

<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i2.423>

Evaluación fisicoquímica y sensorial del vinagre de mora (*Morus alba L*), capulí (*Prunus serotina*) y naranja (*Citrus aurantium*)

*Physicochemical and sensory evaluation of blackberry (*Morus alba L*), capulí (*Prunus serotina*) and orange (*Citrus aurantium*) vinegar*

Bryan Steven Caiza Farez

bryan.caiza5327@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-2280-3510>

Carrera de Agroindustria-Universidad Técnica de Cotopaxi
Ecuador- La Maná

Mishell Katherine Toapanta Calderón

Mishell.toapanta5556@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-0340-1068>

Carrera de Agroindustria-Universidad Técnica de Cotopaxi
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


Los consumidores buscan alimentos sanos y libres de aditivos, por ello es esencial que los procesos mantengan la naturalidad del producto, esto implica conservar sus propiedades y su valor nutritivo. El objetivo de esta investigación fue elaborar vinagres a base de diferentes frutas (mora, capulí y naranja) locales de la reserva ecológica Malqui Machay, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad, a la calidad, estabilidad y aceptación de los productos por parte del consumidor, explorando su potencial que promueve la industria alimentaria saludable y sostenible. El enfoque metodológico se basó en realizar los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales de los diferentes tipos de vinagre. Los resultados indicaron que los tratamientos (T_2), mora con miel y el tratamiento (T_7), mora con capulí, naranja y azúcar, obtuvieron mayor aceptabilidad por parte de los consumidores. En cuanto a los resultados de los parámetros fisicoquímicos de acidez titulable y polifenoles no hubo mayores diferencias significativas ($p < .05$) entre tratamientos, lo que se considera que están respectivamente alineados a los requisitos de la NTE INE 2296, (2013). El consumo responsable se refiere a la adquisición de productos alimenticios que realmente satisfacen las necesidades esenciales, considerando no solo su precio y calidad, sino también su impacto ambiental y social.

Palabras Clave: vinagre, capulí, mora, polifenoles, Ecuador

ABSTRACT

Consumers are looking for healthy food free of additives, so the processes must maintain the naturalness of the product, which means preserving its properties and nutritional value. The objective of this research was to produce kinds of vinegar based on different local fruits (blackberry, *capulí*, and orange) from the Malqui Machay ecological reserve, contributing to the conservation of biodiversity, quality, stability, and acceptance of the products by the consumer, exploring their potential to promote a healthy and sustainable food industry. The methodological approach was based on performing physicochemical, microbiological, and sensory analyses of the different types of vinegar. The results indicated that the treatments (T₂), blackberry with honey and the treatment (T₇), blackberry with *capulí*, orange, and sugar, obtained greater acceptability by consumers. Regarding the results of the physicochemical parameters of titratable acidity and polyphenols, there were no significant differences ($p < .05$) between treatments, which are respectively aligned with the requirements of NTE INE 2296, (2013). Responsible consumption refers to acquiring food products that truly satisfy essential needs, considering their price and quality and their environmental and social impact.

Keywords: vinegar, capulí, blackberry, polyphenols, Ecuador

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

La crisis climática, la pérdida de biodiversidad y los problemas de salud derivados de una dieta poco equilibrada resaltan la urgencia de consumir alimentos saludables, autóctonos e innovadores (Nieto & Cejas, 2024). La globalización ha llevado a una excesiva dependencia de alimentos procesados e industriales, lo que contribuye a la pérdida de diversidad alimentaria y al deterioro de la salud (Rivas & Cussó, 2020).

La Reserva Ecológica de Malqui Machay está ubicado en el flanco occidental de la provincia de Cotopaxi en el actual Cantón Sigchos, a 1020 metros de altitud, un sitio histórico en Cotopaxi, Ecuador, conocido por sus cuevas funerarias precolombinas. Malqui Machay fue el lugar donde los incas de la resistencia quiteña, liderados por Rumiñahui, llevaron los restos de Atahualpa después de su ejecución en Cajamarca (Estupiñán, 2018). En idioma *kichwa*, "Malqui" significa momia y "Machay" significa morada, lo que refuerza la idea de que este lugar fue el último refugio de Atahualpa (Toapanta et al., 2021). Además, su importancia arqueológica, atrae a ecoturistas con sus senderos para caminatas y biodiversidad de flora y fauna (Estupiñán, 2011).

La implementación de productos tradicionales e innovadores fortalece la identidad cultural, fomenta la economía local y promueve la sostenibilidad ambiental, mejorando el bienestar general de las comunidades (Ríos & Guerrero, 2020).

Fomentar una dieta con alimentos saludables, autóctonos, tradicionales e innovadores mejora la salud y ayuda a crear sistemas alimentarios sostenibles y resilientes (Gómez, 2024; Raigón Jiménez, 2023). Una alternativa ante la demanda actual de los consumidores, es la elaboración de vinagres de frutas.

El vinagre de frutas sufre una fermentación de alcohólica a acética, como el vinagre de guineo (Fabre & Narea, 2021; Gonzáles, 2023), el vinagre blanco destilado, vinagres de azúcar de granos y arroz, vinagre de sidra y de malta (Illescas, 2021). El vinagre siempre será un gran conservante y aromatizante de alimentos, cualquiera que fuese la base del cual se elabore.

La fermentación es el proceso mediante el cual los microorganismos y sus enzimas transforman alimentos para mejorar el sabor, el aroma, la textura, la vida útil y el valor nutricional de los productos (Abraham et al., 2024; FAO, 2009).

Las frutas como el capulí, mora y naranja son fuentes de antioxidantes, siendo una excelente opción para el desarrollo de nuevos productos saludables como el vinagre (Falcón, 2020).

El capulí (*Prunus serotina.*) es un árbol originario de Norteamérica. Actualmente, se considera una especie exótica en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (Popenoe & Pachano, 1992; Starfinger et al. 2003). El capulí también contiene una variedad de vitaminas (A, C) y minerales (calcio, fósforo y hierro), se presenta como una fruta nutritiva y saludable (Freire, 2020).

La mora (*Morus alba L.*) es conocida por su alto potencial como alimento funcional gracias a su contenido destacado de elagitaninos y antocianinas (Schmidt et al., 2023).

La naranja (*Citrus aurantium.*) esta fruta se distingue por su versatilidad y su capacidad para adaptarse a diversos climas, lo que la convierte en un cultivo globalmente extendido (García et al., 2021; Surányi, 2023).

El análisis fisicoquímico es crucial para caracterizar de las frutas, este enfoque evalúa la acidez, contenido de azúcares, pH y contenido de agua, etc (Gallardo et al., 2021; Ligarda et al., 2023), y su impacto en la salud humana (Falcon & Asnate, 2021). Un estudio riguroso de la carga microbiológica de las frutas permitirá garantizar la inocuidad alimentaria y la salud pública (Ríos et al., 2024). La evaluación sensorial proporciona información valiosa sobre las características organolépticas que afectan la experiencia gastronómica (Ríos & Guerrero, 2020) .

La elaboración de diferentes tipos de vinagre con frutas locales de Malqui Machay está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 12:) Producción y Consumo Responsables, al fomentar patrones sostenibles de consumo y el uso eficiente de recursos. En la presente investigación, ofrece una alternativa para el desarrollo económico de las comunidades y consumo sostenible de alimentos naturales y saludables.

El objetivo de este estudio fue elaborar vinagres a base de mora, capulí y naranja provenientes de Malqui Machay, evaluando sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y la aceptabilidad sensorial. Además, se busca promover el desarrollo de productos innovadores que impulsen la sostenibilidad y la economía local, mediante la producción de vinagres saludables que fomenten el aprovechamiento de recursos autóctonos en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el laboratorio de Química de la Carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi - extensión La Maná. Se cosechó la materia prima en las haciendas de Malqui-Machay y se realizó un control de calidad en la recepción de las frutas de mora, capulí y naranja, separando semillas y seleccionando aquellas con características organolépticas adecuadas, libres de mohos, insectos y materias extrañas asegurando un estado de madurez avanzado según la NTE INE 2296, (2013).

Las frutas fueron lavadas utilizando una solución de vinagre blanco diluido en agua purificada para eliminar microorganismos y residuos. Las frutas fueron cortadas en trozos pequeños para facilitar el proceso de extracción. El mosto se obtuvo a través del licuado de las frutas y filtrado. Los biorreactores se construyeron utilizando envases plásticos de 5 litros, previamente desinfectados con una solución de metabisulfito de sodio (0.10g en 100ml de agua) (Ver, Figura 1).

Elaboración de tratamientos

Se prepararon nueve tratamientos con 667 ml de extracto de mora (M), 985 ml de extracto de capulí (C), 250 ml de extracto de naranja (N), 1333ml de agua, mezcladas con: azúcar (A), miel (B), panela (P). Los tratamientos fueron:

T₁: 667 ml (M), 944 g (A); T₂: 667 ml (M), 957 g (B)

T₃: 667 ml (M), 954g (P); T₄: 667 ml (M), 985 ml (C), 748g (A)

T₅: 667 ml (M), 985 ml (C), 723 g (B); T₆: 667 ml (M), 985 ml (C), 880 g (P)

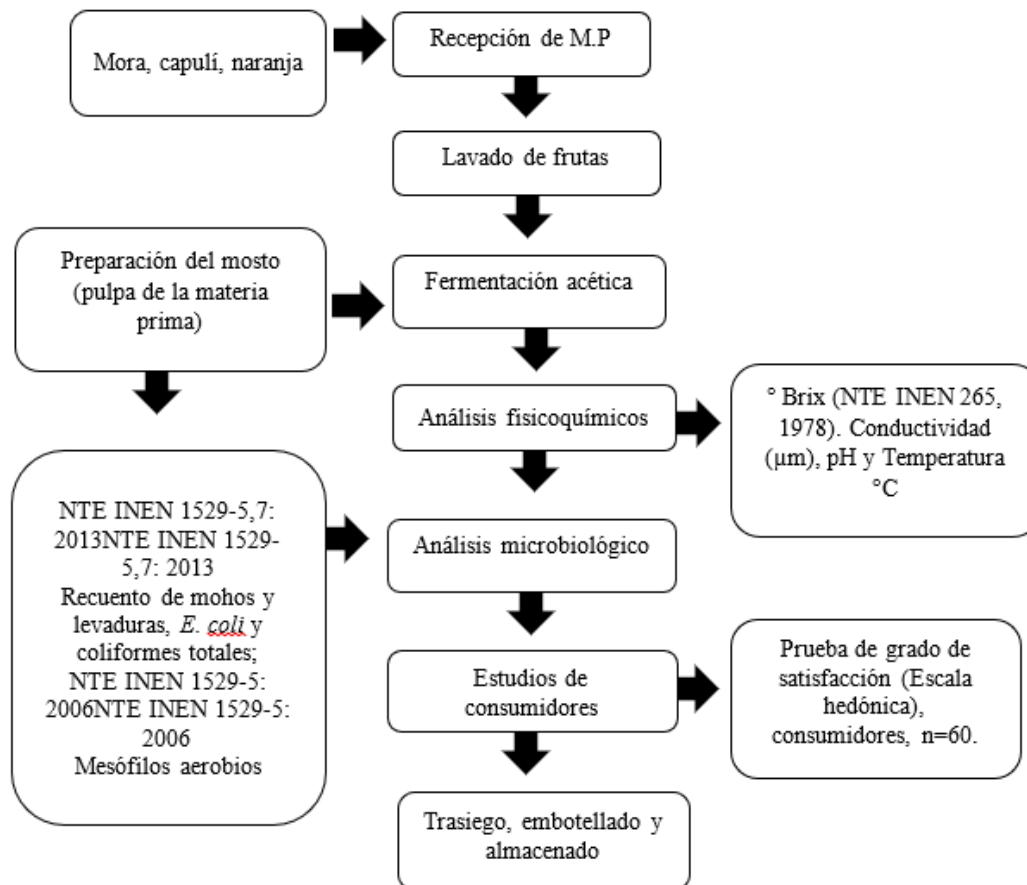
T₇: 667 ml (M), 985 ml (C), 250 ml (N), 745g (A); T₈: 667 ml (M), 985 ml (C), 250 ml (N), 757g (B); T₉: 667 ml (M), 985 ml (C), 250 ml (N), 702g (P).

Se utilizó la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (SC) llevándose a cabo una fermentación alcohólica a acética durante un período de 56 días (se realizó la toma de muestras cada 10 días). Una vez obtenidos los nueve tratamientos de vinagre, se filtraron y luego fueron conservados a 4°C con el objetivo de frenar el proceso de fermentación hasta la realización de la prueba sensorial de aceptabilidad.

La elaboración de los diferentes tipos de vinagres se rige a la norma NTE INE 2296, (2013). (Ver, Figura 1).

Figura 1

Diagrama de flujo de los análisis fisicoquímicos de la materia prima y los diferentes vinagres innovadores



Análisis Fisicoquímicos de los tipos de vinagres

Se evaluaron los siguientes parámetros; contenido de cenizas, sólidos totales disueltos (TDS), acidez titulable (%), polifenoles totales (mg ácido gálico/100ml), sólidos solubles totales (°Brix), pH, conductividad (σ mS/cm).

La determinación del contenido de cenizas por incineración por el método AOAC 940.26:2000, utilizando una mufla (Thermo Scientific, FB1310M-33). Los sólidos totales disueltos, se analizaron con un medidor específico de (TDS), un vaso de precipitación muestra de vinagre (5ml), agua destilada para limpiar el electrodo, multiparámetro (PL- 700PC EZDO GONDO, LCD, Perú). Se determinó la acidez titulable mediante titulación, con una solución de hidróxido de sodio (0.1 N) y se reportó en porcentaje de ácido acético (NTE INEN 2296, 2013).

La determinación de polifenoles totales se utilizó el método de Folin-Ciocalteu, Se prepararon soluciones estándar de ácido a diferentes concentraciones: 0, 5, 10, 25, 50, 75, 100, 250, 500, 750 y 1000 ppm, combinando 1,25 ml de reactivo de Folin-Ciocalteu con 3,75 ml de solución de carbonato de sodio y 1000 μ L de muestra. Estas concentraciones se utilizaron para la determinación de polifenoles de los vinagres mediante espectrofotometría a 765 nm (García et al., 2021).

Los sólidos solubles (sacarosa °Brix) se analizaron mediante un refractómetro digital (Boeco, Germany), con rango de medición de 0-95%, siguiendo la norma NTE INEN 265, (1978). El pH del vinagre según la norma NTE INEN 389, 81985) La medición se realizó con un multiparámetro (STRIRER, PL-700PC).

La determinación de la conductividad se midió, utilizando un conductímetro que es un dispositivo que aplica corriente eléctrica a través de la muestra líquida y mide la capacidad del líquido para conducir electricidad. Los valores de conductividad se expresan generalmente en *milisiemens* por centímetro σ mS/cm (NTE INEN 2169, 1998).

Análisis microbiológicos

El análisis de aerobios mesófilos y sus correspondientes cálculos se realizaron por el método de *Plate Count Agar* (PCA) según la norma NTE INEN 1529-5, (2006). Los medios de cultivo utilizados *Potato Dextrosa Agar* (PDA). Las placas fueron incubadas a 35 °C durante 48 horas. Los resultados se expresaron en (UFC/g). Los análisis de coliformes totales y *E coli* y sus cálculos, se realizaron siguiendo la norma NTE INEN 1529-7, (2013). Se preparó una dilución 10^{-1} y utilizando una micropipeta de 1000 μ l, se añadió 1 ml de la muestra en placas Petrifilm MR. Las placas fueron incubadas a 35 ± 2 °C a las 48 horas. Conforme a los análisis de Mohos y levaduras y sus cálculos, se determinaron por el método de recuento en placa con Agar Papa Dextrosa Acidificado (PDA) conforme a la norma NTE INEN 1529-10, (2013). Las placas fueron incubadas a 35 ± 2 °C durante 48 horas. Luego de la incubación, se identificaron las colonias características de mohos (filamentosas y de color blanco) y levaduras (colonias de bordes lisos y apariencia mucosa). Estas colonias fueron contadas (UFC) por gramo de muestra.

Análisis sensorial

En el análisis se usó una escala hedónica gráfica para evaluar el grado de aceptabilidad de los vinagres, con de 120 consumidores (60 por semana) de ambos sexos y diferentes edades. Las muestras fueron rotuladas con un código de 3 dígitos aleatorios, se dispuso de agua para eliminar residuos de sabor entre muestras y se les presento la encuesta de escala hedónica de nueve niveles que varían de 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). La prueba se llevó a cabo en dos semanas para evitar el umbral de saturación. Durante la prueba, los consumidores evaluaron nueve tipos de vinagres con diferentes formulaciones de frutas (mora, capulí y naranja), los consumidores fueron ubicados a una distancia de 1 metro entre cada asiento, garantizando la interacción comunicativa entre ellos.

Análisis de las características sociodemográfica de los consumidores

En el estudio participaron un total de 120 consumidores. En este estudio sociodemográfico se realizó mediante dos semanas, en la primera semana se encuestó a 60 consumidores y en la segunda semana los otros 60 consumidores, estuvo diseñada para recopilar información clave sobre el perfil de los participantes. Se analizaron los productos innovadores en la provincia de Cotopaxi cantón la Maná. La estructura de la encuesta incluyó preguntas específicas que abarcan variables demográficas relevantes, como género, rango de edades, nivel de estudios e ingresos mensuales. Estos aspectos fueron seleccionados para proporcionar una visión integral de las características de los consumidores y facilitar el análisis de los patrones sociodemográficos.

Análisis de datos

El análisis de datos fue desarrollado usando el software STATGRAPHICS Centurión 19, versión 19.6.04 (64 bits). Se realizó un ANOVA Multifactorial para los análisis fisicoquímicos durante la fermentación, el modelo incluyó el tratamiento (productos), tiempo y su interacción. Los resultados sensoriales se analizaron mediante un ANOVA multifactorial bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), el modelo incluyó los tratamientos (productos) y los consumidores. Las diferencias significativas de las medias fueron determinadas por el *test* Tukey ($p < .05$). Los análisis microbiológicos de los diferentes tratamientos de vinagres se realizaron en Microsoft Excel, utilizando estadística descriptiva.

Los análisis fisicoquímicos de los vinagres elaborados con mora, capulí y naranja se presentan en la Tabla 1.

Figura 2

(a) Tipos de vinagre, (b) Cenizas de vinagres, (c) Polifenoles totales en vinagres, (d) Análisis microbiológicos de vinagres



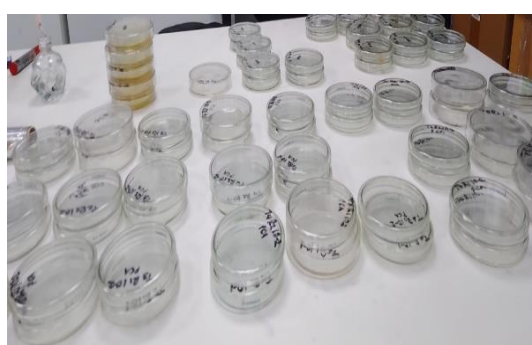
(a)



(b)



(c)



(d)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de análisis fisicoquímicos de los vinagres

En la Tabla 1, se observaron diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos en cenizas (%), sólidos totales disueltos (TDS), acidez titulable (%) y polifenoles totales (mg ácido gálico/ 100 ml).

El contenido de cenizas varía entre 0,86 % en el tratamiento T_7 (mora/capulí/naranja/azúcar) y 2,36% T_3 (mora con panela), lo que indican un alto contenido de minerales. Los tratamientos T_2 (mora con miel), T_3 (mora con panela), T_4 (mora/capulí/azúcar), T_5 (mora/capulí/miel), T_6 (mora/capulí/panela), no existe diferencia significativa entre ellos, en comparación con los otros tratamientos, esto podría estar relacionado con la formulación de cada uno de los vinagres, destacando la importancia de una medición precisa para detectar adulteraciones y asegurar la calidad del producto.

El valor más alto del contenido de sólidos disueltos totales correspondiente al tratamiento T_5 (mora/capulí/miel), mostró diferencia significativa en comparación con el T_9 (mora/capulí/naranja/panela), siendo el más bajo en comparación con los demás tratamientos esto puede ser debido a los diferentes ingredientes que se utilizaron para los vinagres. El contenido de sólidos disueltos totales en el vinagre es un factor clave para evaluar su calidad, ya que presenta

mayor concentración de ácidos, sales y compuestos orgánicos (WHO, 2011), siendo el T₅ (mora/capulí/miel) el vinagre con mayor calidad.

El porcentaje de acidez titulable entre los diferentes tratamientos, presentaron una variación de 2,06% en el tratamiento T₃ (mora con panela) y 7,33% T₉ (Mora/capulí/naranja/panela), estos valores son relevantes al compararse con otros estudios. Raymundo, (2019), en su estudio de la “Elaboración de vinagre a partir de banano (*Musa paradisiaca*)”, registró una acidez titulable menor al nuestro T₃ (mora con panela) y a la vez mayor al T₉ (mora/capulí/naranja/panela) con un valor de 4,66% en términos de ácido acético. Este valor es relevante al compararse con la Norma NTE INE 2296, (2013), que estipula que el porcentaje de acidez debe situarse entre un 4 % y un 6 %, los tratamientos T₆ (mora/capulí/panela) y el T₇ (mora/capulí/naranja/azúcar), se ajustan a este requisito, sin embargo, los otros tratamientos tienen una acidez de 3%.

El contenido de polifenoles totales en los vinagres varía entre de 16,26mg ácido gálico/100ml T₃ (mora con panela) y 66,77 mg/100ml T₉ (mora/capulí/naranja/panela), destacando su alto contenido de polifenoles, debido a que poseen frutas ricas en antioxidantes. Por otro lado, Martínez et al., (2023), reportó un contenido de polifenoles en el vinagre de manzana con una cantidad de 0,5 mg ácido/ml, en comparación con nuestro estudio, el tratamiento T₉ (mora/capulí/naranja/panela), obtuvo mayor contenido de polifenoles, esto puede ser debido a la formulación de nuestro producto que fue elaborado con una combinación de frutas ricas en antioxidantes, estos compuestos son responsables de la actividad antioxidante al neutralizar radicales libres (Martínez et al., 2023).

Tabla 1*Análisis fisicoquímico (promedio \pm desviación estándar) de los vinagres y sus diferencias por tratamientos (La Maná)*

Productos	Tratamientos	n	Cenizas (%)	TDS (%)	Acidez titulable (%)	Polifenoles	
						Totales (mg gálico/100 ml)	ácido
mora con azúcar	T ₁	3	0.90 \pm 0.500 ^a	551 \pm 1.0 ^d	3.16 \pm 0.288 ^b	21.23 \pm 3.411 ^{ab}	
mora con miel	T ₂	3	2.20 \pm 0.264 ^b	365 \pm 0.5 ^b	2.96 \pm 0.057 ^b	23.08 \pm 0.620 ^{ab}	
mora con panela	T ₃	3	2.36 \pm 0.503 ^b	413 \pm 2.0 ^c	2.06 \pm 0.115 ^a	16.26 \pm 1.777 ^a	
mora/capulí/azúcar	T ⁴	3	1.50 \pm 0.300 ^{ab}	784 \pm 1.0 ^f	3.00 \pm 0.1 ^b	35.85 \pm 13.958 ^b	
mora/capulí/miel	T ₅	3	1.76 \pm 0.611 ^{ab}	1183 \pm 1.5 ^h	3.13 \pm 0.115 ^b	27.69 \pm 1.687 ^{ab}	
mora/capulí/panela	T ₆	3	2.26 \pm 0.251 ^b	723 \pm 1.0 ^e	4.00 \pm 0 ^c	24.87 \pm 4.079 ^{ab}	
mora/capulí/naranja/azúcar	T ₇	3	0.86 \pm 0.152 ^a	915 \pm 1.0 ^g	3.53 \pm 0.378 ^{bc}	30.67 \pm 1.023 ^{ab}	
mora/capulí/naranja/miel	T ₈	3	2.40 \pm 0.1 ^b	914 \pm 1.0 ^g	3.20 \pm 0.173 ^b	30.36 \pm 1.555 ^{ab}	
mora/capulí/naranja/panela	T ₉	3	1.36 \pm 0.305 ^{ab}	1.89 \pm 0 ^a	7.33 \pm 0.288 ^d	66.77 \pm 2.048 ^c	

Dónde: tratamientos (T1-T9); n: número de muestras; contenido de cenizas (%); sólidos totales disueltos (TDS).

Diferentes letras (a, b, c, d, e, f, g, h) en la misma columna, indican diferencias significativas ($p < .05$) entre tratamientos.

Análisis fisicoquímicos del vinagre durante el proceso de fermentación

Análisis del comportamiento de los grados Brix en función de los diferentes tratamientos en función del tiempo durante la fermentación

La Tabla 2, presenta el análisis de varianza de los sólidos solubles totales (°Brix) durante la fermentación del vinagre. En los resultados al analizar la variabilidad del contenido de sólidos solubles (°Brix) durante los procesos de elaboración de los diferentes tipos de vinagres, se identificaron diferencias significativas en los dos factores (tratamiento, tiempo) y su interacción.

Tabla 2

Análisis de varianza para °Brix – suma de cuadrados

Fuente	Suma de Cuadrado	de GL	Cuadrado medio	Razón – F	Valor p
Efectos principales					
A: Tratamientos	3918.44	8	489.80	4115.48	0.00
B: Tiempo	564.46	6	94.07	790.46	0.00
Interacciones					
AB	966.21	48	20.12	169.13	0.00
Residuos	14.99	126	0.11		
Total (corregido)	5465.12	188			

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

La Tabla 3 muestra los análisis de Tukey (HSD) para los valores de (°Brix) en nueve tratamientos, con sus medias (LS) y grupos homogéneos. Estos últimos agrupan los tratamientos con diferencias significativas.

Los resultados del análisis de Tukey (HSD) muestran que el contenido de sólidos solubles totales varía entre 11.48 (°Brix) en el tratamiento T₅ (mora/ capulí/miel) y 23.53 (°Brix) en el T₉ (mora/capulí/naranja/panela). Los tratamientos T₁ (mora con azúcar), T₅ (mora/capulí/miel), T₆ (mora/capulí/panela), T₇ (mora/capulí/naranja/azúcar), T₈ (mora/capulí/naranja/miel) existió diferencias significativas entre estos, en comparación con los tratamientos T₂ (mora con miel) con T₄ (mora/capulí/azúcar) y T₃ (mora con panela) con T₉ (mora/capulí/naranja/panela), no existió diferencias significativas, entre ellos. Las diferencias significativas entre los tratamientos pueden ser debido a la composición de azúcares y nutrientes de cada fruta (Falcon & Asnate, 2021).

Tabla 3

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

Producto	Tratamiento	Casos	Media LS	Grupo homogéneos
mora con azúcar	1	21	13.76	b
mora con miel	2	21	23.02	f
mora con panela	3	21	23.46	g

mora/capulí/azúcar	4	21	22.74	f
mora/capulí/miel	5	21	11.48	a
mora/capulí/panela	6	21	15.45	d
mora/capulí/naranja/azúcar	7	21	19.17	e
mora/capulí/naranja/miel	8	21	14.41	c
mora/capulí/naranja/panela	9	21	23.53	g

Diferentes letras (a, b, c, d, e, f, g,h) en la misma columna, indican diferencias significativas ($p < .05$) entre tratamientos.

La Tabla 4 presenta análisis de Tukey (HSD) para los valores de sólidos solubles totales (°Brix) en siete intervalos en tiempo (1, 10, 19, 28, 38, 46, 56 días), mostrando las medias (LS) y los grupos homogéneos indican tiempos con diferencias significativas entre ellos.

En la tabla 4 se muestran los resultados para grados °Brix en función del tiempo (días), los valores van desde un rango de 21.15 °Brix en el día 1 y 18. 22 °Brix en el día 56. En los días 10 y 19, no existen diferencias significativas en comparación al resto de días, esto podría ser debido a la fermentación azúcares de los diferentes tratamientos en función del paso del tiempo. En otro estudio, los °Brix de cada una de las muestras de vinagre de kombucha fueron disminuyendo con el paso de los días de fermentación (Moreira & Zambrano, 2019), lo cual indica que a mayor tiempo de fermentación menor cantidad de azúcares en disolución existente. Los días 25 y 35 de fermentación, las muestras con azúcar morena mantuvieron altos grados Brix, a diferencia de los otros tipos de endulzantes, mostrando diferencias significativas entre los tratamientos (Moreira & Zambrano, 2019).

Tabla 4
Prueba de Múltiple Rangos para °Brix por tiempo (Tukey HSD)

Tiempo	Casos	Media LS	Grupo homogéneos
1	27	21.15	f
10	27	18.98	d
19	27	19.22	d
28	27	19.77	e
38	27	15.38	a
46	27	17.17	b
56	27	18.22	c

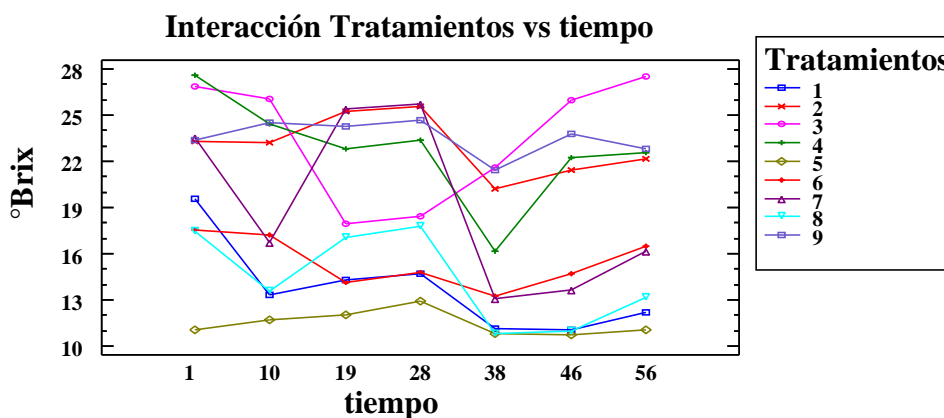
Diferentes letras (a, b, c, d, e, f) en la misma columna, indican diferencia significativa ($p < .05$) entre tratamientos.

La Figura 3 representa el comportamiento de los grados Brix en función de los tratamientos y tiempo. Las nueve líneas trazadas en la gráfica representan cada uno de los tratamientos. Conectan las medias de mínimos cuadrados para los siete niveles de tiempo (1, 10, 19, 28, 38, 46, 56 días). Si no existiera ninguna interacción estas líneas fueran paralelas. Entre más fuerte sea

la interacción, más diferente la forma de las líneas, es decir, se evidenció una fuerte interacción entre los tratamientos y el tiempo. La concentración de grados Brix disminuyó debido a la fermentación en el transcurso de los días. Morales & Vejarano, (2023), mencionan que en el caso del método tradicional para la elaboración de vinagre (*Orleans o en la superficie*), observo una disminución gradual de azúcares en los mostos de mango fermentados con *Saccharomyces cerevisiae* hasta el día 14. Las interacciones entre tiempo, °Brix, bacterias acéticas, el sustrato y las condiciones de acetificación son clave para optimizar la fermentación del vinagre, mejorando su calidad y asegurando productos consistentes, lo que permite un control más preciso del proceso y las características sensoriales finales (Lemus, 2020).

Figura 3

Interacción de los análisis del comportamiento de los °Brix de los diferentes tratamientos en función del tiempo de fermentación



Análisis del comportamiento del pH en función de los diferentes tratamientos en función del tiempo durante la fermentación

En la Tabla 5, muestra los resultados del pH de los diferentes tipos de vinagres e indica diferencias significativas en los niveles: tratamientos (A), tiempo (B), interacciones (A x B).

Tabla 5

Análisis de varianza para pH – suma de cuadrados

Fuente	Suma de Cuadrado	de Gl	Cuadrado medio	Razón – F	Valor
Efectos principales					
A: Tratamientos	6.93	8	0.86	49.38	0.00
B: Tiempo	24.7	6	4.11	234.15	0.00
Interacciones					
AB	9.44	48	0.19	11.21	0.00
Residuos	2.21	126	0.01		
Total (corregido)	43.2	188			

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

La Tabla 6 muestra los análisis de Tukey (HSD) para los valores de pH en nueve tratamientos, con sus medias (LS) y grupos homogéneos. Estos últimos agrupan los tratamientos diferencias significativas.

Los resultados de los rangos múltiples de Tukey (HSD) para el pH varían entre el 3.06 pH en el tratamiento T₁ (mora con azúcar) y 3.69 pH en el T₉ (mora/capulí/naranja/panela). Entre los tratamientos elaborados con mora (T₁, T₂, T₃), los tratamientos elaborados con mora y capulí (T₄, T₅, T₇ y T₈) y los tratamientos (T₆ y T₉) no hay diferencias significativas, entre ellos. Sin embargo, existe diferencias significativas entre los tres grupos (a, b, c), esto puede ser debido a la composición de cada formulación que varía en función de la fruta y del endulzante. Moreira & Zambrano (2019), nos menciona que el rango de pH es de (3.4 – 2.7) en el vinagre de Kombucha los cuales se mantuvieron en las tres etapas de fermentación, sus valores menores de pH poseen las muestras elaboradas con panela, azúcar blanca y azúcar morena. En contraste con nuestro estudio, los valores de pH más bajo fueron de 3.17 en los tratamientos (T₁, T₂, T₃), sin embargo, este valor sigue siendo aún más mayor que el estudio mencionado, mientras mayor sea la cantidad de sacarosa, será mayor el desdoblamiento realizado por los microorganismos.

Tabla 6

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

Producto	Tratamiento	Casos	Media LS	Grupo homogéneos
mora con azúcar	1	21	3.06	a
mora con miel	2	21	3.17	a
mora con panela	3	21	3.17	a
mora/capulí/azúcar	4	21	3.33	b
mora/capulí/miel	5	21	3.39	b
mora/capulí/panela	6	21	3.43	c
mora/capulí/naranja/azúcar	7	21	3.44	b
mora/capulí/naranja/miel	8	21	3.57	b
mora/capulí/naranja/panela	9	21	3.69	c

Diferentes letras (a, b, c) en la misma columna, indican diferencias significativas ($p < .05$) entre tratamientos.

Tabla 7 presenta análisis de Tukey (HSD) para los valores de pH en siete intervalos en tiempo (días), mostrando las medias (LS) y los grupos homogéneos indican tiempos con diferencias estadísticas significativas entre ellos.

Los resultados en la tabla 7, en función de tiempo (días), valores van desde un rango de 2.61 pH en el (día 10) y 3.68 pH en el (día 38). El pH cambió en función con el tiempo, aunque sus diferencias significativas no son relevantes, manteniéndose en un pH 3,6 parecido con el estudio de Aleman & Velásquez, (2014), que obtuvieron un pH de 3,7 en el vinagre de chirimoya.

Tabla 7*Prueba de Múltiple Rangos para pH en función del tiempo (Tukey HSD)*

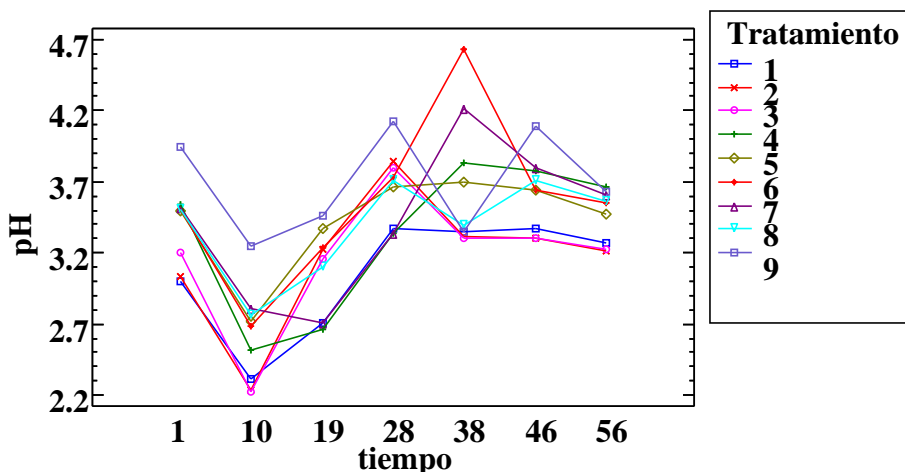
Tiempo	Casos	Media LS	Grupo homogéneos
1	27	3.42	c
10	27	2.61	a
19	27	3.07	b
28	27	3.66	d
38	27	3.68	d
46	27	3.63	d
56	27	3.47	c

Diferentes letras (a, b, c, d) en la misma columna, indican diferencias significativas ($p < .05$) entre tratamientos.

La tabla 4, muestra el comportamiento del pH de los diferentes tratamientos en función del tiempo. El pH disminuye o se estabiliza ligeramente en el transcurso del tiempo. Esto indica que la condición de la materia prima y la formulación de cada tratamiento influyó en las características del vinagre. Aleman & Velásquez, (2014), obtuvo resultados parecidos a nuestro estudio.

Figura 4

Interacción de los análisis del comportamiento del pH de los diferentes tratamientos en función del tiempo de fermentación



Análisis del comportamiento de la conductividad de los diferentes tratamientos durante la fermentación

En la Tabla 8, muestra los resultados de la conductividad de los diferentes tipos de vinagres e indica diferencias significativas en los niveles: tratamientos (A), tiempo (B), interacciones (A x B).

Tabla 8*Análisis de varianza para la conductividad (σ mS/cm) – suma de cuadrados*

Fuente	Suma de Cuadrado	de GL	Cuadrado medio	Razón – F	Valor
Efectos principales					
A: Tratamientos	2.96 x10 ⁷	8	3.70	865.86	0.00
B: Tiempo	2.71 x10	6	452979	105.80	0.00
Interacciones					
AB	2.99 x10 ⁷	48	623988	145.74	0.00
Residuos	539466 x10 ⁶	126	4281.48		
Total (corregido)	5465.12 x10 ⁷	188			

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

La Tabla 9 muestra los análisis de Tukey (HSD) para los valores de pH en nueve tratamientos, con sus medias (LS) y grupos homogéneos. Estos últimos agrupan los tratamientos con diferencia significativas.

Los resultados en conductividad varían desde 260.60 (σ mS/cm) en el tratamiento T₉, (mora/capulí/naranja/azúcar) y 1454.91 (σ mS/cm) en el T₅ (mora/capulí/miel).

No existe diferencias significativas entre los tratamientos T₅ (mora/capulí/miel) y T₆ (mora/capulí/panela), el T₂ (mora con miel) y T₈ (mora/capulí/naranja/miel), en comparación con los otros tratamientos, que muestran diferencias significativas. Cuesta, (2021), nos menciona que el conjunto de datos de conductividad eléctrica en (σ mS/cm) en su muestra de vinagre tiene una variabilidad que va desde 2.53 hasta 4.27, indicando fluctuaciones en la conductividad del material o solución medida. La conductividad térmica depende principalmente de la composición, homogeneidad, forma y tamaño propio del alimento.

Tabla 9*Pruebas de múltiples rangos para conductividad (σ mS/cm) por tratamiento (Tukey HSD)*

Tratamientos	Producto	Casos	Media LS	Grupo homogéneos
1	mora con azúcar	21	646.43	c
2	mora con miel	21	1103.07	e
3	mora con panela	21	1033.97	d
4	mora/capulí/azúcar	21	464.63	b
5	Mora/capulí/miel	21	1454.91	f
6	mora/capulí/panela	21	1403.95	f
7	mora/capulí/naranja/azúcar	21	617.60	c
8	mora/capulí/naranja/miel	21	1120.81	e
9	mora/capulí/naranja/panela	21	260.60	a

Diferentes letras (a, b, c, d, e, f) en la misma columna, indican diferencias significativas (<p.05) entre tratamientos.

La Tabla 10, presenta análisis de Tukey (HSD) para los valores de °Brix en siete intervalos es de tiempo, mostrando las medias (LS) y los grupos homogéneos indican tiempos con diferencias estadísticas significativas entre ellos. Además, menciona los valores de conductividad en función del tiempo (días), los valores van desde 650.55 σ mS/cm) a 1040.45 (σ mS/cm), esto podría deberse a la combinación de varios ingredientes en la formulación de los diferentes tipos de vinagres.

Tabla 10

Prueba de Múltiple Rangos para conductividad (σ mS/cm) por tiempo (Tukey HSD)

Tiempo	Casos	Media LS	Grupo homogéneos
1	27	825.08	b
10	27	1040.45	f
19	27	987.75	ef
28	27	968.47	de
38	27	650.65	a
46	27	905.16	c
56	27	927.08	cd

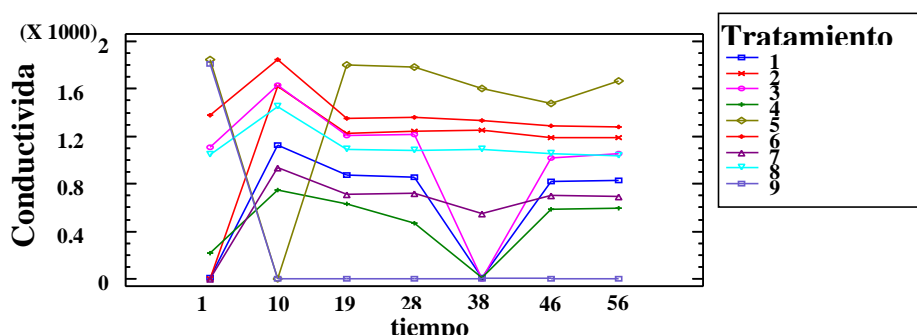
Diferentes letras (a, b, c, d, e, f.) en la misma columna, indican diferencias significativas ($p < .05$) entre tratamientos.

Figura 5 de interacción muestra como los tratamientos y el tiempo (días) interactúan, si las líneas no son paralelas existe interacción.

La conductividad aumenta en el día 10 y el día 19, en la mayoría de los tratamientos, alcanzando el punto más alto y luego disminuyendo o estabilizándose. Algunos tratamientos, como el T₆ (mora/capulí/panela) y el T₉ (mora/capulí/naranja/panela), son más estables, mientras que los tratamientos T₃ (mora con panela) y T₇ (mora/capulí/naranja/azúcar), tienen disminuciones marcada tras un punto alto, eso puede ser debido a la fermentación de los azúcares.

Figura 5

Interacción de los análisis del comportamiento de la conductividad de los diferentes tratamientos en función del tiempo de fermentación



Resultados de análisis microbiológicos

La seguridad alimentaria es un aspecto crucial en la producción de productos como el vinagre y se basa en estrictas normas para controlar la presencia de microorganismos y asegurar una acidez adecuada (Moragas, 2022). El análisis microbiológico del vinagre, se evaluaron específicamente tres tipos de microorganismos: aerobios mesófilos, *E. coli*, coliformes, mohos y levaduras (Ver, Tabla 11). Los resultados muestran que las concentraciones de aerobios mesófilos en los tratamientos oscilaron entre $1,3 \times 10^3$ UFC/g y $3,0 \times 10^3$ UFC/g, en los diferentes tratamientos. El tratamiento T_6 (mora/capulí/panela), y T_5 (mora/capulí/miel), presentan mayor cantidad de presencia de microorganismos ($2,5 \times 10^3$ UFC), lo que sugiere una mayor actividad microbiana general en esta muestra. En cambio, el tratamiento T_9 (mora/capulí/naranja/panela), muestra la menor concentración ($1,3 \times 10^3$ UFC), lo cual podría reflejar un ambiente menos propicio para el crecimiento de bacterias mesófilas en comparación con otros tratamientos. Los resultados del vinagre, de acuerdo con la normativa NTE INEN 1529-5, (2006), indican que los valores cumplen con los requisitos establecidos para aerobios mesófilos. Por otro lado, Moreira & Zambrano, (2019) nos mencionan que en su investigación de determinación del vinagre a base de kombucha (*Manchurian Fungus*), realizaron una evaluación a los distintos tratamientos con especias, se observaron una variación significativa en los conteos de aerobios mesófilos a lo largo del tiempo (15, 25 y 35 días). Por ejemplo, en el tratamiento A1B1C1 (blanca con tomatillo), mantuvieron valores bajos ($< 1,0 \times 10^1$), en cambio en los días 15, 35 y 25 con un valor ($7,5 \times 10^2$), lo que podría indicar un crecimiento bacteriano controlado. Indican que los valores cumplen con los requisitos establecidos para aerobios mesófilos (Dos Santos & Agatângelo, 2007). Sugiere que los tratamientos aplicados al vinagre han sido efectivos y reflejan la eficacia de mantener el vinagre dentro de los estándares microbiológicos.

En cuanto a los resultados de coliformes y *E. coli*, indican que todos los tratamientos muestran ausencia de microorganismos. Este resultado sugiere que los métodos de procesamiento aplicados fueron efectivos desde el punto de vista de la calidad, siguiendo rigurosamente como lo indica la NTE INEN 1529-7, (2013), estos niveles favorecen los factores principales en el proceso de elaboración del vinagre. En la investigación realizada por Cupuerán, (2016), nos menciona que en su investigación de niveles de jengibre en la elaboración de vinagre para mejorar su calidad en sus resultados no obtuvieron de igual manera presencia de microorganismos.

Los productos fermentados dado que las levaduras y los mohos son comunes en este tipo de productos, tienden a descomponerse y no ser aceptable ante el consumidor según la NTE INEN 1529-10, (2013). En contraste Moreira & Zambrano, (2019), nos indican que en su investigación obtuvieron un análisis específico de diferentes vinagres tratados con especias, en mohos y levaduras revela fluctuaciones importantes a lo largo del tiempo y entre tratamientos, ellos en el tratamiento A1B1C1 (blanca con tomillo), indican $1,5 \times 10^2$ en el día 15, incrementándose a $3,2 \times 10^3$ en el día 25. En comparación con nuestro estudio, los resultados de

análisis microbiológicos de mohos y levaduras revelan datos importantes en el T₁ (mora con azúcar), muestra una de las concentraciones más altas (8.3x10² UFC), lo cual indica una mayor actividad fúngica. Por otro lado, el tratamiento T₅ (mora/capulí/miel), presenta la menor cantidad (1.0x10² UFC) de mohos y levaduras, lo que podría reflejar un ambiente menos favorable para el crecimiento de estos organismos. El tratamiento T₉ (mora/capulí/naranja/panela), con 9.2x10² UFC, muestra una cantidad elevada, lo que podría ser indicativo de una posible alteración o fermentación. Este comportamiento sugiere un control natural de crecimiento de estos microorganismos después de un período de aumento.

Tabla 11
Análisis microbiológicos de los vinagres

<i>Producto</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>n</i>	<i>Aerobios Mesófilos (UFC)</i>	<i>E. coli coliformes (UFC)</i>	<i>y Mohos y levaduras (UFC)</i>
Mora con azúcar	T ₁	3	1.9x10 ³	9	8.3x10 ²
Mora con miel	T ₂	3	1.6x10 ³	<10	6.3x10 ²
Mora con panela	T ₃	3	2.4x10 ³	8	6.3x10 ²
Mora/capulí/azúcar	T ₄	3	2.1x10 ³	6	8.3x10 ²
Mora/capulí/miel	T ₅	3	2.5x10 ³	<10	1.0x10 ²
Mora/capulí/panela	T ₆	3	2.5x10 ³	<10	8.9x10 ²
Mora/capulí/naranja/azúcar	T ₇	3	1.8x10 ³	<10	6.9x10 ²
Mora/capulí/naranja/miel	T ₈	3	1.5x10 ³	<10	4.9x10 ²
Mora/capulí/naranja/panela	T ₉	3	1.3x10 ³	8	9.2x10 ²

Dónde: tratamientos (T1-T9); n: número de muestras; UFC: unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de muestra.

Análisis de Consumidores

Características sociodemográficas de los consumidores

Un total de 120 consumidores participaron en el estudio, el análisis sensorial se dividió en dos sesiones: la primera semana participaron 60 consumidores y la segunda semana participaron los otros 60. Tabla 12, presenta el porcentaje por género, edad e ingresos. El 40 % de los consumidores fueron mujeres y un 20 % hombres, en las dos semanas. Entre el 62 y el 73% de los consumidores se encuentran en el rango de edad de 21 a 25 años. En cuanto al nivel de estudio, el 85% tiene estudios a nivel profesional. El 15 % de los consumidores tiene un ingreso mensual entre 1000 -2000 \$. Estos resultados revelan que participaron un perfil de consumidores principalmente mujeres jóvenes, con nivel de estudios profesionales, estos resultados nos indica que los diferentes tipos de vinagre pueden ser una opción de compra dentro de la canasta básica para un segmento de consumidores con estabilidad económica entre media a alta.

Tabla 12

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

		Semana 1	Semana 2
	n Total	60	60
1. Genero	% Mujeres	40	40
	% Hombres	20	20
2. Edad	% <20 años	26.6	13.3
	% 21 – 25 años	61.6	73.3
	% 26 – 30 años	6.6	8.3
	% 31 – 35 años	0	0
	% 36 – 40 años	5	5
	% > de 40 años	0	0
3. Nivel de estudios	preparatoria	1	
	profesional	85	
	posgrado	13.3	
4. Ingreso mensual	Menos de \$ 250	51.6	
	\$ 250 - \$ 500	28.3	
	\$ 500- \$ 800	16.6	
	4 1000 - \$ 200	15	
	Mayor a \$ 2000	6.6	

Análisis sensorial

Los resultados del análisis sensorial indicaron que, entre los tratamientos evaluados en la semana 1 (Tabla 13) y semana 2 (Tabla 14), claramente hubo una mayor preferencia por el tratamiento **T₂** (mora con miel) y por el tratamiento **T₇** (mora/capulí/naranja/ azúcar), en la semana 1 y semana 2, respectivamente.

En la Tabla 13 semana 1, el tratamiento **T₂** (mora con miel), tuvo mayor aceptabilidad (7,52) en comparación a los demás tratamientos.

En la Table 14, semana 2, el **T₇** (mora/capulí/naranja/azúcar) y **T₉**, (mora/capulí/naranja/panela), tuvo mayor aceptabilidad en comparación a los demás productos. Lagos (2016), realizó un estudio sobre la elaboración de vinagre de cereza, no encontraron diferencias significativas en las propiedades fisicoquímicas entre los distintos tratamientos aplicados. Esto sugiere que el procesamiento puede influir en las percepciones sensoriales, con un aspecto que también podría a los endulzantes en vinagre de mora, donde los consumidores muestran preferencia por ingredientes menos procesados, como la miel y la panela.

Tabla 13

Puntuaciones de aceptabilidad (media de mínimos de cuadrados \pm desviación estándar) y sus diferencias por tratamiento en semana 1 (La Maná)

Tratamientos	Productos	n	Media
T ₁	(mora con azúcar)	60	4.18 \pm 0.185 ^b
T ₂	(mora con miel)	60	7.52 \pm 0.185 ^c
T ₃	(mora con panela)	60	6.4 \pm 0.185 ^b
T ₄	(mora con capulí y azúcar)	60	6.08 \pm 0.185 ^b
T ₅	(mora con capulí y miel)	60	4.18 \pm 0.185 ^a

Dónde: tratamientos (T1-T9); n: número de muestras; Letras diferentes (a, b, c) en la misma columna indican diferencias significativas ($p < .05$) entre tratamientos.

Huaman (2019), mencionan que en la evaluación sensorial del vinagre de manzana *Delicia*, la puntuación máxima fue de (3,87) considerada como “me gusta poco”. Estos resultados son inferiores en comparación a nuestro estudio realizado especialmente en el tratamiento T₇ (mora/capulí/naranja/azúcar) ya que tiene una aceptabilidad considerada como (7, me gusta bastante).

Tabla 14

Puntuaciones de aceptabilidad (media de mínimos de cuadrados \pm error estándar) y sus diferencias por tratamiento en semana 2 (La Maná)

Tratamientos	Productos	n	Media
T ₆	(mora con capulí y panela)	60	5.17 \pm 0.159 ^a
T ₇	(mora con capulí, naranja y azúcar)	60	7.23 \pm 0.159 ^b
T ₈	(mora con capulí, naranja y miel)	60	5.33 \pm 0.159 ^a
T ₉	(mora con capulí, naranja y panela)	60	7.2 \pm 0.159 ^b

Dónde: tratamientos (T1-T9); n: número de muestras; Letras diferentes (a, b, c) en la misma columna indican diferencias significativas ($p < .05$) entre tratamientos.

CONCLUSIONES

El estudio logró la elaboración de vinagres a base de mora, capulí y naranja provenientes de Malqui Machay. Los resultados demostraron el potencial de estos productos innovadores para fomentar la sostenibilidad y la economía local, y promoviendo el consumo de productos naturales y saludables.

Los resultados del estudio demostraron variaciones significativas en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en los diferentes tratamientos de vinagres.

El tratamiento T₉ (mora/capulí/naranja/panela), destacó por presentar el mayor contenido de antioxidantes (0.67 mg ácido gálico/ml). Los tratamientos T₂ (mora con miel) y T₇ (mora con

capulí, naranja y azúcar) fueron elegidos como los mejores en términos de aceptabilidad sensorial, debido probablemente a su formulación. El contenido de cenizas (%), sólidos disueltos totales (TDS), acidez (%) y polifenoles (mg ácido gálico/100ml), variaron considerablemente entre los tratamientos, lo que impactó en la aceptabilidad.

En términos microbiológicos, todos los tratamientos cumplieron con los requisitos de la Norma NTE INE 2296, (2013), asegurando buena calidad del producto, esto demuestra que es posible proveer vinagres innovadores y saludables, ofreciendo una alternativa al mercado.

Agradecimiento

Agradecemos a las haciendas patrimoniales Malqui-Machay, por su aporte a la investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi - extensión La Mana con el proyecto “Uso, manejo y preservación de los recursos agroturísticos en el recinto Malqui-Machay de la parroquia rural de Guasaganda”.

REFERENCIAS

- Abraham, D., Lombardo, B., Méndez, M., Ojeda, M., Alfageme, C., & Drolas, C. (2024). Descripción de las técnicas de producción del vinagre de sidra de manzana y sus beneficios. *Revista Nutrición Investiga*.
https://escuelanutricion.fmed.uba.ar/revistani/pdf/22a/an/941_c.pdf
- Aleman, A., & Velásquez, L. (2014). *Elaboración de vinagre a partir de chirimoya (Annona cherimola mill) que se produce en la zona de Urcuquí* [Universidad técnica Norte].
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2686>
- AOAC Official Method 940.26 (2000). Ash of Fruits and Fruit Products.
- Cuesta, R. (2021). *Obtención de vinagre a partir de las mezclas agua y pulpa de coco (cocos nucifera)* [Universidad Agraria Del Ecuador Facultad De Ciencias Agrarias].
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CUESTA%20LARA%20ROSA%20ADRIANA.pdf>
- Cupuerán, A. (2016). *Obtención de vinagre a partir de arazá* [Universidad Técnica del Norte].
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5678>
- Dos Santos, E., & Agatângelo, J. (2007). *Estudio del comportamiento cinético de microorganismos de interés en seguridad alimentaria con modelos matemáticos* [Universitat Autònoma de Barcelona.]. <https://www.tdx.cat/handle/10803/5691#page=1>
- Estupiñán, T. (2011). Malqui-Machay: cronología del descubrimiento, validación científica, empoderamiento social y puesta en valor. *Bulletin de l'Institut Français d'études Andines*, 40(3), 593–597. <https://doi.org/10.4000/bifea.1370>
- Estupiñán, T. (2018). Puxilí de los Yngas, el ayllu de la nobleza incaica que cuidó de los restos mortales de Atahuallpa Ticci Cápac. *Revista de Historia de América*, 154, 37–80.
<https://doi.org/10.35424/rha.154.2018.38>
- Fabre, M., & Narea, J. (2021). *Estudio organoléptico de adobos a base de vinagre de guineo (Musa Paradisiaca) y su aplicación en proteínas de origen animal*.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54121>
- Falcón, P. (2020). *Obtencion y caracterizacion de una bebida fermentada con capuli (Prunus serotina) con maceracion prefermentativa* [Universidad Nacional Santana].
<http://168.121.236.53/handle/20.500.14278/3679>
- Falcon, P., & Asnate, E. (2021). Influencia de la concentración de nutrientes y azúcares en la maceración fermentativa de una bebida elaborada con Capulí (Prunus serotina). *Revista Multidisciplinaria de Innovación y Estudios Aplicados*, 6.
<https://doi.org/https://doi.org/10.23857/pc.v6i5.2720>
- FAO. (2009). *Biotecnologías Agrícolas en los Países en Desarrollo: Opciones y oportunidades en los sectores agrícola, forestal, ganadero, pesquero y agroindustrial para hacer frente a los desafíos de la inseguridad alimentaria y el cambio climático*.

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/dadb2731-716d-4503-af9a-2a221626e812/content>

- Freire, E. (2020). *Evaluación del potencial antioxidante de extractos metanólicos a partir de la cáscara y pulpa de capulí (prunus serotina var. Salicifolia) proveniente de la ciudad de ambato* [Universidad Agraria Del Ecuador Facultad De Ciencias Agrarias]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/FREIRE%20YAGUAL%20EVELYN%20MICHELL%20E_compressed.pdf
- Gallardo, C. T., Lu, A., Treviño, M. Z., García, E., Amaya, C., Aguilera, C., & Báez, J. G. (2021). Valorization of Almond (*Prunus serotina*) by Obtaining Bioactive Compounds. *Frontiers in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.663953>
- García, J. A., Bautista, F., Borja, M., & Guzmán, E. (2021). Variación de los precios de la naranja (*Citrus sinensis* L.) en México. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 209–223. <https://doi.org/10.15517/am.v32i1.40679>
- Gómez, D. (2024). La producción de alimentos para autoconsumo. *Revista Multidisciplinaria Voces de América y el Caribe*. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.10795084>
- González, M. (2023, November 1). *Ácido Acético o Vinagre Producción, Tipos y Curiosidades*. <https://www.todoellas.com/hogar/acido-acetico/vinagre-produccion/>
- Huaman, C. (2019). Producción familiar de vinagre de manzana deliciosa (*Malus domestica*-red delicious), en el laboratorio de la planta piloto de procesos orgánicos de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica. *Revista Alicia*. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJF_7489930e4cda0a5ce6dad7b43ba243ab
- Illescas, L. (2021). *Elaboración de un vinagre a base de pomarroso (syzygium jambos) como una alternativa de consumo* [Universidad Agraria Del Ecuador Facultad De Ciencias Agrarias]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ILLESCAS%20ANDRADE%20LISETTE%20ROCI%20O.pdf>
- Lagos, S. (2016). *Elaboración de vinagre a partir de descarte de frutos de cerezas (Prunus cerasus)* [Universidad Católica de Maule]. <https://repositorio.ucm.cl/handle/ucm/822>
- Lemus, S. (2020). *Optimización de un proceso de fermentación artesanal para elaboración de vinagre y estudio del inóculo empleado (Madre del vinagre)* [Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/1da9d327-d10a-47ec-ace2-963b57eb3643>
- Ligarda, C., Choque, D., Ramos, B., Yanahuilca, A., Huamán, M., Moscoso, E., & Palomino, H. (2023). Taxonomic, physicochemical, phenolic and antioxidant comparison in species of high Andean wild fruits: *Rubus* and *Hesperomeles*. *Acta Agronómica*, 72(1). <https://doi.org/10.15446/acag.v72n1.96500>
- Martínez, M. de los Á., Barón, M., Martínez, G., & López, A. (2023). Evaluación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de vinagres de alto contenido en ácido acético. *12º Workshop*

En Investigación Agroalimentaria Para Jóvenes Investigadores. WiA.
<https://doi.org/10.31428/10317/13405>

Moragas, M. (2022). *Normas microbiológicas de los alimentos y asimilados (superficies, aguas diferentes de consumo, subproductos) y otros parámetros fisicoquímicos de interés sanitario.*

https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/cont_alim_seg_micro/es_def/adjuntos/NORMAS-MICROBIOLOGICAS-ALIMENTOS-2022.pdf

Morales, J., & Vejarano, R. (2023, July 17). Alternative bio-acidification process to make mango vinegar. *Proceedings of the 21st LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI 2023): "Leadership in Education and Innovation in Engineering in the Framework of Global Transformations.*

<https://doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.667>

Moreira, C., & Zambrano, L. (2019). *Determinacion de la actividad antioxidante del vinagre obtenid a base de Kombucha (Manchurian fungus) con o sin especias (Rosmariums officinalis y Thymus [Determinacion de la actividad antioxidante del vinagre obtenid a base de Kombucha (Manchurian fungus) con o sin especias (Rosmariums officinalis y Thymus].*

<https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1943/1/ULEAM-AGROIN-0032.pdf>

Nieto, J., & Cejas, M. (2024). Optimización del servicio público mediante la gestión administrativa, transparente e innovadora en cajas de ahorro. Unidad de estudio: C.A Jackson Nieto. Cantón Paján – Manabí. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria Penta ciencias*, 6(2), 1–20.

<https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/1006/1387>

NTE INEN 1529-10. (2013). *Control microbiológico de los alimentos, mohos y levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad.*

NTE INEN 265. (1978). *Azúcar determinación de la humedad (método de rutina).*

NTE INEN 389. (1985). *Conservas vegetales determinación de la concentración del ion hidrógeno (pH).*

NTE INEN 1529-5. (2006). *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos.*

NTE INEN 1529-5. (2006). *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos Aerobios mesófilos.*

NTE INEN 1529-7. (2013). *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de los microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias.*

NTE INEN 2169. (1998). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.*

<https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%202169%20->

[%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MA
NEJO%20Y%20CONSERVACIÓN%20DE%20MUESTRAS.pdf](#)

- NTE INEN 2296. (2013). *Vinagre. Requisitos*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu139664.pdf>
- Popenoe, W. & Pachano, A. (1922). The capulín cherry: a superior form of the Northern black cherry developed in the highlands of tropical America. *Journal of Heredity*, 13(2), 51-62. doi: 10.1093/oxfordjournals.jhered.a102156
- Raigón Jiménez, M. D. (2023). La alimentación agroecológica base para la sostenibilidad urbana. *Kult-Ur*, 10(19). <https://doi.org/10.6035/kult-ur.7198>
- Raymundo, Y. (2019). *Obtención y caracterización de vinagre a partir de banano de descarte de la cooperativa agraria de bananeros orgánicos Huayquiquira ubicada en el valle del Chira – Sullana* [Universidad Nacional De Piura]. <https://repositorio.unp.edu.pe/items/8fad3cd7-065a-4984-905e-6d76684b4a87>
- Ríos, G., & Guerrero, J. (2020). Physicochemical, Antioxidant and Sensory Characteristics of Black Cherry (*Prunus Serotina* Subsp. Capuli) Fermented Juice. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup2), S145–S163. <https://doi.org/10.1080/15538362.2019.1709113>
- Rios, G., Welti, J., Rodríguez, V., & Guerrero, J. (2024). High hydrostatic pressure processing of fresh juice and a fermented beverage of black cherry (*Prunus serotina*). *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 100937. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100937>
- Rivas, M., & Cussó, X. (2020). *Análisis de la evolución de los sistemas agroalimentarios en Europa occidental (1986-2020): ISSSA, un indicador de soberanía y sostenibilidad*. <https://congresosaehe.es/wp-content/uploads/2022/06/SESION-23-RIVAS-y-CUSSO-SEGURA.pdf>
- Schmidt, A., Rodríguez, M., & Acosta, O. (2023). La mora tropical de altura (*Rubus adenotrichos* Schlttdl.) como potencial alimento funcional: una mirada a las investigaciones realizadas. *Revista Tecnología En Marcha*, 37(1). <https://doi.org/10.18845/tm.v37i1.6654>
- Starfinger, U., Kowarik, I., Rode, M., & Schepker, H. (2003). From desirable ornamental plant to pest to accepted addition to the flora? - the perception of an alien tree species through the centuries. *Biological Invasions*, 5, 323-335. doi: 10.1023/B:BINV.0000005573.14800.07
- Surányi, D. (2023). Ecological characteristics of natural and cultured species, their comparison in *Prunus* genus. *International Journal of Horticultural Science*, 29, 7–16. <https://doi.org/10.31421/ijhs/29/2023/13149>
- Toapanta, P., Zambrano, N., Llore, W., & Calvopiña, C. (2021). El valor histórico de las haciendas Malqui-Machay y su incidencia en el aporte de la Identidad Cultural del Cantón La Maná. *ConcienciaDigital*, 4(1), 6–21. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i1.1521>
- WHO. (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality*. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf