demostró que las betaxantinas son más estables en la bebida de remolacha y miel que las betacianinas y la vitamina C. Maldonado et al. (2018) desarrollaron una bebida fermentada utilizando extracto de quinua germinada, tratada con bacterias de yogur estándar (*S. thermophilus* y *L. bulgaricus*) y bacterias beneficiosas (*Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium*). Investigaron dos cosas: la cantidad de goma xantana (0.30%, 0.40% y 0.50%) y la proporción de azúcar a fructosa (90:10, 70:30 y 50:50). Verificaron la acidez, el pH, el grosor y qué tan bien se separaban las capas. El estudio empleó un diseño experimental aleatorizado, análisis ANOVA y la prueba de Tukey con un 95% de confianza. Descubrieron que la mezcla óptima consistía en un 0,50% de goma xantana y una proporción de azúcar a fructosa de 90:10. A las personas que lo bebieron también les gustó, dándole una puntuación media de sabor de 3,23 sobre 5. La bebida de quinua fermentada contenía 9 gramos de proteína por cada 200 gramos y se mantuvo excelente durante unos 70 días a 4 °C. Este producto podría sustituir al yogur de leche de vaca y a las bebidas de soja fermentadas.

Casas Forero et al. (2016) examinaron el impacto del malteado de quinua en la formulación y estabilidad de una bebida de quinua y mango. El estudio constó de dos fases: inicialmente, se evaluaron las proporciones de quinua a mango (28.5:71.5, 37.1:62.9, 42.8:57.2) utilizando quinua malteada y sin maltear, evaluando el pH, la acidez, los grados

Brix, el color, el porcentaje de proteína y la aceptación pública. En la segunda etapa, analizaron cuánto tiempo se mantenía fresco el mejor trago de la primera etapa manteniéndolo a 4 °C durante 20 días. Los resultados de la primera etapa mostraron que el malteado hace que la bebida tenga mejor sabor y aspecto. La mezcla de quinua y mango en proporción 42.8:57.2 cambió menos en las características evaluadas. La bebida seleccionada se mantuvo estable durante 20 días en almacenamiento para el segundo paso. Esto demuestra que añadir quinoa a las bebidas es una idea inteligente, lo que podría ayudar a las personas a comer más quinoa y apoyar a quienes la cultivan.

Yildiz y Karhan (2021) utilizaron filtros de 100 kDa y 5 kDa para generar extractos de Stevia más fuertes que eliminaron el sabor a pasto y la amargura. La gente probó las bebidas que se hicieron con los extractos concentrados. Después de filtrar el líquido concentrado con un filtro de 5 kDa, se evaluó su dulzura. Esto se usaba para hacer jugos y bebidas con variadas cantidades de calorías, y se estudiaron sus propiedades. Durante la prueba de degustación de jugos, se tomaron muestras de saliva de los sujetos en momentos específicos. Se observó que la concentración de edulcorantes de Stevia en la saliva fluctuaba con el tiempo. Así que era factible averiguar cuánto tiempo permanecían estos edulcorantes en la lengua. En conclusión, se observó que los extractos completos de Stevia se utilizan eficazmente en los productos, y el rebaudiósido A permaneció en la cavidad oral más tiempo que el esteviósido después del consumo.

1.2.2 Nacionales

Gamboa y Gamboa (2025) elaboraron y probaron un yogur probiótico que contenía remolacha, arándanos y Stevia como edulcorante. Primero examinaron las cualidades físicas y químicas de los componentes primarios (remolacha, arándano, leche y Stevia). F8 (45% remolacha, 45% arándano y 10% Stevia) fue la mejor de las diez mezclas debido a sus propiedades físicas (pH 4.43, acidez 0.84%, 11.58 brix) y su valor nutricional (3.15 g de grasa,

7.56 g de carbohidratos y 85.82 mg de calcio por 100 g). Las personas que lo probaron dijeron que F8 fue cálidamente aceptado. Las pruebas microbianas no identificaron coliformes ni hongos, pero había algunas levaduras adicionales debido a las frutas. Las bacterias probióticas (*L. bulgaricus* y *S. thermophilus*) prosperaron, lo que indica que este yogur es una opción segura, natural, beneficiosa y nutritiva.

Huaranga y Lozano (2024) examinaron los antioxidantes fenólicos, la fibra, las cenizas y los niveles de acidez en el jugo de remolacha (*Beta vulgaris L.*) y el jugo de manzana (*Malus domestica*) mediante un método de infusión alcohólica. Los jugos de remolacha tienen más antioxidantes fenólicos (350.83–367.26 mg de ácido gálico/100 g), fibra (2.49–3.02%) y cenizas (1.20–1.81%) que los jugos de manzana (278.49 mg de ácido gálico/100 g, 1.88–1.90%, 0.66–0.95% respectivamente). La acidez de la remolacha estuvo entre 3.29 y 3.95, y la acidez de la manzana estuvo entre 3.18 y 3.76.

Chuquizuta y Góngora (2014) investigaron cómo diferentes volúmenes de extracto de remolacha y jarabe de yacón cambiaban una bebida de menta saludable. Tomaron medidas de las raíces de ambas fuentes y elaboraron jarabe de yacón en concentraciones del 5%, 10% y 15%, utilizando mezclas variadas de pulpa y agua (1:1, 1:3 y 1:5). Analizaron las características físicas y químicas de la bebida, como su acidez, dulzura, pH, espesor y contenido de vitamina C, así como sus propiedades sensoriales, como su apariencia, olor y sabor. Los mejores resultados en pH, °Brix y acidez se observaron en los tratamientos T1, T4 y T5. T5 fue el más denso, y T1 tuvo más vitamina C. Probamos los tratamientos T1 y T2 a diferentes temperaturas y durante un máximo de 90 días para ver cuánto durarían. T2 fue elegido para ser probado por sus constituyentes activos y pasó los criterios de la NTC 5839. Las pruebas microbiológicas salieron bien. Se encontró que la mejor cantidad era el 10% de jarabe de yacón (con una proporción de pulpa a agua de 1:1), lo que le daba a la comida un sabor muy bueno y un auténtico gusto a remolacha, yacón y menta.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar la vida útil de una bebida a base de beterraga (*beta vulgaris*), quinua (*chenopodium quinoa*) y Stevia (*Stevia rebaudiana*) mediante pruebas aceleradas

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las características físicoquímico de la materia prima para la elaboración de una bebida a base de beterraga (*beta vulgaris*), quinua (*chenopodium quinoa*) y Stevia (*Stevia rebaudiana*).
- Determinar la calidad microbiológica de la bebida a base de beterraga (*beta vulgaris*), quinua (*chenopodium quinoa*) y Stevia (*Stevia rebaudiana*).
- Determinar la formulación óptima de una bebida a base de beterraga (*beta vulgaris*), quinua (*chenopodium quinoa*) y Stevia (*Stevia rebaudiana*)
- Determinar la vida útil de la bebida a base de beterraga (*beta vulgaris*), quinua (*chenopodium quinoa*) y Stevia (*Stevia rebaudiana*) de la formulación óptima.

1.4 Justificación

Este estudio es necesario porque una bebida hecha con remolacha (*Beta vulgaris*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y estevia (*Stevia rebaudiana*) tiene una estructura complicada que puede cambiar su calidad durante el almacenamiento, lo que puede afectar su seguridad, funcionalidad y aceptabilidad. La remolacha contiene betalaínas, que son responsables del color y parte de la capacidad antioxidante. Su degradación durante el almacenamiento puede describirse mediante cinética, y su sensibilidad hace que sea importante evaluar su estabilidad para definir técnicamente la vida útil (Duyar et al., 2024).

La quinua puede ser difícil de mantener estable debido a su composición (proteínas, sólidos en suspensión), lo que puede provocar sedimentación o separación de fases y cambios en el pH/acidez que deben controlarse para garantizar que el producto sea siempre el mismo.

Además, si bien el uso de Stevia es bueno para reducir el azúcar, es necesario verificarlo en la formulación final, ya que la investigación muestra que la estabilidad de los glucósidos de esteviol depende del pH y la temperatura, que son variables comunes en las pruebas de almacenamiento y aceleradas (Haouet et al., 2019).

En este contexto, determinar la vida útil mediante pruebas aceleradas (ASLT) está justificado, ya que facilita la estimación de la durabilidad en un plazo más corto en comparación con los estudios en tiempo real, lo cual es crucial durante el desarrollo del producto. La literatura indica que las metodologías aceleradas pueden reducir significativamente la duración necesaria para establecer una fecha de durabilidad y tomar decisiones de desarrollo (Haouet et al., 2019).

Además, en las bebidas funcionales, se afirma que la aplicación de pruebas de vida útil acelerada (ASLT), respaldada por modelos como el de Arrhenius, predice la vida útil basándose en indicadores de calidad evaluados a diversas temperaturas de almacenamiento, validando así la metodología para esta categoría de producto (Khasanov y Matveeva, 2020b).

Las ventajas de realizar esta investigación son tanto científicas como prácticas: facilitará el establecimiento de una vida útil basada en datos empíricos, en lugar de una simple estimación, e identificará las variables que comprometen primero la calidad, como la degradación del pigmento/color, las fluctuaciones de pH/acidez, la estabilidad física y los estándares microbiológicos. Además, generará evidencia para optimizar la formulación, los procesos y el envasado; también mitigará el riesgo de lanzar un producto cuya calidad se deteriore antes de la fecha especificada, reduciendo así las devoluciones y las pérdidas, y agilizando la toma de decisiones industriales, ya que ASLT proporciona un método más expedito para validar la estabilidad y la durabilidad (Haouet et al., 2019).

Esta investigación beneficia principalmente a los consumidores al proporcionar un producto con una vida útil más confiable y calidad consistente; a los emprendedores, pymes y

empresas de bebidas al ofrecer una metodología práctica para establecer fechas de caducidad/consumo preferente y definir las condiciones de almacenamiento; al sector académico al mejorar el conocimiento sobre la modelización de la estabilidad y el deterioro en una bebida funcional a base de plantas; y a los distribuidores y minoristas al garantizar una vida útil bien definida que mejora la rotación de inventario y minimiza las pérdidas. Los investigadores, los estudiantes de tesis y los laboratorios de alimentos que necesiten un procedimiento repetible para probar la estabilidad serán los usuarios directos de los resultados. Los gerentes de I+D y control de calidad en empresas o emprendimientos que deseen crecer o vender bebidas funcionales también serán usuarios directos. Los consumidores finales y las personas en la cadena de comercialización que necesitan una fecha de caducidad con soporte técnico para almacenar, distribuir y vender el producto en las condiciones adecuadas serán usuarios indirectos.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La bebida a base de beterraga, quinua y stevia presenta cambios significativos en sus características fisicoquímicas y microbiológicas durante el almacenamiento evaluado mediante pruebas aceleradas, lo que permite determinar su vida útil.

1.5.2 Hipótesis específicas

- Las materias primas beterraga, quinua y stevia presentan características fisicoquímicas adecuadas para la elaboración de la bebida.
- La bebida elaborada a base de beterraga, quinua y stevia cumple con los parámetros microbiológicos establecidos para bebidas aptas para el consumo.
- Existe una formulación óptima de la bebida a base de beterraga, quinua y stevia que permite obtener características fisicoquímicas y sensoriales aceptables.

II MARCO TEÓRICO

2.1 Bebidas de vegetales

La industria de bebidas funcionales ha crecido mucho, y se espera que valga 208.13 mil millones de dólares para 2024, con una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) del 7.5% de 2022 a 2027 (Gupta et al., 2023).

Las bebidas funcionales son aquellas que contienen ingredientes bioactivos (como vitaminas, minerales, antioxidantes, probióticos y fitoquímicos) que son beneficiosos para la salud, además de proporcionar nutrición básica. Estas bebidas están hechas con ingredientes de origen vegetal como frutas, verduras, cereales y pseudocereales.

Las tendencias recientes en bebidas funcionales elaboradas a partir de productos animales, frutas, verduras y cereales (Kaur et al., 2024) muestran que los tipos de matrices alimentarias empleadas en esta categoría se están diversificando. Las bebidas funcionales elaboradas con lácteos, frutas, verduras y cereales son cada vez más populares como bebidas nutritivas y sustitutos de comidas.

Al elaborar bebidas a base de plantas, la tecnología de procesamiento debe tener en cuenta muchas cosas. Por ejemplo, la fermentación de jugos de frutas y verduras con bacterias probióticas se ha convertido en una forma popular de elaborar bebidas funcionales diferentes a las tradicionales (Žvirdauskienė et al., 2025).

Además, estudios de bebidas funcionales a base de plantas vendidas en Estados Unidos y Perú muestran que los perfiles nutricionales y bioactivos difieren según los ingredientes utilizados (De la Fuente et al., 2025). Esto demuestra lo importante que es describir correctamente cada formulación.

2.2 Beterraga

La remolacha (*Beta vulgaris*) es una planta con flores que pertenece a la familia *Amaranthaceae* y a la subfamilia *Betoideae*. Es una planta perenne que suele crecer hasta unos

120 cm de altura (Marjan y Azadeh, 2019). *Beta vulgaris* es una planta de la familia *Amaranthaceae* que la gente come. También se llama remolacha (o betabel en algunos países) y se encuentra en Asia Menor, el Mediterráneo y Europa.

La clasificación taxonómica completa es la siguiente: Reino: *Plantae*; Orden: *Caryophyllales*; Familia: *Amaranthaceae* (anteriormente categorizada bajo *Chenopodiaceae*); Género: *Beta*; Especie: *Beta vulgaris* L. *Beta vulgaris* es una hierba bianual (a veces perenne) que hoy en día se cultiva generalmente como planta anual. Esto facilita su integración en sistemas agrícolas con ciclos de cultivo cortos (National Library of Medicine, 2026).

2.2.1 Taxomia

Reino	: <i>Plantae</i>
Clado	: Traqueofitas
Clado	: Angiospermas
Clado	: Eudicotiledóneas
Orden	: <i>Caryophyllales</i>
Familia	: <i>Amaranthaceae</i>
Género	: <i>Beta</i>
Especie	: <i>Beta vulgares</i>

2.2.2 Contenido proximal

El análisis de composición proximal de la remolacha fresca muestra que contiene mucha agua. Según estudios, la remolacha tiene un 87.4% de humedad, 0.3% de grasa, 1.35% de proteína, 7.59% de carbohidratos, 1.9% de fibra cruda y 1.4% de cenizas (Kale, 2018). Estos números cambian un poco dependiendo del tipo de remolacha y cómo se cultivó. Por ejemplo, otros análisis nutricionales indican que 100 g de remolacha fresca contienen 88,42 g de humedad, 1,53 g de proteína, 0,18 g de lípidos, 3,1 g de fibra, 1,6 g de cenizas y 8,27 g de carbohidratos (Abdo et al., 2020a).

La remolacha no solo es una fuente rica en vitaminas, sino que también proporciona minerales como hierro, calcio, fósforo, potasio, sodio y zinc. Esto lo convierte en una matriz nutricional compleja para la elaboración de bebidas funcionales (Khalil et al., 2025).

2.2.3 Usos en alimentos

La remolacha es conocida por ser rica en antioxidantes y nutrientes. No solo les da a los alimentos un color rojo brillante, sino que también los hace más saludables (Khalil et al., 2025).

Las betalaínas (betacianinas y betaxantinas) son pigmentos por los que la remolacha es bien conocida. Se ha explotado para elaborar alimentos y bebidas funcionales (Theba et al., 2024).

Los jugos y las bebidas son dos de los usos más comunes. Los jugos de remolacha y tomate son alimentos bien conocidos, ricos en nutrientes y sustancias bioactivas (Kardas et al., 2024). Diferentes partes de la remolacha (jugo, cáscaras, hojas y pulpa) pueden utilizarse para probar su posible uso en bebidas funcionales y para extraer más componentes bioactivos de ella (Abdo et al., 2020b).

También se pueden utilizar en composiciones más complicadas. Se ha formulado una bebida funcional a base de frutas mediante la amalgama de jugos de remolacha, manzana, naranja y zanahoria (bebida tipo prensado en frío), acompañada de una evaluación de su capacidad antioxidante y propiedades fisicoquímicas. Añadir polvo de cáscara de remolacha roja a bebidas a base de suero de leche y frutas es una buena manera de hacerlas más sabrosas y nutritivas (Stoica et al., 2024).

Finalmente, los biopigmentos de remolacha (betalaínas) se pueden utilizar como colorantes naturales en bebidas, productos lácteos, dulces y comidas funcionales. El enfoque está en la estabilidad de los pigmentos cuando se procesan y almacenan de diversas maneras (Butt, 2026).

2.3 Quinoa *Chenopodium quinoa*.

La quinoa es un pseudocereal andino que pertenece a la familia de las Amaranthaceae. Según la taxonomía botánica oficial, *Chenopodium quinoa* Willd. pertenece al género *Chenopodium* y a la familia Amaranthaceae (anteriormente Chenopodiaceae) (Callistus, 2022).

La quinoa pertenece a la familia Chenopodiaceae (anteriormente Amaranthaceae), al género *Chenopodium*, a la sección *Chenopodia* y a la subsección *Cellulata*. Esto demuestra que es un cultivo tradicional andino domesticado (Callistus, 2022). Desde el punto de vista genómico, la quinoa (*Chenopodium quinoa*) es una planta aloploidice caracterizada por una composición de subgenomas AABB ($2n = 4x = 36$), lo cual es significativo para dilucidar su diversidad genética y potencial de mejora. La quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) es una planta herbácea anual que pertenece a la familia Amaranthaceae (Touil et al., 2024).

2.3.1 Taxonomía

Reino	:Plantae
División	:Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Clado	: Eudicotiledóneas
Orden	:Caryophyllales
Familia	:Amaranthaceae
Género	: <i>Chenopodium</i>
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i>

2.3.2 Contenido proximal

La quinoa es diferente de otros granos y pseudocereales debido a su distinta composición proximal, específicamente su concentración de proteínas. La quinoa proporciona mucha proteína (15–19%), lo que es más que el arroz (6.6–8.4%), el maíz (8.8–11.9%), la cebada (7–14.6%), el sorgo (7–15%) y el mijo (8.3–13.3%). Desde una perspectiva general, la

quinua cocida está compuesta por un 71% de carbohidratos, un 14.6% de proteínas y un 14.2% de grasas (Manzanilla et al., 2024).

Los análisis proximales de las inflorescencias de quinua indicaron que, en base al peso seco, poseen niveles elevados de proteína, fibra, todos los aminoácidos esenciales y varios otros nutrientes en comparación con otras secciones de la planta. La quinoa tiene una concentración de proteínas del 14 al 18%, lo que es similar a la de la leche. También contiene calcio, magnesio, zinc y hierro (Alamri et al., 2023).

Una taza de quinua cocida tiene aproximadamente 8 gramos de proteína y 5 gramos de fibra. La quinoa también es una proteína completa, lo que significa que tiene todos los aminoácidos que tu cuerpo necesita. Informes recientes indican que las hojas de quinua son ricas en proteínas y contienen todos los aminoácidos esenciales para los humanos, al tiempo que presentan bajos niveles de azúcares reductores (Pathan y Siddiqui, 2022).

2.3.3 Usos en alimentos

La quinoa se ha vuelto mucho más popular como ingrediente en comidas y bebidas. La quinua es un pseudocereal interesante porque se puede fermentar con bacterias lácticas, lo que permite elaborar bebidas funcionales de quinua con mejores perfiles nutricionales. Se han reconocido los recientes avances en la utilización de la quinua en diversas industrias, lo que demuestra su adaptabilidad como ingrediente en alimentos funcionales y piensos para animales (Sharma et al., 2025). La quinua fermentada se ha convertido en un alimento funcional viable en el ámbito de las bebidas porque tiene un mejor perfil nutricional y más componentes bioactivos que son más fáciles de absorber para el cuerpo. Los investigadores han estudiado la fermentación de quinua a dos temperaturas diferentes (25°C y 32°C) con gránulos de kéfir de agua para elaborar nuevas bebidas funcionales (Palacios et al., 2025).

La creación de bebidas hechas a partir de pseudocereales como la quinua demuestra que podrían usarse como sustitutos de los lácteos, bebidas fermentadas y productos similares a

la cerveza. La quinoa es un grano sin gluten que es una gran fuente de proteínas para vegetarianos y una buena opción para las personas que no pueden comer gluten (Li et al., 2025).

La quinua se utiliza para elaborar una variedad de alimentos nuevos, como platos sin gluten, leche de quinua, nutraceuticos y alimentos para bebés. Por último, se ha investigado la posibilidad de utilizar la quinua y sus subproductos como ingredientes en alimentos lácteos de origen vegetal e híbridos, lo que abre más formas de utilizarlos en bebidas funcionales (Fernández et al., 2024).

2.4 Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*)

Es una planta herbácea perenne que pertenece a la familia Asteraceae. Es nativa de las montañas Amambay del sur de Paraguay y de partes cercanas de Brasil (United States Department of Agriculture [USDA], 2012).

La Stevia rebaudiana también pertenece a la familia Asteraceae, es originaria del noreste de Paraguay y ahora se cultiva en todo el mundo. Es una planta perenne frágil que pertenece a la familia de las margaritas (Asteraceae) y crece de forma natural en las condiciones tropicales cálidas y húmedas de Brasil y Paraguay. Stevia rebaudiana es una planta herbácea perenne de la familia Asteraceae. Es nativa de Brasil y se adapta mejor a las zonas de rusticidad 10 a 11. Crece hasta una altura de 1.00 a 2.00 pies (Sakthivel y Kumar, 2025).

2.4.1 Taxonomía

Reino	:Plantae
Filo	:Tracheophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Asterales
Familia	:Asteraceae
Género	: Estevia
Especie	: <i>Stevia rebaudiana</i>

2.4.2 Contenido Proximal

Los glucósidos de estevia son la parte principal de las hojas de estevia que interesa a la gente. Constituyen el contenido proximal de las hojas. *Stevia rebaudiana* Bertoni es un edulcorante natural sin calorías que proviene de sus hojas, las cuales son la principal fuente de glucósidos de esteviol (GE) de sabor dulce. Las hojas de *S. rebaudiana* contienen más de 30 glucósidos de esteviol distintos, siendo el esteviósido y el rebaudiósido A los más abundantes (Peng et al., 2026).

Cuando se trata de glucósidos específicos, el rebaudiósido A suele ser mejor que la esteviósido porque es unas 300 veces más dulce que la sacarosa y tiene un sabor menos persistente. Los glucósidos de estevia demuestran una eficacia edulcorante que supera la de la sacarosa y carecen de calorías, propiedades cariogénicas y fermentabilidad (Orellana, 2023).

La estevia tiene más que solo glucósidos; también contiene compuestos bioactivos adicionales. Los materiales de stevia secos se utilizan a menudo como edulcorantes naturales, ya que son ricos en glucósidos de esteviol y también tienen valor nutricional y mineral. Las hojas de estevia son buenas para la salud porque contienen muchas vitaminas, como la vitamina C y las vitaminas del complejo B. Las hojas de *Stevia rebaudiana* contienen diferentes compuestos nutricionales y fitoquímicos, incluyendo proteínas, aminoácidos, ácidos grasos, alcaloides, glucósidos, taninos y saponinas (Shehata et al., 2025).

Un análisis proximal de los tallos y partes aéreas de la stevia revela una composición significativa de carbohidratos (54.84%), fibra cruda (32.33%), cenizas (6.99%) y proteínas (4.46%), lo cual es pertinente al utilizar extractos o harinas de la planta en formulaciones alimentarias (Schiatti et al., 2023).

2.4.3 Usos en alimentos

La estevia se utiliza principalmente en alimentos como edulcorante que sustituye al azúcar. La estevia (*Stevia rebaudiana*) se ha utilizado en la formulación de productos

alimenticios como alternativa a la sacarosa, sirviendo como edulcorante bajo en calorías y natural. La stevia se utiliza en alimentos y bebidas bajos en azúcar y calorías en lugar de sustitutos del azúcar. La planta *Stevia rebaudiana* se ha utilizado durante cientos de años como edulcorante natural (Schiatti et al., 2023).

La stevia se ha utilizado durante mucho tiempo como edulcorante natural y tratamiento herbal para la diabetes y los problemas digestivos. En este momento, investigadores de todo el mundo están estudiando su uso y sus beneficios para la salud. *Stevia rebaudiana* Bertoni es un edulcorante natural sin calorías hecho de sus hojas. Es la principal fuente de glucósidos de esteviol (GE) de sabor dulce (Peng et al., 2026).

La stevia tiene propiedades funcionales además de ser un edulcorante. Extractos de *S. rebaudiana* y sus glucósidos han demostrado que pueden hacer muchas cosas, como bajar la presión arterial, ayudar a las personas a perder peso, reducir el azúcar en sangre, combatir el cáncer y disminuir la inflamación. La *Stevia rebaudiana* ayuda en el manejo de la obesidad a través de sus glucósidos de esteviol, que aportan dulzura sin añadir calorías, lo que la convierte en una opción deseable para formulaciones funcionales (Peteliuk et al., 2021).

La stevia (*Stevia rebaudiana*) se ha utilizado para elaborar productos alimenticios como alternativa al azúcar, un edulcorante bajo en calorías y natural, especialmente en bebidas y alimentos fríos. La stevia es un edulcorante natural de origen vegetal que se puede utilizar en lugar del azúcar y los edulcorantes artificiales. Es una opción saludable que se puede utilizar en una amplia gama de alimentos y bebidas (Schiatti et al., 2023).

Al preparar bebidas con estevia, debes considerar cómo reaccionará a diferentes niveles de pH, temperaturas y otros componentes de la matriz. Esto es importante para hacer bebidas funcionales que tienen múltiples ingredientes, como las bebidas que mezclan remolacha y quinua.

2.5 Cuánto duran los alimentos y las bebidas

La vida útil es el tiempo que un alimento o bebida puede permanecer seguro y de buena calidad (físicoquímica, sensorial, funcional y microbiológicamente) mientras se almacena de cierta manera (Arboleda, 2025).

En las bebidas funcionales, la vida útil no está únicamente limitada por el control microbiano, sino también por la estabilidad de los compuestos bioactivos (pigmentos, fenoles, antioxidantes) y las características sensoriales, ya que su degradación puede significar el "fin de vida" del producto, a pesar de que el alimento siga siendo seguro (Estrada, 2021).

Se han utilizado factores físicoquímicos (como pigmentos y fenoles) y características sensoriales para determinar el "final de la vida útil" de las bebidas funcionales en la investigación. Por ejemplo, en una bebida funcional evaluada mediante pruebas aceleradas, las variaciones en la masa fraccionaria de antocianinas, el contenido fenólico total y los atributos organolépticos (color, olor, sabor) se designaron como parámetros de control. (Matveeva y Khasanov, 2016)

2.5.1 Pruebas aceleradas de vida útil (ASLT) (Accelerated Shelf-Life Testing) fundamentos y utilidad

Las pruebas de vida útil acelerada (ASLT) son formas de acelerar las reacciones que hacen que las cosas se estropeen colocando el producto en condiciones de estrés controladas (principalmente temperatura, pero también luz u oxígeno, dependiendo de la matriz y de la forma en que se estropea) para determinar cuánto durará en condiciones normales. En la industria alimentaria, se ha demostrado que ASLT es eficaz para la investigación y el desarrollo porque se puede utilizar para estimar la durabilidad en plazos mucho más cortos que las pruebas realizadas en la vida real. (Haouet et al., 2019).

El uso de ASLT es común en bebidas funcionales, ya que varios cambios en la calidad ocurren a diferentes velocidades dependiendo de la temperatura. La investigación revela usos

claros de ASLT en bebidas funcionales, respaldados por modelos cinéticos y criterios de aceptación, lo que demuestra que es un buen método. (Matveeva y Khasanov, 2016).

2.6 Modelos cinéticos en ASLT: Arrhenius y criterio Q10

Una parte clave del marco teórico de ASLT es utilizar modelos matemáticos para averiguar cómo serán los resultados a altas temperaturas a temperaturas de almacenamiento normales. Dos métodos comunes son el modelo de Arrhenius, que conecta la constante de velocidad de reacción con la temperatura (T) y permite estimar las energías de activación y predecir la rapidez con que las cosas se descompondrán a diferentes temperaturas.

Criterio Q10, que te indica cuánto cambia la velocidad de reacción a medida que la temperatura aumenta en 10 °C. En una aplicación de tecnología de bebidas funcionales, se utilizaron Arrhenius y Q10 para estimar la vida útil mediante ASLT, empleando antocianinas, fenoles totales y características organolépticas como indicadores de control. (Matveeva y Khasanov, 2016).

Otras investigaciones que analizan cuánto tiempo durará una bebida funcional también emplean ASLT basado en Arrhenius como una forma de predecir lo que sucederá. (Duyar et al., 2024)

2.6.1 Selección de indicadores críticos en vida útil de bebidas funcionales

La elección de indicadores importantes (o "parámetro limitante") se basa en la principal forma en que las cosas están empeorando. Para las bebidas funcionales a base de plantas, lo siguiente suele ser importante: Microbiología (recuento de mesófilos, mohos/levaduras y coliformes según las normas y el tipo de proceso).

- Fisicoquímicos: pH, acidez titulable, °Brix, color (Lab*), turbidez y viscosidad.
- Funcional/bioquímico: pigmentos (betalaínas/antocianinas), fenoles y la capacidad de combatir los radicales libres.
- Sensorial: color, olor, sabor y qué tan bien es recibido.

La investigación de ASLT sobre bebidas funcionales indica que tanto las variables químicas (por ejemplo, pigmentos/fenoles) como las variables sensoriales pueden servir como criterios para la evaluación al final de la vida útil, en combinación con la modelización (Arrhenius/Q10). (Matveeva y Khasanov, 2016).

2.6.2 *Betarraga (Beta vulgaris): betalainas, estabilidad y deterioro*

La gente sabe que la remolacha contiene betalainas (betacianinas y betaxantinas), que son sustancias químicas que le dan su color rojo y amarillo y están relacionadas con la actividad antioxidante. En las bebidas a base de remolacha, las betalainas se descomponen a medida que cambian la temperatura, el oxígeno, el pH, la luz, las enzimas y los procedimientos de procesamiento (Sánchez et al., 2015). Esto hace que el color y la actividad funcional se desvanezcan.

Investigaciones recientes han examinado específicamente la cinética de degradación de las betalainas en jugos de remolacha durante el procesamiento y el almacenamiento, sugiriendo modelos que predicen la descomposición de las betalainas durante períodos prolongados de conservación. (Duyar et al., 2024). Se ha documentado evidencia de la degradación de las betalainas en condiciones ambientales y aceleradas, estableciendo una correlación directa entre la matriz de remolacha y la metodología ASLT para estimar la vida útil basada en el agotamiento de los compuestos químicos bioactivos (Trishitman, 2025).

A nivel de formulación, las evaluaciones de los métodos de extracción de betalainas muestran que el pH es un componente importante para la estabilidad (por ejemplo, rangos de pH clave para la estabilidad del pigmento). Esto es especialmente importante en bebidas donde el pH se modifica o ajusta durante el almacenamiento. (Eyshi et al., 2024).

2.7 *Quinoa (Chenopodium quinoa)*

2.7.1 *Retos tecnológicos y estabilidad en bebidas vegetales*

La gente utiliza la quinoa como ingrediente funcional porque es buena para la salud,

pero podría ser difícil incorporarla en bebidas debido a:

- Estabilidad física (suspensiones, sedimentación y separación de fases).
- El requerimiento de hidrocoloides/emulsificación y cómo las proteínas y los polisacáridos trabajan juntos.
- Cambios en el pH/acidez y estabilidad durante el almacenamiento según el método utilizado (pasteurización, fermentación, etc.).

En estudios sobre bebidas a base de quinua, se destaca la aplicación de bioprocesamiento, ultrasonido e hidrocoloides para obtener bebidas más estables y sensorialmente aceptables, lo cual es pertinente ya que la estabilidad física influye directamente en la vida útil comercial (apariencia, textura y consistencia). (Sohaimy et al., 2025) Estudios sobre bebidas a base de plantas que contienen quinua y legumbres indican la estabilidad de características como el pH y la acidez durante el almacenamiento, estableciendo puntos de referencia para la evaluación de la vida útil. (Hurtado et al., 2024).

A nivel de marco teórico, son pertinentes las evaluaciones que detallan el avance de las bebidas de pseudocereales (por ejemplo, quinua), destacando su potencial como alternativas de origen vegetal y los factores tecnológicos que influyen en su estabilidad (Li et al., 2025).

III MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

La investigación actual es experimental-cuantitativa, diseñada específicamente para la evaluación mediante pruebas de vida útil acelerada (ASLT). El enfoque ASLT implica colocar los alimentos en un entorno que los daña rápidamente, como a altas temperaturas, para que se pueda estimar la durabilidad en un tiempo considerablemente más corto que con las pruebas en tiempo real (Calligaris et al., 2019).

3.2 Ámbito temporal y espacial

La presente investigación se desarrolló entre los meses de junio a diciembre 2025 en los laboratorios de procesos agroindustriales y bioquímica de la Universidad Nacional Federico Villareal.

3.3 Variables

3.3.1 *Variable independiente (VI)*

Formulación de una bebida a base de Beterraga, Quinua y Stevia (factores del ensayo acelerado).

3.3.2 *Variable dependiente (VD)*

Evaluación de las características fisicoquímica microbiológicas y la Vida útil de la bebida a base de Beterraga, Quinua y Stevia (tiempo durante el cual el producto mantiene su inocuidad y aceptabilidad).

3.4 Población y muestra

3.4.1 *Población*

- El grupo de personas estudiadas en esta investigación son los alumnos de cuarto y quinto año de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Todas las unidades envasadas de la bebida a base de Beterraga, Quinua y Stevia

resultado del proceso y formulación optimizada.

3.4.2 Muestra

Cincuenta estudiantes fueron seleccionados para el estudio después de que aceptaron realizar una prueba sensorial de la bebida de Remolacha, Quinoa y Stevia por su cuenta. Unidades envasadas seleccionadas de los lotes de prueba de la bebida mejorada de Remolacha, Quinoa y Stevia.

3.4.3 Tipo de muestreo

No probabilístico intencional (por criterio), con asignación aleatoria de las unidades a los tratamientos.

3.5 Instrumentos

3.5.1 Equipos

- Balanza Quinuaica Marca OHAUS, Modelo Explorer, precisión 0,1 mg
- Termómetro digital
- Potenciómetro
- Refractómetro Marca Orión, Serie 420 A
- Envases de vidrio de 250 ml.
- Coladores de acero inoxidable
- Ollas de acero inoxidable
- Refrigeradora.
- Estufa Marca MEMMERT, Serie TV40922071, Temperatura máxima de 250 °C
- Estufa Marca “FRAVILL” mod. 96100. Rango de Temperatura 30 – 200 °C
- Equipos Kjeldahl
- Cocina
- Equipo de destilación
- Equipo biuret

3.5.2 *Análisis fisicoquímicos*

A continuación, se presenta un borrador de muestra para la parte sobre el análisis fisicoquímico (proximal) de la bebida. Incluye el parámetro, la técnica y el método estándar/de referencia (AOAC/ISO) que se utilizaron en el laboratorio.

3.5.2.1 PH

Método: potenciométrico, medición directa utilizando un pHmetro con un electrodo combinado. Se deben utilizar al menos dos tampones (como los de pH 4,00 y 7,00) para calibrar el instrumento a la temperatura de trabajo. La muestra debe ser homogeneizada y libre de burbujas antes de la lectura. La norma de referencia es la ISO 10523 (Determinación del pH de la calidad del agua).

3.5.2.2 Acidez total (acidez titulable)

Método: titulación ácido-base con NaOH estandarizado hasta el punto final (potenciométrico o con indicador). Para bebidas y jugos, el punto final habitual está entre pH 8.1 y 8.2, y el resultado se da en g de ácido/100 mL o % de la misma manera que el ácido principal (por ejemplo, ácido cítrico). La norma a utilizar es la ISO 750 (Productos de frutas y hortalizas Determinación de la acidez titulable).

3.5.2.3 Humedad

Método: gravimétrico por pérdida por secado en horno de aire: se pesa una muestra, se seca a temperatura regulada hasta alcanzar masa constante y se estima el % de humedad por diferencia de masa. El Método Oficial AOAC 925.10 (Pérdida por secado/humedad, método de horno) es el estándar o método para utilizar.

3.5.2.4 Proteína

Método: Kjeldahl (para determinar el N total): digestión con un catalizador, destilación y titulación; conversión a proteína utilizando el factor correcto N→proteína (generalmente 6.25 si no se especifica otro para la matriz). La técnica oficial para AOAC es 984.13 (Kjeldahl,

proteína bruta).

3.5.2.5 Grasa

Método: extracción con disolvente (tipo Soxhlet / extracción con éter): los lípidos se extraen de la muestra (o del residuo seco), el disolvente se evapora y el extracto se mide por peso. Estándar/método de referencia: Método Oficial AOAC 920.39 (Extracto de éter de grasa / Soxhlet).

3.5.2.6 Ceniza

Método: gravimétrico por incineración en mufla; la muestra se calienta a alta temperatura hasta formar un residuo mineral continuo; este residuo se expresa como % de cenizas. El método oficial para esta prueba es el Método Oficial AOAC 942.05 (Cenizas).

3.5.2.7 Carbohidratos

Método: por diferencia (cálculo): se calculan tomando el 100% y restando los componentes que se encontraron en el experimento. La forma habitual de decirlo (base húmeda) es: Carbohidratos (%) = $100 - [\text{Humedad (\%)} + \text{Proteína (\%)} + \text{Grasa (\%)} + \text{Ceniza (\%)}]$. Referencia metodológica (utilizada en el análisis proximal): cálculo diferencial empleado en la composición de alimentos (proximal)

3.5.3 Análisis microbiológico

Tabla 1

Métodos de análisis microbiológico

Ensayo (parámetro)	microbiológico	¿Qué se determina / cómo se reporta?	Norma / referencia
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos (RAM) a 30 °C Carga microbiana total viable (indicador general). UFC/mL		Carga microbiana total viable (indicador general). UFC/mL	ISO 4833-1:2013
Coliformes totales		Indicador de higiene/proceso. UFC/mL	ISO 4832:2006

Escherichia coli (presuntiva)	Indicador de contaminación fecal. NMP/mL	ISO 7251:2005
Levaduras y mohos	Deterioro en bebidas vegetales/azucaradas. UFC/mL	ISO 21527-1:2008

3.5.4 *Análisis sensorial de la bebida vegetal*

La prueba de aceptación afectiva se aplicó a 50 panelistas, estudiantes de la escuela profesional de ingeniería agroindustrial de la Universidad Nacional Federico Villareal. Utilizaron una escala hedónica de 5 puntos para calificar el color/apariencia, el aroma, el sabor, la textura (cuerpo) y la aceptabilidad general.

1 = me disgusta mucho

2 = me disgusta

3 = ni me gusta ni me disgusta

4 = me gusta

5 = me gusta mucho

La prueba se llevó a cabo en los laboratorios de procesos agroindustriales de la UNFV. Las muestras se entregaron en tazas con números aleatorios, en un orden aleatorio y equilibrado, y las reacciones de cada persona se registraron por separado para el análisis estadístico.

La norma ISO 11136 establece que este método es adecuado para experimentos hedónicos con consumidores en un área controlada. (International Organization for Standardization [ISO], 2014). Validación del instrumento (breve): La validez de contenido y la aplicación del cuestionario hedónico se basan en la norma ISO 11136 (diseño y realización de pruebas hedónicas). La norma ISO 8586 se utilizó como guía para seleccionar, capacitar y supervisar a los catadores (International Organization for Standardization [ISO], 2023).

3.6 Procedimientos

3.6.1 Preparación de las materias primas para la elaboración de la bebida vegetal de Beterraga, Quinua y Stevia.

3.6.1.1 Preparación del extracto de beterraga

Figura 1

Diagrama de flujo de elaboración de extracto de beterraga para la bebida vegetal

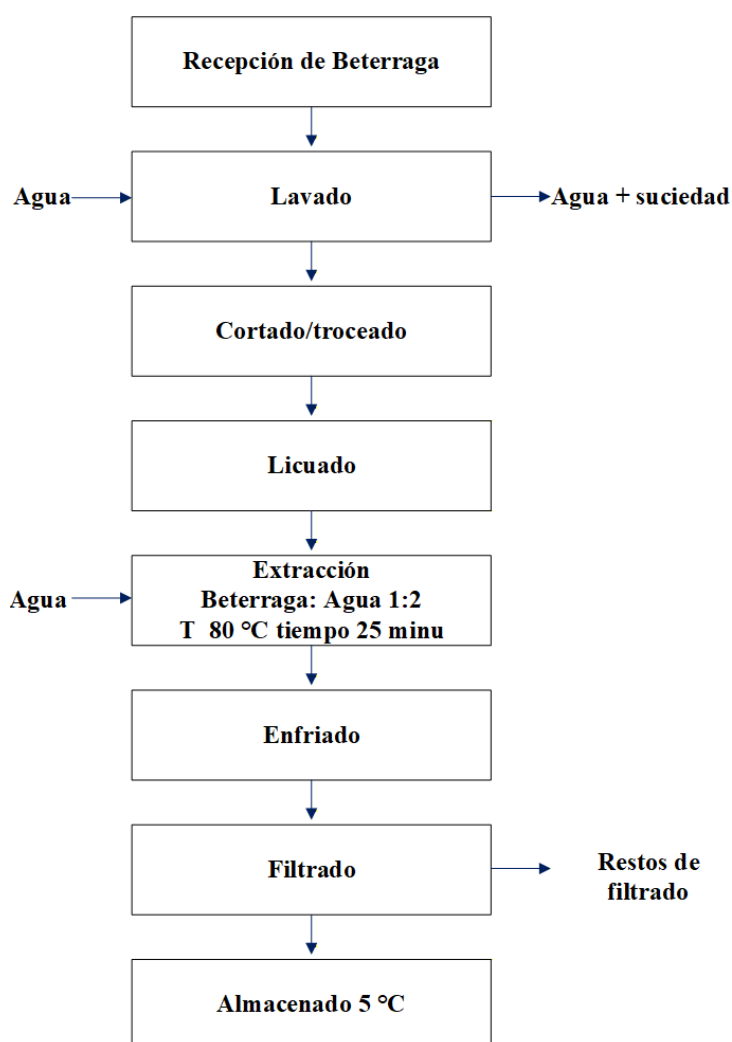
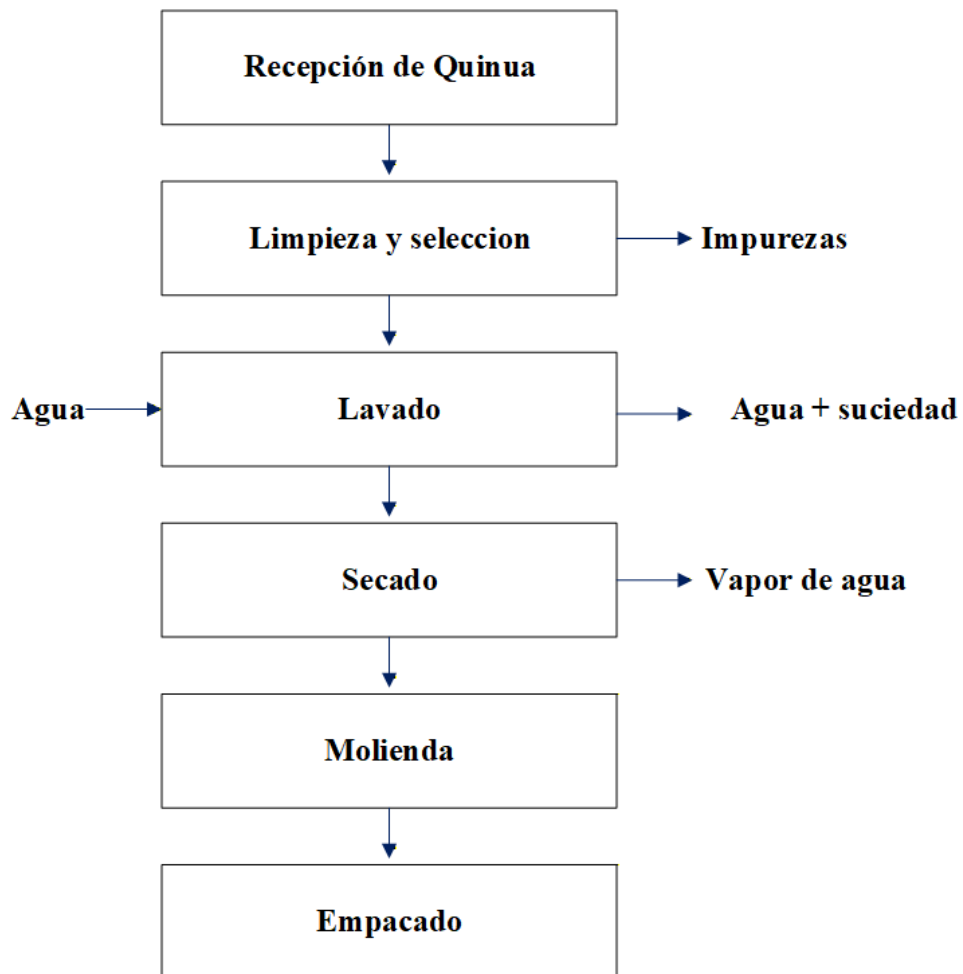


Figura 2

Diagrama de flujo de preparación de materia prima para la elaboración de bebida vegetal



3.6.2 Descripción del proceso

3.6.2.1 Recepción de materia prima

La quinua fue obtenida de la empresa corporación Lon SAC. De marca Granelito

3.6.2.2 Limpieza y selección

Se proceso de manera manual retirando todas las impurezas que puedan afectar la bebida vegetal tales como granos partido y granos negros.

3.6.2.3 lavado

se realizó de manera manual con abundante agua para extraer la saponina (sustancia amarga)

3.6.2.4 Secado

Se realizo con el uso de una estufa a una temperatura de 40 °C por 12 horas

3.6.2.5 Molienda

Se realizo una molienda no tan fija si no grosera mediante el uso de un molino de martillo.

3.6.3 Definición del diseño estadístico para la bebida vegetal

La mejor manera de mejorar la receta de una bebida que se compone de una mezcla de ingredientes (cuyas proporciones suman el 100%) es utilizar un Diseño de Experimentos (DOE) para mezclas, específicamente el diseño de mezcla "Óptimo" personalizado. Este tipo de diseño te ayudará a encontrar la mejor combinación de remolacha (B), quinua (Q) y Stevia (S) que sea aceptable, al tiempo que se siguen las reglas tecnológicas y sensoriales.

Tabla 2

Notación y restricción de la mezcla para la elaboración de la bebida vegetal

Componentes de la mezcla	Valores de las restricciones	
	Porcentaje mínimo	Porcentaje máximo
X1-(B)=Extracto de beterraga	30 %	40%
X2-(Q)= Quinua	60%	70%
X3-(S)= Stevia	0.07%	0.09%

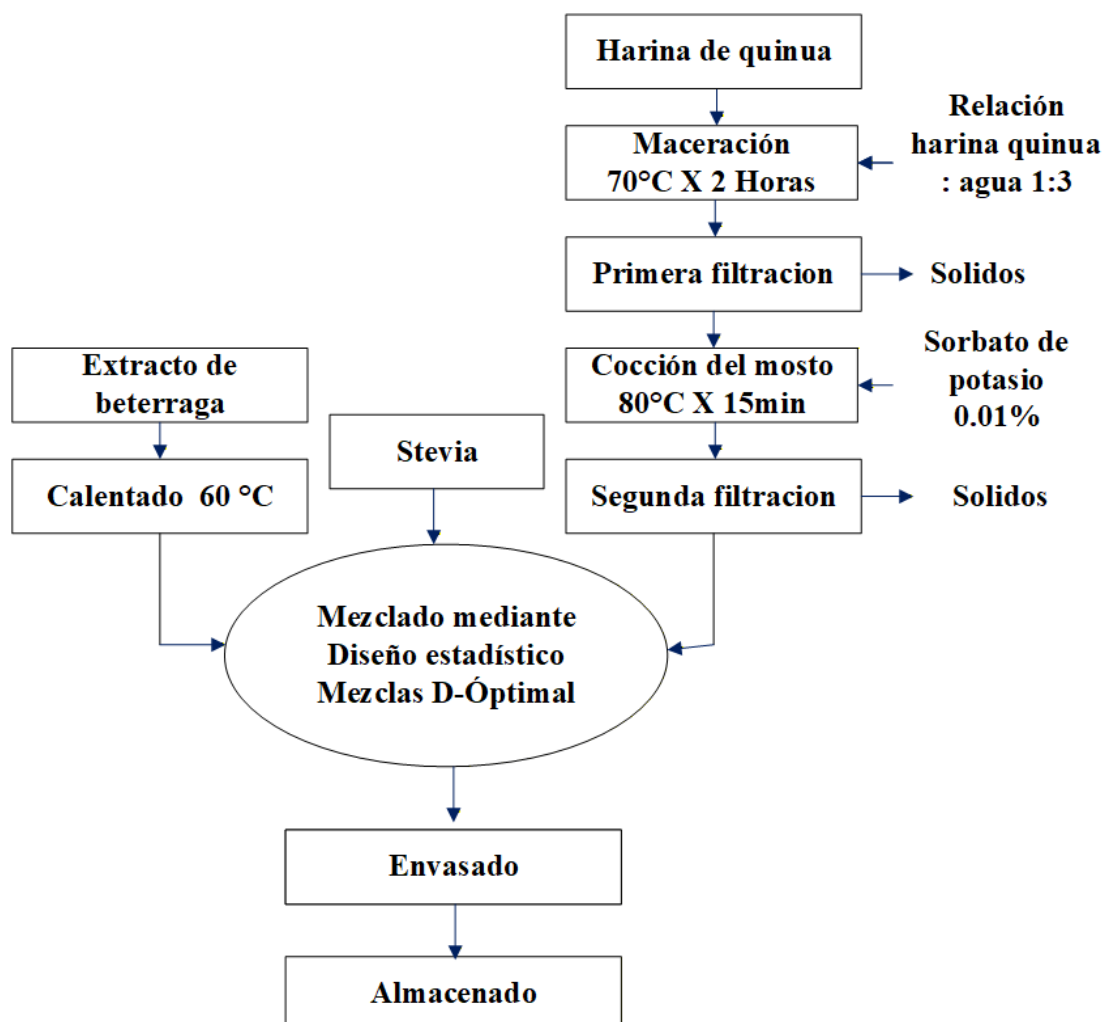
Tabla 3

Diseño estadístico para los componentes de la bebida vegetal de Beterraga, Quinua y Stevia

Tratamientos	X1	X2	X3	R1	R2	R3	R4	R5
	% Extracto beterraga	% Quinua	% Stevia	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
1	39.93	60.00	0.07					
2	30.00	69.92	0.08					
3	34.97	64.97	0.07					
4	32.48	67.44	0.09					
5	32.48	67.45	0.08					
6	30.00	69.93	0.07					
7	37.45	62.48	0.08					
8	30.00	69.91	0.09					
9	39.92	60.00	0.08					
10	39.91	60.00	0.09					
11	34.96	64.96	0.08					

Figura 3

Diagrama de flujo experimental de la elaboración de la bebida vegetal de beterraga, quinua y Stevia



3.6.4 Análisis de vida útil

Se utilizó el método microbiológico predictivo con la fórmula sugerida por Gompertz para determinar cuánto tiempo durará la bebida. Esta fórmula ayuda a encontrar los factores más importantes que afectan el desarrollo de las bacterias. Esto te permite dar la mejor respuesta posible para asegurarte de que el producto es bueno (Rashvand et al., 2025). El modelo de Gompertz se utiliza para predecir cómo crecerían los microorganismos en las

bebidas, teniendo en cuenta cómo cambia el entorno durante su producción, transporte y almacenamiento. Este dispositivo ayudará a que la bebida dure más tiempo si ralentiza el crecimiento de los microbios. Empleamos una regresión no lineal para analizar los resultados generales, y utilizamos el modelo logístico de Gompertz para esta investigación.

3.6.5 Ecuación de Gompertz

$$N(t) = N_0 \exp(\log N_f N_0 (1 - \exp(-kt))) \dots \dots \dots \text{Ec. 1}$$

Donde:

$N(t)$ = Es el tamaño correspondiente a la población en el tiempo t

N_0 = Tamaño inicial de la población

N_f = Tamaño final o asintótico de la población

k = Es una constante de crecimiento

t = Es el tiempo

$$N(t) = A \exp(-B \exp(-Ct)) \dots \dots \dots \text{Ec. 2}$$

Donde:

A = Es el tamaño máximo o asintótico de la población

B y C = Son constantes que determinan la forma y la tasa de crecimiento

Podemos modificar los valores de B y C para que el modelo encaje con la información de crecimiento poblacional que ya tenemos. Con esta fórmula, podemos saber cómo cambiará la cantidad de microorganismos con el tiempo en ciertas circunstancias, lo que nos ayuda a determinar la vida útil de los alimentos.

3.7 Análisis de datos

La primera parte utilizó la edición de prueba del software estadístico Design Expert para encontrar la mejor manera de hacer la bebida a base de plantas. Se utilizó el diseño de mezcla D-óptimo para elaborar las tres partes de la bebida a base de plantas: remolacha, quinua y estevia. Después de encontrar la mejor formulación, se utilizó la escala hedónica de 5 puntos

para ver qué tan bien se aceptaba la bebida, y luego se utilizó el modelo matemático de Gompertz para calcular cuánto tiempo duraría la bebida.

3.8 Consideraciones éticas

La investigación actual para establecer la vida útil de una bebida a base de plantas de remolacha, quinoa y estevia está regulada por estándares éticos esenciales. Se garantiza el respeto a la dignidad humana y la salvaguarda de los derechos de todos los participantes en las pruebas sensoriales, facilitando su participación voluntaria, informada y no coercitiva. Antes de que cada evaluador pruebe la bebida, debe dar su consentimiento informado, lo que incluye una explicación exhaustiva de los objetivos de la bebida, la metodología y cualquier peligro que pueda conllevar beberla. El estudio protege la privacidad y confidencialidad de la información personal de los participantes al no revelar nunca sus identidades. La seguridad alimentaria está garantizada por la adherencia meticulosa a las normas de salud y los protocolos de seguridad, asegurando que la bebida no presente ningún riesgo para la salud de los evaluadores. Los investigadores mantienen la integridad científica evitando conflictos de interés y presentando sus hallazgos de manera abierta y honesta, independientemente de su alineación con la hipótesis inicial. Al comprar materias primas, se tiene cuidado de proteger el medio ambiente y se fomenta el uso de los recursos naturales de manera que sea beneficioso para el medio ambiente. Por último, la responsabilidad social significa proporcionar información que ayude tanto al consumidor como al sector alimentario, fomentando productos seguros y de alta calidad.

IV RESULTADOS

4.1 Resultado del Análisis fisicoquímico de las materias primas

Tabla 4

Resultados del análisis fisicoquímico de las materias primas

Tipo de análisis	Beterraga	Quinua	Stevia
Sólidos solubles (°brix)	6.7± 0.17	11.3± 0.04	No aplica
Humedad en (%)	88.5± 0.09	12.2± 0.05	5.2± 0.05
Cenizas en (%)	1.2± 0.13	3.01± 0.16	4.5± 0.05
Acidez titulable en (%) de ácido cítrico	0.062± 0.08	0.27± 0.03	3.3± 0.05
pH	4.56± 0.02	6.41± 0.21	5.6± 0.05

La Tabla 4 muestra una comparación lado a lado de las propiedades físicas y químicas de la remolacha, la quinua y la estevia. La remolacha tiene una cantidad modesta de azúcar, mucha humedad y baja acidez. La quinua es diferente de otros granos porque tiene muchos sólidos solubles, poca humedad y más minerales. La stevia, como producto procesado, tiene muy poca humedad, muchos minerales y mucha acidez. Estos perfiles variados son muy importantes para el control de calidad, el procesamiento, la seguridad alimentaria y la creación de productos novedosos.

4.2 Determinación de la formulación óptima de la bebida vegetal

4.2.1 Aceptabilidad general

Tabla 5*Resultado de la aceptabilidad general de la bebida vegetal*

Tratamientos	X1	X2	X3	R1
	% Extracto beterraga	% Quinoa	% Stevia	Aceptabilidad General
1	39.93	60.00	0.07	2.8± 0.04
2	30.00	69.92	0.08	4.7± 0.06
3	34.97	64.97	0.07	3.7± 0.002
4	32.48	67.44	0.09	4.1± 0.007
5	32.48	67.45	0.08	4.5± 0.06
6	30.00	69.93	0.07	4.9± 0.09
7	37.45	62.48	0.08	2.8± 0.004
8	30.00	69.91	0.09	4.4± 0.05
9	39.92	60.00	0.08	2.3± 0.06
10	39.91	60.00	0.09	1.8± 0.011
11	34.96	64.96	0.08	3.2± 0.08

Esta Tabla 5 muestra los resultados de la optimización de la receta para una bebida a base de plantas hecha con remolacha, quinua y Stevia. Analiza cómo diferentes cantidades de cada ingrediente afectan la aceptación de la bebida. Los resultados muestran tendencias claras sobre la mejor formulación. El tratamiento 6 tiene la puntuación más alta con 4.9 ± 0.09 puntos (30% remolacha, 69.93% quinua, 0.07% Stevia). El tratamiento 2 obtiene la siguiente puntuación más alta con 4.7 ± 0.06 puntos (la misma composición). Estos resultados confirman que la mejor manera de hacer algo más aceptable es usar menos remolacha y más quinua. Los tratamientos 4, 5 y 8 también obtienen buenas calificaciones (4.1–4.5 puntos) manteniendo la cantidad de remolacha entre el 30% y el 32.48% y la cantidad de quinua entre el 67% y el 69%.

Por otro lado, los tratamientos con un mayor porcentaje de remolacha demuestran una gran disminución en la aceptabilidad. El tratamiento 10 (39,91% remolacha) obtiene por poco $1,8 \pm 0,011$ puntos, lo que es casi un rechazo. Los tratamientos 1, 7 y 9 (37-39,93% remolacha) solo obtienen 2,3-2,8 puntos, lo que demuestra que cuando la remolacha supera el 35%, la aceptabilidad disminuye.

Hay una relación negativa obvia: cuanta más remolacha haya, menos aceptable será en general. Niveles diferentes de estevia (0.07–0.09%) no tienen un gran efecto en los resultados. La mejor mezcla es 30% remolacha, 70% quinua y 0.07–0.08% estevia, que obtiene la puntuación más alta de 4.7–4.9 puntos. Este resultado muestra que la remolacha es saludable, pero su sabor terroso solo es aceptable en pequeñas cantidades. La quinua debería constituir el 70% de la mezcla porque es más neutra y tiene más nutrientes. Esto hará una bebida que sea a la vez saludable y estable, y tendrá buen sabor. La stevia en pequeñas cantidades añade dulzura sin hacer las cosas demasiado ácidas.

Tabla 6

ANOVA para los modelos matemáticos aplicados a la variable aceptabilidad de la bebida vegetal

Modelo	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F	P	R ² Ajustado	R ² Precedido
Lineal	10.65	2	5.33	136.35	< 0.0001	0.9644	0.9501
Cuadrático	10.96	8	1.37	3323.01	0.0003	0.9996	-

El modelo cuadrático en la Tabla 6 tiene un coeficiente R² ajustado de 0.9996, lo que indica que explica el 99.96% de la variabilidad en la aceptabilidad general de la bebida. El modelo lineal, por otro lado, tiene un R² ajustado de 0.9644, lo que significa que solo explica el 96.44% de la variación. Esta diferencia de 3.52 puntos porcentuales es grande y muestra que el modelo cuadrático hace un trabajo mucho mejor al mostrar cómo los componentes trabajan juntos en la formulación. El valor F del modelo cuadrático (3323.01) es mucho mayor que el del modelo lineal (136.35), lo que indica que el modelo cuadrático se ajusta mucho mejor a los datos. Además, ambos modelos tienen valores P inferiores a 0,0001 y 0,0003, lo que demuestra que ambos son estadísticamente significativos. Sin embargo, el modelo cuadrático es claramente mejor.

Tabla 7

ANOVA para el modelo cuadrático para el análisis de la variable aceptabilidad general

Fuente	SC	GL	CM	F	P-valué	significancia
Model	10.72	5	2.14	43.74	0.0004	significativo
⁽¹⁾ Linear Mixture	10.65	2	5.33	108.65	< 0.0001	
AB	0.0216	1	0.0216	0.4405	0.5363	
AC	0.0014	1	0.0014	0.0286	0.8724	
BC	0.0014	1	0.0014	0.029	0.8714	
Residual	0.2451	5	0.049			
Cor Total	10.97	10				

La Tabla 7 muestra que los ingredientes remolacha, quinua y Stevia tienen un gran efecto en la aceptabilidad de la bebida. El modelo es estadísticamente significativo ($P = 0.0004$). El componente de Mezcla Lineal es el más importante. Representa el 99.3% de la variabilidad, con un valor F de 108.65 y un valor P inferior a 0.0001. Las proporciones individuales de los constituyentes son importantes, pero las interacciones entre ellos no lo son ($P > 0.05$). El hallazgo enfatiza que la aceptabilidad depende principalmente de las proporciones relativas, confirmando la formulación ideal de 30% remolacha, 70% quinua y 0.07-0.08% Stevia, lo que indica que los ingredientes pueden modificarse por separado para mejorar la aceptabilidad.

Tabla 8

Coefficientes en términos de factores codificados para el modelo cuadrático para aceptabilidad general

Componente	Estimación de coeficientes	df	Error estándar	95% CI Bajo	95% CI Alto	VIF
A-Extracto de beterraga	2.70	1	0.1938	2.21	3.20	3.20
B-Quinua	4.98	1	0.1947	4.48	5.48	3.62
C-Stevia	-27156.04	1	1.580	-4.333	3.790	7.102
AB	-0.4525	1	0.6818	-2.21	1.30	2.18
AC	26755.21	1	1.583	-3.802	4.337	2.866

BC	26968.64	1	1.583	-3.800	4.339	3.447
----	----------	---	-------	--------	-------	-------

La Tabla 8 muestra que el análisis de coeficientes del modelo cuadrático indica que la quinua (B) tiene el mayor efecto positivo en la aceptación de la bebida, con un valor de 4.98. El extracto de remolacha (A) tiene un coeficiente de 2.70. Ambos ingredientes son estadísticamente significativos. La estevia (C), por otro lado, tiene un coeficiente muy alto (-27156.04), pero no es confiable porque no cambia mucho, por lo que no podemos adivinar cuál será su efecto. No hay mucha interacción entre los elementos, y hay evidencia de multicolinealidad. Se determina que la formulación ideal debe contener 70% de quinua, 30% de remolacha y 0.07-0.08% de Stevia, sin favorecer modificaciones en este último componente. Ecuación del modelo matemático para la variable aceptabilidad general:

$$\text{Aceptabilidad} = 2.70A + 4.98B - 27156.04C - 0.4525AB + 26755.21AC + 26968.64BC$$

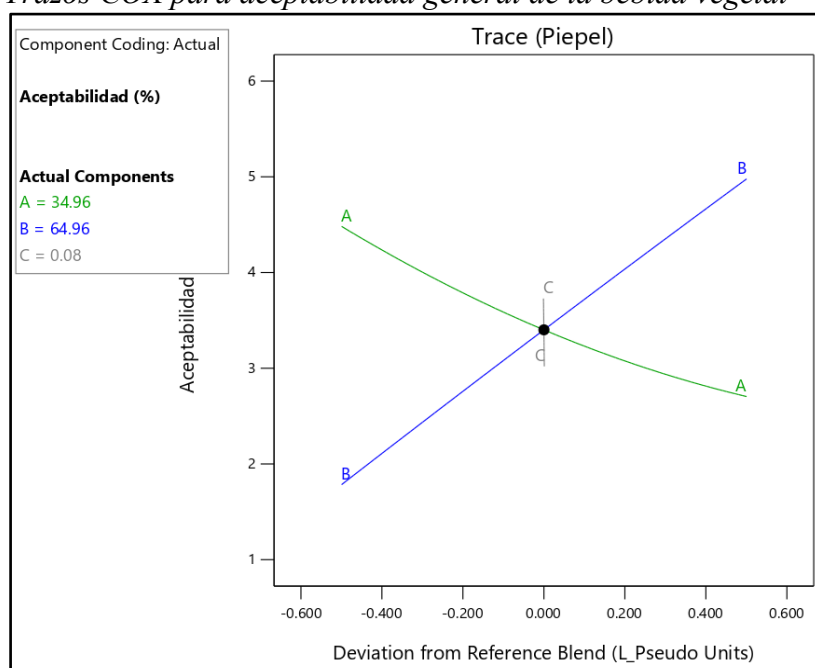
La Figura 5 muestra cómo cambia cada parte de la formulación por sí sola alrededor de una formulación de referencia altera la aceptabilidad general de la bebida vegetal. El punto negro en el centro muestra la mejor mezcla de referencia (A = 34.96% remolacha, B = 64.96% quinua, C = 0.08% Stevia) con una puntuación de aceptación de aproximadamente 3.4. Existe una clara asociación positiva y lineal entre el Componente B (Quinoa) y la aceptabilidad. A medida que aumenta la cantidad de quinua (moviéndose hacia la derecha en el eje X), la aceptabilidad siempre sube, alcanzando un máximo de más de 5.0 puntos. Esta es la pendiente más pronunciada, lo que indica que la quinua es el ingrediente más importante y que agregar más la hace mucho más aceptable. A medida que aumenta la proporción del Componente A (remolacha) (movimiento hacia la derecha), la aceptabilidad disminuye de aproximadamente 4.5 a 2.7 puntos.

Esta pendiente negativa muestra que la remolacha tiene un efecto negativo cuando se consume en exceso, por lo que la mejor formulación es usar la mayor cantidad posible de quinua y la menor cantidad posible de remolacha. No importa cuánto haya, el Componente C

(Estevia) tiene una línea casi horizontal y se mantiene alrededor de 3.4. Esto significa que la Stevia realmente no tiene ningún efecto sobre la aceptabilidad general, lo cual está en línea con pruebas ANOVA anteriores que revelaron que este componente no era estadísticamente significativo. La intersección central de las tres líneas en el punto de referencia (desviación 0) muestra la combinación que se probó. Cada línea muestra entonces cómo cambiar (+) o disminuir (-) cada componente influye en el resultado.

Figura 4

Trazos COX para aceptabilidad general de la bebida vegetal



Nota. El gráfico de trazas de la Figura 4 muestra que los resultados anteriores son correctos: la quinua tiene una fuerte influencia positiva en la aceptabilidad, la remolacha tiene un efecto negativo y la Stevia no tiene ningún efecto. Para que sea lo más aceptable posible, la quinua debe elevarse al nivel más alto posible, la remolacha debe reducirse al nivel más bajo posible y la Stevia debe mantenerse en cantidades minúsculas y aleatorias. La mejor mezcla para la bebida a base de plantas es 70% quinua, 30% remolacha y 0.07–0.08% estevia. Este es el punto donde las líneas A y B se cruzan.

4.2.2 Color

Tabla 9

Resultado del atributo color de la bebida vegetal

Tratamientos	X1	X2	X3	R2
	% Extracto beterraga	% Quinoa	% Stevia	Color
1	39.93	60.00	0.07	4.3± 0.07
2	30.00	69.92	0.08	2.4±0.23
3	34.97	64.97	0.07	3.3±0.34
4	32.48	67.44	0.09	2.8±0.54
5	32.48	67.45	0.08	2.7±0.36
6	30.00	69.93	0.07	2.1±0.09
7	37.45	62.48	0.08	3.9±0.04
8	30.00	69.91	0.09	2.3±0.28
9	39.92	60.00	0.08	4.2±0.02
10	39.91	60.00	0.09	4.1±0.08
11	34.96	64.96	0.08	3.2±0.03

La Tabla 9 muestra una evaluación hedónica de 5 puntos para el color de una bebida a base de plantas elaborada con tres ingredientes diferentes: extracto de remolacha (X1), quinua (X2) y Stevia (X3). Los resultados indican una variación sustancial en las puntuaciones de aceptabilidad del color entre los 11 tratamientos evaluados, con valores que oscilan entre 2.1 y 4.3 puntos en una escala de 5 puntos.

El estudio muestra que el porcentaje de extracto de remolacha es el factor más importante en la aceptación del color. Los tratamientos con más remolacha (alrededor del 40%) obtienen las mejores puntuaciones: el tratamiento 1 obtiene 4.3 ± 0.07 puntos, el tratamiento 9 obtiene 4.2 ± 0.02 puntos y el tratamiento 10 obtiene 4.1 ± 0.08 puntos. Por otro lado, los tratamientos con menos remolacha (alrededor del 30%) y más quinua presentan baja aceptabilidad del color. Por ejemplo, el tratamiento 6 solo obtuvo 2.1 ± 0.09 puntos, mientras que el tratamiento 2 obtuvo 2.4 ± 0.23 puntos. Los tratamientos intermedios con

aproximadamente 35–37% de remolacha obtienen puntuaciones medias en la escala (3,2–3,9 puntos).

Existe una correlación negativa entre la quinua y la aceptación del color: cuando la proporción de quinua aumenta a aproximadamente el 70%, la aprobación disminuye notablemente. La cantidad de Stevia (X3) no parece tener mucho efecto en esta prueba sensorial de color; se mantiene prácticamente igual de 0.07 a 0.09%.

Las desviaciones estándar registradas son mínimas (entre 0.02 y 0.54 puntos), lo que significa que los datos son fiables y que las respuestas de los evaluadores son consistentes. Los tratamientos 1 y 9 son más consistentes, con variaciones de ± 0.07 y ± 0.02 , respectivamente.

Para obtener la mejor aceptabilidad sensorial de la característica de color, la mejor mezcla sería aproximadamente 40% extracto de remolacha, 60% quinua y 0.08% Stevia (como los tratamientos 1, 9 y 10), que obtienen puntuaciones de aceptación entre 4.1 y 4.3 puntos. Esta combinación da un tono fuerte y atractivo que realmente gusta a los jueces, y las respuestas no cambian mucho.

Tabla 10

ANOVA para los modelos matemáticos aplicados al atributo color de la bebida vegetal

Modelo	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F	P	R ² Ajustado	R ² Precedido
Lineal	6.49	2	3.24	251.90	< 0.0001	0.9805	0.9646
Cuadrático	6.55	5	1.31	151.17	< 0.0001	0.9869	0.9516

El análisis de varianza (ANOVA) examina dos modelos aritméticos para ver si pueden explicar las diferencias en cómo a la gente le gusta el tono de una bebida a base de plantas. El modelo lineal es muy importante ($p < 0.0001$) y explica el 96.46% de la variabilidad. Su valor de R^2 es 0.9646 y su valor de R^2 ajustado es 0.9805. El modelo cuadrático, por otro lado, tiene un R^2 de 0.9516 y un R^2 ajustado de 0.9869. Hace un mejor trabajo al capturar cómo interactúan

los factores y explicar el 95.16% de la variabilidad, pero la diferencia en el ajuste es pequeña. Ambos modelos son correctos. El modelo lineal es más fácil de usar en la vida real, mientras que el modelo cuadrático es mejor para análisis más complicados. El modelo cuadrático se utilizará en este escenario ya que es más preciso y tiene más potencia de cálculo.

Tabla 11

Coefficientes en términos de factores codificados para el modelo cuadrático para el atributo color

Componente	Estimación de coeficientes	df	Error estándar	95% CI Bajo	95% CI Alto	VIF
A-Extracto de beterraga	4.32	1	0.0814	4.12	4.53	3.20
B-Quinoa	2.14	1	0.0818	1.93	2.35	3.62
C-Stevia	-56790.42	1	66411.19	-2.275	1.139	7.102
AB	0.0529	1	0.2865	-0.6837	0.7895	2.18
AC	56781.30	1	66537.86	-1.143	2.278E+05	2.866
BC	56998.86	1	66537.29	-1.140	2.280	3.447

Esta Tabla 11 muestra los coeficientes de regresión predichos para la aceptabilidad sensorial del color. El extracto de remolacha (A) es el factor más influyente, con un coeficiente de 4.32 (intervalo 4.12–4.53). Esto significa que agregar más remolacha directamente hace que el color sea más aceptable.

La quinoa (B) tiene un coeficiente de 2.14 (1.93–2.35), lo que significa que tiene un efecto beneficioso, pero no es tan fuerte como los demás. La estevia (C), por otro lado, tiene grandes problemas: su coeficiente de -56790.42 es muy alto, y su intervalo de confianza abarca el cero (-2.275 a 1.139), lo que significa que no es estadísticamente significativo. El VIF de 7.102 muestra que hay mucha multicolinealidad, lo cual se debe a que la Stevia no cambió mucho durante el ensayo (solo 0.07-0.09%). Las interacciones AB, AC y BC no son estadísticamente significativas porque sus intervalos de confianza incluyen cero. Los

coeficientes muy altos en AC y BC no son efectos reales; son solo artefactos de la multicolinealidad de la estevia.

En conclusión, el modelo cuadrático funciona bien en general, sin embargo, los coeficientes individuales de Stevia no son lo suficientemente fiables para ser utilizados para predicciones. La remolacha y la quinoa son los principales impulsores del modelo. Para fines prácticos, el modelo lineal más simple es el mejor, ya que evita la multicolinealidad y proporciona coeficientes confiables basados en estos dos elementos importantes que influyen en el color de la bebida.

Ecuación del modelo matemático para la variable atributo color:

$$\text{Color} = 4.32A + 2.14B - 56790.42C + 0.0529AB + 56781.30AC + 56998.86BC$$

El gráfico de trazas de la Figura 6 muestra cómo cada parte de la bebida a base de plantas impacta en su atributo de color. La formulación de referencia tiene 34.96% de remolacha, 64.96% de quinua y 0.08% de Stevia, y su color es de aproximadamente 3.4%. Los componentes actúan de una manera que es absolutamente opuesta a lo aceptables que son en conjunto.

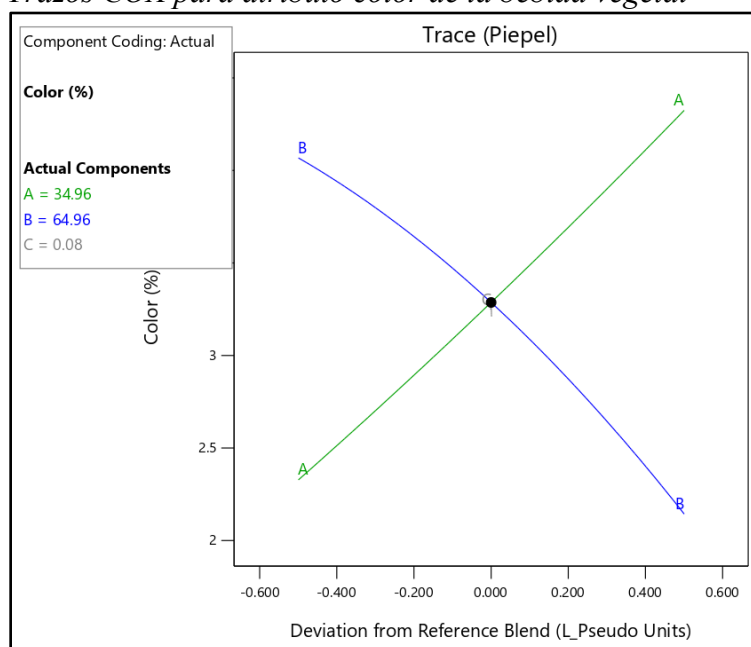
A medida que aumenta la cantidad del Componente A (Remolacha), el color aumenta mucho, del 2,4% a más del 4,2%. Esta es la pendiente más pronunciada, lo que indica que la remolacha es el ingrediente principal para la intensidad del color. Esto tiene sentido porque la remolacha es naturalmente de color rojo intenso. Por otro lado, el componente B (Quinoa) tiene una relación negativa: a medida que aumenta su cantidad, el color disminuye del 3.8% al 2.2%, lo que significa que su color blanco o crema claro hace que la bebida sea menos colorida. El componente C (Stevia) también muestra una línea recta sin cambios, lo que confirma que no altera el tono.

Existe una compensación crucial entre el color y la aceptabilidad general: maximizar la remolacha proporciona un color fuerte y atractivo pero baja aceptabilidad (≤ 2.8 puntos),

mientras que disminuir la remolacha y maximizar la quinua da un color débil pero excelente aceptabilidad (4.7-4.9 puntos). Mi sugerencia es mantener la mejor mezcla de 70% quinua, 30% remolacha y 0.08% estevia. Esta mezcla tiene la mejor puntuación de 4.7-4.9 puntos para la aceptabilidad y tiene un color moderado-intenso de aproximadamente 3.4%, lo que es el mejor compromiso. Si quieres mejorar el color sin perder aceptabilidad, también podrías aumentar el contenido de remolacha a 35-37%. Esto haría que el color fuera más intenso (3.7–3.9%), pero aún sería aceptable (3.5–3.8 puntos), aunque no tan bueno como el mejor.

Figura 5

Trazos COX para atributo color de la bebida vegetal



Nota. Si quieres una bebida a base de plantas con un color fuerte y atractivo, deberías añadir más remolacha (Componente A) a la figura 5. Las líneas se cruzan en el punto de referencia, pero si el objetivo es obtener la mayor cantidad de color, el punto debería desplazarse hacia la derecha en el eje X, lo que hará que la remolacha sea más grande. Pero hay un gran problema estratégico: mientras la remolacha sube, la aceptabilidad general baja mucho (como vimos en el último gráfico), pero el color mejora.

4.2.3 Olor

Tabla 12

Resultado del atributo olor de la bebida vegetal

Tratamientos	X1	X2	X3	R3
	% Extracto beterraga	% Quinoa	% Stevia	Olor
1	39.93	60.00	0.07	4.3± 0.06
2	30.00	69.92	0.08	2.5± 0.09
3	34.97	64.97	0.07	3.7± 0.12
4	32.48	67.44	0.09	3.6± 0.25
5	32.48	67.45	0.08	3.5± 0.17
6	30.00	69.93	0.07	2.4± 0.18
7	37.45	62.48	0.08	4.2± 0.21
8	30.00	69.91	0.09	2.7± 0.32
9	39.92	60.00	0.08	4.5± 0.28
10	39.91	60.00	0.09	4.4± 0.05
11	34.96	64.96	0.08	3.8± 0.08

La Tabla 12 demuestra que el olor y la remolacha están directamente relacionados: cuanto mayor sea el porcentaje de remolacha, mejor será la calificación del olor. Los tratamientos con 39-40% de remolacha tienen excelentes calificaciones de 4.4-4.5 puntos, sin embargo, los tratamientos con solo 30% de remolacha obtienen solo 2.4-2.5 puntos (no es bueno).

La mejor receta para la aceptación general (30% remolacha, 4.9 puntos) tiene un olor muy malo (2.4 puntos). La mejor mezcla para el olor (39–40% remolacha, 4.4–4.5 puntos) hace que la aceptabilidad total sea bastante baja (1.8–2.8 puntos).

Recomendación: Utilice una formulación de compromiso con 34–35% de remolacha, 65% de quinoa y 0.08% de Stevia. Esto le proporcionará tanto una aceptabilidad general equilibrada y mutuamente acordada (3.7–3.8 puntos) como un olor (3.7–3.8 puntos), lo que lo convierte en la mejor opción para la comercialización.

Tabla 13*ANOVA para los modelos matemáticos aplicados al atributo olor de la bebida vegetal*

Modelo	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F	P	R ² Ajustado	R ² Precedido
Lineal	5.28	2	2.64	39.34	< 0.0001	0.8846	0.8185
Cuadrático	5.71	5	1.14	51.51	0.0003	0.9619	0.9361

La Tabla 13 muestra qué modelo se ajusta mejor a los datos de olor de la bebida. Compara dos modelos estadísticos: el lineal y el cuadrático. El modelo cuadrático es mucho mejor y se ajusta mejor a los datos experimentales.

El modelo cuadrático tiene un valor de R² ajustado de 0.9619, lo que significa que explica el 96.19% de los cambios en el olor de la bebida. El modelo lineal, por otro lado, solo explica el 88.46% de la varianza, con un R² ajustado de 0.8846. Esta brecha de 7.73 puntos porcentuales es grande. El valor F del modelo cuadrático (51.51) es mucho mayor que el del modelo lineal (39.34), lo que significa que el modelo cuadrático se ajusta mucho mejor. Ambos modelos tienen valores P muy significativos (0.0003 y < 0.0001, respectivamente), lo que significa que ambos son estadísticamente válidos. Sin embargo, el modelo cuadrático es claramente mejor. El hecho de que el modelo cuadrático sea mejor que el modelo lineal significa que la relación entre los porcentajes de remolacha, quinua y Stevia y el olor no es una línea recta. Hay efectos de interacción y curvatura, lo que significa que el olor no varía en línea recta a medida que cambian las cantidades de los productos químicos. Así que, el modelo cuadrático debería usarse para adivinar y mejorar las futuras versiones de esta bebida a base de plantas en términos de olor. Esto proporcionará estimaciones mucho más precisas y fiables sobre cómo diferentes combinaciones de ingredientes cambiarán el olor del producto.

Tabla 14

Coefficientes en términos de factores codificados para el modelo cuadrático para el atributo olor

Componente	Estimación de coeficientes	df	Error estándar	95% CI Bajo	95% CI Alto	VIF
A-Extracto de beterraga	4.28	1	0.1303	3.95	4.62	3.20
B-Quinoa	2.39	1	0.1309	2.05	2.73	3.62
C-Stevia	-78417.80	1	1.063	-3.515	1.947	7.102
AB	1.71	1	0.4585	0.5337	2.89	2.18
AC	78650.80	1	1.065	-1.950	3.523	2.866
BC	78738.87	1	1.065	-1.949	3.524	3.447

Esta tabla 14 muestra los coeficientes de regresión que indican cómo olerá la bebida en función de las cantidades de remolacha (A), quinoa (B) y Stevia (C). El componente A (remolacha) tiene el coeficiente más alto y estable, que es 4.28 (IC del 95%: 3.95-4.62). Esto demuestra que es el principal constituyente que afecta el olor de manera positiva. Su intervalo de confianza no incluye 0, lo que indica que es estadísticamente significativo. El componente B (quinoa) tiene un coeficiente de 2.39 (IC del 95%: 2.05–2.73), que también es positivo pero menor que el de la remolacha. Esto significa que tiene menos efecto sobre la fragancia. Ambas partes son estadísticamente significativas.

La interacción AB (remolacha-quinoa) tiene un coeficiente de 1.71 (IC del 95%: 0.5337–2.89), lo que significa que es estadísticamente significativa porque su intervalo no cruza cero. Esto indica un impacto sinérgico entre la remolacha y la quinoa en el aroma. El componente C (Stevia) tiene un coeficiente muy alto (-78417.80) y un rango amplio (-3.515 a 1.947) que incluye el cero. Esto significa que no es estadísticamente fiable porque no hubo suficiente variación en los experimentos. Las interacciones AC y BC también tienen coeficientes demasiado altos e intervalos que abarcan el cero, lo cual es el mismo problema

que la Stevia.

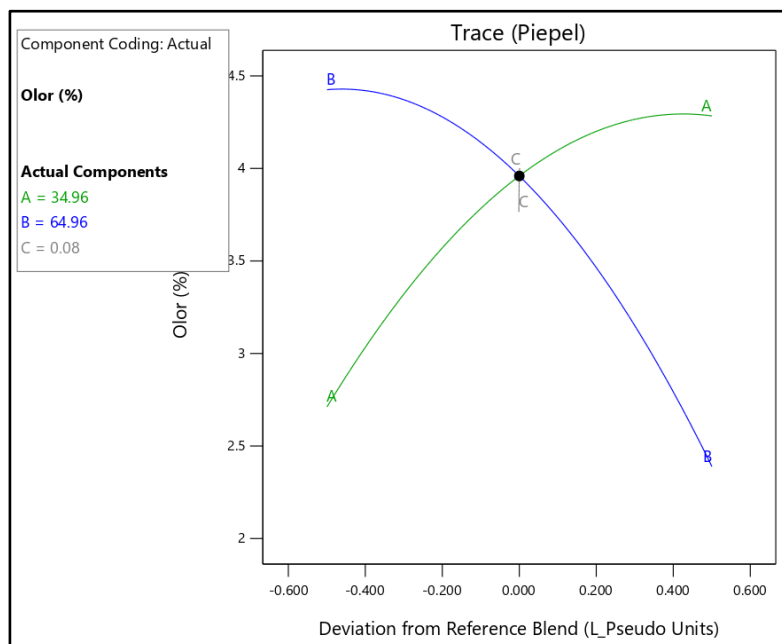
El modelo cuadrático para el olor funciona porque la remolacha (coeficiente 4.28) es el principal factor positivo, la quinua (2.39) es un factor positivo suplementario, y una interacción AB sustancial (1.71) muestra que los dos ingredientes trabajan juntos. No es posible adivinar de manera confiable qué hará la Stevia. Para obtener el mejor aroma, la remolacha debe ser lo más alta posible (34–40%) y la quinua debe ajustarse para que coincida, ya que los dos ingredientes funcionan bien juntos para que la bebida a base de plantas huela mejor en general.

Ecuación del modelo matemático para la variable atributo olor:

$$Olor = 4.28A + 2.39B - 78417.80C + 1.71AB + 78650.80AC + 78738.87BC$$

La Figura 8 muestra cómo cada parte de la formulación de referencia (A = 34.96% remolacha, B = 64.96% quinua, C = 0.08% Stevia) cambia el olor de la bebida. El olor es de aproximadamente el 4,0%. Los componentes actúan de maneras que no son líneas rectas, lo cual está en consonancia con el modelo cuadrático que se encontró anteriormente. A medida que aumenta la cantidad del Componente A (remolacha) (moviéndose hacia la derecha), el olor sube de alrededor del 2,8% a más del 4,3%. Esta es una asociación positiva y ascendente. Esta pendiente positiva significativa muestra que la remolacha es el mejor ingrediente para mejorar el olor, lo que significa que debería añadirse más para mejorar este sentido. A medida que aumenta la cantidad del Componente B (Quinoa), el olor disminuye drásticamente, del 4.5% a solo el 2.4%. Esta es una asociación negativa y en declive. Esta fuerte pendiente negativa muestra que la quinua debilita u oculta el fuerte olor de la remolacha, haciendo que el olor sea mucho menos agradable.

Una vez más, el Componente C (Elevia) muestra una línea casi horizontal que no cambia, lo que sugiere que no tiene un gran efecto en el olor sin importar la cantidad que haya. En el punto de referencia (desviación 0), las tres líneas se cruzan en aproximadamente el 4,0%.

Figura 6*Trazos COX para atributo olor de la bebida vegetal*

Nota. La Figura 6 muestra que, para mejorar el olor, se debe aumentar la cantidad de remolacha (línea A subiendo hacia la derecha) y disminuir la cantidad de quinua (línea B bajando). La formulación de compromiso sugerida (34–35% remolacha, 65% quinua) está un poco a la izquierda del centro. Tiene un olor aceptable de 3.7–3.8 puntos, pero si maximizas la remolacha al 39–40%, el olor sería de 4.4–4.5 puntos. La relación entre las dos partes es bastante importante. El aumento en el mosto de remolacha debe equilibrarse con quinua para que la bebida a base de plantas sea tanto generalmente aceptable como tenga buenos olores.

4.2.4 Sabor

Tabla 15*Resultado del atributo sabor de la bebida vegetal*

Tratamientos	X1	X2	X3	R4
	% Extracto beterraga	% Quinua	% Stevia	Sabor
1	39.93	60.00	0.07	4.3± 0.12
2	30.00	69.92	0.08	2.4± 0.21
3	34.97	64.97	0.07	3.8± 0.34
4	32.48	67.44	0.09	3.6± 0.08

5	32.48	67.45	0.08	3.5± 0.43
6	30.00	69.93	0.07	2.3± 0.18
7	37.45	62.48	0.08	4.1± 0.09
8	30.00	69.91	0.09	2.5± 0.15
9	39.92	60.00	0.08	4.4± 0.06
10	39.91	60.00	0.09	4.5± 0.12
11	34.96	64.96	0.08	3.9± 0.41

La Tabla 15 muestra cómo se probaron los 11 tratamientos utilizando una escala hedónica de 5 puntos. El patrón es evidente y va en contra de lo que la mayoría de la gente piensa: el sabor es mejor cuando aumenta la remolacha. Los tratamientos con 39–40% de remolacha obtienen un gran sabor (4.4–4.5 puntos), pero los tratamientos con 30% de remolacha tienen mal sabor (2.3–2.4 puntos). Los tratamientos con 34–35% de remolacha obtienen un excelente sabor (puntuaciones de 3.8–3.9), lo cual es un punto medio decente. La mejor mezcla para la aceptación general (30% remolacha, 4.9 puntos) hace que el sabor sea muy malo (2.3–2.4 puntos). La mejor combinación para el sabor (39–40% remolacha, 4.4–4.5 puntos) obtiene una puntuación general bastante baja (1.8–2.8 puntos). Hay un conflicto básico al comparar las tres variables analizadas: el sabor y el aroma mejoran con más remolacha, pero la aceptación general disminuye. Recomendamos la formulación de compromiso con 34–35% de remolacha, 65% de quinua y 0.08% de Stevia. Esta formulación tiene una aceptación general equilibrada y buena (3.7–3.8), en cuanto al olor (3.7–3.8), el sabor (3.8–3.9) y el color (3.4–3.7), por lo que ninguna característica es un problema. Esta es la mejor manera integral de ganar dinero.

Tabla 16

ANOVA para los modelos matemáticos aplicados al atributo sabor de la bebida vegetal

Modelo	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F	P	R ² Ajustado	R ² Precedido
--------	------------------------	-------------------------	-----------------------	---	---	-------------------------	--------------------------

Lineal	5.52	2	2.76	24.94	< 0.0004	0.8272	0.7343
Cuadrático	6.31	5	1.26	66.79	0.0001	0.9705	0.9544

Se evaluaron dos modelos en la Tabla 16 para ver cuál se ajustaba mejor a los datos de sabor de la bebida a base de plantas: lineal y cuadrático. El modelo cuadrático es mucho mejor y se ajusta mejor a los datos experimentales.

El modelo cuadrático tiene un valor de R^2 ajustado de 0.9705, lo que significa que puede explicar el 97.05% de las diferencias en el sabor de la bebida. El modelo lineal, por otro lado, tiene un R^2 ajustado de 0.8272, lo que significa que solo explica el 82.72% de la variación. Esta diferencia de 14.33 puntos porcentuales es grande y muestra que el modelo cuadrático hace un trabajo mucho mejor al mostrar cómo interactúan los elementos entre sí. El valor F del modelo cuadrático (66.79) es mucho mayor que el del modelo lineal (24.94), lo que significa que se ajusta mucho mejor. Ambos modelos tienen valores P muy significativos (0.0001 y < 0.0004), lo que demuestra que son estadísticamente viables. Sin embargo, el modelo cuadrático es claramente mejor.

El hecho de que el modelo cuadrático sea mejor que el modelo lineal significa que la relación entre la remolacha, la quinua y la Stevia con el sabor no es simplemente una línea recta. También hay efectos de interacción y curvatura complicados. El sabor varía de manera no lineal cuando se alteran las proporciones. Por ejemplo, ajustes modestos en la cantidad de remolacha pueden causar grandes cambios en cómo se percibe el sabor. El modelo cuadrático debe utilizarse para anticipar y mejorar las versiones futuras de esta bebida a base de plantas en términos de sabor. Esto proporcionará predicciones mucho más precisas y fiables sobre cómo cambiar la formulación óptima que equilibra el sabor con la aceptación general.

Tabla 17

Coefficientes en términos de factores codificados para el modelo cuadrático para el atributo

sabor

Componente	Estimación de coeficientes	df	Error estándar	95% CI Bajo	95% CI Alto	VIF
A-Extracto de beterraga	4.06	1	0.1203	3.75	4.37	3.20
B-Quinoa	2.32	1	0.1209	2.01	2.63	3.62
C-Stevia	-47596.21	1	98121.02	-2.998	2.046	7.102
AB	2.48	1	0.4234	1.39	3.57	2.18
AC	47920.22	1	98308.18	-2.048	3.006	2.866
BC	47798.86	1	98307.34	-2.049	3.005	3.447

Esta tabla 17 muestra los coeficientes de regresión que se pueden utilizar para estimar el sabor de la bebida en función de las cantidades de remolacha (A), quinoa (B) y Stevia (C). El coeficiente para el Componente A (Remolacha) es el más grande y consistente, con una estimación de 4.06 (IC del 95%: 3.75–4.37). Esto confirma que es el ingrediente más importante y favorable en el sabor. Su intervalo de confianza no incluye cero, lo que significa que es estadísticamente significativo como el factor más importante que afecta la forma en que las personas saborean las cosas. El componente B (quinoa) tiene un coeficiente de 2.32 (IC del 95%: 2.01–2.63), que también es positivo, pero mucho menor que el de la remolacha. Esto significa que añade sabor, pero no es el sabor principal; en cambio, hace que el plato sea más suave y equilibrado. La interacción AB (remolacha-quinoa) tiene un coeficiente de 2.48 (IC del 95%: 1.39–3.57), lo que significa que es estadísticamente significativa porque su intervalo no incluye cero. Esto muestra un fuerte efecto sinérgico: la remolacha y la quinoa trabajan juntas para que la bebida tenga mejor sabor en general. El componente C (Stevia) tiene un coeficiente muy alto (-47596.21) y un rango amplio (-2.998 a 2.046) que incluye el cero. Esto significa que no es estadísticamente confiable porque no hubo suficiente varianza en los experimentos. Las interacciones AC y BC también tienen

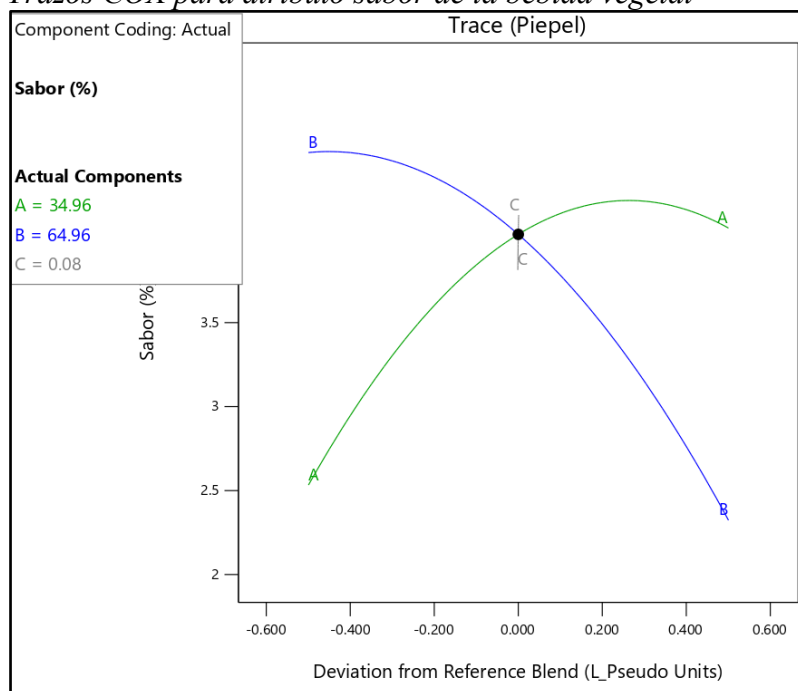
coeficientes demasiado altos e intervalos que incluyen el cero, lo cual es el mismo problema que la Stevia.

Ecuación del modelo matemático para la variable atributo sabor:

$$\text{Sabor} = 4.06A + 2.32B - 47596.21C + 2.48AB + 47920.22AC + 47798.86BC$$

Figura 7

Trazos COX para atributo sabor de la bebida vegetal



Nota. La Figura 9 muestra que el modelo cuadrático para el sabor funciona bien, ya que la remolacha (coeficiente 4.06) es el factor positivo más importante, la quinua (2.32) es un elemento complementario y la sustancial interacción AB (2.48) demuestra que los dos ingredientes funcionan bien juntos. No es posible predecir de manera confiable qué hará la Stevia. Para obtener el mejor sabor, debes usar tanta remolacha como sea posible y equilibrarla con quinua porque combinan bien. La formulación de compromiso (34–35% remolacha, 65% quinua, 0.08% Stevia) aprovecha esta interacción para obtener un buen sabor (3.8–3.9) sin perder el atractivo general.

4.2.5 Textura

Tabla 18

Resultado del atributo textura de la bebida vegetal

Tratamientos	X1	X2	X3	R5
	% Extracto beterraga	% Quinoa	% Stevia	Textura
1	39.93	60.00	0.07	4.3± 0.16
2	30.00	69.92	0.08	4.5± 0.09
3	34.97	64.97	0.07	3.2± 0.12
4	32.48	67.44	0.09	3.8± 0.07
5	32.48	67.45	0.08	3.9± 0.06
6	30.00	69.93	0.07	4.6± 0.06
7	37.45	62.48	0.08	2.9± 0.11
8	30.00	69.91	0.09	4.2± 0.13
9	39.92	60.00	0.08	2.6± 0.09
10	39.91	60.00	0.09	2.5± 0.07
11	34.96	64.96	0.08	3.1± 0.09

Esta tabla 18 muestra cómo la gente calificó la textura de los 11 tratamientos en una escala hedónica de 5 puntos. Lo contrario es cierto para el sabor y el olor: a medida que disminuye la cantidad de remolacha y aumenta la cantidad de quinua, la textura mejora mucho. Los tratamientos con 30% de remolacha obtienen una excelente textura (4.2–4.6 puntos), siendo el tratamiento 6 el que obtiene la mejor puntuación de 4.6 ± 0.06 puntos (30% remolacha, 69.93% quinua, 0.07% Stevia), y el tratamiento 2 con 4.5 ± 0.09 puntos (30% remolacha, 69.92% quinua, 0.08% Stevia). Por otro lado, los tratamientos con remolacha $\geq 37\%$ tienen mala textura: el tratamiento 10 obtiene solo 2.5 ± 0.07 puntos (39.91% remolacha), el tratamiento 9 obtiene 2.6 ± 0.09 puntos (39.92% remolacha) y el tratamiento 7 obtiene 2.9 ± 0.11 puntos (37.45% remolacha).

Hay una tensión crítica entre el sabor y la textura: agregar más remolacha aumenta el sabor, pero empeora la textura. La mejor mezcla para el sabor (39–40% remolacha, 4.4–4.5 puntos) hace que la textura sea bastante mala (2.5–2.6 puntos). La mejor textura (30% remolacha, 4.6 puntos) mantiene el mal sabor (2.3–2.4 puntos). Los tratamientos intermedios

con 32.48–34.97% de remolacha proporcionan al alimento una textura aceptable a buena (3.1–3.9 puntos) y un sabor intermedio (3.5–3.9 puntos).

Conclusión: La formulación de compromiso con 34-35% de remolacha, 65% de quinua y 0.08% de estevia proporciona el mejor equilibrio general. El olor (3.7-3.8), el sabor (3.8-3.9), la textura (3.1-3.2) y el color (3.4-3.7) son todos aceptables. Esta es la mejor manera de comercializar el producto, ya que asegura que no falte ninguna característica sensorial y que la experiencia del consumidor sea completamente equilibrada.

Tabla 19

ANOVA para los modelos matemáticos aplicados al atributo textura de la bebida vegetal

Modelo	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F	P	R ² Ajustado	R ² Precedido
Lineal	5.69	2	2.85	77.88	< 0.0001	0.9389	0.9120
Cuadrático	5.94	5	1.19	127.12	< 0.0001	0.9844	0.9538

Puede consultar la Tabla 18 para ver qué modelo matemático se ajusta mejor a los datos texturales de la bebida a base de plantas. Se compararon dos modelos: lineal y cuadrático. Ambos modelos se ajustan muy bien a los datos experimentales, sin embargo, el modelo cuadrático es mejor y se ajusta mejor a los datos. El modelo cuadrático tiene un coeficiente R² ajustado de 0.9844, lo que significa que explica el 98.44% de los cambios en la textura de la bebida. El modelo lineal tiene un R² ajustado de 0.9389, lo que significa que puede explicar el 93.89% de la variación. Esta diferencia de 4.55 puntos porcentuales es menor que las diferencias para los otros atributos que analizamos. Esto demuestra que el modelo lineal también hace un buen trabajo al mostrar cómo se relacionan la textura y los ingredientes. El valor F del modelo cuadrático (127.12) es mucho mayor que el del modelo lineal (77.88), lo que indica que el ajuste cuadrático es mucho mejor. Ambos modelos tienen valores P muy significativos (< 0.0001), lo que significa que son estadísticamente válidos.

El modelo cuadrático es mejor que el modelo lineal, lo que significa que la asociación entre remolacha, quinua y Stevia con la textura contiene efectos de interacción y curvatura que el modelo lineal no muestra. Por lo tanto, el modelo cuadrático debería utilizarse para hacer predicciones sobre la textura de futuras versiones de esta bebida a base de plantas y mejorarla. Esto te dará predicciones más precisas. La textura destaca por tener uno de los mejores ajustes ($R^2 = 0.9844$) de todos los atributos que analizamos. Esto significa que las proporciones de los ingredientes pueden utilizarse para predecir con gran precisión la calidad de la textura, lo que facilita la mejora de este importante atributo para la aceptación del consumidor.

Tabla 20

Coeficientes en términos de factores codificados para el modelo cuadrático para el atributo textura

Componente	Estimación de coeficientes	df	Error estándar	95% CI Bajo	95% CI Alto	VIF
A-Extracto de beterraga	2.65	1	0.0846	2.44	2.87	3.20
B-Quinua	4.61	1	0.0850	4.39	4.83	3.62
C-Stevia	-80200.12	1	68993.15	-2.576	97152.41	7.102
AB	-1.48	1	0.2977	-2.24	-0.7138	2.18
AC	80278.40	1	69124.75	-97412.42	2.580	2.866
BC	80191.10	1	69124.15	-97498.19	2.579	3.447

La Tabla 20 ilustra los coeficientes de regresión que se pueden utilizar para predecir cómo sabría la bebida en función de la cantidad de remolacha (A), quinua (B) y Stevia (C) que contiene. El patrón es exactamente lo contrario del sabor. El coeficiente para el componente B (quinua) es 4.61 (IC del 95%: 4.39–4.83), que es el más alto y confiable. Esto demuestra que es la parte principal y que mejora la textura. Es estadísticamente significativo como elemento crítico para mejorar la textura porque su intervalo de confianza no incluye el cero. La remolacha (4.06) fue la clara vencedora en la prueba de sabor, lo cual es considerablemente diferente a

esto. El coeficiente para el Componente A (remolacha) es 2.65 (IC del 95%: 2.44–2.87), lo cual es bueno, pero significativamente menor que la quinua. Esto indica que sí cambia la textura, pero no es lo más significativo. La interacción AB (remolacha-quinua) tiene un coeficiente de -1.48 (IC del 95%: -2.24 a -0.7138), lo que sugiere que es estadísticamente significativa y negativa. Esto ilustra un efecto antagónico: a medida que aumenta la cantidad de remolacha, la textura de la quinua empeora, lo que demuestra que demasiada remolacha empeora la textura de la bebida.

El componente C (Stevia) tiene un coeficiente extremadamente alto (-80200.12) que puede variar de cero a un número muy alto. Esto significa que no es estadísticamente fiable porque el experimento no mostró suficientes diferencias. Los coeficientes para las interacciones AC y BC tampoco caen dentro de los rangos que engloban el cero. Conclusión: El modelo cuadrático para la textura funciona bien porque la quinua (coeficiente 4.61) es el factor positivo más importante, la remolacha (2.65) es el segundo factor positivo más importante, y la interacción AB (-1.48) es significativa y negativa, lo que significa que los dos factores están trabajando en contra. Deberías usar tanta quinua como puedas y tan poca remolacha como puedas para obtener la mejor textura. Esto evitará que su interacción tenga una mala consecuencia. La composición de compromiso (34–35% remolacha, 65% quinua) logra un buen equilibrio entre sabor y textura, lo que la convierte en la mejor respuesta general. Ecuación del modelo matemático para la variable atributo textura:

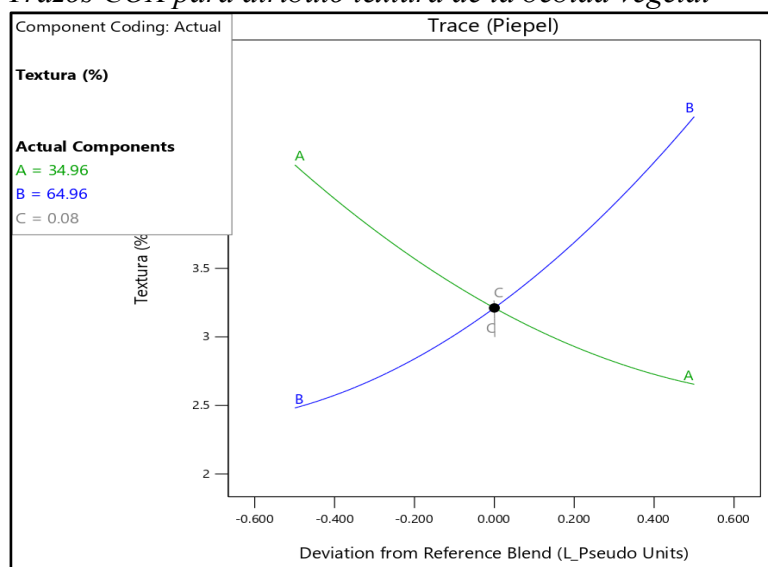
$$Sabor = 2.65A + 4.61B - 80200.12C - 1.48AB + 80278.40AC + 80191.10BC$$

En la figura 10 de trazas visualiza cómo cada componente afecta la textura de la bebida alrededor de la formulación de referencia (A = 34.96% betarraga, B = 64.96% quinua, C = 0.08% Stevia) con textura aproximada de 3.2%. El comportamiento de los componentes muestra patrones opuestos respecto a sabor y olor, confirmando la complejidad de optimizar múltiples atributos simultáneamente.

El componente B (Quinua) muestra una relación positiva y ascendente pronunciada: conforme aumenta su proporción (movimiento hacia la derecha), la textura aumenta significativamente de 2.5% a más de 3.8%. Esta es la pendiente más pronunciada y positiva, confirmando que quinua es el ingrediente dominante para mejorar textura, proporcionando suavidad y cuerpo agradables a la bebida. El componente A (Betarraga) exhibe una relación negativa y descendente: conforme aumenta su proporción (movimiento hacia la derecha), la textura disminuye de aproximadamente 3.8% a 2.7%. Esta pendiente negativa pronunciada indica que betarraga degrada la calidad de textura, probablemente generando una consistencia menos suave o más áspera. Las líneas se cruzan en el punto de referencia (desviación 0) aproximadamente en 3.2%. El componente C (Stevia) nuevamente muestra una línea prácticamente horizontal sin variación aparente, confirmando que no impacta significativamente la textura independientemente de su proporción.

Figura 8

Trazos COX para atributo textura de la bebida vegetal



Nota. Para obtener la mejor textura, se debe aumentar la quinua (línea B subiendo hacia la derecha) y disminuir la remolacha (línea A bajando). La formulación de compromiso (34–35% remolacha, 65% quinua, 0.08% Stevia) está un poco a la izquierda del centro y tiene una puntuación de textura de 3.1–3.2 puntos, lo cual es aceptable. Este gráfico respalda la

recomendación completa: maximizar la quinua te da una gran textura, pero un mal sabor, mientras que maximizar la remolacha te da un gran sabor, pero una mala textura. La mejor solución (34–35% remolacha, 65% quinua) logra un equilibrio entre los dos factores importantes que hacen felices a los clientes.

4.3 Resultado de la formulación óptima de la bebida vegetal

Para encontrar el área que tenía los mejores valores para todas las cualidades sensoriales que se probaron al mismo tiempo, utilizamos gráficos de contorno superpuestos para optimizar la formulación. Este método ayuda a encontrar una formulación que no comprometa ninguna cualidad importante, lo que representa un equilibrio entre las diferentes necesidades identificadas en los análisis previos. Los valores objetivo, mínimo, deseado y máximo para cada resultado se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21

Valores asignados a las variables para la formulación optima de la bebida vegetal

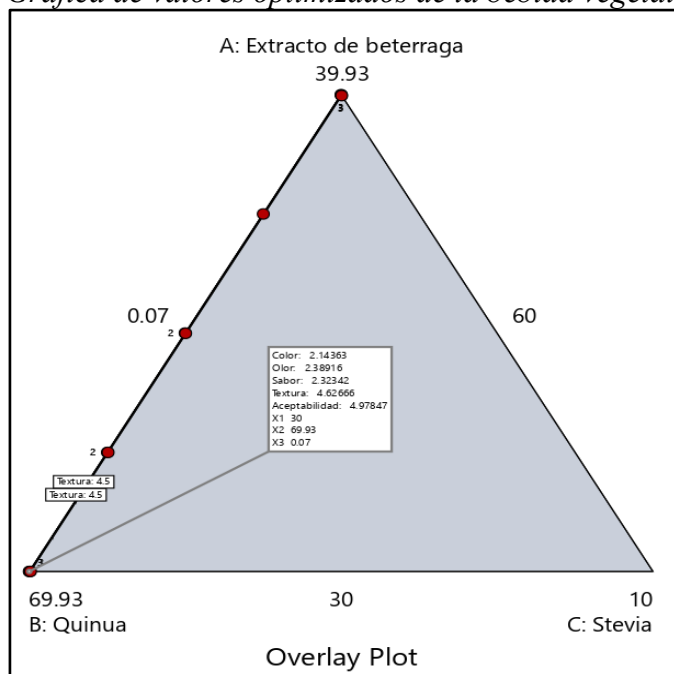
Parámetros controlados	Meta	Valor mínimo	Valor máximo
Color	Maximizar	4.3	5
Olor	Maximizar	4.5	5
Sabor	Maximizar	4.5	5
textura	Maximizar	4.5	5
Aceptabilidad general	Maximizar	4.7	5

La Tabla 21 y la Figura 9 muestran cómo optimizar la formulación de bebidas a base de plantas utilizando más de una variable. Cada vértice muestra el 100% de un componente: remolacha (A) en la parte superior, quinua (B) en la parte inferior izquierda y Stevia (C) en la parte inferior derecha. El área gris muestra la mejor zona de formulación que cumple con todos los estándares de calidad al mismo tiempo. Los puntos rojos en los lados del triángulo muestran los puntos que se observaron durante el experimento. La caja en el centro indica los valores esperados para la mejor formulación: Color 2.14363, Aroma 2.38916, Sabor 2.32142, Textura

4.62666 y Aceptabilidad General 4.97847. La mejor composición es 30% remolacha, 69.93% quinua y 0.07% Stevia, lo que significan las cifras $X_1 = 30$, $X_2 = 69.93$ y $X_3 = 0.07$.

Figura 9

Grafica de valores optimizados de la bebida vegetal



Nota. Los valores esperados para el color (2.14), el olor (2.39) y el sabor (2.32) en la Figura 11 son mucho más bajos que los objetivos máximos, que son de 4.3 a 5.0 puntos. Pero la textura (4.63) y la aceptación general (4.98) también están en o muy cerca de los mejores rangos. Esto demuestra que el área sombreada es el mejor equilibrio posible entre características contrapuestas: para obtener la mejor aceptabilidad y textura general, hay que renunciar al color, el olor y el sabor. La mejor formulación es 30% remolacha, 69.93% quinua y 0.07% Stevia. Esto da la mejor aceptabilidad general (4.98) y una muy buena textura (4.63). Es la mejor manera de equilibrar la experiencia sensorial general del consumidor, aunque sí hace que el color, el olor y el sabor sean menos intensos. Este es el modelo matemáticamente validado que es el mejor para los negocios.

4.4 Análisis fisicoquímico de la bebida optimizada

La Tabla 21 muestra los resultados de la bebida optimizada (30% remolacha, 69.93%

quinua, 0.07% estevia). El perfil nutricional es equilibrado y funcional, lo cual es lo que se esperaría de la combinación de los ingredientes básicos. Los sólidos solubles de 12.5 ± 0.02 °Brix indican que hay una cantidad moderada de azúcares y partes disueltas en la mezcla. Esto es más alto que la remolacha pura (6.7 °Brix) y más bajo que la quinua pura (11.3 °Brix), lo que demuestra que la mezcla está equilibrada.

Tabla 22

Resultado del análisis fisicoquímico de la bebida optimizada

Componentes	Valor + SD
Sólidos solubles (°brix)	12.5 ± 0.02
Humedad en (%)	69.5 ± 0.03
Proteína (%)	1.4 ± 0.05
Fibra en (%)	7.3 ± 0.09
Azúcares totales (%)	10.4 ± 0.07
Acidez titulable en (%) de ácido cítrico	0.52 ± 0.04
pH	3.9 ± 0.06

Nota. La Tabla 22 muestra que el contenido de humedad del $69.5 \pm 0.03\%$ se encuentra en el punto medio entre la remolacha (88.5%) y la quinua (12.2%), lo cual es lo que se esperaría para una bebida líquida con mucha quinua. El nivel de proteína de $1.4 \pm 0.05\%$ es aceptable, lo que le da valor nutricional, principalmente proveniente de la quinua, que es alta en proteínas. El nivel de fibra de $7.3 \pm 0.09\%$ es una cifra significativa que ofrece beneficios funcionales para la salud digestiva, lo cual es especialmente útil para las empresas que desean diferenciarse de la competencia. Los azúcares totales del $10.4 \pm 0.07\%$ son razonables y funcionan bien con la stevia como edulcorante. Esto hace que la bebida tenga un buen perfil glucémico. La acidez titulable del $0.52 \pm 0.04\%$ de ácido cítrico es mucho menor que la de la stevia pura (3,3%). Esto demuestra que la formulación resuelve el problema de la acidez excesiva. El pH de 3.9 ± 0.06 es ligeramente ácido, lo cual es bueno para la conservación y estabilidad microbiológica sin ser demasiado ácido. La bebida optimizada tiene una composición proximal equilibrada y

funcional con suficiente proteína, mucha fibra, una acidez controlada y azúcares moderados. Combina los beneficios para la salud de la remolacha y la quinua con un mejor sabor. Este perfil es una buena opción para una bebida funcional saludable que pueda competir en el mercado.

4.5 Análisis microbiológico de la bebida optimizada

Tabla 23

Resultados del análisis microbiológico de la bebida vegetal

Tipo de análisis	Unidad de análisis	Resultado
Numeración de coliformes totales	NMP/mL	<1
Recuentos mohos y levaduras	UFC/mL	<10
Numeración de coliformes fecales	NMP/mL	<1
Recuentos <i>Staphylococcus aureus</i>	UFC/mL	<1

El examen microbiológico de la bebida vegetal mejorada en la Tabla 23 muestra que es muy segura para beber y cumple con los criterios internacionales de seguridad para bebidas. Coliformes Totales (NMP/mL): Un resultado menor a 1 significa que las bacterias coliformes están casi completamente ausentes, lo que indica que no hay contaminación fecal de animales ni del medio ambiente. Este es el mejor resultado posible, lo que demuestra que las medidas de limpieza y control de calidad tomadas durante la producción funcionaron. Coliformes fecales (NMP/mL): Un resultado inferior a 1 demuestra que no hay contaminación fecal particular, lo que significa que la bebida no ha sido contaminada con excrementos humanos o animales y es completamente segura de microbios. Mohos y Levaduras (UFC/mL): Un resultado inferior a 10 significa que hay muy pocos microorganismos fúngicos, lo que indica que la bebida está libre de mohos y levaduras que podrían causar fermentación o deterioro indeseables. La formulación tiene un pH bajo (3.9) y productos químicos equilibrados que detienen naturalmente el crecimiento de estos gérmenes. *Staphylococcus aureus* (UFC/mL): Un resultado inferior a 1 significa que esta bacteria dañina no está presente, lo que reduce el peligro

de intoxicación estafilocócica. Este resultado muestra que no hay contaminación cruzada durante el procesamiento. La bebida optimizada a base de plantas tiene una microbiología perfecta, es segura para el consumo humano y cumple con las regulaciones de NTP: 203.110: 2022. Estos resultados aseguran que el producto pueda ser vendido con confianza en cuanto a seguridad sanitaria, lo cual es un factor importante para la aceptación y la competencia en el mercado.

4.6 Resultados del análisis microbiológico mediante el modelo de Gompertz

Los hallazgos sobre el número de microorganismos, mostrados en UFC/mL, y los detalles del modelo de Gompertz se encuentran en la Tabla 23. Este modelo muestra cómo crecen las bacterias en la bebida a base de remolacha, quinua y Stevia, mientras se mantiene a tres temperaturas diferentes: 4°C (en un refrigerador doméstico de la marca LG), 20°C y 30°C. Los datos presentados muestran el número de microorganismos ($N = \text{UFC/mL}$), el tiempo en días y el logaritmo del número ajustado de microorganismos ($\text{Log}(N/N_0)$), donde N_0 es la cantidad original. El modelo de Gompertz tiene las siguientes partes: "**a**", que muestra el crecimiento microbiano más alto posible; "**b**", que indica dónde se encuentra la curva en el eje del tiempo; "**c**", que muestra la rapidez con la que crecen los microorganismos; " **μ_{max}** ", que indica la tasa de crecimiento más rápida; " **λ** ", que muestra el tiempo de latencia antes de que comience el crecimiento; "**G**", que indica cuánto tiempo tarda la población microbiana en duplicarse; "**R**", que muestra la fuerza de la relación; y "**R²**", que indica qué tan bien se ajusta el modelo a los datos.

Las curvas de crecimiento microbiano se modelaron utilizando la siguiente ecuación de Gompertz.

$$Y = a * \exp(- \exp(b - c * t))$$

Tabla 24

Recuento microbiano de la bebida vegetal optimizada y almacenado

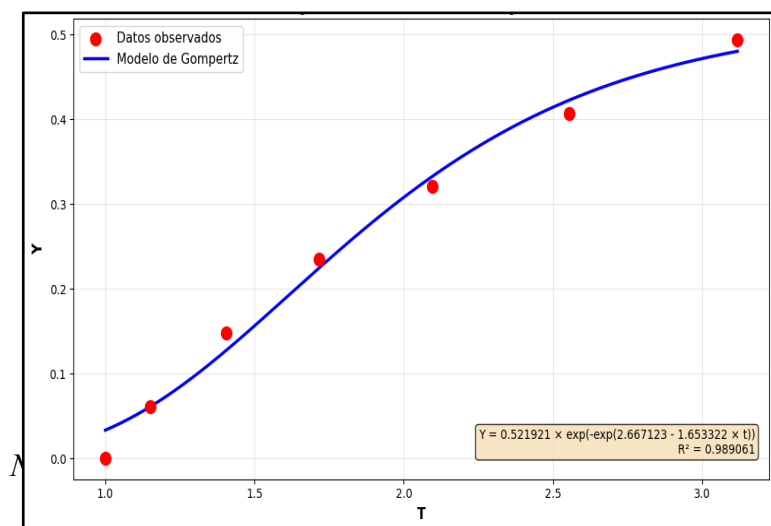
	Temperatura 4°C		Temperatura 20°C		Temperatura 30°C	
Tiempo (días)	N UFC/ml	Lg (N/N0)	N UFC/ml	Lg (N/N0)	N UFC/ml	Lg (N/N0)
0	1.00	0.0000000	1.00	0.000	1.0	0.0000000
10	1.15	0.0608111	2.1	0.322	5.0	0.6989700
20	1.40	0.1476454	2.8	0.447	6.6	0.8195439
30	1.72	0.2344666	3.9	0.591	7.0	0.8450980
40	2.10	0.3212462	4.7	0.672	9.0	0.9542425
50	2.55	0.4071188	5.9	0.771	9.9	0.9956351
60	3.12	0.4938203	6.8	0.833	10.3	1.0128372

4.6.1 Modelo Gompertz para el crecimiento microbiano a 4 °C

El ajuste del modelo de Gompertz de la figura 11 es excelente. El modelo describe un crecimiento sigmoidal (en forma de S) característico de muchos fenómenos biológicos y físicos.

Figura 10

Ajuste del modelo de Gompertz para almacenamiento a 4°C



superpone perfectamente con los puntos observados (en rojo), confirmando la excelencia del ajuste.

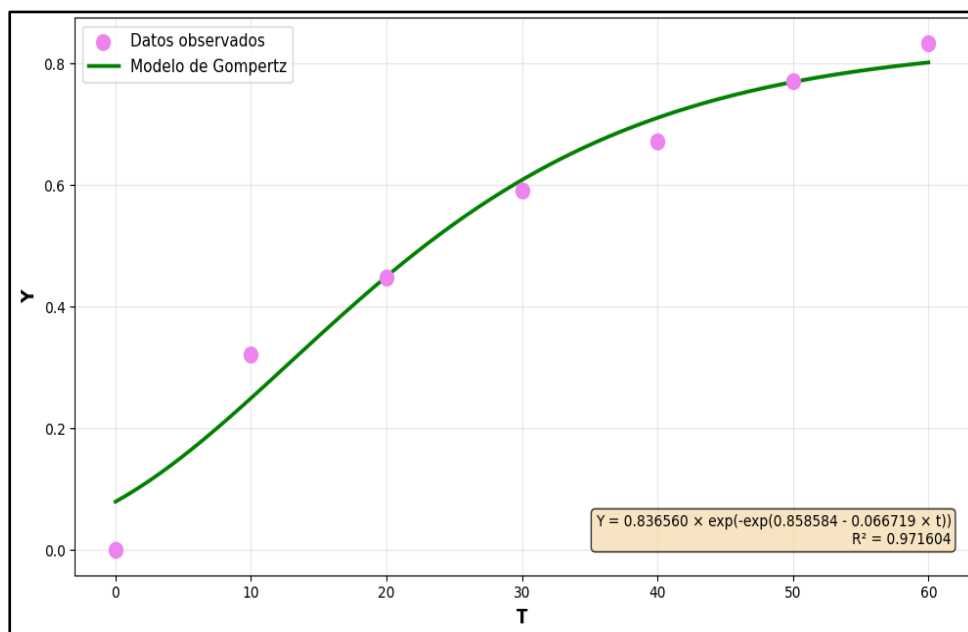
4.6.2 Modelo Gompertz para el crecimiento microbiano a 20 °C

En la figura 12 se observa La curva muestra un crecimiento sigmoidal clásico que comienza lentamente, se acelera en la fase media y se desacelera gradualmente conforme se

acerca al límite superior de aproximadamente 0.837. Con $R^2 = 0.9716$, el modelo captura excelentemente el patrón de crecimiento presente en los datos.

Figura 11

Ajuste del modelo de Gompertz para almacenamiento a 20°C



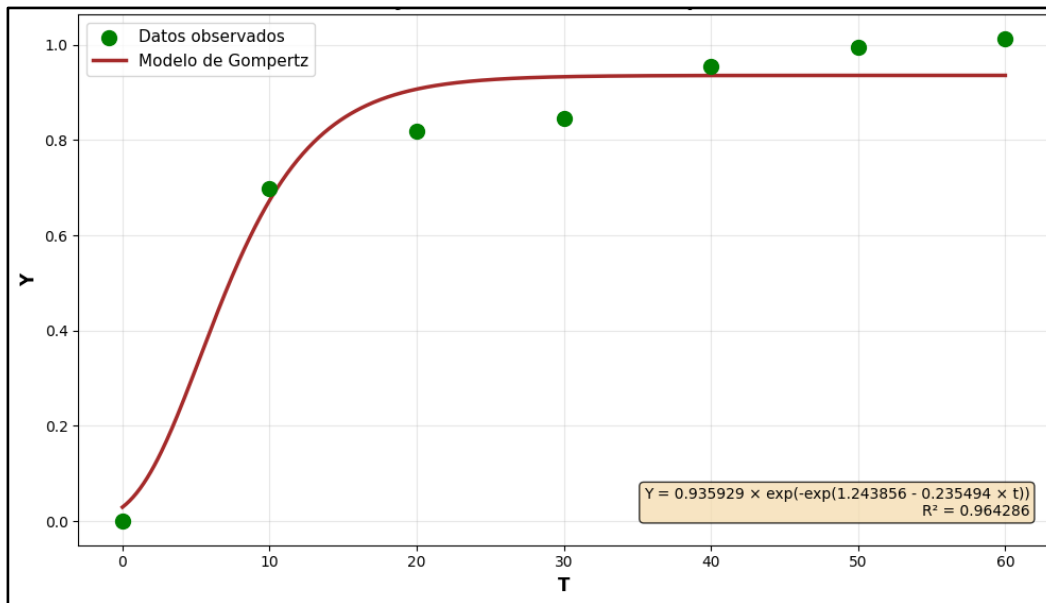
Nota. El modelo de Gompertz proporciona un ajuste excelente a los datos del crecimiento microbiano.

4.6.3 Modelo Gompertz para el crecimiento microbiano a temperatura 30°C

La curva que muestra en la figura 13 describe que hay un crecimiento rápido en las etapas iniciales que se desacelera gradualmente, acercándose al límite superior de aproximadamente 0.936. El $R^2 = 0.9643$ indica que el modelo captura muy bien el patrón de crecimiento sigmoidal presente en los datos.

Figura 12

Ajuste del modelo Gompertz para el crecimiento microbiano a temperatura a 30°C



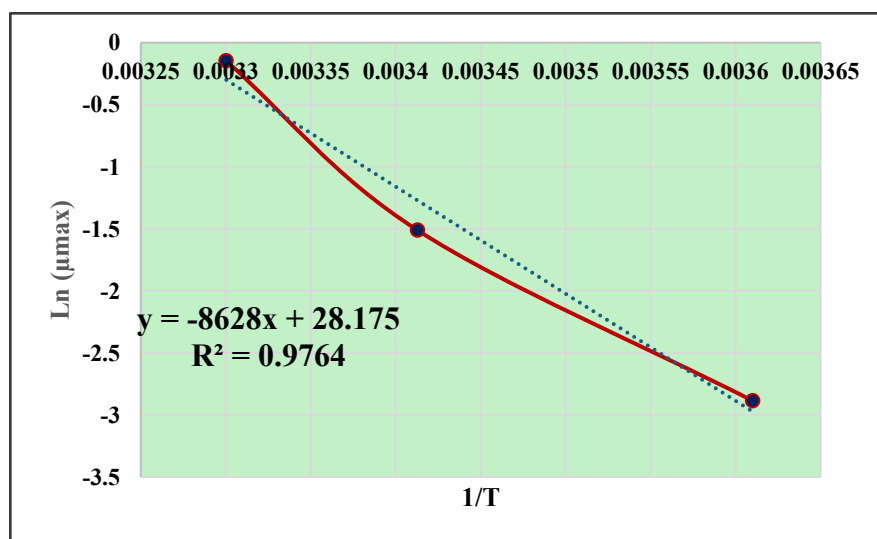
Nota. En la figura 14, el valor límite de 0.9359 muestra la capacidad máxima del sistema, la tasa de crecimiento de 0.2355 determina la rapidez del proceso y el parámetro 1.2439 indica dónde se encuentra la región de crecimiento máximo. Estos factores juntos describen un sistema que crece rápidamente al principio y luego se estabiliza lentamente a medida que se acerca a la saturación.

La Tabla 24 muestra los parámetros del modelo de Gompertz, que indican cómo la temperatura afecta la proliferación de microbios. El coeficiente a (nivel máximo de crecimiento) es menor a 4 °C que a temperaturas más altas, lo que significa que la población máxima es menor. El coeficiente b, por otro lado, es mayor, lo que significa que el crecimiento está más restringido. El coeficiente c y la tasa de crecimiento específico ($\mu_{\max}$) muestran que el crecimiento está ocurriendo, pero no demasiado rápido y con una breve fase de latencia. A 20°C, el valor de a aumenta, pero la $\mu_{\max}$ es la más baja y el tiempo de generación (G) es el más alto. Esto significa que el crecimiento es más lento y dura más tiempo. La fase de latencia negativa también muestra que el crecimiento comienza casi de inmediato. A 30 °C, sin embargo, se observa el valor más alto de a y un $\mu_{\max}$ mayor que a 20 °C., significa que el crecimiento es más rápido y la población final es mayor, con un tiempo de generación más corto que a 20 °C.

Tabla 25*Parámetros del modelo Gompertz para diferentes temperaturas*

Parámetros	4°C	20 °C	30 °C
Coeficiente a	0.521921	0.836560	0.935929
Coeficiente b	2.667123	0.858554	1.243856
Coeficiente c	1.653322	0.066719	0.235494
Velocidad específica de crecimiento ($\mu_{\max}$)	0.86290347	0.05581445	0.22040566
Fase de latencia λ	0.86290347	-2.1200258	1.03550834
Tiempo de generación G	1.00834744	12.4187773	3.14487009
$\ln(\mu_{\max})$	-2.8857225	-1.5122855	-0.1474524
1/T	0.00361011	0.00341297	0.00330033

Nota. En la tabla 24 los resultados sugieren que el aumento de la temperatura favorece el crecimiento microbiano y reduce el tiempo necesario para que la población se multiplique, aunque con variaciones en la velocidad y en la fase de adaptación según la temperatura.

Figura 13*Grafica del $\ln(\mu_{\max})$ y la inversa de la temperatura*

Nota. En la figura 13 de la gráfica $\ln(\mu_{max})$ vs $1/T$ muestra que, al aumentar la temperatura, aumenta la velocidad máxima de crecimiento microbiano, y permite cuantificar esa relación mediante una recta similar a la ecuación de Arrhenius.

$$\ln(\mu_{max}) = 28.175 - 8628T$$

Normalmente, las bebidas se guardan a temperatura ambiente, y en el área de Lima, la temperatura suele ser de 23°C aproximadamente. Se calculó el logaritmo natural, arrojando los siguientes resultados.

$$\ln(\mu_{max}) = -0.97364864865$$

$$(\mu_{max}) = 0.37770253$$

La norma NTP 203.110 (2009) establece que la máxima carga microbiana permisible para considerar una calidad aceptable es de 100 UFC/cm³.

$$\ln(100) = \mu_{max} * t_{dias}$$

$$t_{dias} = \ln(100)/0.37770253$$

$$tiempo = 12 \text{ días}$$

Utilizando un modelo de crecimiento microbiano dependiente de la temperatura, se calculó la vida útil microbiológica de la bebida a base de plantas hecha de remolacha, quinua y estevia. El modelo se muestra mediante la ecuación $\ln(\mu_{max}) = 28.175 - 8628T$. Se encontró un valor de $\ln(\mu_{max}) = -0.9736$ cuando la temperatura promedio de almacenamiento era de 23 °C (296 K). Esto significa que la tasa máxima de crecimiento microbiológico específico fue $\mu_{max} = 0.3777 \text{ día}^{-1}$. La norma NTP 203.110 (2009) establece que el nivel más alto de calidad microbiológica permitido es de 100 UFC/cm³. Usando el modelo $\ln(N) = \mu_{max} \cdot t$ y despejando el tiempo, se encontró $t = \ln(100) / 0.3777$, lo que significa que la vida útil es de aproximadamente 12 días. Esto significa que la bebida se mantendría microbiológicamente segura durante unos 12 días a temperatura ambiente (23 °C) antes de superar el límite establecido por las normas, ya que no se utilizó ningún conservante químico.

4.7 Contrastación de la hipótesis general

H0: La bebida no presenta cambios significativos en sus características microbiológicas durante el almacenamiento, por lo que no es posible determinar una vida útil.

H1: La bebida presenta cambios microbiológicos durante el almacenamiento que permiten estimar su vida útil mediante pruebas aceleradas.

4.7.1 Resultado

El modelo de Gompertz aplicado al crecimiento microbiano mostró que la velocidad específica de crecimiento (μ_{max}) depende de la temperatura, incrementándose al aumentar esta. A temperatura promedio de almacenamiento de 23 °C, se estimó $\mu_{max} = 0.3777 \text{ día}^{-1}$. Aplicando el límite microbiológico establecido por la NTP 203.110 (2009) de 100 UFC/cm³, se determinó una vida útil aproximada de 12 días para la bebida

4.7.2 Decisión

Se rechaza la hipótesis nula (**H0**) y se acepta la hipótesis alterna (**H1**), ya que fue posible determinar la vida útil de la bebida mediante el modelo predictivo de crecimiento microbiano.

4.8 Hipótesis específicas 1

H0: Las materias primas beterraga, quinua y stevia no presentan características fisicoquímicas adecuadas para la elaboración de la bebida.

H1: Las materias primas beterraga, quinua y stevia presentan características fisicoquímicas adecuadas para la elaboración de la bebida.

4.8.1 Resultados

El análisis fisicoquímico mostró que:

- Beterraga: 6.7 °Brix, pH 4.56, humedad 88.5%
- Quinua: 11.3 °Brix, pH 6.41, cenizas 3.01%
- Stevia: alta acidez (3.3%) y baja humedad (5.2%)

Estos valores reflejan propiedades complementarias que favorecen la formulación de bebidas funcionales, aportando azúcares naturales, minerales y estabilidad química.

4.8.2 Decisión

Se rechaza **H0** y se acepta **H1**, ya que las materias primas presentan características adecuadas para la elaboración de la bebida vegetal.

4.9 Hipótesis específicas 2

H0: La bebida no cumple con los parámetros microbiológicos establecidos para bebidas aptas para el consumo.

H1: La bebida cumple con los parámetros microbiológicos establecidos para bebidas aptas para el consumo.

4.9.1 Resultados

El análisis microbiológico de la bebida optimizada mostró:

- Coliformes totales: <1 NMP/mL
- Coliformes fecales: <1 NMP/mL
- Mohos y levaduras: <10 UFC/mL
- Staphylococcus aureus: <1 UFC/mL

Estos valores se encuentran dentro de los límites permitidos por la NTP 203.110 (2009).

4.9.2 Decisión

Se rechaza **H0** y se acepta **H1**, ya que la bebida cumple con los estándares microbiológicos de inocuidad.

4.10 Hipótesis específicas 3

H0: No existe una formulación de la bebida que permita obtener características fisicoquímicas y sensoriales aceptables.

H1: Existe una formulación óptima de la bebida que permite obtener características fisicoquímicas y sensoriales aceptables.

4.10.1 Resultados

La optimización de la formulación mediante modelos cuadráticos y análisis ANOVA permitió determinar que la mejor formulación corresponde a: 30 % beterraga, 69.93 % quinoa, 0.07 % Stevia. Esta formulación presentó:

- Aceptabilidad general: 4.98
- Textura: 4.63
- Sólidos solubles: 12.5 °Brix
- pH: 3.9

Además, el modelo estadístico mostró R^2 ajustados superiores a 0.96, lo que confirma un excelente ajuste del modelo.

4.10.2 Decisión

Se rechaza **H0** y se acepta **H1**, ya que se logró determinar una formulación óptima con adecuada aceptación sensorial y características fisicoquímicas apropiadas.

V DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Características fisicoquímicas de las materias primas

El estudio fisicoquímico de las materias primas mostró que la remolacha tenía un pH de 4.56, un Brix de 6.7 y un 88.5% de humedad. La quinua tenía un Brix de 11.3, un pH de 6.41 y 3.01% de cenizas. La estevia tenía una alta acidez (3.3%) y baja humedad (5.2%). Huaranga y Lozano (2024) observaron que los jugos de remolacha tenían un pH entre 3.29 y 3.95 y una gran cantidad de antioxidantes fenólicos (350.83–367.26 mg de ácido gálico/100 g). Estos números están en línea con esos hallazgos, que muestran que la remolacha se puede utilizar como ingrediente básico. De manera similar, Casas Forero et al. (2016) informaron que la quinua imparte propiedades fisicoquímicas consistentes en las bebidas, con el pH y los °Brix fluctuando según el grado de malteado, lo que coincide con los hallazgos del estudio actual. La estevia, sin embargo, presentó características consistentes con Yildiz y Karhan (2021), quienes indicaron que los extractos de estevia pueden integrarse en bebidas sin inducir desafíos considerables de estabilidad fisicoquímica, siempre que se regule la concentración para evitar un regusto amargo. Está claro que estos tres materiales básicos funcionan bien juntos. La remolacha aporta pigmentos naturales (betacianinas) y sustancias químicas beneficiosas, la quinua añade proteínas, fibra y estabilidad estructural, y la estevia te permite reducir los azúcares añadidos sin que el sabor sea demasiado malo. La bebida optimizada, que tenía un pH de 3.9, un Brix de 12.5 y un contenido de fibra del 7.3%, confirmó esta sinergia. Estos valores están en línea con los encontrados en otras bebidas funcionales (Gamboa y Gamboa, 2025).

5.2 Formulación óptima y atributos sensoriales

La mejor mezcla, encontrada mediante el diseño de mezclas y el análisis de superficie de respuesta, fue 30% remolacha, 69.93% quinua y 0.07% estevia. Obtuvo una puntuación general de 4,98 en una escala hedónica de 5 puntos. Este hallazgo contradice en cierta medida a Gamboa y Gamboa (2025), quienes determinaron que una composición que incluía 45% de

remolacha, 45% de arándanos y 10% de estevia era la mejor para el yogur probiótico, alcanzando un pH de 4.43 y 11.58 °Brix. La discrepancia en las proporciones se debe a que este estudio se centró en la aceptabilidad general y la textura, mientras que Gamboa y Gamboa se centraron en las cualidades probióticas y las características físicas. La mayor cantidad de quinua en nuestra formulación (69.93% vs. ninguna en el estudio de Gamboa y Gamboa) explica por qué fue más popular en general (4.98 vs. no definido estadísticamente). La quinoa le da a la remolacha cuerpo y suavidad, lo que compensa su sabor terroso. Los conflictos sensoriales encontrados entre las cualidades están en línea con lo que se ha escrito sobre ellos. Maldonado et al. (2018) encontraron que las bebidas de quinua fermentada requerían la cantidad adecuada de cada ingrediente para ser aceptables. Encontraron que las bebidas con mucha quinua (que es rica en proteínas y le da textura a la bebida) pero no mucho sabor característico necesita ser mezcladas con otros ingredientes. En nuestro estudio, la remolacha aportó mucho sabor y color (4.06 para el sabor y 4.32 para el color), pero cuando representó más del 35% del plato, lo hizo menos aceptable en general. La quinua, por otro lado, mejoró la textura (4.61) pero restó algunas de las buenas cualidades de la remolacha. Este antagonismo se cuantificó estadísticamente a través de interacciones considerables ($AB = -1.48$ para la textura, $AB = 2.48$ para el sabor), validando la necesidad de optimización multivariada en presencia de objetivos sensoriales opuestos. El modelo cuadrático que utilizamos tuvo valores de R^2 ajustado superiores a 0,96 para todos los atributos. Esto fue mejor que los valores publicados por Chuquizuta y Góngora (2014), quienes utilizaron modelos lineales para bebidas de remolacha y yacón (R^2 no especificado específicamente). La superioridad del modelo cuadrático en nuestra investigación surge de la mayor complejidad de las interacciones entre tres componentes (remolacha, quinua, estevia) en comparación con dos en el estudio de Chuquizuta y Góngora (remolacha, yacón).

5.3 Estabilidad microbiológica y vida útil

La bebida mejorada cumplió con los estándares microbiológicos de la NTP 203.110 (2009), con coliformes totales y fecales <1 NMP/mL, mohos y levaduras <10 UFC/mL y *Staphylococcus aureus* <1 UFC/mL. Estos hallazgos se alinean con los de Gamboa y Gamboa (2025), quienes también observaron la ausencia de coliformes y hongos en el yogur de remolacha con estevia, aunque con una mayor concentración de levaduras debido a las frutas utilizadas. El modelo de Gompertz predijo una vida útil de 12 días a 23°C , lo cual es más corto de lo que Maldonado et al. (2018) encontraron para la bebida de quinua fermentada (70 días a 4°C) y de lo que Casas Forero et al. (2016) encontraron para la bebida de quinua y mango (20 días a 4°C). Esta diferencia se puede explicar por tres cosas: (i) nuestra formulación no contiene conservantes químicos, mientras que Maldonado et al. (2018) utilizó la fermentación probiótica como barrera biológica; (ii) la temperatura de almacenamiento (23°C ambiente vs. 4°C refrigeración), ya que Haouet et al. (2019) demostraron que los productos perecederos a 4°C duran dos o tres veces más que los que están a temperatura ambiente; y (iii) nuestra bebida no ha sido fermentada, por lo que no tiene la acidificación protectora que crean los cultivos probióticos. El modelo de Gompertz utilizado demostró un $R^2 > 0.96$ para las tres temperaturas probadas (4°C , 20°C y 30°C). Las tasas de crecimiento específicas (μ_{max}) aumentaron exponencialmente con la temperatura, lo que está en línea con la ecuación de Arrhenius. Este comportamiento cinético está en línea con lo que Khasanov y Matveeva (2020b) encontraron cuando utilizaron la ecuación de Arrhenius para determinar cuánto durarían las bebidas a base de plantas basándose en la rapidez con la que se descomponen las antocianinas. Descubrieron que las bebidas durarían 3,7 meses. La diferencia en el tiempo (12 días frente a 3,7 meses) se debe a que Khasanov utilizó almacenamiento refrigerado (20°C) y un estándar para la degradación de compuestos bioactivos (pérdida del 55% de antocianinas). Nuestro estudio utilizó temperatura ambiente (23°C) y un estándar microbiológico más estricto (100 UFC/cm³)

para ser más seguro. Sánchez et al. (2015) estudiaron la degradación de las betalainas en bebidas de remolacha a 30, 40 y 50°C y encontraron que la reacción siguió una cinética de primer orden con $R^2 > 0.97$. Si bien nuestro estudio no midió explícitamente la degradación del pigmento, el pH final de 3.9 y la falta de oscurecimiento significativo en la bebida optimizada indican una estabilidad similar de la betacianina, considerando que Muniandy et al. (2023) demostraron que el pH ácido (<4.0) y la ausencia de oxígeno disuelto impiden la degradación de compuestos termolábiles.

5.4 Implicaciones tecnológicas y comparación con antecedentes

La formulación de compromiso identificada (30% remolacha, 70% quinua, 0.07–0.08% estevia) significa un progreso en relación con los estándares nacionales. Chuquizuta y Góngora (2014) utilizaron jarabe de yacón al 10% con una proporción pulpa-agua de 1:1, logrando aceptabilidad, pero con un nivel de azúcar elevado. Nuestra formulación con stevia reduce la cantidad de azúcares libres manteniendo un sabor extremadamente bueno (4.98 frente a "muy preferido", que no se mide). Huaranga y Lozano (2024) concentraron su investigación en la extracción de antioxidantes mediante maceración alcohólica, sin producir un producto final; nuestro estudio avanza al proporcionar un producto diseñado, sensorialmente ajustado y con una vida útil especificada.

Yildiz y Karhan (2021) demostraron a nivel internacional que la estevia filtrada (5 kDa) reduce el regusto amargo y prolonga la duración del dulzor. Nuestra concentración de 0.07% de estevia, que es menor que el rango habitual de 0.1% a 0.5%, fue suficiente para hacerlo aceptable sin añadir ningún sabor desagradable fuerte. Esto puede deberse a la sinergia entre la dulzura y la acidez con la matriz de remolacha y quinua.

5.5 Limitaciones y perspectivas

La vida útil de 12 días, que solo es aplicable a alimentos frescos sin conservantes, dificulta la venta en grandes cantidades. Haouet et al. (2019) proponen que las pruebas

aceleradas que utilizan cálculos de Q_{10} y energía de activación facilitan la extrapolación de la vida útil a condiciones refrigeradas. Al aplicar esta metodología a nuestros datos ($\mu_{\max} = 0.3777 \text{ día}^{-1}$ a 23°C), se estima una vida útil de 35–40 días a 4°C , lo que representa un valor competitivo entre bebidas funcionales similares. La investigación posterior debería probar empíricamente esta extrapolación e incluir métodos de barrera, como atmósfera modificada o alta presión hidrostática, tal como evaluaron Muniandy et al. (2023), para prolongar la vida útil sin disminuir la calidad nutricional. En conclusión, los resultados muestran que es posible elaborar una bebida a base de plantas a partir de remolacha, quinua y estevia. La bebida se elaboró utilizando diseño de mezclas para encontrar la mejor receta, fue estable según las normas peruanas y su vida útil se determinó mediante modelado cinético. La combinación de métodos de otros países (como modelos predictivos y la ley de Arrhenius) con matrices peruanas ayuda a crear nuevos artículos funcionales que podrían venderse en Perú y en el extranjero.

VI CONCLUSIONES

6.1. Se utilizaron pruebas aceleradas para determinar cuánto duraría la bebida hecha con remolacha (*Beta vulgaris*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y estevia (*Stevia rebaudiana*), que era el objetivo principal del estudio. Utilizando el modelo de Gompertz y la relación de Arrhenius, se determinó que la bebida tiene una vida útil microbiológica de aproximadamente 12 días a 23 °C, con un límite máximo de 100 UFC/cm³, según la NTP 203.110. Esto demuestra que el producto se mantiene microbiológicamente seguro mientras se almacena a temperatura ambiente.

6.2. Para el primer objetivo especificado, se encontró que las materias primas tenían las propiedades físicas y químicas adecuadas para elaborar la bebida. La remolacha tenía un alto contenido de humedad (88.5%) y un pH de 4.56, la quinua tenía un mayor contenido de sólidos solubles (11.3 °Brix) y cenizas (3.01%), y la estevia tenía un bajo contenido de humedad (5.2%) y una mayor acidez titulable (3.3%). Basándonos en estos datos, pudimos demostrar que los tres ingredientes funcionan bien juntos para proporcionar una bebida funcional a base de plantas.

6.3. Con respecto al segundo objetivo especificado, la bebida optimizada exhibió una calidad microbiológica satisfactoria, con análisis que indicaron coliformes totales <1 NMP/mL, coliformes fecales <1 NMP/mL, mohos y levaduras <10 UFC/mL y *Staphylococcus aureus* <1 UFC/mL. Estos resultados muestran que el producto era seguro para el consumo humano y cumplía con los estándares microbiológicos establecidos por la ley.

6.4. Para el tercer objetivo particular, se encontró que la mejor mezcla era 30% extracto de remolacha, 69.93% quinua y 0.07% estevia. Esta mezcla tuvo la mayor aceptabilidad general (4.98 puntos) y una puntuación de textura de 4.63 puntos. También tiene buenas propiedades fisicoquímicas, como 12.5 °Brix, pH 3.9, 0.52% de acidez titulable, 1.4% de proteína y 7.3% de fibra. Esto demuestra que esta formulación logra un buen equilibrio entre calidad

nutricional, estabilidad y aceptación sensorial.

6.5. Los modelos estadísticos utilizados mostraron que la quinua tuvo el mejor efecto en la aceptabilidad general y la textura. La remolacha tuvo un efecto favorable en el color, el olor y el sabor, pero a altas concentraciones empeoró la aceptabilidad total. La estevia, por otro lado, no tuvo una gran influencia en el rango que se probó. Su función principal era añadir dulzura sin cambiar demasiado las propiedades sensoriales.

6.6. El estudio demostró que es posible elaborar una bebida a base de plantas a partir de remolacha, quinua y estevia que tenga buenas propiedades fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas. Esto significa que podría ser una alternativa alimentaria con potencial tanto funcional como comercial.

VII RECOMENDACIONES

- 7.1. Añadir la evaluación de los compuestos funcionales y la capacidad antioxidante de la bebida, incluyendo betalaínas, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante, a su perfil nutricional para respaldar su afirmación de ser una bebida funcional.
- 7.2. Investiga cómo los diferentes métodos tecnológicos de conservación, como la pasteurización, la esterilización suave, el envasado aséptico o los conservantes naturales, afectan a la vida útil del producto. Encuentra formas de extender la vida útil del producto sin alterar su sabor ni valor nutricional.
- 7.3. Ampliar la evaluación sensorial incorporando una muestra más grande y variada de consumidores, que abarque diversos grupos de edad y patrones de consumo, para obtener resultados más representativos sobre la aceptación del producto y su posicionamiento prospectivo en el mercado.

VIII REFERENCIAS

- Abdo, E., El-Sohaimy, S., Shaltout, O., Abdalla, A., y Zeitoun, A. (2020a). Nutritional Evaluation of Beetroots (*Beta vulgaris* L.) and Its Potential Application in a Functional Beverage. *Plants*, 9(12), 1752. <https://doi.org/10.3390/plants9121752>
- Abdo, E., El-Sohaimy, S., Shaltout, O., Abdalla, A., y Zeitoun, A. (2020b). Nutritional Evaluation of Beetroots (*Beta vulgaris* L.) and Its Potential Application in a Functional Beverage. *Plants*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/plants9121752>
- Abugoch James, L. E. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, 58, 1-31. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)
- Alamri, E., Amany, B., y Bayomy, H. (2023). Quinoa seeds (*Chenopodium Quinoa*): Nutritional value and potential biological effects on hyperglycemic rats. *Journal of King Saud University – Science*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102427>
- Arboleda, J. (2025). *Tecnología de empaques fotoactivos para la extensión de la vida útil de los alimentos*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/78358>
- Butt, A. (2026). Biopigments as Natural Colorants in the Food Industry. En *Biopigments of Microbial Origin* (pp. 156-183). <https://doi.org/10.1079/9781836990505.0010>
- Calligaris, S., Manzocco, L., Anese, M. y Nicoli, M. (2019). Accelerated shelf life testing. En *Food quality and shelf life* (pp. 359-392). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128171905000124>
- Callistus, B. (2022). Future grain crops. En *Future Foods* (pp. 81-105). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91001-9.00032-3>
- Casas, N., Salgado, Y., Moncayo, D. y Cote, S. (2016). Efecto del proceso de malteado en la calidad y estabilidad de una bebida de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y mango (*Mangifera indica*). *Agroindustrial Science*, 6(1), 77-83.

https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6583402&utm_source=textcortex&utm_medium=zenochat

- Chatsudthipong, V. y Muanprasat, C. (2009). Stevioside and related compounds: Therapeutic benefits beyond sweetness. *Pharmacology & Therapeutics*, 121(1), 41-54. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2008.09.007>
- Chuquizuta, L. y Góngora, E. (2014). *Influencia de la concentración de extracto de beterraga (Beta vulgaris) y jarabe de yacón (Smallanthus sonchifolius), en la elaboración de una bebida nutracéutica aromatizada con menta (menta piperita)*. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNTR_c6c9165da59dc29945ca346896d2a74b/Details
- Cortés, M., Flores, H., Orozco, I., León, C., Suárez, Á., Estarrón, M. y López, I. (2021). Identification and Quantification of Phenolic Compounds from Mexican Oregano (*Lippia graveolens* HBK) Hydroethanolic Extracts and Evaluation of Its Antioxidant Capacity. *Molecules*, 26(3), 702. <https://doi.org/10.3390/molecules26030702>
- De la Fuente, L., Anticono, M., Ramos, F., Casimiro, S. y Muñoz, A. (2025). Commercial Plant-Based Functional Beverages: A Comparative Study of Nutritional Composition and Bioactive Compounds. *Beverages*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/beverages11010026>
- Duyar, S., Sari, F. y Karaoglan, H. (2024). Degradation kinetics of betalains in red beetroot juices throughout fermentation process and storage. *Italian Journal of Food Science*, 36(4), 229-239. <https://doi.org/10.15586/ijfs.v36i4.2758>
- El-Sohaimy, S., Mehany, T., Shehata, M., Zeitoun, A., Alharbi, H., Alwutayd, K. y Zeitoun, M. (2025). Optimizing functional, stability, and sensory attributes of quinoa beverages through bioprocessing, ultrasonication, and hydrocolloids. *Food Chemistry: X*, 30, 102923. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102923>

- Estrada, A. (2021). *Bebidas Funcionales De Jugo De Manzana (Malus Domestica) Con Frambuesa (Rubus Idaeus L.) Empleando Tecnologías Térmicas Y No Térmicas*. [Phd, Universidad Autonoma De Chihuahua]. <http://repositorio.uach.mx/341/>
- Eyshy, S., Ghareaghajlou, N., Afshar, M. y Ghasempour, Z. (2024). Red beet betalains extraction process: A comprehensive review of methods, applications, and physicochemical properties. *Food Science & Nutrition*, 12(11), 8540-8558. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4458>
- Fernández, J., Ponce, A., Rodríguez, J., Lucas, R., Viuda, M. y Pérez, J. (2024). Quinoa and its Co-Products as Ingredients for the Development of Dairy Analogs and Hybrid Dairy Products. *Current Food Science and Technology Reports*, 2(3), 319-331. <https://doi.org/10.1007/s43555-024-00035-7>
- Fu, B. y Labuza, T. (1993). Shelf-life prediction: Theory and application. *Food control*, 4(3), 125-133. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0956713593902983>
- Gamboa, D. y Gamboa, D. (2025). *Elaboración de yogurt probiótico de betarraga (Beta vulgaris) y arándano (Vaccinium myrtillus), edulcorado con stevia (Stevia rebaudiana)*. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/5236>
- Gupta, A., Sanwal, N., Bareen, M., Barua, S., Sharma, N., Joshua, O., Prakash, N. y Sahu, J. (2023). Trends in functional beverages: Functional ingredients, processing technologies, stability, health benefits, and consumer perspective. *Food Research International*, 170, 113046. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113046>
- Haouet, M., Tommasino, M., Mercuri, M., Benedetti, F., Bella, S., Framboas, M., Pelli, S. y Altissimi, M. (2019a). Experimental accelerated shelf life determination of a ready-to-eat processed food. *Italian Journal of Food Safety*, 7(4), 6919. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2018.6919>
- Huaranga, E. y Lozano, G. (2024). *Determinación de antioxidantes fenólicos, fibra, cenizas y*

- pH del extracto de betarraga (Beta vulgaris L.) y manzana (Malus domestica)*. Lima. 2023. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/entities/publication/9949daa9-16d8-4732-9f4a-fe93b04e7b5e>
- Hurtado, J., Franco, W. y Contardo, I. (2024). Role of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Ratio in Physicochemical Stability and Microbiological Quality of Fermented Plant-Based Beverages during Storage. *Foods*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/foods13152462>
- Im, H., Suh, B., Lee, S., Kozukue, N., Ohnisi, M., Levin, C. y Friedman, M. (2008). Analysis of Phenolic Compounds by High-Performance Liquid Chromatography and Liquid Chromatography/Mass Spectrometry in Potato Plant Flowers, Leaves, Stems, and Tubers and in Home-Processed Potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(9), 3341-3349. <https://doi.org/10.1021/jf073476b>
- International Organization for Standardization. (2014). *ISO 11136:2014. Sensory analysis. Methodology. General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area*. <https://www.iso.org/standard/50125.html>
- International Organization for Standardization. (2023). *ISO 8586:2023. Sensory analysis. Selection and training of sensory assessors*. <https://www.iso.org/standard/76667.html>
- Kale, R. (2018). *Studies on evaluation of physical and chemical composition of beetroot (Beta vulgaris L.)* Kale RG, Sawate AR, Kshirsagar RB, Patil BM and Mane RP.
- Kalt, W., Cassidy, A., Howard, L., Krikorian, R., Stull, A., Tremblay, F. y Zamora, R. (2020). Recent research on the health benefits of blueberries and their anthocyanins. *Advances in nutrition*, 11(2), 224-236. https://academic.oup.com/advances/article/11/2/224/5536953?crsi=662497092&cicada_org_src=healthwebmagazine.com&cicada_org_mdm=direct
- Kardas, M., Rakula, M., Kołodziejczyk, A. y Staśkiewicz, W. (2024). Consumer Preferences,

- Sensory Evaluation, and Color Analysis of Beetroot and Tomato Juices: Implications for Product Development and Marketing in Health-Promoting Beverages. *Foods*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/foods13244059>
- Kaur, R., Shekhar, S. y Prasad, K. (2024). Functional beverages: Recent trends and prospects as potential meal replacers. *Food Materials Research*, 4(1). <https://doi.org/10.48130/fmr-0023-0041>
- Khalil, S., Laaraj, S., Firdous, N., Farooq, U., Bouhrim, M., Herqash, R., Shahat, A., Hussain, A., Mouhaddach, A., Eto, B., Batool, A., Bibi, B., Ayesha, A., Arshad, F. y Elfazazi, K. (2025). Extraction and Analysis of Natural Color From Beetroot (*Beta vulgaris* L.) Using Different Techniques, and Its Utilization in Ice Cream Manufacturing. *Food Science & Nutrition*, 13(4), e70167. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70167>
- Khasanov, A. y Matveeva, N. (2020a). Determination of the shelf life of a functional beverage by accelerated testing. *E3S Web of Conferences*, 164, 01003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016401003>
- Khasanov, A. y Matveeva, N. (2020b). Determination of the shelf life of a functional beverage by accelerated testing. *E3S Web of Conferences*, 164, 01003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016401003>
- Li, H., Zhu, F., & Li, G. (2025a). Beverages developed from pseudocereals (quinoa, buckwheat, and amaranth): Nutritional and functional properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24(1), e70081. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70081>
- Maldonado, R., Carrillo, P., Ramírez, L. y Carvajal, F. (2018). Elaboración de una bebida fermentada a base de quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Enfoque UTE*, 9(3), 1-11. https://www.redalyc.org/journal/5722/572261762001/html/?utm_source=textcortex&utm_medium=zenochat

- Manzanilla, M., Boesch, C., Orfila, C., Montaña, S. y Hernández, A. (2024). Unveiling the nutritional spectrum: A comprehensive analysis of protein quality and antinutritional factors in three varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild). *Food Chemistry: X*, 24, 101814. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101814>
- Marjan, N. y Azadeh, M. (2019). Beta vulgaris L. En *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements* (pp. 153-158). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812491-8.00021-7>
- Matveeva, N. y Khasanov, A. (2016). Prediction of shelf life by accelerated testing in the technology of functional beverages. *Processes and Food Production Equipment*, 75-82. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2016-9-4-75-82>
- Muniandy, A., Benyathiar, P., Ozadali, F. y Mishra, D. (2023). Multi-accelerant approach for rapid shelf-life determination of beverages in polymeric packaging. *Food Research International*, 173, 113318. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113318>
- Orellana, A. (2023). Steviol Glycosides from *Stevia rebaudiana*: An Updated Overview of Their Sweetening Activity, Pharmacological Properties, and Safety Aspects. *Molecules*, 28(3). <https://doi.org/10.3390/molecules28031258>
- Palacios, A., Campoverde, T., Núñez, J., Burbano, J., Pineda, H., Espín, R., Zárate, S. y Pais, J. (2025). Optimising a Functional Beverage from Quinoa and Cherimoya Mixtures Fermented with Water Kefir Grains. *Foods*, 14(20). <https://doi.org/10.3390/foods14203464>
- Pathan, S. y Siddiqui, R. (2022). Nutritional Composition and Bioactive Components in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Greens: A Review. *Nutrients*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/nu14030558>
- Peng, Z., Zhan, S., Yang, X., Huang, S., Huang, H. y Wang, W. (2026a). The progress on stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni): Chemical composition, pharmacokinetics,

- pharmacological effects, safety, applications, and biosynthesis. *Frontiers in Nutrition*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnut.2026.1728578>
- Peteliuk, V., Rybchuk, L., Bayliak, M., Storey, K. y Lushchak, O. (2021). Natural sweetener *Stevia rebaudiana*: Functionalities, health benefits and potential risks. *EXCLI Journal*, 20, 1412-1430. <https://doi.org/10.17179/excli2021-4211>
- National Library of Medicine. (2026). *Beta vulgaris (beet): Taxonomy*. PubChem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy/Beta-vulgaris>
- Rashvand, M., Ren, Y., Sun, D., Senge, J., Krupitzer, C., Fadji, T., Miró, M., Shenfield, A., Watson, N. & Zhang, H. (2025). Artificial intelligence for prediction of shelf-life of various food products: Recent advances and ongoing challenges. *Trends in Food Science & Technology*, 159, 104989. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224425001256>
- Rodríguez, M., Winterhalter, P. y Esatbeyoglu, T. (2019). Phenolic Composition, Radical Scavenging Activity and an Approach for Authentication of *Aronia melanocarpa* Berries, Juice, and Pomace. *Journal of Food Science*, 84. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14660>
- Sakthivel, A. y Kumar, R. (2025). *Stevia (Stevia rebaudiana Bertonii)*: Medicina dulce para un mundo más saludable. *Journal of Agriculture and Food Research*, 21, 101980. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101980>
- Sánchez, W., Cortez, J., Cornejo, M. y Vidaurre, J. (2015). Kinetics of thermal degradation of betacyanins, betaxantins and vitamin C in a juice-based drink beet (*Beta vulgaris* l.) and honey. *Scientia agropecuaria*, 111-118. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.02.03>
- Sánchez, W., Cortez, J., Solano, M. y Vidaurre, J. (2015). Cinética de degradación térmica de betacianinas, betaxantinas y vitamina C en una bebida a base de jugo de remolacha

- (Beta vulgaris L.) y miel de abeja. *Scientia Agropecuaria*, 6(2), 111-118.
<https://www.redalyc.org/pdf/3576/357639597004.pdf>
- Schiatti, I., Quintana, S. y García, L. (2023a). Stevia (Stevia rebaudiana) as a common sugar substitute and its application in food matrices: An updated review. *Journal of Food Science and Technology*, 60(5), 1483-1492. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05396-2>
- Sharma, A., Kashyap, S. y Singh, S. (2025). Exploring the advances in quinoa processing: A comprehensive review enhancing nutritional quality and health benefits along with industrial feasibility of quinoa. *Food Research International*, 206, 116093. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116093>
- Shehata, A., Li, S., Alhoshy, M., Mabrouk, H., Sallam, G., Al-Absawey, M., Teiba, I., Mzengereza, K., Fayed, W., Habib, Y. y El Basuini, M. (2025). The Potential Application of Prebiotic *Stevia rebaudiana* in Aquaculture and Animal Feed. *Aquaculture Nutrition*, 2025(1), 3858421. <https://doi.org/10.1155/anu/3858421>
- Singh, R. y Anderson, B. (2004). The major types of food spoilage: An overview. *Understanding and measuring the shelf-life of food*, 3-23. [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=c_eiAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=Singh,+R.+P.,+%26+Anderson,+B.+A.+\(2004\).+The+major+types+of+food+spoilage.+In+Handbook+of+food+spoilage+yeasts+\(pp.+3-22\).+CRC+Press&ots=PzmRLzR38e&sig=1ubbbPFxTIIu3AUcKhWSyGtA8w1Y](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=c_eiAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=Singh,+R.+P.,+%26+Anderson,+B.+A.+(2004).+The+major+types+of+food+spoilage.+In+Handbook+of+food+spoilage+yeasts+(pp.+3-22).+CRC+Press&ots=PzmRLzR38e&sig=1ubbbPFxTIIu3AUcKhWSyGtA8w1Y)
- Stoica, F., Rațu, R., Lipșa, F., Motrescu, I., Cara, I., Rapeanu, G., Aprodu, I., Țopa, D. y Jităreanu, G. (2024). Exploitation of red beet peel powder as a natural food ingredient in whey-fruit based beverage. *International Journal of Food Properties*, 27(1), 44-67. <https://doi.org/10.1080/10942912.2024.2426660>
- Theba, T., Nayi, P. y Ravani, A. (2024). Beetroot-based blended juice: Process development,

- physico-chemical analysis and optimization of novel health drink. *Food Chemistry Advances*, 4, 100607. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100607>
- Touil, L., Rami, R., Aydi, S., Amara, D., Messaoudi, M., Sawicka, B., Atanassova, M., Zahnit, W., Aydi, S., Ahmad, S. y Mars, M. (2024). Nutritional potential, phytochemical analysis, and biological activities of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds from arid zone culture. *Italian Journal of Food Science*, 36(3), 164-175. <https://doi.org/10.15586/ijfs.v36i3.2583>
- Trishitman, D. (2025). Effect of storage conditions on quality, microbial stability, and shelf-life kinetics of beetroot juice concentrate. *Sustainable Food Technology*, 3(6), 1916-1926. <https://doi.org/10.1039/D5FB00331H>
- United States Department of Agriculture [USDA]. (2012). *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni GRIN-Global. <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomydetail?id=35581>
- Vaya, J. y Mahmood, S. (2006). Flavonoid content in leaf extracts of the fig (*Ficus carica* L.), carob (*Ceratonia siliqua* L.) and pistachio (*Pistacia lentiscus* L.). *BioFactors*, 28(3-4), 169-175. <https://doi.org/10.1002/biof.5520280303>
- Wanjiru, G. (2020). *Effect of Packaging and Storage Conditions on Quality Attributes of Amaranth Sorghum Grains Complementary Flour* [PhD Thesis, JKUAT-AGRICULTURE]. <http://ir.jkuat.ac.ke/handle/123456789/5408>
- Yildiz, M. y Karhan, M. (2021). Characteristics of some beverages adjusted with stevia extract, and persistence of steviol glycosides in the mouth after consumption. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24, 100326. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100326>
- Zhou, C., Zhao, D., Sheng, Y., Tao, J. y Yang, Y. (2011). Carotenoids in Fruits of Different Persimmon Cultivars. *Molecules*, 16(1), 624-636.

<https://doi.org/10.3390/molecules16010624>

Žvirdauskienė, R., Jonikė, V., Bašinskienė, L. y Čižeikienė, D. (2025). Fruit and Vegetable Juices as Functional Carriers for Probiotic Delivery: Microbiological, Nutritional, and Sensory Perspectives. *Microorganisms*, 13(6), 1272.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms13061272>

IX ANEXOS

Anexo A: Imágenes de laboratorio



Anexo B: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema General ¿Cuál será la vida útil de una bebida a base de beterraga (<i>beta vulgaris</i>), quinua (<i>chenopodium quinoa</i>) y Stevia (<i>Stevia rebaudiana</i>) mediante pruebas aceleradas? Problemas Específicos - ¿Cuál será las características fisicoquímico de la materia prima para la elaboración de una bebida a base de beterraga (<i>beta vulgaris</i>), quinua (<i>chenopodium quinoa</i>) y Stevia (<i>Stevia rebaudiana</i>)? - ¿Cuál es la calidad microbiológica de la bebida a base de beterraga (<i>beta vulgaris</i>), quinua (<i>chenopodium quinoa</i>) y Stevia (<i>Stevia rebaudiana</i>)? - ¿Cuál es la formulación optima de una bebida a base de beterraga (<i>beta vulgaris</i>), quinua (<i>chenopodium quinoa</i>) y Stevia (<i>Stevia rebaudiana</i>)? - ¿Cuál es la vida útil de la bebida a base de beterraga (<i>beta vulgaris</i>), quinua (<i>chenopodium quinoa</i>) y Stevia (<i>Stevia rebaudiana</i>) de la formulación optima?	Objetivo General Determinar la vida útil de una bebida a base de beterraga (<i>beta vulgaris</i>), quinua (<i>chenopodium quinoa</i>) y Stevia (<i>Stevia rebaudiana</i>) mediante pruebas aceleradas. Objetivos Específicos - Determinar las características fisicoquímico de la materia prima para la elaboración de una bebida a base de beterraga (<i>beta vulgaris</i>), quinua (<i>chenopodium quinoa</i>) y Stevia (<i>Stevia rebaudiana</i>). - Determinar la calidad microbiológica de la bebida a base de beterraga (<i>beta vulgaris</i>), quinua (<i>chenopodium quinoa</i>) y Stevia (<i>Stevia rebaudiana</i>). - Determinar la formulación óptima de una bebida a base de beterraga (<i>beta vulgaris</i>), quinua (<i>chenopodium quinoa</i>) y Stevia (<i>Stevia rebaudiana</i>). - Determinar la vida útil de la bebida a base de beterraga (<i>beta vulgaris</i>), quinua (<i>chenopodium quinoa</i>) y Stevia (<i>Stevia rebaudiana</i>) de la formulación óptima.	Hipótesis general La bebida a base de beterraga, quinua y stevia presenta cambios significativos en sus características fisicoquímicas y microbiológicas durante el almacenamiento evaluado mediante pruebas aceleradas, lo que permite determinar su vida útil. Hipótesis específicas - Las materias primas beterraga, quinua y stevia presentan características fisicoquímicas adecuadas para la elaboración de la bebida. - La bebida elaborada a base de beterraga, quinua y stevia cumple con los parámetros microbiológicos establecidos para bebidas aptas para el consumo. - Existe una formulación óptima de la bebida a base de beterraga, quinua y stevia que permite obtener características fisicoquímicas y sensoriales aceptables.	Variable (VI): Formulación de una bebida a base de beterraga, quinua y Stevia (factores de ensayo acelerado). Variable (VD): Evaluación de las características fisicoquímicas microbiológicas y la vida útil de la bebida a base de beterraga, quinua y Stevia (tiempo durante el cual el producto mantiene su inocuidad y aceptabilidad)	Tipo de investigación: Experimental Diseño: Experimental

Anexo C: Ficha de evaluación sensorial escala hedónica

Nombres y apellidosFecha

Instrucciones: Pruebe las muestras de izquierda a derecha y marque con un (x) la intensidad de agrado o desagrado de cada atributo

Escala	Atributos			
	Color	Olor	Sabor	Aceptabilidad
1 = me disgusta mucho				
2 = me disgusta				
3 = ni me gusta ni me disgusta				
4 = me gusta				
5 = me gusta mucho				

Muchas gracias