

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE UNA BEBIDA FERMENTADA TIPO KOMBUCHA ELABORADA CON ORUJO DE *VITIS VINIFERA*

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND
ANTIOXIDANT ACTIVITY OF A KOMBUCHA-TYPE
FERMENTED BEVERAGE MADE WITH *VITIS VINIFERA*
GRAPE POMACE

BARRAZA AMAYA, José R. ¹

RAMÍREZ GUZMÁN, Karen Nathiely. ¹

FLORES LOYOLA, Erika ²

TORRES LEÓN, Cristian ²

SÁNCHEZ AGUIRRE, María C. ¹

REYNA MARTÍNEZ, Ricardo ³

RESUMEN

Este estudio caracterizó de forma comparativa y descriptiva una bebida fermentada tipo kombucha elaborada con orujo de *Vitis vinifera* frente a un control de té verde de *Camellia sinensis*. El orujo se secó a 60 °C durante 24 h, se molió y se tamizó a 0.425 mm. Cada tratamiento se preparó en tres frascos independientes con 300 mL de infusión y 150 mL de kombucha de té verde como iniciador, equivalente a 33.3 % v/v del volumen final, y se fermentó durante 14 días a 25–32 °C. El SCOBY se evaluó en los días 7, 9, 12 y 14. El pH, °Brix y la acidez titulable se registraron en los días 0 y 7, y la inhibición del radical DPPH en los días 0, 7 y 14. En el tratamiento con orujo, el pH disminuyó de 2.46 a 2.17 y la acidez alcanzó 0.132 % al día 7. La biomasa húmeda del SCOBY fue numéricamente menor que en té verde, con diámetro final similar. La inhibición de DPPH fue de 93.8 %, 73.4 % y 87.1 % en orujo, frente a 82.6 %, 51.0 % y 71.5 % en té verde. Los resultados sugieren una matriz fermentable con potencial antioxidante in vitro. La falta de estadística inferencial, controles no fermentados y normalización del ensayo limita la atribución causal.

Palabras clave: orujo de uva; kombucha; SCOBY; DPPH; fermentación; antioxidantes.

1. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Coahuila. Torreón, Coahuila, México.
2. Centro de Investigación y Jardín Etnobiológico, Universidad Autónoma de Coahuila. Viesca, Coahuila, México.
3. Agri-Food and Agro-Industrial Bioeconomy Research Group, Universidad Autónoma de Coahuila. Torreón, Coahuila, México.

ABSTRACT

This study descriptively compared a kombucha-type fermented beverage made with Vitis vinifera grape pomace with a Camellia sinensis green tea control. Grape pomace was dried at 60 °C for 24 h, milled, and sieved to 0.425 mm.

Correspondencia

nathiely.ramirez@uadec.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-7122-9967>

Fecha de recepción

6 de mayo de 2026.

Fecha de aceptación

13 de agosto de 2026.

Each treatment consisted of three independent jars containing 300 mL of infusion and 150 mL of green-tea kombucha starter, equivalent to 33.3 % v/v of the final volume, and was fermented for 14 days at 25-32 °C. SCOBY was evaluated on days 7, 9, 12, and 14. pH, °Brix, and titratable acidity were recorded on days 0 and 7, and DPPH inhibition on days 0, 7, and 14. In the pomace treatment, pH decreased from 2.46 to 2.17 and acidity reached 0.132 % by day 7. Wet SCOBY biomass was numerically lower than in green tea, with a similar final diameter. DPPH inhibition was 93.8 %, 73.4 %, and 87.1 % in pomace, compared with 82.6 %, 51.0 %, and 71.5 % in green tea. The results suggest a fermentable matrix with in vitro antioxidant potential. The lack of inferential statistics, unfermented controls, and assay normalization limits causal attribution.

Keywords: grape pomace; kombucha; SCOBY; DPPH; fermentation; antioxidants.

INTRODUCCIÓN

La industria vitivinícola genera una proporción significativa de subproductos sólidos durante el prensado y la vinificación. El orujo, integrado principalmente por hollejos, semillas y restos de pulpa, suele representar entre el 20 % y el 30 % de la masa de uva procesada. A escala internacional, la generación de subproductos de la industria del vino se estima en torno a 20 millones de toneladas al año. Su manejo incluye compostaje, alimentación animal y recuperación de compuestos bioactivos, aunque una parte conserva un bajo grado de valorización. Esta composición y disponibilidad han favorecido el estudio del orujo como fuente de fenoles, antocianinas, taninos y otros compuestos de interés para alimentos y bioprocesos (Barakat et al., 2024; Mangiapelo et al., 2024; Lopes et al., 2025).

La kombucha es una bebida obtenida mediante la fermentación aeróbica de una infusión azucarada por un cultivo simbiótico de bacterias y levaduras, denominado SCOBY por sus siglas en inglés, Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast. En la formulación tradicional se emplea *Camellia sinensis*. Las levaduras hidrolizan y fermentan carbohidratos, mientras bacterias ácido-acéticas, entre ellas especies de *Komagataeibacter*, *Gluconobacter* y *Acetobacter*, oxidan metabolitos y favorecen la acumulación de ácidos orgánicos y la formación de una biopelícula de celulosa bacteriana. La magnitud de estos cambios depende del sustrato, del consorcio, de la



temperatura, del tiempo y de la proporción de inóculo (Savary et al., 2021; Aung y Eun, 2022; Wang et al., 2022; Chong et al., 2024; Alves et al., 2025).

El reemplazo parcial o total del té por matrices vegetales modifica la disponibilidad de nutrientes y compuestos bioactivos. Bortolomedi et al. (2022) documentaron que el sustrato y las condiciones de fermentación influyen en la composición de las bebidas tipo kombucha. Estudios experimentales posteriores han mostrado modificaciones en el pH, la acidez, la biomasa, los metabolitos y las propiedades antioxidantes cuando se modifica la matriz de fermentación o la composición microbiana (Bressani et al., 2024; Kilmanoğlu et al., 2024; Zhang et al., 2024). Estas variaciones obligan a distinguir los cambios generados por la fermentación de los asociados con la extracción del sustrato o con el propio líquido iniciador.

El uso de subproductos de uva en fermentaciones tipo kombucha cuenta con evidencia reciente y directamente relacionada con esta propuesta. Barakat et al. (2024) evaluaron kombucha a partir de orujo y observaron que las condiciones de fermentación modificaron los azúcares, los ácidos orgánicos, los polifenoles, las antocianinas y la actividad antioxidante. Balmaseda et al. (2024) estudiaron la producción de kombucha con orujo de uva como estrategia para la valorización de un subproducto enológico. Cánovas et al. (2025) analizaron bebidas fermentadas formuladas con subproductos de bodega y observaron cambios en parámetros fisicoquímicos y en compuestos fenólicos durante el proceso. En conjunto, estos trabajos respaldan la pertinencia de evaluar matrices vitivinícolas, pero también evidencian la necesidad de medir directamente los componentes a los que se atribuyen los efectos observados.

La actividad antioxidante in vitro constituye una respuesta química útil para explorar la capacidad reductora de una muestra, pero no equivale, por sí misma, a un beneficio funcional en humanos. Del mismo modo, la formación de SCOBY y la acidificación evidencian actividad fermentativa, pero no sustentan una condición probiótica. Esta última exige identificar y cuantificar microorganismos viables, demostrar su estabilidad y evaluar su seguridad y su comportamiento en condiciones gastrointestinales. En este trabajo se evita dicha atribución y se limita la interpretación a las variables medidas.

El objetivo de esta investigación fue caracterizar de forma comparativa y descriptiva una bebida fermentada tipo kombucha elaborada con orujo de *Vitis vinifera* frente a una kombucha control de té verde, mediante el

seguimiento del desarrollo del SCOBY, del pH, de los sólidos solubles, de la acidez titulable y de la actividad antioxidante in vitro por inhibición del radical DPPH.

METODOLOGÍA

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ALCANCE DE LAS RÉPLICAS

Se trabajó con dos tratamientos fermentados: una infusión de té verde de *Camellia sinensis* como control y otra elaborada con orujo de *Vitis vinifera* como tratamiento experimental. Cada tratamiento se distribuyó en tres frascos de fermentación independientes. Cada frasco se consideró una unidad experimental. Las mediciones sucesivas realizadas sobre un mismo frasco corresponden a seguimiento temporal de esa unidad y no a réplicas nuevas. La fermentación duró 14 días. Los tiempos se organizaron de acuerdo con la variable disponible en el registro experimental. El desarrollo del SCOBY, expresado en peso húmedo, diámetro y grosor, se documentó en los días 7, 9, 12 y 14 para seguir la biopelícula desde su establecimiento visible hasta el final del proceso. El pH, los sólidos solubles y la acidez titulable se registraron en los días 0 y 7. La actividad antioxidante por DPPH se evaluó en los días 0, 7 y 14.

OBTENCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DEL ORUJO DE UVA

El orujo de uva se obtuvo de una bodega local de Parras, Coahuila, México. El material se secó en el horno MIGSA FD-1 (Ciudad de México, México) a 60 °C durante 24 h. Después se molió en un molino multifuncional GM-800S (Shenzhen, China) y se tamizó hasta obtener una fracción de 0.425 mm con un tamiz FIICSA (Ciudad de México, México). La harina se almacenó en envases de grado alimentario, sellados al vacío y protegidos de la luz, hasta su uso. El secado y la reducción de tamaño favorecen la estabilidad del residuo y modifican la recuperación de compuestos solubles a partir de la matriz vegetal (Mangiapelo et al., 2024).

No se registraron la variedad de *Vitis vinifera* ni el tipo de vinificación del lote del que procedió el orujo, ni se realizó una caracterización inicial de fenoles



totales, flavonoides o antocianinas. Esta falta de información constituye una limitación para relacionar la composición inicial del residuo con la respuesta antioxidante observada.

PREPARACIÓN DE LAS INFUSIONES Y FERMENTACIÓN TIPO KOMBUCHA

Para la formulación con orujo, se pesaron 5.58 g de harina, cantidad equivalente al peso del contenido de cuatro bolsas comerciales de té verde empleadas en el tratamiento de control. Cada sustrato se adicionó a 900 mL de agua previamente hervida con 125 g de sacarosa. La infusión se mantuvo durante 5 min y se filtró con embudo y papel filtro para retirar sólidos suspendidos.

Las infusiones se distribuyeron en frascos de vidrio de 600 mL. Se prepararon tres frascos con 300 mL de infusión de té verde y tres con 300 mL de infusión de orujo. Antes de inocular, se tomó una alícuota de la infusión sin iniciador para el registro del día 0. Después, cada frasco recibió 150 mL de kombucha de té verde como líquido iniciador. El volumen final por frasco fue de 450 mL, de modo que el iniciador representó 33.3 % v/v. Esta proporción se mantuvo constante en ambos tratamientos para preservar la comparabilidad interna. La literatura reciente confirma que la concentración del inóculo influye en la acidificación, los sólidos solubles y la capacidad antioxidante de kombucha, por lo que su contribución debe considerarse al interpretar los resultados (Alves et al., 2025).

El uso de un iniciador a partir de té verde introduce una fracción común de compuestos y microorganismos en ambos tratamientos. En la bebida con orujo, una parte de los compuestos fenólicos y de la respuesta antioxidante posterior a la inoculación puede proceder de ese iniciador. El diseño original no incluyó infusiones de té verde y orujo mantenidas sin fermentación bajo condiciones equivalentes. En consecuencia, el estudio compara dos sistemas fermentados, pero no permite separar experimentalmente el efecto de la fermentación de los efectos de la extracción, la oxidación, el almacenamiento y el aporte del iniciador.

Los frascos se cubrieron con una manta limpia y se fijaron con ligas para permitir el intercambio gaseoso y reducir la entrada de partículas. La fermentación se realizó en condiciones estáticas, sin luz directa, durante 14 días a temperatura ambiente entre 25 y 32 °C. La disponibilidad de oxígeno

favorece la actividad de bacterias ácido-acéticas y la formación de celulosa bacteriana en fermentaciones de kombucha (Savary et al., 2021; Bertsch et al., 2021). La figura 1 muestra los seis frascos empleados durante la fermentación.



Figura 1. Bebidas de té verde y orujo de uva durante la fermentación tipo kombucha.

MUESTREO

Las muestras líquidas se tomaron bajo condiciones de manipulación higiénica. El día 0 correspondió a una alícuota obtenida antes de agregar el líquido iniciador. Los muestreos posteriores se efectuaron a partir de los frascos inoculados. Para DPPH se conservaron muestras de los días 0, 7 y 14. Los parámetros fisicoquímicos consolidados disponibles corresponden a los días 0 y 7. Las muestras destinadas a análisis posteriores se conservaron congeladas hasta su procesamiento.

EVALUACIÓN MORFOMÉTRICA DEL SCOBY

La formación del SCOBY se evaluó los días 7, 9, 12 y 14. El diámetro y el grosor se midieron con un vernier y se expresaron en centímetros. El peso húmedo se determinó en balanza y se expresó en gramos. Los valores disponibles en el manuscrito corresponden a promedios consolidados de los tres frascos por tratamiento. Los registros individuales completos de cada frasco no forman parte del conjunto documental disponible para esta revisión, por lo que no se reconstruyeron desviaciones estándar ni pruebas de significancia a partir de los promedios.

DETERMINACIÓN DE PH Y SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

El pH se determinó con un potenciómetro digital Vantakool X001NLC91J (China). Los sólidos solubles totales se expresaron en °Brix. En una bebida fermentada, esta lectura refractométrica representa el conjunto de solutos que modifican el índice de refracción y no una medición específica de sacarosa. Ácidos orgánicos, etanol, compuestos fenólicos y otros solutos también afectan la lectura. Por esta razón, los cambios en °Brix se interpretaron como variaciones de sólidos solubles y no como un aumento o una disminución directa de azúcares (Aung y Eun, 2022; Dartora et al., 2023).

ACIDEZ TITULABLE

La acidez titulable se determinó mediante titulación ácido-base con NaOH. La muestra se diluyó 1:10 con agua destilada en matraz aforado de 100 mL. Una alícuota de 10 mL de la dilución se transfirió a un matraz Erlenmeyer, se agregaron 2-3 gotas de fenolftaleína y se tituló con NaOH hasta el viraje. La acidez se expresó como porcentaje de ácido acético mediante la relación siguiente:

$$\text{Acidez titulable (\%)} = (\text{VNaOH} \times \text{NNaOH} \times 0.06005 \times \text{FD} \times 100) / \text{Vmuestra}$$

En la expresión, VNaOH corresponde al volumen de titulante gastado, NNaOH a su normalidad, FD al factor de dilución y Vmuestra al volumen de la muestra titulada. Los resultados se redondearon a tres decimales, de acuerdo con la precisión práctica del procedimiento.

FRACCIONAMIENTO CON AMBERLITE XAD-7

PREVIO AL ENSAYO ANTIOXIDANTE

Las muestras acuosas destinadas al análisis antioxidante se sometieron a fraccionamiento mediante resina Amberlite XAD-7 (Sigma-Aldrich). La resina se activó con metanol, se empacó en una columna de 5 mL y se acondicionó con agua destilada. Después de cargar la muestra, la columna se lavó de cuatro a cinco veces con agua y la fracción retenida se recuperó con etanol. Las fracciones se evaporaron a 38 °C durante 24 h y el residuo seco se protegió de la luz hasta el análisis.

El registro experimental disponible no consigna el volumen exacto de muestra cargada, el volumen individual de cada lavado, el volumen de etanol empleado ni la concentración final del extracto reconstituido. En consecuencia, esta etapa se reporta para documentar el pretratamiento



realmente efectuado, pero no se interpreta como una cuantificación de polifenoles ni se usa para estimar la recuperación cromatográfica.

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE POR DPPH

La actividad antioxidante se determinó mediante el radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), siguiendo el procedimiento descrito por Molyneux (2004), con modificaciones. Se preparó DPPH a 60 μM . Para cada lectura, se mezclaron 2900 μL de la solución de DPPH con 100 μL de muestra, se incubó durante 30 min a oscuridad y se midió la absorbancia a 517 nm. Se empleó etanol como blanco y una solución DPPH-etanol como control. La inhibición se calculó mediante la relación siguiente:

$$\text{Inhibición DPPH (\%)} = [(A_c - A_m) / A_c] \times 100$$

A_c corresponde a la absorbancia del control y A_m a la de la muestra.

Todas las lecturas se realizaron con el mismo volumen de muestra en la mezcla de reacción. El registro disponible no documenta una normalización por masa seca, por concentración fenólica o por concentración de extracto, ni incluye una curva concentración-respuesta ni una curva estándar de Trolox. Por ello, los porcentajes de inhibición se presentan como respuestas descriptivas bajo las condiciones del ensayo y no como IC_{50} , equivalentes de Trolox o capacidad antioxidante normalizada.

TRATAMIENTO DE LOS DATOS

El análisis se mantuvo en el nivel descriptivo. Los valores consolidados se expresaron con cifras significativas uniformes y se representaron en función del tiempo de fermentación. No se aplicaron ANOVA, modelos mixtos ni otras pruebas inferenciales porque el conjunto documental disponible para la revisión no contiene los registros individuales completos de todas las réplicas para cada variable y cada tiempo. Aplicar estadística inferencial o calcular desviaciones estándar a partir de promedios implicaría introducir una variabilidad no observada. En consecuencia, el texto evita términos como "diferencia significativa" y emplea expresiones como "valor numéricamente mayor" o "valor numéricamente menor".



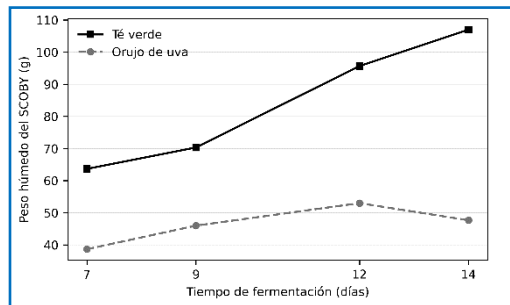
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

INVESTIGACIÓN

DESARROLLO DEL SCOBY

La formación de SCOBY en ambos tratamientos mostró que ambas matrices mantuvieron actividad fermentativa y desarrollo de biopelícula bajo las condiciones ensayadas. En el control de té verde, el peso húmedo promedio pasó de 63.67 g el día 7 a 107.00 g el día 14. En orujo de uva aumentó de 38.67 g en el día 7 a 53.00 g en el día 12 y descendió a 47.67 g en el día 14. La figura 2 presenta estos valores con el tiempo de fermentación en el eje X y el peso en el eje Y.

Figura 2. Peso húmedo promedio del SCOBY durante 14 días de fermentación con té verde y orujo de uva. Los valores se presentan de forma descriptiva, sin barras de dispersión debido a la ausencia de registros individuales completos en el conjunto documental revisado.



El menor peso húmedo observado en el tratamiento con orujo no indica una menor tasa de síntesis de celulosa, ya que la masa húmeda incluye celulosa, líquido retenido y material asociado a la biopelícula. Bertsch et al. (2021) mostraron que el crecimiento del biofilm de kombucha cambia con el tiempo y presenta variabilidad en sus primeras etapas. Chong et al. (2024) también relacionaron la dinámica de pH y la formación de biomasa con el tipo de té y las condiciones de fermentación. En este estudio no se determinó la masa seca de celulosa, por lo que el peso debe interpretarse como una medida morfométrica del biofilm húmedo.

El descenso del peso del SCOBY de orujo entre los días 12 y 14 debe interpretarse con cautela. Entre las causas compatibles con una medición de masa húmeda se encuentran cambios en la retención de agua, el desprendimiento de fragmentos durante la manipulación y las variaciones entre las unidades experimentales. El diseño disponible no permite distinguir entre estas alternativas. No se atribuye el descenso a una degradación metabólica específica.

El diámetro fue similar entre los tratamientos durante el seguimiento. En orujo se registraron 7.99, 7.96, 8.08 y 8.20 cm en los días 7, 9, 12 y 14, mientras que el control presentó 7.78, 8.03, 8.09 y 8.20 cm. El grosor mostró una

mayor variación temporal: 1.17, 0.85, 2.44 y 0.42 cm en té verde, frente a 0.74, 0.42, 1.01 y 0.28 cm en orujo. La figura 3 separa ambos parámetros para evitar escalas y ejes ambiguos.

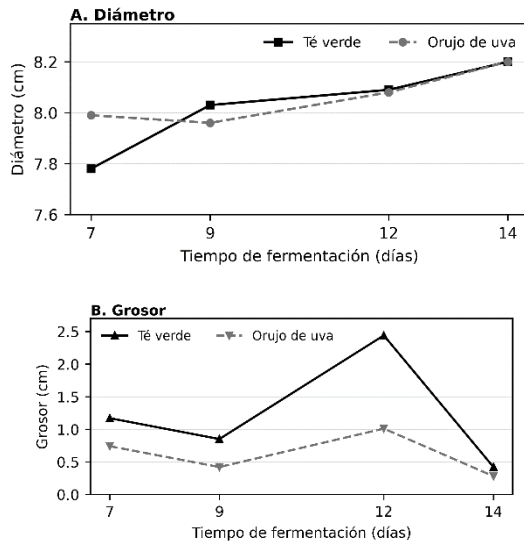


Figura 3. Cambios descriptivos del diámetro (A) y del grosor (B) del SCOBY en té verde y orujo de uva durante los días 7, 9, 12 y 14 de fermentación.

La coincidencia del diámetro final indica que el orujo permitió la expansión superficial del biofilm en el recipiente. El menor peso y el menor grosor numérico frente al té verde sugieren una estructura húmeda distinta, aunque, sin los registros individuales y sin masa seca, no es posible establecer significancia ni atribuir la diferencia a la composición nutricional, a los taninos o a otro componente del sustrato. Estudios con matrices no convencionales confirman que la composición del medio modifica la biomasa, la bioquímica y la respuesta sensorial de kombucha (Bressani et al., 2024; Kilmanoğlu et al., 2024).

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Los registros fisicoquímicos disponibles corresponden a los días 0 y 7. En ambos tratamientos el pH inicial fue 2.46. Después de siete días disminuyó a 2.16 en té verde y 2.17 en orujo. La acidificación es compatible con la producción de ácidos orgánicos propia de la fermentación de kombucha, aunque el pH inicial y la composición posterior también dependen de la formulación y del iniciador (Wang et al., 2022; Alves et al., 2025). La tabla 1 presenta pH, °Brix y acidez con cifras significativas uniformes.



Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de las bebidas de té verde y orujo de uva en los días 0 y 7.

Tratamiento	Día	pH	°Brix	Acidez (%)
Té verde	0	2.46	12.3	0.096
Orujo de uva	0	2.46	11.2	0.120
Té verde	7	2.16	13.2	0.132
Orujo de uva	7	2.17	13.1	0.132

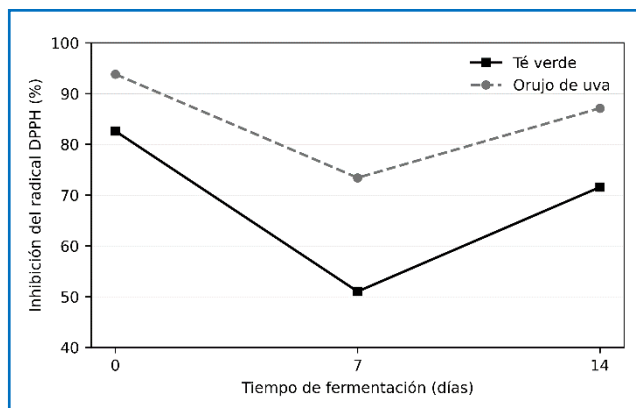
La acidez titulable aumentó de 0.096 % a 0.132 % en el té verde y de 0.120 % a 0.132 % en el orujo. El valor final, igual en ambos tratamientos, indica una convergencia descriptiva de la acidez al día 7. Barakat et al. (2024) observaron la producción de ácidos orgánicos y cambios en la acidez durante fermentaciones de kombucha con orujo. Balmaseda et al. (2024) también documentaron la transformación de orujo de uva en una bebida fermentada, lo que sitúa la acidificación observada dentro del comportamiento esperado de este tipo de proceso.

Los °Brix pasaron de 12.3 a 13.2 en té verde y de 11.2 a 13.1 en orujo entre los días 0 y 7. Este incremento no se interpreta como un aumento de azúcares. El refractómetro responde al índice de refracción total de la muestra y, durante la fermentación, este valor incorpora el efecto combinado de azúcares, ácidos, etanol y otros solutos. Estudios cinéticos de kombucha muestran que los cambios en los sólidos solubles deben analizarse junto con mediciones específicas de carbohidratos y metabolitos (Aung y Eun, 2022; Dartora et al., 2023; Cánovas et al., 2025). La cuantificación de sacarosa, glucosa y fructosa mediante HPLC o métodos enzimáticos sería necesaria para describir el consumo de carbohidratos en esta formulación.

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE POR INHIBICIÓN
DEL RADICAL DPPH

La figura 4 muestra la respuesta al DPPH en los días 0, 7 y 14. El tratamiento de orujo presentó valores numéricamente superiores al del control en los tres tiempos: 93.8 % frente a 82.6 % en el día 0, 73.4 % frente a 51.0 % en el día 7 y 87.1 % frente a 71.5 % en el día 14. Debido a la ausencia de registros individuales completos y de un análisis inferencial, estos resultados se describen como diferencias numéricas y no como diferencias estadísticamente significativas.

Figura 4. Inhibición descriptiva del radical DPPH en bebidas de té verde y de orujo de uva en los días 0, 7 y 14 de fermentación.



El valor elevado del orujo desde el día 0 es coherente con la presencia conocida de compuestos fenólicos en los subproductos de *Vitis vinifera*. Mangiapelo et al. (2024) mostraron que las condiciones de procesamiento y extracción modifican la recuperación de la fracción fenólica del orujo. Barakat et al. (2024), Balmaseda et al. (2024) y Cánovas et al. (2025) documentaron el interés por el orujo y otros subproductos enológicos como matrices para bebidas fermentadas con compuestos bioactivos. No obstante, en el presente estudio no se determinaron fenoles totales, flavonoides ni antocianinas, ni se realizó un perfil cromatográfico, por lo que la respuesta DPPH no se atribuye a un compuesto específico.

La reducción de la inhibición al día siete y su recuperación al día catorce describen una trayectoria no lineal. La literatura sobre kombucha describe procesos de hidrólisis, oxidación y transformación de fenoles durante la fermentación, y se han observado cambios en el perfil fenólico de bebidas fermentadas de té (Bortolomedi et al., 2022; de Noronha et al., 2022). En este trabajo, cualquier participación de β -glucosidasas, esterasas, tanasas u oxidoreductasas debe considerarse una hipótesis basada en la literatura, ya que ninguna de esas actividades enzimáticas se midió experimentalmente.

La comparación también está condicionada por el diseño. Después del día 0, ambos tratamientos recibieron 33.3 % v/v de iniciador de kombucha elaborado con té verde. Esa fracción aporta compuestos antioxidantes propios



y dificulta atribuir la respuesta al tratamiento experimental exclusivamente al orujo. La ausencia de controles no fermentados impide separar los efectos de la fermentación, la extracción, la oxidación y el almacenamiento. Asimismo, el ensayo DPPH se realizó con un volumen fijo de muestra, pero sin una concentración normalizada ni una curva dosis-respuesta. Por ello, no se calcularon los IC_{50} ni los equivalentes de Trolox.

ALCANCE Y LIMITACIONES METODOLÓGICAS

Los resultados deben interpretarse como una caracterización exploratoria de dos sistemas fermentados en condiciones definidas. El estudio aporta evidencia de la formación de SCOBY, de la acidificación y de la respuesta antioxidante in vitro en una matriz elaborada con orujo de uva. El alcance no incluye la demostración de la funcionalidad clínica ni de la condición probiótica.

Las principales limitaciones son: ausencia de registros individuales completos para estimar dispersión y realizar estadística inferencial; falta de controles no fermentados; uso de 33.3 % v/v de iniciador de té verde; falta de información sobre variedad de uva y tipo de vinificación; ausencia de cuantificación de azúcares, etanol y ácidos orgánicos; falta de fenoles totales, flavonoides, antocianinas y perfil fenólico; detalles incompletos del fraccionamiento con XAD-7; y falta de normalización por concentración, IC_{50} o equivalentes de Trolox en DPPH. Los valores experimentales de L^* , a^* y b^* no estaban disponibles en el expediente revisado, por lo que se eliminó la representación general del sistema CIE $L^*a^*b^*$ y no se conservaron afirmaciones colorimétricas sin datos que las respaldaran.

Una fase confirmatoria requiere conservar los datos individuales de cada frasco, incluir controles de extracción y de almacenamiento sin SCOBY, cuantificar compuestos fenólicos y metabolitos de fermentación, normalizar los ensayos antioxidantes y aplicar un modelo estadístico acorde con mediciones repetidas. La caracterización microbiológica, incluida la identificación y la viabilidad del consorcio, resulta necesaria antes de discutir las propiedades probióticas.

CONCLUSIONES



Bajo las condiciones evaluadas, la infusión elaborada con orujo de *Vitis vinifera* favoreció la formación de SCOBY y la acidificación durante una fermentación tipo kombucha. La biomasa húmeda fue menor que en el té verde, mientras que el diámetro final del biofilm fue similar. La respuesta de inhibición de DPPH fue numéricamente superior con el tratamiento con orujo en los tres tiempos analizados, lo que sugiere un potencial antioxidante in vitro. Estas observaciones no permiten atribuir el efecto exclusivamente al orujo ni establecer la significancia estadística, debido al aporte del iniciador de té verde, a la falta de controles no fermentados, a la ausencia de registros individuales completos y a la falta de normalización química del ensayo antioxidante. El estudio sustenta una línea de aprovechamiento del orujo como sustrato fermentable y define las mediciones necesarias para una evaluación confirmatoria.

REFERENCIAS

- Alves, R. O., de Oliveira, R. L., de Moraes, M. M., Santos, W. W. V., Gomes da Câmara, C. A., da Silva, S. P., Porto, C. S., & Porto, T. S. (2025). Evaluation of the impact of fermentation conditions, scale up and stirring on physicochemical parameters, antioxidant capacity and volatile compounds of green tea kombucha. *Fermentation*, 11(4), 201. <https://doi.org/10.3390/fermentation11040201>
- Aung, T., & Eun, J. B. (2022). Impact of time and temperature on the physicochemical, microbiological, and nutraceutical properties of laver kombucha (*Porphyra dentata*) during fermentation. *LWT*, 154, 112643. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112643>
- Balmaseda, A., Romeu, E., Mas, A., & Portillo, M. C. (2024). Production of grape marc kombucha: Valorization of a wine by-product. *LWT*, 210, 116882. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116882>
- Barakat, N., Bouajila, J., Beaufort, S., Rizk, Z., Taillandier, P., & El Rayess, Y. (2024). Development of a new kombucha from grape pomace: The impact of fermentation conditions on composition and biological activities. *Beverages*, 10(2), 29. <https://doi.org/10.3390/beverages10020029>
- Bertsch, P., Etter, D., & Fischer, P. (2021). Transient in situ measurement of kombucha biofilm growth and mechanical properties. *Food & Function*, 12(9), 4015–4020. <https://doi.org/10.1039/D1FO00630D>
- Bortolomedi, B. M., Paglarini, C. S., & Brod, F. C. A. (2022). Bioactive compounds in kombucha: A review of substrate effect and fermentation conditions. *Food Chemistry*, 385, 132719. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132719>

- Bressani, A. P. P., Casimiro, L. K. S., Martinez, S. J., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2024). Kombucha with yam: Comprehensive biochemical, microbiological, and sensory characteristics. *Food Research International*, 192, 114762. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114762>
- Cánovas, B. M., Pérez-Novas, I., García-Viguera, C., Domínguez-Perles, R., & Medina, S. (2025). Assessment of winery by-products as ingredients as a base of “3S” (safe, salubrious, and sustainable) fermented beverages rich in bioactive anthocyanins. *Foods*, 14(14), 2514. <https://doi.org/10.3390/foods14142514>
- Chong, A. Q., Chin, N. L., Talib, R. A., & Basha, R. K. (2024). Modelling pH dynamics, SCOBY biomass formation, and acetic acid production of kombucha fermentation using black, green, and oolong teas. *Processes*, 12(7), 1301. <https://doi.org/10.3390/pr12071301>
- Dartora, B., Hickert, L. R., Fabricio, M. F., Ayub, M. A. Z., Furlan, J. M., Wagner, R., Perez, K. J., & Sant’Anna, V. (2023). Understanding the effect of fermentation time on physicochemical characteristics, sensory attributes, and volatile compounds in green tea kombucha. *Food Research International*, 174, 113569. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113569>
- de Noronha, M. C., Cardoso, R. R., dos Santos D’Almeida, C. T., Vieira do Carmo, M. A., Azevedo, L., Maltarollo, V. G., Ribeiro Júnior, J. I., Eller, M. R., Cameron, L. C., Ferreira, M. S. L., & de Barros, F. A. R. (2022). Black tea kombucha: Physicochemical, microbiological and comprehensive phenolic profile changes during fermentation, and antimalarial activity. *Food Chemistry*, 384, 132515. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132515>
- Kilmanoglu, H., Cinar, A. Y., & Durak, M. Z. (2024). Evaluation of microbiota-induced changes in biochemical, sensory properties and volatile profile of kombucha produced by reformed microbial community. *Food Chemistry: X*, 22, 101469. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101469>
- Lopes, J. da C., Madureira, J., Margaça, F. M. A., & Cabo Verde, S. (2025). Grape pomace: A review of its bioactive phenolic compounds, health benefits, and applications. *Molecules*, 30(2), 362. <https://doi.org/10.3390/molecules30020362>
- Mangiapelo, L., Blasi, F., Ianni, F., Suvieri, C., Sardella, R., Volpi, C., & Cossignani, L. (2024). Optimization of a simple analytical workflow to characterize the phenolic fraction from grape pomace. *Food and Bioprocess Technology*, 17(7), 1942–1957. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03249-0>
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(2), 211–219.
- Savary, O., Mounier, J., Thierry, A., Poirier, E., Jourden, J., Maillard, M.-B., Penland, M., Decamps, C., Coton, E., & Coton, M. (2021). Tailor-made microbial consortium for

kombucha fermentation: Microbiota-induced biochemical changes and biofilm formation. *Food Research International*, 147, 110549.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110549>

Wang, B., Rutherford-Markwick, K., Zhang, X.-X., & Mutukumira, A. N. (2022). Kombucha: Production and microbiological research. *Foods*, 11(21), 3456.
<https://doi.org/10.3390/foods11213456>

Zhang, J., Ma, H., Wang, H., Sun, M., Yu, C., Liu, Q., He, Z., Song, S., Feng, T., & Yao, L. (2024). Flavor and sensory profile of kombucha fermented with raw Pu-erh tea and evaluation of the antioxidant properties. *LWT*, 200, 116220.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116220>