

<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i2.472>

Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de vinagres de fresa y mandarina

Evaluation of the physical, chemical, and sensory properties of strawberry and mandarin vinegars

Alison Nathaly Juma Morocho

alison.juma5792@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-2326-3703>

Universidad Técnica de Cotopaxi, UTC
Ecuador – La Maná

Vanesa Gabriela Lema Viracocha

vanesa.lema8197@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-6261-8295>

Universidad Técnica de Cotopaxi, UTC
Ecuador – La Maná

Evelyn Andrea Rivera Toapanta

evelyn.rivera6209@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5580-8467>

Universidad Técnica de Cotopaxi
Ecuador – La Maná

Artículo recibido: 20 octubre 2024 - Aceptado para publicación: 26 noviembre 2024
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

El presente estudio aborda la elaboración de vinagres a partir de frutas locales del cantón La Maná, Cotopaxi, Ecuador. El objetivo fue desarrollar vinagres de fresas y mandarinas, evaluando sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. Se elaboraron cuatro tratamientos que combinaron las mandarinas y fresas con endulzantes (miel y panela) con dos cepas de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*). Los vinagres fueron evaluados mediante análisis fisicoquímicas (pH, acidez titulable, sólidos solubles, contenido de polifenoles), microbiológicas, según la norma NTE INEN 2296, (2013) y sensoriales. Los análisis evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos, mostrando cómo los ingredientes y las condiciones de fermentación influyen en las propiedades del producto. El tratamiento (T₁, miel y *Saccharomyces cerevisiae*) fue el más aceptado por los consumidores. Este trabajo demuestra el potencial de las frutas locales para diversificar la oferta de productos fermentados y fomentar alternativas sostenibles, con proyección en el mercado.

Palabras clave: vinagre, fresa, mandarina, polifenoles, Ecuador

ABSTRACT

The present study elaborates on vinegar from local fruits from the canton of La Maná, Cotopaxi, Ecuador. The objective was to develop vinegar from strawberries and mandarins, evaluating their physicochemical, microbiological and sensory properties. Four treatments were elaborated combining mandarins and strawberries with sweeteners (honey and panela) with two strains of yeast (*Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces bayanus*). The vinegars were evaluated by physicochemical (pH, titratable acidity, soluble solids, polyphenol content), microbiological, according to NTE INEN 2296, (2013) and sensory analyses. The analyses evidenced significant differences between treatments, showing how ingredients and fermentation conditions influence product properties. The treatment (T₁, honey and *Saccharomyces cerevisiae*) was the most accepted by consumers. This work demonstrates the potential of local fruits to diversify the supply of fermented products and promote sustainable alternatives, with market projection.

Keywords: vinegar, strawberry, tangerine, polyphenols, Ecuador

INTRODUCCIÓN

El procesado de frutas genera grandes cantidades de desechos, lo interesante es que estos residuos podrían reintroducir en la cadena alimentaria. Estos contienen una composición muy rica y de esta manera reducimos el volumen de los desechos. Las pieles o bagazos son ricos en compuestos como fibra, antioxidantes y vitaminas, siendo de gran interés para el desarrollo de alimentos funcionales (Medina, 2017).

Actualmente, los consumidores no quieren productos alimenticios llenos de conservantes y buscan opciones más naturales. Esto está impulsando a los investigadores a desarrollar alternativas más saludables e innovadoras. Además, la inclusión diaria de alimentos saludables como los vinagres puede contribuir a fomentar hábitos alimenticios más equilibrados y beneficiosos para la salud (Soares et al., 2021).

La producción de vinagre ha evolucionado continuamente a través del tiempo, siendo impulsada por la innovación, al incorporar ingredientes locales, que incluyen sabores nuevos, ofreciendo potenciales beneficios para la salud (Bencosme, 2023). El vinagre es un alimento funcional, contiene fibra, vitaminas C y E, antioxidante, minerales y ácidos orgánicos, proporciona efectos antibacterianos, antidiabéticos. Además, su uso culinario, ha sido utilizado en la medicina tradicional (Chen et al., 2023).

El centro experimental “*La Playita*” de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se encuentra ubicado en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi. Lugar que contribuye a la investigación agrícola y promueve prácticas sostenibles para la comunidad local, proveyendo diferentes frutas entre estas, arazá, mandarinas, naranjas, limón, guanábana etc.

La mandarina (*Citrus reticulada*) es conocida por su pulpa jugosa y cítrica, que fortalece el sistema inmunológico y combate el estrés oxidativo. Además, la cáscara de la mandarina aporta compuestos bioactivos como flavonoides, fenoles, y aceites esenciales (Saini et al., 2022).

La fresa (*Fragaria x ananassa*) es una fruta ampliamente consumida a nivel mundial, y al cual se le han atribuido una amplia gama de propiedades beneficiosas para la salud humana, mayoritariamente asociadas a su potencial antioxidante (Salas et al., 2022).

La miel de abeja es un endulzante natural hecho de néctar floral transformado y almacenado en colmenas. Su composición está formada por carbohidratos como fructosa y glucosa, junto con enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, antioxidantes, vitaminas y minerales (Palma et al., 2023).

La panela es un azúcar integral sin refinar ni aditivos químicos, con alto contenido de azúcares, minerales, y trazas de vitaminas, ofreciendo un valor nutricional y medicinal. La panela es conocida principalmente en forma de bloques sólidos (Duarte et al., 2006).

Los vinagres elaborados con fresas y mandarinas representan una alternativa sostenible al reutilizar residuos agrícolas, fomentando la valorización de materias primas locales. Además, su

desarrollo impulsa la innovación en la agroindustria regional, al ofrecer un producto con características diferenciadas que aprovecha plenamente los recursos disponibles.

El objetivo de este estudio fue desarrollar vinagres de frutas, utilizando fresas y mandarinas como frutos autóctonos de la estación experimental "La Playita" en el cantón La Maná, evaluando sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Química de la carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi - extensión La Maná. La materia prima, específicamente las mandarinas, fue cosechada en el Centro Experimental "La Playita", ubicado en el cantón La Maná, mientras que las fresas, fueron adquiridas de los agricultores locales de La Maná. Se realizó un control de calidad de la materia prima, considerando factores como forma, longitud y estado de madurez, según la norma NTE INEN 1751 (1996).

La materia prima fue cosechada en dos lotes de la estación experimental "La Playita". Las frutas se lavaron utilizando una solución de vinagre blanco diluido en agua purificada para eliminar microorganismos y residuos. Posteriormente, las frutas se licuaron con cáscara para aprovechar al máximo los compuestos bioactivos, sin realizar un proceso de colado. El mosto se obtuvo mezclando las frutas con 1.3 litros de agua purificada, asegurando una mezcla homogénea.

Los biorreactores se construyeron utilizando envases plásticos de 4 litros, previamente desinfectados con una solución de metabisulfito de sodio (0.10 g en 100 ml de agua). Se prepararon cuatro tratamientos utilizando 350 ml de pulpa de mandarina y cáscaras (M), 292 g de fresa (F), y 1.3 litros de agua (A). Los edulcorantes empleados fueron miel (H) y panela (P), mientras que las levaduras utilizadas fueron *Saccharomyces cerevisiae* (SC) y *Saccharomyces bayanus* (SB). Los tratamientos fueron los siguientes:

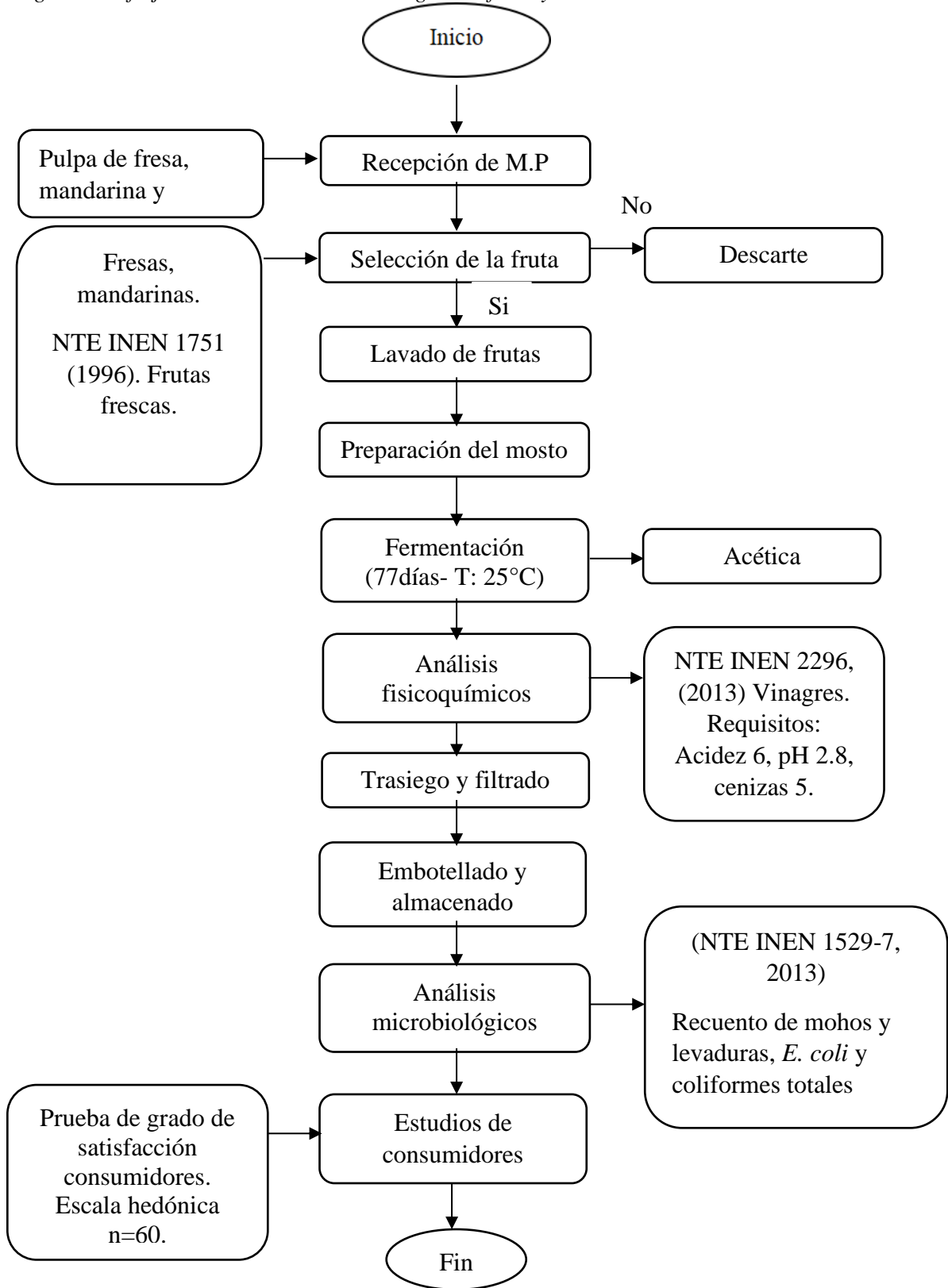
- **T1:** 350 ml (M), 292 g (F), 1.3 litros (A), 130 ml (H), y *Saccharomyces cerevisiae* (SC).
- **T2:** 350 ml (M), 292 g (F), 1.3 litros (A), 130 ml (P), y *Saccharomyces cerevisiae* (SC).
- **T3:** 350 ml (M), 292 g (F), 1.3 litros (A), 130 ml g (H), y *Saccharomyces bayanus* (SB).
- **T4:** 350 ml (M), 292 g (F), 1.3 litros (A), 130 ml g (P), y *Saccharomyces bayanus* (SB).

Se utilizó *Saccharomyces cerevisiae* (SC) y *Saccharomyces bayanus* (SB) para llevar a cabo la fermentación acética durante un período total de 77 días. Se esperaron 5 días para iniciar la toma de muestras, tiempo durante el cual las levaduras comenzaron a realizar el proceso de fermentación. Una vez finalizada la fermentación, los cuatro tratamientos de vinagre fueron filtrados para eliminar sólidos residuales. Posteriormente, los vinagres fueron almacenados a 4 °C para su conservación y para continuar con las pruebas sensoriales de aceptabilidad.

Se describe la elaboración del vinagre conforme a la norma NTE INEN 2296, (2013) Figura 1.

Figura 1

Diagrama de flujo de la elaboración de vinagres de fresa y mandarina



Análisis fisicoquímicos de la materia prima

La materia prima se seleccionó de acuerdo con la NTE INEN 1930, (2012), y se analizó el peso, conductividad, pH, sólidos solubles totales y porcentaje de humedad. El peso se realizó en la balanza de precisión de 0,01 gramos (OPTIKA, I1002), los sólidos solubles totales (°Brix) se determinó bajo la NTE INEN-ISO 2173, (2013) , con un refractómetro digital (BOECO, Germany), el pH y la conductividad se determinó según la NTE INEN-ISO 1842 & NTE INEN 389, (2013), utilizando un multiparámetro (STRIRRER, PL-700PC).

La humedad se determinó mediante el método de desecación de Alsir et al., (2014), utilizando el equipo (BIOBASE, BOV-T30CII). La determinación de cenizas se realizó en la cáscara y la pulpa de las mandarinas mediante el método de incineración en mufla (THERMO SCIENTIFIC, FB1310M-33), de acuerdo con el método de AOAC 923.03, (1990).

Análisis microbiológicos en la materia prima (mandarina)

Los análisis de *Escherichia Coli* y Coliformes totales, se aplicó el método de AOAC 991.14 (2003), en las muestras de pulpa y cáscara de mandarinas, con los resultados reportados en UFC/g.

Análisis fisicoquímicos en los tratamientos de vinagre de frutas cítricas

Se evaluaron los siguientes parámetros sólidos solubles totales, pH, conductividad, porcentaje de cenizas, polifenoles totales, sólidos totales disueltos (TDS) y acidez titulable. El contenido de sólidos solubles totales (°Brix), se realizó bajo la NTE INEN-ISO 2173, (2013) con un refractómetro digital (BOECO, Germany), con rango de medición de 0-95%. El pH y la conductividad se determinó según la NTE INEN-ISO 1842 & NTE INEN 389, (2013), con un multiparámetro (STRIRRER, PL-700PC).

El porcentaje de cenizas se realizó por incineración en una mufla (Thermo Scientific, FB1310M-33), basado en la norma AOAC 930.35, (2005). Para la determinación de contenido de polifenoles totales, se usó el método de Folin-Ciocalteu, preparando una solución estándar de ácido gálico con concentraciones de 0 a 1000 µg/mL, y se cuantificó mediante espectrofotometría a 765 nm (García et al., 2015). La acidez titulable se realizó con hidróxido de sodio (0,1 N) y un indicador de fenolftaleína mediante el procedimiento de Jiménez et al., (2024).

Análisis microbiológicos en tratamientos de vinagres

Los aerobios mesófilos, se interpretaron los resultados de acuerdo con la NTE INEN-ISO 4833 & NTE INEN 1529-5, (2024), con una dilución que fue empleada el Plate Count Agar (PCA) e incubación a 35 °C durante 48 horas. Los resultados de coliformes totales y *E. coli*, se emplearon placas Petrifilm MR según la NTE INEN 1529-7, (2013), ambos resultados expresados en UFC/g.

Análisis sensorial de los tratamientos de vinagres

Se realizó una evaluación sensorial con 60 consumidores, con edades entre 20 a 60 años, de ambos sexos. Cada uno recibió muestras de los cuatro tratamientos, etiquetadas con códigos de tres dígitos, asignados aleatoriamente a cada muestra. La valoración se efectuó mediante una encuesta con una escala hedónica gráfica de nueve puntos 1 (me disgusta muchísimo), 2 (me disgusta mucho), 3 (me disgusta bastante), 4 (me disgusta ligeramente), 5 (ni me gusta ni me

disgusta), 6 (me gusta ligeramente), 7 (me gusta bastante), 8 (me gusta mucho), 9 (me gusta muchísimo). Los consumidores fueron ubicados a un metro de distancia para evitar la comunicación entre ellos (Anzaldúa, 1994).

Análisis de la característica sociodemográfica de los consumidores

Este análisis sociodemográfico se llevó a cabo con la intervención de 60 consumidores en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, con el propósito de recopilar información detallada sobre el perfil de los participantes. La encuesta incluyó preguntas relacionadas con variables como género, edad, nivel estudios e ingresos mensuales, seleccionadas para proporcionar una visión completa de las características de los consumidores. Los datos obtenidos permitieron analizar las preferencias y comportamientos asociados con una nueva oferta de vinagres innovadores en la región.

Análisis de datos

El análisis de datos, se utilizó el programa STATGRAPHICS Centurión 19, versión 19.6.04 (64 bits). Se realizó un ANOVA multifactorial para evaluar los análisis fisicoquímicos durante la fermentación, el modelo incluyó dos factores tratamiento, tiempo y su interacción. Los análisis sensoriales, se aplicó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), empleando un ANOVA multifactorial que consideró como factores principales los tratamientos y los consumidores. Las diferencias entre medias se verificaron mediante el *test* de Tukey con un nivel de ($p < 0.05$). Los análisis microbiológicos se realizaron en Microsoft Excel mediante estadística descriptiva.

Se describen los procesos de elaboración y los análisis fisicoquímicos y sensoriales de los vinagres de mandarina y fresa, mostrados en la Figura 2

Figura 2

(a) Fermentación de los diferentes vinagres. (b) Cenizas de los vinagres y materia prima. (c) Análisis microbiológico en muestras de vinagre (d) Evaluación sensorial de los vinagres a consumidores



a)



b)



c)



d)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis fisicoquímicos y microbiológico de la materia prima

En la Tabla 1 presenta los resultados de los diferentes análisis fisicoquímicos en peso (W), conductividad (σ), pH, Sólidos solubles Totales (SST, °Brix), humedad (%H) y cenizas.

El peso de las frutas presentó diferencias significativas entre las mandarinas y las fresas, los pesos variaron entre 34.1g y 18.5g, respectivamente. Aguagüiña, (2014), reportó pesos de mandarinas entre 57 y 67 g, diferencia que podría estar relacionada con las condiciones agroclimáticas y las zonas de cultivo. Mientras aquel estudio se realizó en las regiones de Patate y Baños, este se llevó a cabo en el Cantón La Maná, cabe destacar que en ambos casos se utilizaron frutos en estado de madurez, lo que resalta la influencia de otros factores en la variación observada.

La conductividad presentó diferencias significativas entre las fresas y mandarinas. Las fresas reportó un valor de 4.1 mS/cm y las mandarinas de 2.6 mS/cm. Alvarado et al., (2020), menciona que las características de color y firmeza de las frutas cultivadas al exterior se ven afectadas por la radiación solar, lo que también podría estar vinculado a los procesos bioquímicos que influyen en su conductividad. Además, Linares et al. (2008), reportó que la conductividad varía según la concentración de grados brix de la fruta.

El pH de las mandarinas fue de 4.6 demostrando una diferencia significativa en comparación a las fresas con 4.2. Patiño et al., (2023), reportó un pH de 2.62 y 2.49 en las mandarinas (*Citrus reticulata*) del primero y cuarto lote respectivamente. Estos resultados son debido principalmente a la presencia de ácidos málico y cítrico, los principales ácidos orgánicos que se encuentran en la mayoría de las frutas maduras (Cohen et al., 2012) .

Los resultados de sólidos solubles totales (°Brix) indican que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las fresas y mandarinas. El estudio realizado por Alvarado et al., (2020), determinó que las fresas presentaron un valor de 10.82 °Brix, lo que indica que el manejo agronómico como las variedades de las frutas o las condiciones influyen considerablemente en el contenido de azúcares.

Los valores de humedad presentaron diferencias significativas entre las dos variedades de frutas, las fresas obtuvieron un 97.8 % y las mandarinas 84.6 %. Villanueva, (2021), presentó los

valores de humedad en fresas sometidas a diferentes tratamientos oscilaron entre 0.86 % y 0.88 %, sin encontrar diferencias significativas. Borja, (2010), redactó que este incremento en la humedad podría deberse al proceso respiratorio de la fresa durante el tratamiento térmico, que genera agua adicional en el fruto.

Los resultados de cenizas entre la pulpa y la cáscara de mandarinas evidenciaron que no existió diferencias estadísticamente significativas. Además, Rincón et al. (2005), reportaron que la cáscara de mandarina presentó el mayor contenido de magnesio y carotenoides en comparación a la toronja y naranja, esto puede influir directamente con el contenido de cenizas.

Tabla 1

Análisis físicoquímico de la materia prima fresa, mandarina (promedio \pm error estándar)

Materia Prima	n	W (g)	σ (mS/cm)	pH	SST (%)	%H	Cenizas *
							(%)
Fresas	9	18.5 \pm 1.70 ^a	4.1 \pm 0.40 ^a	4.2 \pm 0.01 ^a	9.7 \pm 0.11 ^a	97.8	
						\pm	
							2.20 ^b
Mandarinas	9	34.1 \pm 1.70 ^b	2.6 \pm 0.40 ^b	4.6 \pm 0.01 ^b	9.6 \pm 0.11 ^a	84.6	
						\pm	
							2.20 ^a
Pulpa	3						0.5 \pm 0.
							26 ^a
Cáscaras	3						1.1 \pm 0.
							26 ^a

Donde: n: número de muestras; W: peso (g); σ : conductividad (mS/cm); pH: potencial de hidrógeno; SST: sólidos solubles totales (%); %H: porcentaje de humedad, Cenizas (%), * pulpa y cáscaras de mandarinas. Letras diferentes (a, b) en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < .05$).

En la Tabla 2, presenta los resultados de análisis microbiológicos de las mandarinas y las cáscaras de las mandarinas. *E. coli* estaba presente en un rango de 2.6×10^4 UFC/g a 5.7×10^3 UFC/g, en las mandarinas y las cáscaras, esto puede estar influenciado por las condiciones del ambiente del cultivo, lo cual se realizó una limpieza adecuada para reducir la carga microbiana. En contraste, los niveles de coliformes en ambas partes de la fruta estuvieron por debajo de 10 UFC/g, indicando un bajo riesgo microbiológico en este aspecto. La norma del Ministerio de Salud y Protección Social, (2013) para *E. coli* y NTE INEN 2 337, (2008) en coliformes, no establece un límite específico permitiendo cierta flexibilidad en interpretar estos resultados, destacando la necesidad de implementar controles preventivos en la producción.

Tabla 2*Análisis microbiológico de las mandarinas*

Muestra	n	<i>E. Coli</i> (UFC)	Coliformes (UFC/g)
Mandarinas	6	2.6 x10 ⁴	<10
Cáscaras de mandarina	3	5.7x10 ³	<10

Donde: n: número de muestras; UFC: unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de muestra.

Análisis fisicoquímicos del vinagre durante el proceso de fermentación

Análisis del comportamiento de los sólidos solubles totales (°Brix) en función de los diferentes tratamientos en función del tiempo durante la fermentación

La durante la fermentación de distintos vinagres, mostrando diferencias significativas según el tratamiento (A), el tiempo (B) y la interacción entre ambos factores (A x B), destacando su influencia directa en la composición final del producto.

Tabla 3, demuestra los resultados del análisis de comportamiento de los sólidos solubles totales (°Brix) durante la fermentación de distintos vinagres, mostrando diferencias significativas según el tratamiento (A), el tiempo (B) y la interacción entre ambos factores (A x B), destacando su influencia directa en la composición final del producto.

Tabla 3*Análisis de la varianza para el contenido de sólidos solubles totales (°Brix)- suma de cuadrados*

Fuente	Suma de Cuadrado	de Gl	Cuadrado medio	Razón – F	Valor P
Efectos principales					
A: Tratamientos	1250.91	3	416.97	691.05	0.00
B: Tiempo	2911.05	23	126.57	209.76	0.00
Interacciones					
AB	1699.71	69	24.63	40.83	0.00
Residuos	115.85	192	0.60		
Total (corregido)	5979.07	287			

Todas las razones -F se basan en el cuadrado medio de error residual.

La Tabla 4, presenta los resultados de análisis de Tukey (HSD) de los sólidos solubles totales (°Brix) en los cuatro tratamientos, con sus medias (LS) y grupos homogéneos, agrupándolos de acuerdo con su diferencia significativa ($p < .05$).

Los tratamientos (T₁, *S. cerevisiae* y miel) y (T₃, *S. bayanus* y miel) presentaron valores de 13.40 °Brix y 13.27 °Brix, respectivamente, no existió diferencias significativas entre tratamientos. Mientras que en el tratamiento (T₂, *S. cerevisiae* y panela), con 17.17 en °Brix y el

tratamiento (T₄, *S. bayanus* y panela) con 17.79 °Brix, refleja que existió diferencias significativas en ambos productos. Pacheco et al., (2017), explicaron que la miel, por su riqueza en azúcares simples como fructosa y glucosa, fermenta rápidamente y deja menos residuos de sólidos solubles, lo que explica la similitud en los resultados obtenidos en los tratamientos T₁ y T₃ que utilizaron este endulzante.

Tabla 4

Pruebas de múltiples rangos para sólidos solubles totales (°Brix) por tratamiento (Tukey HSD)

Producto	Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos homogéneos
Miel (M) y (SC)	1	73	13 .40	a
Panela (P) y (SC)	2	72	17 .17	b
Miel (M) y (SB)	3	71	13 .27	a
Panela (P) y (SB)	4	72	17 .79	c

Donde: T: tratamientos (T₁-T₄), SC: *Saccharomyces cerevisiae*, SB: *Saccharomyces bayanus*. Letras diferentes (a, b, c) en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < .05$) entre tratamientos.

La Tabla 5 muestra el análisis de Tukey (HSD) para los valores de sólidos solubles totales (°Brix) en 24 intervalos de tiempo (1, 3, 8, ..., 59, 62 y 77 días). Los resultados indican diferencias significativas entre los tiempos evaluados, y los grupos homogéneos reflejan variaciones en función del tiempo, lo que permite identificar patrones de comportamiento durante la fermentación.

En la Tabla 5 , presenta los resultados del análisis de Tukey (HSD) para sólidos solubles totales (°Brix) en función del tiempo durante la fermentación. Los valores oscilan desde 7.23 °Brix en el día 1, clasificado en el grupo "a", hasta 26.64 °Brix en el día 77, ubicado en el grupo "I", reflejando un incremento significativo. Esto podría deberse al consumo gradual de azúcares durante la fermentación. Bryan et al., (2018). explican que este aumento se debe a que las levaduras utilizan los azúcares como su principal fuente de energía, transformándolos en compuestos que mejoran el sabor y las propiedades del producto final. Este proceso permite a las levaduras realizar su actividad natural, convirtiendo los azúcares en nuevas sustancias durante la fermentación.

Tabla 5

Pruebas de múltiples rangos para sólidos solubles totales (°Brix) por tiempo (Tukey HSD)

Tiempo (días)	Casos	Media LS	Grupos homogéneos
1	12	7.23	A
3	12	18.12	K
8	12	15.36	Efg
10	12	14.36	Cde

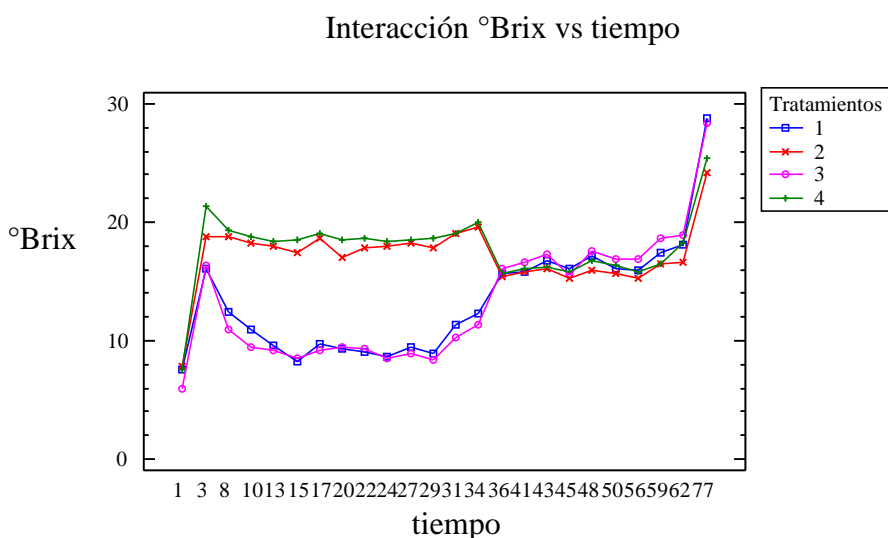
13	12	13.8	Bcd
15	12	13.14	B
17	12	14.15	Bcd
20	12	13.56	Bc
22	12	13.72	Bc
24	12	13.37	Bc
27	12	13.79	Bcd
29	12	13.45	Bc
31	12	14.92	Def
34	12	15.8	Fgh
36	12	15.75	Fgh
41	12	16.07	Fgh
43	12	16.55	Hi
45	12	15.68	Fgh
48	12	16.85	Hij
50	12	16.26	Ghi
56	12	16	Fgh
59	12	17.26	Ijk
62	12	17.91	Jk
77	12	26.64	L

Letras diferentes (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l) en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < .05$) entre días de fermentación.

La Figura 3 ilustra el comportamiento de los sólidos solubles totales (°Brix) en función de los tratamientos y el tiempo. Las cuatro líneas representan los cambios en los sólidos solubles por tratamiento a través de 24 intervalos de tiempo (1, 3, 8...59, 62, 77). Si no existiera interacción, las líneas serían paralelas. Sin embargo, al final del proceso de fermentación, las líneas se cruzan, lo que indica una interacción significativa entre los tratamientos y el tiempo. La investigación de López et al., (2018), los azúcares presentes en la panela suelen liberarse gradualmente, lo cual permite que el proceso de fermentación conserve niveles altos de °Brix por un período prolongado.

Figura 3

Interacción del comportamiento de los sólidos solubles totales (°Brix) de los diferentes tratamientos en función del tiempo de fermentación



En la Tabla 6, se indica los resultados del análisis de ANOVA de pH de los tratamientos desarrollados, mostrando diferencias significativas en los factores: (A) tratamientos, (B) tiempo, mientras que en la interacción (AxB) no existe diferencia significativa.

Tabla 6

Análisis de la varianza para el contenido de pH- suma de cuadrados

Fuente	Suma de Cuadrado	de Gl	Cuadrado medio	Razón – F	Valor P
Efectos principales					
A: Tratamientos	21.41	3	7.13	506.45	0.00
B: Tiempo	13.23	23	0.57	40.81	0.00
Interacciones					
AB	0.53	69	0.01	0.55	1.00
Residuos	2.70	192	0.01		
Total (corregido)	37.81	287			

Todas las razones -F se basan en el cuadrado medio de error residual.

La Tabla 7, presenta los resultados del análisis de Tukey (HSD) para los valores de pH en los cuatro tratamientos donde muestran las medias (LS) junto con los grupos homogéneos.

El tratamiento (T₁, *S. cerevisiae* y miel) presentó un pH de 3.37, mientras que el tratamiento (T₂, *S. cerevisiae* y panela) alcanzó un pH de 3.87. En el tratamiento (T₃, *S. bayanus* y miel), el pH fue de 3.70, y el tratamiento (T₄, *S. bayanus* y panela) presentó el pH más alto, 4.12, por lo

tanto, cada tratamiento exhibió diferencias significativas. Viroli et al., (2021), evidenciaron diferencias significativas en el pH de vinagres elaborados de manera artesanal y comercial a partir de cáscara de manzana, con valores de 2.91 y 3.12, respectivamente. Estas variaciones se atribuyen al tipo de materia prima utilizada y al proceso de producción, factores claves que influyen directamente en el pH del producto final.

Tabla 7

Pruebas de múltiples rangos para pH por tratamiento (Tukey HSD)

Producto	Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos homogéneos
Miel (M) y (SC)	1	73	3.37	a
Panela (P) y (SC)	2	72	3.87	c
Miel (M) y (SB)	3	71	3.70	b
Panela (P) y (SB)	4	72	4.12	d

Donde: T: tratamientos (T₁-T₄), SC: *Saccharomyces cerevisiae*, SB: *Saccharomyces bayanus*. Letras diferentes (a, b, c) en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < .05$) entre tratamientos.

La Tabla 8, presenta análisis de Tukey (HSD) para los 24 tiempos de pH evaluados, se indicaron las LS means y los grupos homogéneos, evidenciando diferencias estadísticamente significativas entre algunos de los tiempos.

Los resultados obtenidos en función del tiempo muestran que en el día 1, el pH fue de 3.88, y en el día 77 presentó un pH promedio de 3.89, aunque existió diferencias significativas en el transcurso del tiempo de fermentación, las diferencias no son relevantes. Sousa et al., (2021) evidenció que, durante la fermentación, el agotamiento de azúcares y la disminución de la actividad microbiana contribuyen a la estabilización del pH. Además, en el estudio de Han et al., (2024), demostró que las bacterias oxidan el etanol a ácido acético, lo que provoca una caída en el pH debido a la producción de ácido. En nuestro estudio, el pH disminuyó considerablemente en las primeras etapas de la fermentación. Sin embargo, en el día 27 se estabilizó hasta acabar el proceso de fermentación.

Tabla 8

Pruebas de múltiples rangos para pH por tiempo (Tukey HSD)

Tiempo (días)	Casos	Media LS	Grupos homogéneos
1	12	3.88	defg
3	12	3.82	defg
8	12	3.76	def
10	12	3.75	de
13	12	3	a
15	12	3.55	bc
17	12	3.54	bc

20	12	3.87	defg
22	12	3.5	b
24	12	3.47	b
27	12	3.97	g
29	12	3.9	efg
31	12	3.93	fg
34	12	3.92	efg
36	12	3.89	efg
41	12	3.89	efg
43	12	3.9	efg
45	12	3.91	efg
48	12	3.9	efg
50	12	3.77	def
56	12	3.71	cd
59	12	3.77	def
62	12	3.89	defg
77	12	3.89	efg

Letras diferentes (a, b, c, d, e, f, g) en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < .05$) entre días de fermentación.

En la Tabla 9, muestra los resultados del análisis de ANOVA de conductividad de los tratamientos desarrollados, indicando diferencias significativas en los factores: (A) tratamientos, (B) tiempo, sin embargo, la interacción (AxB) no existe diferencia significativa.

Tabla 9

Análisis de la varianza para el contenido de conductividad (mS/cm) - suma de cuadrados

Fuente	Suma Cuadrado	de G1	Cuadrado medio	Razón – F	Valor P
Efectos principales					
A: Tratamientos	4.09×10^7	3	1.36×10^7	335.76	0.00
B: Tiempo	2.57×10^6	23	111964.00	2.75	0.00
Interacciones					
AB	2.66×10^6	69	38645.3	0.95	0.58
Residuos	7.80×10^6	192	40652.30		
Total (corregido)	5.41×10^7	287			

Todas las razones -F se basan en el cuadrado medio de error residual.

La Tabla 10, presenta los resultados de análisis de Tukey (HSD) de conductividad (mS/cm), sus medias (LS) y grupos homogéneos agrupados de acuerdo con sus diferencias significativas.

En los tratamientos (T₁, *S. cerevisiae* y miel) y (T₃, *S. bayanus* y miel) obtuvieron valores 846.50 y 778.14 (mS/cm), respectivamente, sin diferencias significativas, por lo que ambos se agruparon en el grupo homogéneo "a". Esta similitud puede explicarse por la uniformidad en la composición mineral de la miel utilizada, que presenta un perfil constante, lo que no genera variaciones en las propiedades fisicoquímicas (García et al., 2022). Por otro lado, el tratamiento (T₂, *S. cerevisiae* y panela) obtuvo un valor de 1660.29 (mS/cm), ubicándose en el grupo "c", mientras que el tratamiento (T₄, *S. bayanus* y panela) alcanzó un valor de 1439.77 (mS/cm), situándose en el grupo "b", lo que indica diferencias significativas entre ambos tratamientos.

Tabla 10

Análisis de Tukey (HSD) de conductividad (mS/cm) por tratamientos

Producto	Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos homogéneos
Miel (M) y (SC)	1	73	846.50	a
Panela (P) y (SC)	2	72	1660.29	c
Miel (M) y (SB)	3	71	778.14	a
Panela (P) y (SB)	4	72	1439.77	b

Donde: T: tratamientos (T₁-T₄), SC: *Saccharomyces cerevisiae*, SB: *Saccharomyces bayanus*. Letras diferentes (a, b, c) en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < .05$) entre días de fermentación.

En la Tabla 11, en el análisis Tukey (HSD) de conductividad por tiempo mostraron diferencias significativas reflejando grupos homogéneos. En el día 1, se registró un valor de 1298.56 (mS/cm), clasificándose en el grupo ab, mientras que el día 77, tuvo un valor de 1070.89 (mS/cm), perteneciendo al grupo a, indicando que sus diferencias no son importantes. Ousaaid et al., (2021) explica que la temperatura también influye, ya que las temperaturas más altas aumentan la movilidad de los iones, lo que mejora la conductividad.

Tabla 11

Pruebas de múltiples rangos para conductividad (mS/cm) por tiempo (Tukey HSD)

Tiempo (días)	Casos	Media LS	Grupos homogéneos
1	12	1298.56	ab
3	12	1264.06	ab
8	12	1195.21	ab
10	12	1398,39	b
13	12	1289,83	ab
15	12	1304,18	ab

17	12	1289,21	ab
20	12	1233,96	ab
22	12	1222,1	ab
24	12	1193,02	ab
27	12	1210,8	ab
29	12	1201,15	ab
31	12	1185,02	ab
34	12	1176,06	ab
36	12	1200,21	ab
41	12	1106,31	ab
43	12	1082,96	a
45	12	1082,13	a
48	12	1072,73	a
50	12	1039,46	a
56	12	1083,56	a
59	12	1062,77	a
62	12	1085,71	a
77	12	1070,89	a

Letras diferentes (a, b, c, d, e) en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < .05$) entre días de fermentación.

Análisis fisicoquímicos de los vinagres

En la Tabla 12 presenta los valores de cenizas, aunque existe diferencias significativas entre los tratamientos (T_1 , T_2 y T_3) y T_4 , sus diferencias no son importantes. Segura et al., (2015) menciona que en el vinagre de uva no presento diferencias significativas de las cenizas, debido a la presencia de minerales similares tras la incineración de materia no orgánica.

En los sólidos solubles totales, los tratamientos (T_1 , Miel y *S. cerevisiae*) con valor de 13.4 °Brix y (T_3 , Miel y *S. bayanus*) con 13.2 °Brix no presento diferencias estadísticamente significativas, de la misma manera que los tratamientos (T_2 Miel y *S. cerevisiae*) con 16.9 °Brix y (T_4 , Panela y *S. bayanus*) con 18.0 °Brix. Jinmer, (2011) demostró que la temperatura, el tipo de endulzante utilizado y las cepas de levadura empleadas son factores cruciales en el proceso de fermentación. Estos elementos pueden influir de manera distinta en los sólidos solubles totales a lo largo de la fermentación.

En relación con el pH, se obtuvo valores entre 3.33 - 4.1 de los tratamientos (T_1 , miel y *S. cerevisiae*) y (T_4 , panela y *S. bayanus*), respectivamente, presentando diferencias significativas entre los tratamientos. Cuenca et al., (2022) describió que la variación de pH se debe a la producción de ácidos orgánicos en el proceso de fermentación.

En términos de conductividad, los tratamientos (T₁, miel y *S. cerevisiae*) con valor de 782.9 mS/cm y (T₃, miel y *S. bayanus*) con 716.0 mS/cm, presentó diferencias significativas, en comparación con los tratamientos (T₂, panela y *S. cerevisiae*) y (T₄, panela y *S. bayanus*). López et al., (2013) explica que la conductividad puede variar dependiendo de cómo cada levadura metaboliza el sustrato, *S. bayanus* y *S. cerevisiae* tienen diferencias en su eficiencia de fermentación, especialmente en la producción de ácidos y otros compuestos iónicos.

Los resultados de sólidos disueltos totales (TDS) mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. El T₂ (panela y *S. cerevisiae*) registró un valor 1.4 ppm y el T₄ (panela y *S. bayanus*) un valor de 1286.7 ppm. Los valores fueron parecidos en los vinagres elaborados con panela, en comparación a los vinagres elaborados con miel, siendo el endulzante un factor importante en la concentración de TDS. Kokoreva et al., (2022) destacó que el tipo de azúcar disponible afecta la actividad y el rendimiento de la levadura en términos de metabolitos producidos y, en consecuencia, en la conductividad y TDS.

En términos de acidez, los tratamientos presentaron diferencias significativas, el (T₁, Miel y *Saccharomyces cerevisiae*) registró un 5 % en acidez total mostrando una variación notable en comparación con los demás tratamientos. De acuerdo con los resultados de Raimil, (2012) la mayor parte de las frutas contienen ácidos orgánicos, que se traspasan a sus derivados, cuando se procesan, para el vinagre es el ácido acético, siendo este compuesto determinante en la acidez de los vinagres.

Los datos obtenidos sobre polifenoles totales indicaron similitudes estadísticas entre los tratamientos (T₁, miel y *S. cerevisiae*) con 1,3 mg/mL y (T₃, miel y *S. bayanus*) con 8.5 mg/mL. Raimil, (2012) señala que los polifenoles disminuyen durante el proceso de acetificación, ya que los microorganismos presentes los utilizan como una estrategia de protección, debido a que están expuestos a condiciones extremas de pH y acidez. En comparación con estos tratamientos, se observó una similitud en los valores de polifenoles entre los tratamientos elaborados con panela (T₂, panela y *S. cerevisiae*) con un valor de 34.9 mg/mL y (T₄, panela y *S. bayanus*) con un valor de 46.4 mg/mL, fomentando de esta manera, vinagres ricos en antioxidantes.

Tabla 12

Análisis fisicoquímico (promedio ± error estándar) de los vinagres de mandarinas y fresas

Donde: T: tratamientos (**T₁-T₄**), n: número de muestras, SST: sólidos solubles totales (%), pH: potencial de hidrógeno, σ : conductividad (mS/cm); TDS: Sólidos

Producto	T	n	Cenizas (%)	SST (%)	pH	σ (mS/cm)	TDS (ppm)	Acidez total (%)	Polifenoles (mg/100 mL)
Miel (M) y (SC)	T ₁	3	0.1 ± 0.05 ^a	13.4 ± 0.31 ^a	3.3 ± 0.06 ^a	782.9 ± 29.29 ^a	544.3 ± 24.71 ^c	5.0 ± 0.17 ^c	1.3 ± 4.90 ^a
Panela (P) y (SC)	T ₂	3	0.2 ± 0.05 ^{ab}	16.9 ± 0.31 ^b	3.8 ± 0.06 ^{bc}	1241.1 ± 29.29 ^b	1.4 ± 24.71 ^a	3.8 ± 0.17 ^{ab}	34.9 ± 4.90 ^b
Miel (M) y (SB)	T ₃	3	0.2 ± 0.05 ^{ab}	13.2 ± 0.31 ^a	3.7 ± 0.06 ^b	716.0 ± 29.29 ^a	429.2 ± 24.71 ^b	3.0 ± 0.17 ^a	8.5 ± 4.90 ^a
Panela (P) y (SB)	T ₄	3	0.2 ± 0.05 ^b	18.0 ± 0.31 ^b	4.1 ± 0.06 ^c	1315.0 ± 29.29 ^b	1286.7 ± 24.71 ^d	4.2 ± 0.17 ^b	46.4 ± 4.90 ^b

Disueltos Totales (ppm). SC: Saccharomyces cerevisae, SB: Saccharomyces bayanus. Letras diferentes (a,b,c) en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < .05$).

Resultados de análisis microbiológicos de los vinagres

La inocuidad en los vinagres es uno de los asuntos de mayor prioridad para los consumidores, productores y gobierno (Arispe & Tapia, 2007). El análisis microbiológico realizado en los diferentes tratamientos de vinagre evaluó la presencia de aerobios mesófilos, mohos, levaduras, *E. coli* y coliformes, cuyos resultados se presentan en la Tabla 13. Según la NTE INEN 2296, (2013), el vinagre debe estar libre de microorganismos patógenos, como *E. coli* y coliformes, y no debe superar niveles críticos de aerobios mesófilos, mohos y levaduras que puedan comprometer la seguridad del producto. Sin embargo, los productos fermentados, como el vinagre, suelen contener microorganismos no patógenos, especialmente levaduras y bacterias lácticas, que son típicos del proceso de fermentación y, en general, no representan un riesgo para la salud, siempre que se mantengan dentro de niveles seguros (Xia et al., 2022).

En los tratamientos evaluados, se observó que el tratamiento T₁ (miel y *Saccharomyces cerevisiae*) presentaba una carga de 1.8×10^3 UFC de aerobios mesófilos. Aunque este valor se encuentra en el rango superior para productos fermentados, no supera los límites establecidos para este tipo de productos, por lo que no representa un riesgo crítico para la calidad microbiológica del vinagre. Del mismo modo, los recuentos de mohos y levaduras en los tratamientos T₃ (miel y *Saccharomyces bayanus*) y T₄ (Panela y *Saccharomyces bayanus*) fueron de 7.9×10^2 UFC y 7.0×10^2 UFC, respectivamente. Estos valores también están dentro de los límites permitidos según la normativa para productos fermentados.

Lo más relevante de este análisis es que, en cuanto a *E. coli* y coliformes, todos los tratamientos evaluados dieron un resultado de <10 UFC, cumpliendo plenamente los requisitos de la normativa que exige la ausencia de estos microorganismos patógenos, lo que asegura que no existe contaminación fecal ni patógena en los vinagres evaluados.

Tabla 13

Análisis microbiológico de los tratamientos de vinagre de frutas cítrica

Producto	T	n	Aerobios	Mohos y	<i>E. Coli</i> y
			mesófilos	levaduras	Coliformes
			(UFC)	(UFC)	(UFC)
Miel (M) y (SC)	T ₁	3	1.8×10^3	1.7×10^3	<10
Panela (P) y (SC)	T ₂	3	1.4×10^3	1.9×10^3	<10
Miel (M) y (SB)	T ₃	3	5.9×10^2	7.9×10^2	<10
Panela (P) y (SB)	T ₄	3	2.9×10^2	7.0×10^2	<10

Donde: T: tratamientos (T₁-T₄), n: número de muestras, SC: *Saccharomyces cerevisiae*, SB: *Saccharomyces bayanus*, UFC: unidades formadoras de colonias (UFC) por ml de muestra

Análisis de Consumidores

Características sociodemográficas de los consumidores

En la Tabla 14, se presentan las características sociodemográficas de 60 consumidores del cantón La Maná, provincia de Cotopaxi. La distribución por género muestra un 37% de mujeres y un 23% de hombres. El grupo de edad predominante fue el de 21 a 25 años, con un 43.3 %, seguido por menores de 20 años con un 21.6 %. En cuanto al nivel educativo, el 33.3 % de los consumidores tienen estudios profesionales, y el 11.7 % cuentan con estudios de posgrado. Respecto al ingreso mensual, el 18.3% reporta ingresos entre \$1000 y \$2000, mientras que el 20% percibe entre \$500 y \$800. Estos resultados destacan un perfil de consumidores jóvenes adultos con niveles educativos altos y una proporción significativa con ingresos elevados.

Tabla 14

Características sociodemográficas de los consumidores (género, edad, nivel de estudio, ingreso mensual)

		La Maná
	n total	60
1. Género	% Femenino	37
	% Masculino	23
2. Edad	% <20 años	21.6
	% 21-25 años	43.3
	% 26-30 años	6.7
	% 31- 35 años	8.3
	% 36-40 años	6.7
	% 41- 45 años	0
	% 46-50 años	1.7
	% 51- 55 años	1.7
	% 56- 60 años	1.7
% > 60 años	1.7	
3. Nivel de estudio	Secundaria	5.0
	Preparatoria	50.0
	Profesional	33.3
	Posgrado	11.7
4. Ingreso mensual	<\$250	28.3
	\$250-\$500	30.0
	\$500-\$800	20.0
	\$1000-\$2000	18.3
	>\$2000	3.3

Análisis sensorial

En la Tabla 15, se observa que el tratamiento T₁ (miel y *Saccharomyces cerevisiae*) presentó la mayor aceptabilidad (6.6), en comparación al resto de tratamientos. Este comportamiento puede atribuirse a las características organolépticas que aporta las mandarinas y fresas en combinación con la miel, generando una mayor aceptación. De acuerdo con Viana et al., (2017) en un análisis sensorial realizado sobre vinagre de kéfir y manzana, estos productos alcanzaron niveles de aceptabilidad similares (7), y los consumidores no identificaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Estos resultados respaldan la hipótesis de que ciertos componentes, como los endulzantes, pueden influir significativamente en la percepción sensorial del vinagre.

Tabla 15

Puntuaciones de aceptabilidad (LSM ± error estándar) y sus diferencias por tratamientos

Productos	T	n	LSM ± error estándar
Miel (M) y <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (SC)	T ₁	60	6.6 ± 0.24 ^b
Panela (P) y <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (SC)	T ₂	60	5.8 ± 0.21 ^{ab}
Miel (M) y <i>Saccharomyces bayanus</i> (SB)	T ₃	60	5.3 ± 0.23 ^a
Panela (P) y <i>Saccharomyces bayanus</i> (SB)	T ₄	60	5.9 ± 0.23 ^a

Donde: T: tratamientos (T₁-T₄), n: número de muestras, LSM: Least square means. Letras diferentes (a, b) en la misma columna indican diferencias significativas ($p < .05$) entre los grupos.

CONCLUSIONES

El presente estudio demostró el potencial de las fresas y mandarinas locales como materias primas para la elaboración de vinagres innovadores, promoviendo opciones más saludables y sostenibles dentro de la agroindustria.

Los resultados evidenciaron que el tipo de azúcar y la levadura utilizadas influyeron significativamente en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales. El tratamiento T₄ (panela y *Saccharomyce bayanus*) presentó el mayor contenido de polifenoles (46,4 mg/100mL), resaltando su potencial antioxidante.

En el ámbito microbiológico, todos los tratamientos cumplieron con los requisitos establecidos por la normativa NTE INEN 2296, (2013).

El tratamiento T₁ (miel y *Saccharomyces cerevisiae*) destacó por su equilibrio entre acidez (5.0%), sólidos solubles totales (13.4 °Brix) y por ser el de mayor aceptación sensorial por los consumidores.

Los hallazgos de este estudio proporcionan información valiosa para el posicionamiento de productos, la innovación y los nuevos desarrollos en el mercado de alimentos saludables y sostenibles.

Agradecimientos

Este estudio fue posible gracias al valioso apoyo de la Estación Experimental "La *Playita*" y de la Universidad Técnica de Cotopaxi -extensión La Maná, con el proyecto "Estudio fisicoquímico, sensorial, nutricional y microbiológico de materias primas cítricas provenientes de la estación experimental "La Playita" cantón La Maná.

REFERENCIAS

- Aguagüiña, S. (2014). Efecto del grado de maduración y zona de cultivo en las características físicas y químicas de la mandarina (*Citrus reticulata*) [Tesis profesional, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/3ce2a168-9301-4751-83f0-d5c59fe43d9a>
- Alsir, A. Aboagarib, E., Yang, R., Hua, X., & Siddeeg, A. (2014). Chemical Compositions, Nutritional Properties and Volatile Compounds of Guddaim (&i&t;Grewia &i&t;&t&i&t;T&i&t;&t&i&t;enax.&i&t;&t&i&t; &i&t;Forssk) Fiori Fruits. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2(4), 187–192. <https://doi.org/10.12691/jfnr-2-4-9>
- Alvarado, Y., Mendoza, R., Sandoval, A., Vega, J., & Franco, I. (2020). Calidad fisicoquímica y sensorial de frutos de fresas obtenidos en dos sistemas de cultivo. *RIIIT. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 8(43). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-97532020000200002#c1
- Anzaldúa, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica [Book]. Acribia. https://www.editorialacribia.com/libro/la-evaluacion-sensorial-de-los-alimentos-en-la-teoria-y-la-practica_53649/
- AOAC 923.03. (1990). Determinación de cenizas totales y materia orgánica.
- AOAC 930.35. (2005). AOAC Official Method 930.35 Vinegars.
- AOAC 991.14. (2003). Instructivo técnico para Recuento de coliformes y E. coli mediante Técnica Petrifilm AOAC Official Method 991.14 ó 998.08.
- Arispe, I., & Tapia, M. (2007). Inocuidad y calidad: requisitos indispensables para la protección de la salud de los consumidores. *Agroalimentaria*, 12(24). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-03542007000100008
- Bencosme, M. (2023). Producción de vinagre a partir de fruta y cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) [Tesis profesional, Instituto Tecnológico de Santo Domingo]. https://www.researchgate.net/publication/370650764_Produccion_de_Vinagre_a_partir_de_fruta_y_cascara_de_Banano_Musa_paradisiaca
- Borja, E. (2010). Estudios de la conservación de fresas (*Fragaria vesca*) mediante tratamientos térmicos [Tesis profesional, Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/865>
- Bryan, A., Hart, C., Howell, A., Wise, M., & Roberts, B. (2018). Glucose Concentrations Effect on Rate of Fermentation in Yeast. *Journal of Undergraduate Biology Laboratory Investigations*, 1(1), 3–4. <https://undergradsciencejournals.okstate.edu/index.php/JUBLI/article/view/8738>

- Chen, G., Zheng, F., Lin, B., Yang, Y., Fang, X., Verma, K., & Yang, L. (2023). Vinegar: A potential source of healthy and functional food with special reference to sugarcane vinegar. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1145862>
- Cohen, B., Borovsky, Y., Schwartz, D., & Paran, L. (2012). ¿Qué controla la acidez de la fruta carnosa? Una revisión de la acumulación de malato y citrato en las células de la fruta. *Journal of Experimental Botany*, 63(13), 4947–4957. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers172>
- Cuenca, M., Blanco, A., Quicazán, M., & Zuluaga-Domínguez, C. (2022). Optimization and Kinetic Modeling of Honey Fermentation for Laboratory and Pilot-Scale Mead Production. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 80(3), 248–257. <https://doi.org/10.1080/03610470.2021.1966590>
- Duarte, J., Novoa, A., Linares, A., Lajolo, F., & Genovese, M. (2006). Antioxidant Activity of Phenolics Compounds from Sugar Cane (*Saccharum officinarum* L.) Juice. *Plant Foods for Human Nutrition*, 61(4), 187. <https://doi.org/10.1007/s11130-006-0032-6>
- García, E., Fernández, I., & Fuentes, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. Repositorio Institucional RiuNet de La Universitat Politècnica de València, 6–9. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/52056>
- García, M., Armenteros, E., Escobar, M., García, J., Méndez, J., & Ramos, G. (2022). Composición química de la miel de abeja y su relación con los beneficios a la salud. *Revista Médica Electrónica*, 44(1), 155–167. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242022000100155&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Han, D., Yang, Y., Guo, Z., Dai, S., Jiang, M., Zhu, Y., Wang, Y., Yu, Z., Wang, K., Rong, C., & Yu, Y. (2024). A Review on the Interaction of Acetic Acid Bacteria and Microbes in Food Fermentation: A Microbial Ecology Perspective. *Foods*, 13(16), 2534. <https://doi.org/10.3390/foods13162534>
- Jimenez, L., Cujilema, C., Villacres, S., & Chuin, G. (2024). Determinación de la Acidez Titulable en Cítricos Amazónicos: Correlación con la Madurez y la Susceptibilidad a la Pudrición. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 2441–2451. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10681
- Jinmer, A. (2011). Obtención de hidromiel por fermentación alcohólica de la miel de abeja con un-a cepa nativa *Saccharomyces* sp y adición de polen [Tesis profesional, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/306/T_0136.pdf?sequence=1
- Kokoreva, A., Isakova, E., Tereshina, V., Klein, O., Gessler, N., & Deryabina, Y. (2022). The Effect of Different Substrates on the Morphological Features and Polyols Production of

- Endomyces magnusii Yeast during Long-Lasting Cultivation. *Microorganisms*, 10(9), 1709. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10091709>
- Linares, R., Brousse, M., Paredes, A., & Valdez, E. (2008). Conductividad térmica de jugos concentrados cítricos como una función de la temperatura y la concentración. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 10(2), 10–14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382679023002>
- López, K., Gonzales, N., Maldonado, E., Luna, A., & Vera, R. (2018). Jugo de betabel (*Beta vulgaris L.*) y panela fermentados *Saccharomyces bayanus*. In *Crescendo*, 9(3), 367–378.
- López, M., Querol, A., & Guillamon, J. (2013). Metabolomic Comparison of *Saccharomyces cerevisiae* and the Cryotolerant Species *S. bayanus var. uvarum* and *S. kudriavzevii* during Wine Fermentation at Low Temperature. *PLoS ONE*, 8(3), e60135. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0060135>
- Medina, M. (2017). Caracterización de polvos deshidratados obtenidos a partir de bagazo de arándano y valoración de su utilización como ingrediente funcional [Tesis de posgrado, Universitat politècnica de valència]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/89432>
- Ministerio de Salud y Protección Social, R. de C. (2013, October 2). Resolución Número 003929 de 2013 - Reglamento Técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas y las bebidas con adición de jugo (zumo) o pulpa de fruta o concentrados de fruta.
- NTE INEN 2296. (2013). Vinagre. Requisitos.
- NTE INEN 2 337. (2008). Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales. Requisitos.
- NTE INEN 1529-7. (2013). Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias.
- NTE INEN 1751. (1996). Frutas frescas. Definición y clasificación.
- NTE INEN1930. (2012). Requisitos de la Mandarina.
- NTE INEN-ISO 1842, & NTE INEN 389. (2013). Productos vegetales y frutas – Determinación de pH (IDT).
- NTE INEN-ISO 2173. (2013a). Productos vegetales y de frutas. Determinación de sólidos solubles. Método refractométrico (IDT).
- NTE INEN-ISO 2173. (2013b). Productos vegetales y de frutas-Determinación de sólidos solubles- Método refractométrico (IDT).
- NTE INEN-ISO 4833, & NTE INEN 1529-5. (2024). Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos rep.
- Ousaaïd, D., Mechchate, H., Laaroussi, H., Hano, C., Bakour, M., El Ghouzi, A., Conte, R., Lyoussi, B., & El Arabi, I. (2021). Fruits Vinegar: Quality Characteristics, Phytochemistry, and Functionality. *Molecules*, 27(1), 222. <https://doi.org/10.3390/molecules27010222>

- Pacheco, N., Ayora, T., García, N., Gonzáles, T., & Patrón, J. (2017). Características fisicoquímicas, sensoriales y técnicas analíticas en la calidad de la miel. In A. Ramos & N. Pacheco (Eds.), *Producción y comercialización de miel y sus derivados en México: Desafíos y oportunidades para la exportación* (1a ed., pp. 68–96). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C.
- Palma, M., Huertas, J., & Rodríguez, C. (2023). A Comprehensive Review of the Effect of Honey on Human Health. *Nutrients*, 15(13), 3056. <https://doi.org/10.3390/nu15133056>
- Patiño, T., Casco, M., Quinatoa, E., Chimborazo, E., & Mendoza, M. (2023). Evaluación sensorial y fisicoquímica de materias primas cítricas de la estación experimental “La Playita” de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(3). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i3.1057>
- Raimil, M. (2012). Estudio del efecto del uso de un biofilm microbiano (“madre de vinagre”) en el proceso de acetificación de vino de manzana a vinagre de manzana sobre los polifenoles totales y la actividad antioxidante del sustrato [Tesis profesional, Universidad de La Frontera]. <https://bibliotecadigital.ufro.cl/?a=view&item=221>
- Rincón, A., Vásquez, M., & Padilla, F. (2005). Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Scielo, 55(3). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222005000300013
- Saini, R., Ranjit, A., Sharma, K., Prasad, P., Shang, X., Gowda, K., & Keum, Y.-S. (2022). Bioactive Compounds of Citrus Fruits: A Review of Composition and Health Benefits of Carotenoids, Flavonoids, Limonoids, and Terpenes. *Antioxidants*, 11(2), 239. <https://doi.org/10.3390/antiox11020239>
- Salas, K., Salas, B., & Calvo, L. . (2022). Potencial bioactivo de los residuos del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) en Costa Rica. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 9(2), 55–68. <https://doi.org/10.23850/24220582.4875>
- Segura, C., Posada, E., Revuelta, A., Bohorquez, N., & Perez, W. (2015). Caracterización fisicoquímica de vinagres obtenidos a partir de mostos de uva (*Vitis labrusca*). *Revista Informativa*, 4–7. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1136.5849>
- Soares, P., Secci Martinelli, S., Barletto Cavalli, S., & Davó-Blanes, M. C. (2021). Propuesta metodológica para explorar la compra de alimentos saludables y sostenibles en servicios de alimentación. *Gaceta Sanitaria*, 35(2), 204–207. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.01.003>
- Sousa, M., Paula, V., Dias, L., & Estevinho, L. (2021). Mead Production Using Immobilized Cells of *Saccharomyces cerevisiae*: Reuse of Sodium Alginate Beads. *Processes*, 9(4), 724. <https://doi.org/10.3390/pr9040724>

- Viana, R., Magalhães-Guedes, K., Braga, R., Dias, D., & Schwan, R. (2017). Fermentation process for production of apple-based kefir vinegar: microbiological, chemical and sensory analysis. *Brazilian Journal of Microbiology*, 48(3), 592–601. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.11.006>
- Villanueva, A., Aguirre, V., Alejos, I., Cotrina, G., & Tello, L. (2021). Aplicación de Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum verum*) y Clavo de Olor (*Syzygium aromaticum*) en la cobertura comestible y tiempo de vida útil de la Fresa (*Fragaria x ananassa*). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(2), 1504–1526. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i2.367
- Viroli, S., Viroli, S., Carvalho, N., Alves, T., Leite, L., Sousa, Y., Bernardi, D., Araújo, T., Lança, A., & Silva, F. (2021). Caracterização do vinagre artesanal produzido com casca de maçã. *Research, Society and Development*, 10(9), e1110917865. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.17865>
- Xia, M., Zhang, X., Xiao, Y., Sheng, Q., Tu, L., Chen, F., Yan, Y., Zheng, Y., & Wang, M. (2022). Interaction of acetic acid bacteria and lactic acid bacteria in multispecies solid-state fermentation of traditional Chinese cereal vinegar. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.964855>