



La fermentación láctica mejora la calidad de taza del café (*Coffea arabica* L.)

Lactic fermentation improves the quality of the coffee (*Coffea arabica* L.) cup

Marisol Carmen Zambrano-Díaz; Wuelber Joel Torres Suarez; Julio Ibañez Ojeda

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ciudad Universitaria, Calle Daniel Alomáis Robles s/n, Chanchamayo, Junín, Perú.

* Autor corresponsal: mzambranod@undac.edu.pe (M. C. Zambrano-Díaz).

ORCID de los autores:

M. C. Zambrano-Díaz: <http://orcid.org/0000-0002-0293-1939>

W. J. Torres Suarez: <http://orcid.org/0000-0002-8023-1890>

J. Ibañez Ojeda: <http://orcid.org/0000-0001-5552-7764>

RESUMEN

El mejoramiento de la calidad de taza del café en el Perú puede aumentar su competitividad y reconocimiento sostenible a nivel internacional. Este estudio tuvo como objetivo mejorar dicha calidad en la variedad Catucaí mediante un proceso de fermentación controlada, utilizando bacterias lácticas extraídas del propio café como inóculos. Se realizó una cosecha selectiva seguida de lavado, flotación y desinfección, para luego fermentar los frutos en tanques a temperatura ambiente (21 - 25 °C), monitoreando acidez, pH y contenido bacteriano. El enjuague posterior usó menos de un litro de agua por kilo de café, y el secado se realizó bajo sombra durante diez días hasta alcanzar 10,5% de humedad. Se emplearon cuatro repeticiones y un control. Durante los siete días de fermentación, la acidez aumentó de 1,49% a 5,63% y el pH disminuyó de 5,1 a 3,48. Las muestras fermentadas alcanzaron un puntaje promedio de 86,33 según la ficha SCAA, destacando notas sensoriales frutales y dulces. El principal hallazgo fue que la fermentación láctica controlada elevó la calidad sensorial de taza con una eficiencia hídrica significativa, utilizando 19 veces menos agua que el proceso tradicional.

Palabras clave: *Coffea arabica* L.; fermentación láctica; calidad de taza; cultivos iniciadores; fermentación controlada.

ABSTRACT

Improving the cup quality of coffee in Peru can increase its competitiveness and sustainable recognition at the international level. The objective of this study was to improve this quality in the Catucaí variety by means of a controlled fermentation process, using lactic bacteria extracted from the coffee itself as inoculums. A selective harvest was performed followed by washing, flotation and disinfection, and then the fruits were fermented in tanks at room temperature (21 - 25 °C), monitoring acidity, pH and bacterial content. Subsequent rinsing used less than one liter of water per kilogram of coffee and drying was carried out under shade for ten days until 10.5% humidity was reached. Four replicates and a control were used. During the seven days of fermentation, the acidity increased from 1.49% to 5.63% and the pH decreased from 5.1 to 3.48. The fermented samples achieved an average score of 86.33 according to the card SCAA, highlighting fruity and sweet sensory notes. The main finding was that controlled lactic fermentation improved cup sensory quality with significant water efficiency, using 19 times less water than the traditional process.

Keywords: *Coffea arabica* L; lactic fermentation; cup quality; starter cultures; controlled fermentation.

Recibido: 13-01-2025.

Aceptado: 09-06-2025.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

El café representa un producto agrícola de gran relevancia a nivel global, valorado por sus propiedades organolépticas distintivas, particularmente su sabor y aroma (Mahingsapun et al., 2022). En los últimos años, Perú mantiene el liderazgo mundial en la exportación de café orgánico, superando a otros grandes países productores. Sin embargo, el país enfrenta desafíos climáticos y fitosanitarios que afectan significativamente la producción (Keenan et al., 2024). En Chanchamayo, una de las regiones cafetaleras de la selva central de Perú, se han identificado accesiones de variedades de café con alto rendimiento; aspecto clave para mejorar la productividad del cultivo frente a plagas como la broca y la roya (Alvarado et al., 2017). Dentro de estas variedades adquiridas, el café Catucaí viene presentando una destacada resistencia a la roya y una elevada productividad que, sumado a un manejo adecuado de la postcosecha, contribuye a mejorar la calidad sensorial del café (Álvarez López et al., 2024). Cabe considerar en este sentido que, las normas de exportación y los precios del mercado del café están determinados por la calidad de los granos de café (Haile & Kang, 2019).

Es de importancia indicar que, la calidad del café constituye una característica multifactorial, influenciada por diversas variables, entre las cuales destacan de manera significativa las condiciones agronómicas de cultivo y los métodos de procesamiento postcosecha (Banti & Atlaw, 2024; Haile & Kang, 2019; Velásquez & Banchón, 2022). El proceso de fermentación poscosecha del café ha avanzado rápidamente en los últimos años debido a la búsqueda de calidad y diversidad de perfiles sensoriales (Braga et al., 2023).

En ese contexto, se resalta la necesidad de optimizar los procesos de beneficio del grano, particularmente el proceso de fermentación, para mejorar la calidad final del producto e incrementar su valor en el mercado internacional (Álvarez López et al., 2024). Investigaciones recientes señalan que se pueden modificar múltiples parámetros durante el procesamiento del café y que tienden a influir en la calidad del grano verde y calidad de la taza (Zhang et al., 2019). El procesamiento postcosecha y la fermentación microbiana de los frutos del café desempeñan un papel esencial en la formación de metabolitos que influyen en la calidad nutricional y sensorial de la bebida (da Silva et al., 2022).

El control de las condiciones de fermentación favorece el crecimiento de microorganismos específicos que promueven el desarrollo de características organolépticas y estructurales favorables (Haile & Kang, 2019; Elhalis et al., 2023). El uso de cultivos iniciadores, en los procesos de fermentación del café, es una alternativa prometedora y económicamente viable para mejorar la calidad sensorial de la bebida de café y aumentar el valor del producto final, (Bressani et al., 2018). Investigadores como Estela Escalante et al. (2024), observaron que el uso de cultivos puros y mixtos en fermentaciones de café es una herramienta interesante para mejorar la calidad en taza del café y resaltar algunos atributos sensoriales. A su

vez, Sánchez-Riaño et al. (2024) señalaron que, eligiendo los cultivos iniciadores y métodos de fermentación adecuados, se pueden producir diferentes sabores en el café procesado, siendo importante el monitoreo del pH, la temperatura y oxígeno disuelto, además del recuento de bacterias lácticas, mesófilas y levaduras en la masa de café antes y después de la fermentación. Los grupos microbianos más utilizados han sido levaduras y bacterias ácido-lácticas, en los que se ha identificado que sería posible mejorar las características de un café con baja calidad (Elhalis et al., 2023). Para la implementación efectiva de este tipo de procesos, es indispensable establecer una estandarización previa que permita evitar efectos adversos sobre la calidad del producto y, a su vez, garantizar una mejora consistente en el perfil sensorial deseado (Peñuela-Martínez & García-Duque, 2023).

Según Zhang et al. (2019), la fuerza del impacto de cada parámetro de procesamiento dependería también de la variedad de café utilizada y de las condiciones geográficas locales. Bressani et al. (2020) señalan que la variedad de café y el método de procesamiento influyen en el comportamiento de las especies de levaduras utilizadas como cultivos iniciadores, dado que estos factores afectan la producción de compuestos metabólicos y la modulación de las características sensoriales de la bebida.

En los últimos años se ha reconocido la importancia del control de la fermentación del café, cuyos resultados permiten mejorar la calidad y su comercialización (Ferreira et al., 2023), dando lugar a bebidas con características sensoriales diferentes y positivas (Bressani et al., 2018). A la fecha se han desarrollado varios métodos emergentes para el procesamiento del café, con el fin de optimizar el sabor y el potencial gustativo; entre los cuales se incluyen a la maceración carbónica y fermentación anaeróbica (Febrianto & Zhu, 2023). La inoculación con bacterias ácido lácticas y levaduras se ha convertido en una alternativa viable para la obtención de café de calidad superior (Cassimiro et al., 2023; Dias et al., 2024). Siendo las bacterias los microorganismos más abundantes en la fermentación del café (da Silva et al., 2022). La información sobre la diversidad microbiana es de importancia para comprender mejor la calidad del café y las características distintivas del café producido en diferentes regiones geográficas (Pereira et al., 2021). En ese aspecto, el uso de cultivos iniciadores desempeña un papel importante en la diferenciación sensorial del café influenciado por el protocolo de fermentación aplicado (Ferreira et al., 2023). Para su aplicación, debe tenerse una estandarización previa, para evitar implicaciones negativas en la calidad y lograr el mejoramiento en el perfil sensorial deseado (Peñuela-Martínez & García-Duque, 2023). Adicionalmente, la diversidad microbiana de los frutos del café influye en la composición de ácidos orgánicos y compuestos volátiles durante la fermentación de estos frutos, lo que puede afectar a la calidad de la bebida de café (Zhang et al., 2019; Pereira et al., 2021). La capacidad de ajustar dichos protocolos de fermentación puede conducir a perfiles aromáticos

más consistentes y estandarizados y aumentar el valor del producto final (dos Santos Gomes et al., 2025; Bressani et al., 2018). Además del control del proceso fermentativo, Sánchez-Riaño et al. (2024) destacan que la implementación de prácticas de higienización del café cerezo, junto con la aplicación de tiempos de fermentación prolongados, contribuye significativamente a mejorar tanto la inocuidad como la calidad sensorial del café en taza. El ácido acético y el ácido láctico son los principales y más abundantes ácidos orgánicos producidos durante las fermentaciones del café y son responsables de la disminución del pH (Cassimiro 2023). Las altas concentraciones de agua favorecen la producción de ácido acético (Estela Escalante et al., 2024). Sin embargo, una larga duración de la fermentación puede conducir a una sobre fermentación, lo que puede provocar defectos de sabor, así como un gusto apesoso y mohoso en las cerezas del café (Febrianto & Zhu, 2023).

Aún no se ha investigado el efecto de la fermentación controlada del café mediante el uso de bacterias lácticas en la selva central del Perú. Esta técnica podría representar una alternativa ecosostenible, dado que, tras el proceso de fermentación, se requiere únicamente un litro de agua por kilogramo de café. En cambio, con los procesos tradicionales de beneficio húmedo, se consumen entre 20 y 25 litros de agua por kilogramo de café pergamino (Oliveros-Tascón et al., 2022). La tecnología propuesta es de fácil aplicación para los caficultores peruanos, que necesitan contar herramientas accesibles y eficientes que permitan mejorar la calidad sensorial de su producto. En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la fermentación láctica controlada del café cerezo variedad Catucaí, utilizando bacterias lácticas nativas obtenidas del mismo cerezo cosechado en la provincia de Chanchamayo, ubicada en la selva central del departamento de Junín.

METODOLOGÍA

Materia prima

La materia prima utilizada en esta investigación fue obtenida de la finca "One Coffee", ubicada en el anexo Alto Florida del distrito de Perené provincia de Chanchamayo a 1245 m.s.n.m. Esta hacienda cuenta con cultivos de café, cuyas variedades están organizados en lotes diferenciados. La variedad seleccionada para el estudio fue Catucaí, introducida desde Costa Rica y adaptada a las condiciones climáticas locales hace aproximadamente doce años. Bajo condiciones convencionales de cultivo y procesamiento, esta variedad procesada como café pergamino presenta una densidad promedio de 0,7 g/ml y un dulzor del mucílago cercano a 17,5 °Brix.

Metodología experimental

El estudio fue realizado en dos etapas. En la primera etapa se preparó un inóculo para propiciar el crecimiento bacterias lácticas, a partir de cerezos de café Catucaí provenientes de la finca "One Coffee". En la segunda etapa se llevó a cabo la fermentación láctica controlada en cuatro fermentadores semiindustriales de 240 litros de capacidad. A continuación, se describen las etapas experimentales.

Primera etapa: Generación del inóculo

Se realizó una cosecha selectiva de cerezos de café maduro, recolectados en jabs plásticas. La cantidad obtenida fue de aproximadamente fue de 30 Kilogramos aprox. Luego, los frutos fueron lavados y se separaron por flotación los granos defectuosos. Posteriormente, el cerezo seleccionado se mezcló con 75 litros de agua sin cloro (previamente filtrada) y sal sin yodo al 3%, ya que el yodo puede inhibir el crecimiento microbiano. Esta mezcla se depositó en un fermentador elaborado con una cubeta plástica opaca de grado alimentario y 130 litros de capacidad, equipada con una trampa de aire (airlock), instalada en la tapa. El fermentador fue sellado herméticamente y almacenado lejos de la luz a temperatura ambiente entre 21 °C y 25 °C durante siete días. Al finalizar el proceso, se escurrió el

cerezo fermentado y se recolectó líquido filtrado, denominado en adelante "inóculo". Esta solución se almacenó en un recipiente estéril y opaco, bajo refrigeración, al menos durante siete días antes de su uso.

Segunda etapa: Fermentación controlada con bacterias lácticas

En esta etapa, se recolectó café cerezo en estado de madurez entre pintón y maduro, procurando iniciar la cosecha a primeras horas del día para evitar la incidencia de luz solar. Luego, se lavó y seleccionó el cerezo en cámaras de lavado instaladas dentro de la finca. El lote experimental fue desinfectado con peróxido de hidrogeno a una concentración de 20 ppm, con un tiempo de reposo de 15 minutos. El lote se trasladó al área de fermentación, ubicada a dos horas de distancia. En cada tanque fermentador (240 litros de capacidad) se colocaron 150 Kilogramos de café cerezo. Estos fermentadores previamente desinfectados contenían una solución denominada "mosto", compuesta por agua hervida (hasta cubrir el café), inóculo al 10% y sal sin yodo al 2%, regulada a pH 5 con bicarbonato de sodio. Posteriormente, los tanques fueron sellados herméticamente. Durante el proceso, se monitorearon los niveles de microorganismos, acidez y pH del mosto. La fermentación se llevó a cabo a temperatura ambiente entre 21 °C y 25 °C, con una remoción total del mosto cada 24 horas en cada fermentador, utilizando una bomba peristáltica (Marca: KAMOER, modelo DIP 1500 V2, Shanghái). Para el control de salida del biogás generado se instaló una válvula de alivio (modelo CR25-100-CR25, de la serie CR, con rango de presión ajustable a 100 PSI, NPT macho de ¼), regulada para una salida de 7 PSI. Tras siete días de fermentación, el café fue despulpado y sometido a un ligero enjuague antes de ser secado bajo sombra, empleando un litro de agua por kilogramo de café. El secado se realizó en zarandas plásticas, con remoción del grano de dos veces por día, a temperaturas entre 25 °C y 30 °C y

con una aireación constante de 3,6 m/s. Luego de diez días, el café pergamino alcanzó una humedad del 10,5% y fue almacenado en recipientes adecuados, bajo sombra, durante tres meses, periodo al cual se denominó "maduración del grano". Finalmente, el café fue conservado bajo condiciones adecuadas hasta su evaluación sensorial mediante cateo.

Desarrollo de la muestra patrón

Paralelamente al procesamiento del café cerezo bajo fermentación láctica, se tomó una muestra representativa de tres kilos de café cerezo; el cual fue lavada, seleccionada y desinfectada. Inmediatamente después, se procedió a despulpar y desmucilaginar dicha muestra con la adición de pectinasas. Posteriormente, fue llevada a secado y almacenada bajo las mismas condiciones establecidas para el lote experimental de café fermentado. El objetivo de esta operación fue obtener una muestra patrón de café pergamino sin ningún indicio de fermentación. El uso de este protocolo para generar una muestra patrón bajo dichas condiciones proporciona resultados más confiables, que aquellos obtenidos al utilizar muestras de café procesadas mediante tratamientos convencionales. La finalidad de contar con una muestra patrón en estas condiciones fue permitir una adecuada comparación de los resultados sensoriales del café analizado, con y sin fermentación.

En las Figuras 1, 2 y 3 se presentan los diagramas de flujo referenciales a los procesos descritos.

Diseño de investigación

El diseño de investigación consistió en la aplicación de dos tratamientos. El primero fue el procesamiento del café cerezo con fermentación láctica controlada (Fermlac), y el segundo, el procesamiento del café cerezo sin ninguna fermentación, denominado "muestra patrón".

El tratamiento con fermentación láctica controlada se realizó con cuatro repeticiones. En la Tabla 1 se detallan los parámetros de las variables monitoreadas durante la fermentación, las cuales fueron: pH, porcentaje de acidez y contenido de bacterias lácticas.

Las variables de estudio fueron las características fisicoquímicas y sensoriales del café pergamino obtenido bajo los dos tratamientos.

Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos realizados incluyeron: acidez titulable, pH, contenido de humedad,

determinación de sólidos solubles, todos ellos de acuerdo con los métodos de la A.O.A.C. La determinación de bacterias se llevó a cabo por observación microscópica a 100X, empleando tinción con cristal violeta al 1%.

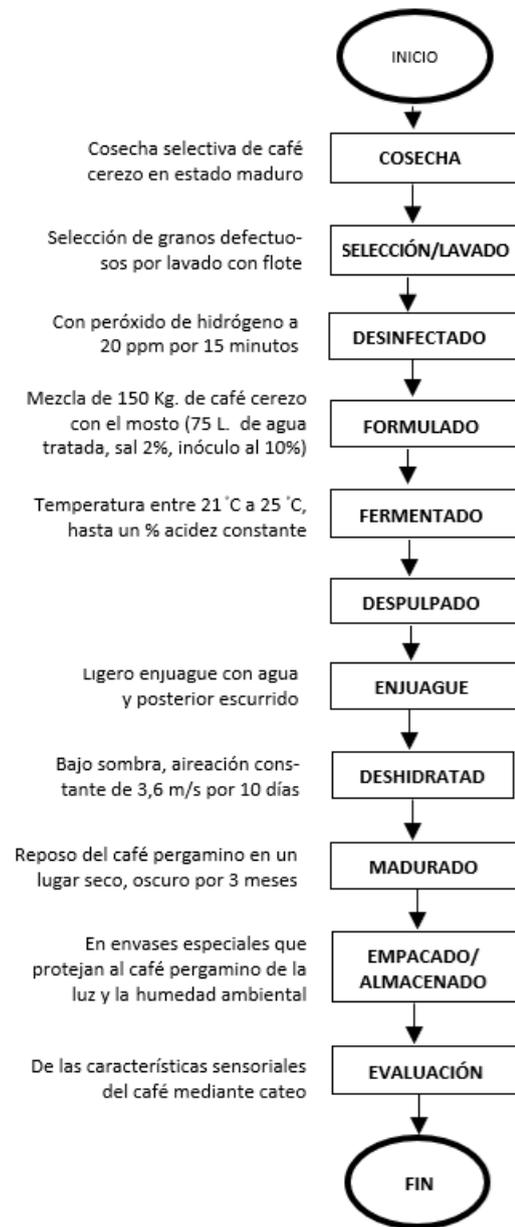


Figura 1. Procesamiento de café cerezo bajo fermentación controlada.

Tabla 1

Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos establecidos para la aplicación de los tratamientos

Tipos de tratamiento	Código	Condiciones del mosto a fermentar			
		pH al final de la fermentación	% de acidez al final de la fermentación	Bacterias lácticas (células/mL)	Temperatura
Con fermentación láctica (Fermlac)	R1 R2 R3 R4	Máx. 3,5	Máx. 7	Min. 10 ⁶ células/mL	23 ± 2 °C
Sin fermentación láctica (Patrón)	T0				

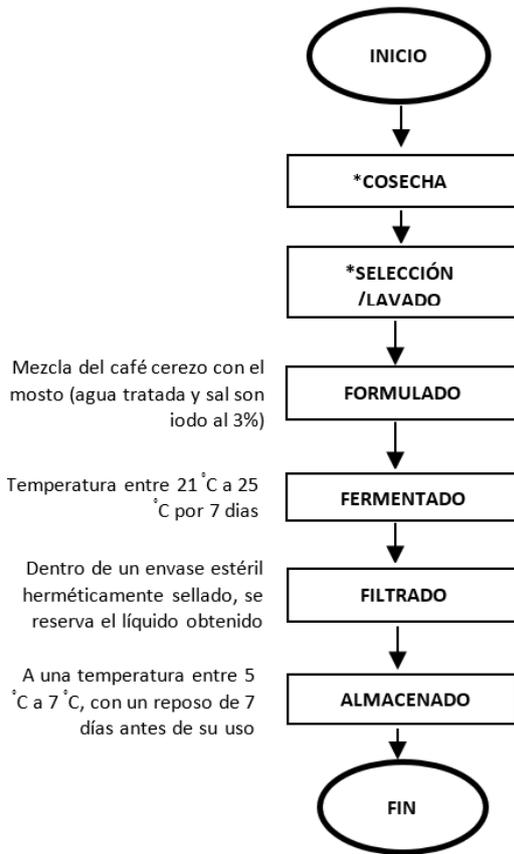


Figura 2. Procesamiento del inóculo del café cerezo para crecimiento de bacterias lácticas.

Evaluación sensorial del café

La evaluación sensorial del café se realizó utilizando el método propuesto por la Specialty Coffee Association of America (SCAA), mediante el empleo de fichas de evaluación estandarizadas por dicha organización. La cata fue llevada a cabo por seis catadores certificados como Q Grader, de los cuales cuatro fueron varones. Los evaluadores presentaban un rango de edades entre 30 y 40 años. La cata de la muestra fue realizada durante el I Concurso de cafés especiales “Taza de Oro Perené” 2024 en Chanchamayo.



Figura 3. Procesamiento del café pergamino patrón.

Análisis estadístico

Las variables de control fueron evaluadas utilizando desviación estándar. Para el análisis de calidad sensorial, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño de bloque completo al azar con cuatro repeticiones. Adicionalmente, se empleó la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el software estadístico Infosat 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características del inóculo obtenido

Se generó un inóculo bajo las condiciones descritas en la Figura 2. Al cabo de 7 días de fermentación, se obtuvo un líquido de agradable olor a frutas tropicales con una coloración rosa intenso. Se tomó una muestra de dicho inóculo y se analizó al microscopio, pudiéndose certificar que se logró obtener un líquido puro, en el cual solo crecieron bacterias con una concentración de 48×10^6 UFC/g, como se aprecia en la Figura 4. Se presume que dichas bacterias corresponden a bacterias lácticas, dado que se propiciaron las condiciones específicas para favorecer su desarrollo.

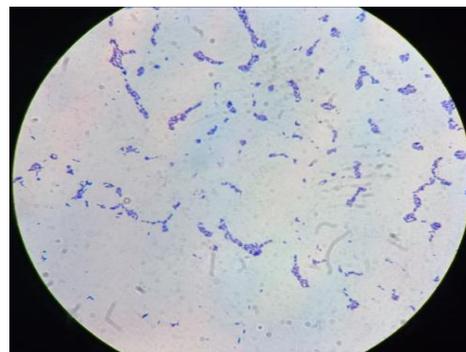


Figura 4. Muestra del inóculo obtenido rico en bacterias lácticas.

Comportamiento del proceso fermentativo realizado

El llenado de los cuatro tanques fermentadores se realizó con café cerezo y mosto (Figura 1). Se desarrolló un proceso de fermentación láctica controlada, cuyo criterio de finalización fue alcanzar un porcentaje de acidez cercano al 6%. Esta decisión fue respaldada por ensayos preliminares, en las que se observó una mejora significativa en las características sensoriales del café cuando el mosto alcanzaba dicho nivel de acidez, el cual se mantuvo estable a partir de ese punto. Es importante señalar que no todas las variedades de café presentan estabilidad láctica fermentativa láctica al alcanzar un seis por ciento de acidez, ya que este comportamiento dependerá tanto de la variedad del café como de los factores específicos que condicionan cada proceso fermentativo. Por ejemplo, la variedad Castilla puede alcanzar hasta un diez por ciento de acidez durante el proceso de fermentación láctica, punto a partir del cual se estabiliza.

En la Tabla 2 se observa que, durante la fermentación del mosto, los cuatro fermentadores mantuvieron valores de pH con baja variabilidad en cada medición, con desviaciones estándar entre 0,10 y 0,19 a lo largo del proceso. En contraste, la acidez titulable del mosto presentó una variabilidad moderada entre las mediciones, registrando desviaciones estándar entre 0,20 y 0,59. No obstante, en el cuarto día se observó una desviación estándar más elevada, alcanzando 1,20. Estos resultados son respaldados por Cassimiro et al. (2023), al reportar pH inicial de 4,6 - 5,5 y su disminución gradual hasta 3,5 - 3,9 durante la fermentación de 72 h. Aunque durante el proceso fermentativo los valores de pH reflejan una aparente homogeneidad, con tendencia a volverse estable a partir del cuarto día de fermentación. Esta situación podría llevar a una interpretación errónea, ya que dicha conclusión sería incorrecta, debido a que el proceso de acidificación continuó hasta el séptimo día, alcanzado un valor cercano al 6% de acidez titulable.

Tabla 2
Comportamiento de los indicadores en el proceso de fermentación

Dia	Tipo de tratamiento (Fermlac)	Código	Comportamiento del mosto durante la fermentación láctica				
			pH al final de la fermentación	Desv. Estándar del pH	% de acidez al final de la fermentación	Desv. Estándar del % acidez	Contenido de bacterias lácticas (células/mL)
1	Con fermentación láctica	R1	5,00	0,12	1,65	0,20	1,7 x 10 ⁶
		R2	5,00		1,61		
		R3	5,20		1,50		
		R4	5,20		1,20		
		Promedio	5,10		1,49		
2	Con fermentación láctica	R1	4,10	0,19	1,20	0,36	*S.C.
		R2	4,10		1,90		
		R3	4,20		1,70		
		R4	4,50		1,20		
		Promedio	4,23		1,50		
3	Con fermentación láctica	R1	3,90	0,14	1,80	0,59	*S.C.
		R2	3,70		1,90		
		R3	4,00		2,70		
		R4	4,00		3,00		
		Promedio	3,90		2,35		
4	Con fermentación láctica	R1	3,60	0,19	4,42	1,20	17,11 x 10 ⁶
		R2	3,40		2,55		
		R3	3,80		1,65		
		R4	3,80		2,25		
		Promedio	3,65		2,72		
5	Con fermentación láctica	R1	3,50	0,15	2,85	0,55	*S.C.
		R2	3,40		2,10		
		R3	3,70		2,10		
		R4	3,70		1,50		
		Promedio	3,58		2,14		
6	Con fermentación láctica	R1	3,50	0,17	4,50	0,53	*S.C.
		R2	3,30		4,50		
		R3	3,70		3,45		
		R4	3,60		4,50		
		Promedio	3,53		4,24		
7 (mañana)	Con fermentación láctica	R1	3,40	0,13	6,00	0,45	*S.C.
		R2	3,30		5,85		
		R3	3,60		5,00		
		R4	3,50		5,40		
		Promedio	3,45		5,56		
7 (noche)	Con fermentación láctica	R1	3,40	0,10	6,00	0,39	19,48 x 10 ⁶
		R2	3,40		5,90		
		R3	3,60		5,20		
		R4	3,50		5,40		
		Promedio	3,48		5,63		

* S.C. sin conteo de carga bacteriana.

Adicionalmente, la Tabla 2 muestra que la concentración de bacterias lácticas fue determinada en tres momentos del proceso: al inicio, con una carga microbiana de $1,7 \times 10^6$ cel/mL; al cuarto día, con $17,11 \times 10^6$ cel/mL; y al séptimo día con $19,48 \times 10^6$ cel/mL, lo cual confirma un incremento progresivo de la biomasa bacteriana. Cabe destacar que la emisión de biogás emitida por parte de los cuatro fermentadores se concentró principalmente durante los tres primeros días de fermentación. A partir del segundo día, el mosto fue removido diariamente mediante una bomba peristáltica, la cual operaba con suavemente para evitar daños a las células presentes en el medio.

Consideraciones del proceso Post Fermentativo

Una vez finalizado el proceso de fermentación, el café cerezo fue despulpado, observándose una coloración rosada, un aroma agradable y una superficie moderadamente tersa, como se aprecia en la Figura 5. Seguidamente, se realizó un ligero enjuague con agua limpia, con el objetivo de remover la carga microbiana excedente presente en la superficie del grano. Esta medida fue adoptada para evitar que una concentración elevada de bacterias remanentes pudiera interferir negativamente en las etapas posteriores de secado y maduración del café pergamino.



Figura 5. Fotografía del café cerezo despulpado, luego de la fermentación láctica.

El proceso de secado del grano de café se realizó bajo sombra empleando bandejas con una velocidad del flujo de aire aproximada de 3,6 m/s. Este procedimiento se llevó a cabo durante un periodo de diez días, alcanzado una humedad final de 10,5%. Al término del secado, los granos presentaron una coloración rosa oscura, tal como se observa en la Figura 6.



Figura 6. Fotografía del café deshidratado luego de la fermentación láctica.

Características físicas del café pergamino

El café trillado presentó una humedad final de 10,5%, con una coloración verde y un olor característico, atributos que coinciden con los reportados por Márquez-Romero (2020), los estándares SCAA y de la Norma Técnica Peruana NTP 209-027-INDECOPI que establece como rango de humedad entre 10% a 12%. Respecto a la granulometría, los granos de café mostraron mayor retención en las mallas N° 18, 17, 16 y 15 con 8,54%, 4,84%, 41,18% y 23,91% respectivamente, y cumple con la NTP 209-027.INDECOPI al indicar que el 50% de los granos son retenidos sobre la malla 15. Estos resultados son similares con lo reportado por Márquez (2020), al obtener rendimiento físico de 81,11%, defectos de 1,97% y humedad de 11,63%.

Características sensoriales del grano de café

En la Tabla 3 se presentan los resultados del perfil sensorial y la puntuación total en taza de los dos tratamientos evaluados del café cerezo: con fermentación láctica (FermLac) y la muestra Patrón, los cuales fueron calificados por catadores certificados durante el I Concurso de cafés especiales "Taza de Oro Perené" 2024 en Chanchamayo. Estos resultados fueron graficados en la Figura 7 para una mejor visualización comparativa.

Según el análisis estadístico mediante la prueba de Tukey, se evidenciaron diferencias significativas entre ambos tratamientos en todos los atributos organolépticos evaluados. El tratamiento con fermentación láctica (FermLac) mostró un perfil sensorial superior en comparación con el tratamiento control (Patrón).

Durante la evaluación sensorial, el tratamiento FermLac obtuvo puntuaciones superiores a 8 en los atributos de aroma/fragancia, sabor, acidez, cuerpo y puntaje del catador, los cuales fueron clasificados como "Excelente" de acuerdo con la escala de calidad establecida por la Ficha de Evaluación Sensorial de la SCAA. Asimismo, los atributos de sabor residual y balance alcanzaron puntuaciones de 7,8 y 7,95 respectivamente, clasificados como "Muy Bueno". Por su parte, el tratamiento Patrón obtuvo puntuaciones entre 7,18 y 7,86 en todos los atributos organolépticos evaluados, siendo clasificados con la denominación de "Muy Bueno" conforme a los estándares de la SCAA.

Tabla 3

Significancia (Tukey $p = 0,05$) del perfil sensorial y puntaje total en taza del café con y sin fermentación láctica

Atributos organolépticos	Tipos de tratamiento		DMS
	Con fermentación láctica (FermLac)	Sin fermentación láctica (Patrón)	
Aroma/Fragancia	8,10 ^a	7,54 ^b	0,188
Sabor	8,15 ^a	7,53 ^b	0,487
Sabor Residual	7,80 ^a	7,43 ^b	0,487
Acidez	8,10 ^a	7,86 ^b	0,361
Cuerpo	8,20 ^a	7,45 ^b	0,815
Balance	7,95 ^a	7,39 ^b	0,361
Puntaje del catador	8,05 ^a	7,18 ^b	0,217
Puntaje Total	86,33 ^a	82,50 ^b	1,246

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

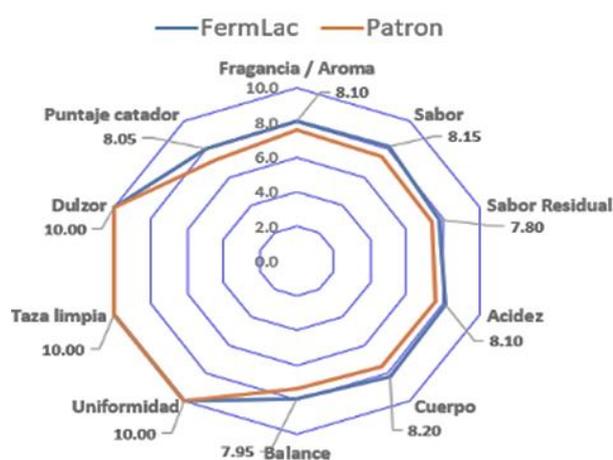


Figura 7. Perfil sensorial en taza.

Los atributos organolépticos que más destacaron en el tratamiento con fermentación láctica (FermLac) fueron el sabor y el cuerpo, obteniendo puntuaciones de 8,15 y 8,20 respectivamente. Estos valores representan una mejora del 8,23% en sabor y de 10,07% en cuerpo en comparación con la muestra control (Patrón).

Los resultados obtenidos son consistentes con lo reportado por Shen et al, (2024), quienes señalan que la fermentación de café utilizando cepas iniciadoras de *Lactobacillus plantarum* puede incrementar significativamente la puntuación total en pruebas de cata, además de mejorar las características aromáticas. Asimismo, los autores destacan que la evaluación sensorial del café bajo protocolos establecidos se realiza tradicionalmente por profesionales certificados y experimentados, sin embargo, advierten que dicho análisis podría verse influenciado por sesgos derivados de las preferencias personales de los catadores.

Por otro lado, Shen et al. (2024) también indican que el uso de métodos de fermentación mejorada puede optimizar el sabor del café mediante la inhibición del crecimiento de microorganismos bacterianos indeseables y la modificación de los compuestos químicos generados durante el proceso. En este mismo sentido, Muñoz et al. (2024) reportan que *L. plantarum* se ha consolidado como el iniciador más comúnmente empleado en fermentaciones de alimentos, debido a su efecto regulador en la mejora de las características del sabor. Este fenómeno es respaldado por Puerta & Echeverry (2015), al señalar que, en fermentaciones controladas, los granos de café inmersos en el sustrato sólido o sumergido adsorben los compuestos resultantes de

la fermentación del mucílago, modificando así las características, intensidades y frecuencias de los sabores especiales.

De acuerdo con la Tabla 3, el puntaje de calidad de taza más alto fue obtenido con el tratamiento FermLac, alcanzando 86,33 puntos, mientras que el tratamiento Patrón registró 82,50 puntos; lo que representa una mejora porcentual de 4,6% a favor del proceso de fermentación láctica.

La Tabla 4 presenta la clasificación, calidad y notas del café conforme a la normalización de la SCAA. Según estos datos, el café sometido a fermentación láctica (FermLac) se ubica en el rango de 85 a 89 puntos, siendo definido como de calidad "Excelente". En cambio, el café sin fermentación láctica (Patrón) se encuentra en el rango de 80 a 84 puntos, clasificándose como "Muy Bueno". Adicionalmente, el café con fermentación láctica exhibe notas sensoriales de tutifruiti, toffee, manzana roja, vainilla y fruta deshidratada. Por su parte, la muestra Patrón presenta notas de olivos, cacao, pimentón, cúrcuma, manzana verde, pasas y un carácter de alicorado seco. Al respecto, López et al. (2024) reportaron una puntuación poco satisfactoria de 79,25 en café variedad Catucaí fermentado durante 16 horas a 18,3 °C, atribuida a un manejo nutricional y fitosanitario inadecuado del cultivo. Aunque este puntaje aún es considerado "Bueno" según los estándares de la SCAA, corresponde a la categoría de café comercial. En contraste, en el presente estudio se logró alcanzar 86,33 puntos en la misma variedad, gracias a un adecuado manejo agronómico, la aplicación de buenas prácticas agrícolas y un correcto proceso de beneficio, destacando la implementación de la fermentación láctica, lo cual permitió la obtención de cafés especiales de "Excelente calidad", como se evidencia en los resultados. Dicha puntuación lograda podría atribuirse también a la higienización del café cereza y los tiempos de fermentación prolongados que favorecen la seguridad y la calidad final del café en la taza como lo señala (Sánchez-Riaño et al., 2024).

Adicionalmente, da Silva et al. (2023) afirman que la actividad de los microorganismos autóctonos del café que son esenciales para obtener un café seguro y de buena calidad. Estos resultados también son corroborados por Kim et al. (2024), quienes señalan que los extractos de café fermentados con las bacterias lácticas constituyen un método eficaz y sencillo para regular el sabor del café, potenciar sus propiedades y producir cafés especiales, en comparación con los obtenidos mediante métodos convencionales.

Tabla 4
Clasificación, calidad y notas del café con y sin fermentación láctica

Tipo de tratamiento	Puntaje Total	Clasificación	Calidad	Notas en taza (*)
FermLac	86,33	>=85<89	Excelente	Tutifruiti, toffee, manzana roja, vainilla, fruta deshidratada.
Patrón	82,50	>=80<84	Muy Bueno	Olivos, cacao, pimentón, cúrcuma, manzana verde, especiados, pasas, alicorado-seco

(*) Notas percibidas por los catadores de las muestras.

Por otra parte, los resultados obtenidos en este estudio superaron a los obtenidos por Torres et al. (2024), quienes lograron puntuaciones de 84,25 puntos en café de la misma variedad (Catucaí) mediante fermentación anaerobia a temperatura ambiente (22,95 °C), con descriptores sensoriales de chocolate, naranja, panela, almendra y pasas, y una acidez cítrico melosa; y 83,75 puntos en café sometido a fermentación aeróbica a temperatura de 13,2 °C, con notas a frutos rojos, pomarrosa, chocolate y cedro.

Al respecto, da Silva et al. (2022) señalan que el perfil microbiano y la puntuación sensorial de las bebidas dependen de las condiciones de elaboración, de los frutos del café y de la fermentación; y reportan una puntuación sensorial de 81 puntos a lo largo del tiempo de fermentación mediante inoculación de *Klebsiella* sp; mientras que Días et al. (2024) obtuvieron como descriptores sabores a mora, especias, cacao y frutos secos con inóculo de *L. plantarum*; y cafés con aromas únicos. Como miel, pimienta marrón, nuez moscada y canela mediante co-inoculación con *S. cerevisiae* y *L. plantarum*. Con este inóculo mixto, Cassimiro et al. (2023) reportan puntuaciones sensoriales de 81,33 puntos y notas detectadas a caramelo, afrutado y especias. dos Santos Gomes et al. (2025), obtuvieron una puntuación sensorial de 83,25 a 38 °C durante 120 horas en *Coffea canephora*, fermentación en maceración carbónica. De mismo modo, Bressani et al. (2018) obtuvieron puntuación total de la bebida de café de 84 puntos con inóculo de *S. cerevisiae* y 80 puntos con fermen-

tación espontánea, mientras que, Evangelista et al. (2014) obtuvieron puntajes menores a 8 en todos los atributos sensoriales y puntuación total de 79, 33 en café con *S. cerevisiae* y 80 puntos en el control. Vaz et al. (2023) alcanzaron puntuaciones finales que oscilaron entre 81 y 85, en tiempos más largos y condiciones extremas de temperatura, y todas las muestras han sido clasificadas como cafés especiales. Bressani et al. (2018) obtuvieron puntuación total de la bebida de café de 84 puntos con inóculo y 80 puntos con fermentación espontánea. Por otro lado, Maldonado et al. (2024) obtuvieron un puntaje total de 84,7 en procesos de fermentación del café con yogur 84,7 puntos en el control, logrando una mejora relativa en las características del café, cuyo incremento se atribuye a la acción de bacterias lácticas presentes durante la fermentación, similar al proceso de fermentación láctica evaluado en el presente estudio. Esto tiene sentido con lo afirmado por Bressani et al. (2018) al afirmar que el uso de cultivos iniciadores es una alternativa prometedora y económicamente viable para mejorar la calidad sensorial de la bebida de café y aumentar el valor del producto final. Los resultados aquí obtenidos permiten deducir que la fermentación láctica representa una alternativa viable y prometedora para los productores que buscan diferenciar de café que buscan diferenciar sus productos, incrementar su competitividad en el mercado y atender la creciente demanda de cafés especiales.

CONCLUSIONES

El presente estudio demostró que la fermentación láctica controlada, utilizando bacterias lácticas autóctonas extraídas del propio café, mejora significativamente la calidad sensorial del café de la variedad Catucaí. Durante el proceso de fermentación de siete días, se registró un incremento en la acidez del mosto de 1,49% a 5,63% y una reducción del pH de 5,1 a 3,48, evidenciando una fermentación efectiva y controlada. Estos cambios físico-químicos se tradujeron en un perfil sensorial superior, con un puntaje promedio de 86,33 en la escala SCAA para las muestras fermentadas,

superando al café procesado sin fermentación láctica, que obtuvo 82,50 puntos.

Estos hallazgos posicionan a la fermentación láctica controlada como una técnica viable y sostenible para elevar la calidad del café en la región de Chanchamayo, Perú, con potencial aplicación en otras zonas cafetaleras de condiciones similares.

Se recomienda profundizar en la investigación sobre la aplicación de esta técnica en otras variedades de café y optimizar los parámetros de fermentación para maximizar sus beneficios sensoriales y económicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarado, L., Vértiz, R., Jiménez, J., Borjas, R., Castro, V., & Julca, A. (2017). Caracterización agronómica de 95 accesiones en el banco de germoplasma de café en Chanchamayo (Perú), año 2016. *Revista ECI Perú*, 14(1), 41-49. <https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2017.0004>
- Álvarez López, B. A., Mastrocola Racines, N. A., Tello Hidalgo, E. G., & Torres Rodríguez, D. G. (2024). Influencia de las condiciones ambientales y tiempo de fermentación aerobia sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L.) var. Catucaí. *Semiárida*, 34(2), 31-42. [https://doi.org/10.19137/semiarida.2024\(2\).31-42](https://doi.org/10.19137/semiarida.2024(2).31-42).
- Banti, M., & Atlaw, T. (2024). Physicochemical and cup quality of coffee as affected by processing methods and growing locations. *CyTA - Journal of Food*, 22(1), 2329760. <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2329760>
- Braga, A. V. U., Miranda, M. A., Aoyama, H., & Schmidt, F. L. (2023). Study on coffee quality improvement by self-induced anaerobic fermentation: Microbial diversity and enzymatic activity. *Food Research International*, 165, 112528. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112528>
- Bressani, A. P. P., Martínez, S. J., Evangelista, S. R., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2018). Characteristics of fermented coffee inoculated with yeast starter cultures using different inoculation methods. *LWT*, 92, 212-219. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.029>
- Bressani, A. P. P., Martínez, S. J., Sarmiento, A. B. I., Borém, F. M., & Schwan, R. F. (2020). Organic acids produced during fermentation and sensory perception in specialty coffee using yeast starter culture. *Food Research International*, 128, 108773. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108773>
- Cassimiro, D. M. de J., Batista, N. N., Fonseca, H. C., Oliveira Naves, J. A., Coelho, J. M., Bernardes, P. C., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2023). Wet fermentation of *Coffea canephora* by lactic acid bacteria and yeasts using the self-induced anaerobic fermentation (SIAF) method enhances the coffee quality. *Food Microbiology*, 110, 104161. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104161>
- da Silva, M. C. S., da Luz, J. M. R., Veloso, T. G. R., Gomes, W. dos S., Oliveira, E. C. da S., Anastácio, L. M., Cunha Neto, A., Moreli, A. P., Guarçoni, R. C., Kasuya, M. C. M., & Pereira, L. L. (2022).

- Processing techniques and microbial fermentation on microbial profile and chemical and sensory quality of the coffee beverage. *European Food Research and Technology*, 248(6), Article 6. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-03980-6>
- da Silva, M. de C. S., Veloso, T. G. R., Brioschi Junior, D., Bullergahn, V. B., da Luz, J. M. R., Menezes, K. M. S., Guarçoni, R. C., Kasuya, M. C. M., & Pereira, L. L. (2023). Bacterial community and sensory quality from coffee are affected along fermentation under carbonic maceration. *Food Chemistry Advances*, 3, 100554. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100554>
- Dias, S. R., Bressani, A. P. P., Batista, N. N., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2024). Increasing the quality and complexity of pulped coffee fermentation with *Lactiplantibacillus plantarum* and selected yeasts. *European Food Research and Technology*, 251(2), Article 2. <https://doi.org/10.1007/s00217-024-04640-7>
- dos Santos Gomes, W., Partelli, F. L., da Silva Oliveira, E. C., Guimarães, C. V., Simmer, M. M. B., Filete, C. A., Guarçoni, R. C., da Luz, J. M. R., Moreli, A. P., & Pereira, L. L. (2025). Fermentation time and temperature induce changes in the volatile and sensory profile of *Coffea canephora* var. Conilon subjected to carbonic maceration. *Journal of Food Composition and Analysis*, 143, 107636. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107636>
- Evangelista, S. R., da Cruz Pedrozo Miguel, M. G., de Souza Cordeiro, C., Silva, C. F., Marques Pinheiro, A. C., & Schwan, R. F. (2014). Inoculation of starter cultures in a semi-dry coffee (*Coffea arabica*) fermentation process. *Food Microbiology*, 44, 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.05.013>
- Ehalis, H., Cox, J., & Zhao, J. (2023). Coffee fermentation: Expedition from traditional to controlled process and perspectives for industrialization. *Applied Food Research*, 3(1), 100253. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100253>
- Escalante, W. D., Rodríguez Portilla, L. M., Pinillos Miñano, R. M., Rojas Ocupa, E. J., Lozada Castillo, K. L., Hatta Sakoda, B. A., & Guevara Pérez, A. (2024). Impact of single and mixed cultures of yeasts and lactic acid bacteria in coffee fermentation and cup quality. *Applied Food Biotechnology*, 11(1). <https://doi.org/10.1002/appl.202300020>
- Febrianto, N. A., & Zhu, F. (2023). Coffee bean processing: Emerging methods and their effects on chemical, biological and sensory properties. *Food Chemistry*, 412, 135489. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135489>
- Haile, M., & Kang, W. H. (2019). The Role of Microbes in Coffee Fermentation and Their Impact on Coffee Quality. *Journal of Food Quality*, 2019(1), 4836709. <https://doi.org/10.1155/2019/4836709>
- Ferreira, L. J. C., Gomes, M. de S., Oliveira, L. M. de, & Santos, L. D. (2023). Coffee fermentation process: A review. *Food Research International*, 169, 112793. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112793>
- Keenan, M., Fort, R., & Vargas, R. (2024). Shocked into side-selling? Production shocks and organic coffee farmers' marketing decisions. *Food Policy*, 125, 102631. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2024.102631>
- Kim, S.-G., Abbas, A., & Moon, G.-S. (2024). Improved Functions of Fermented Coffee by Lactic Acid Bacteria. *Applied Sciences*, 14(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/app14177596>
- Márquez-Romero, F. R., Huamán, S., Sánchez, H. M. C., Valdeiglesias, J. P., & Márquez, S. C. (2020). Caracterización de la calidad física y sensorial de café de Cirialo – La Convención Cusco-Perú. *Rev. Tayacaja*, 3(2), Art. 2. <https://doi.org/10.46908/riect.v3i2.106>
- López, B. A. Á., Racines, N. A. M., Hidalgo, E. G. T., & Rodríguez, D. G. T. (2024). Influencia de las condiciones ambientales y tiempo de fermentación aerobia sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L.) var. Catucaí. *Semiárida*, 34(2), Article 2. [https://doi.org/10.19137/semiárida.2024\(2\).31-42](https://doi.org/10.19137/semiárida.2024(2).31-42)
- Maldonado Espejo, Z., Maldonado Fuentes, C., & Catari Quispe, P. (2024). Diferentes formas de fermentación sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L.) B Estación Experimental Sapecho. *Apthapi*, 10(1), 2651-2660. <https://doi.org/10.53287/xfpv4722br94c>
- Mahingsapun, R., Tantayotai, P., Panyachanakul, T., Samosorn, S., Dolsophon, K., Jiamjariyatam, R., Lorliam, W., Srisuk, N., & Krajangsang, S. (2022). Enhancement of Arabica coffee quality with selected potential microbial starter culture under controlled fermentation in wet process. *Food Bioscience*, 48, 101819. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101819>
- Muñoz, R., Rivas, B. L., Rodríguez, H., Esteban-Torres, M., Reverón, I., Santamaría, L., Landete, J. M., Plaza-Vinuesa, L., Sánchez-Arroyo, A., Jiménez, N., & Curiel, J. A. (2024). Food phenolics and *Lactiplantibacillus plantarum*. *International Journal of Food Microbiology*, 412, Article 110555. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110555>
- Oliveros-Tascón, C. E., Ramírez, C. A., Rodríguez-Valencia, N., Sanz-Urbe, J. R., & Tibaduiza, C. A. (2022). Manejo y aprovechamiento de las aguas residuales del lavado del café con la tecnología ECOMILL®. *Avances Técnicos Cenicafé*, 1-8. <https://doi.org/10.38141/10779/0538>
- Peñuela-Martínez, A. E., & García-Duque, J. F. (2023). Métodos de fermentación modificados y su influencia en la calidad de la bebida. *Avances Técnicos Cenicafé*, 554, 1-12. <https://doi.org/10.38141/10779/0554>
- Pereira, P. V., Bravim, D. G., Grillo, R. P., Bertoli, L. D., Osório, V. M., da Silva Oliveira, D., da Cruz Pedrozo Miguel, M. G., Schwan, R. F., de Assis Silva, S., Coelho, J. M., & Bernardes, P. C. (2021). Microbial diversity and chemical characteristics of *Coffea canephora* grown in different environments and processed by dry method. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 37(3), Article 3. <https://doi.org/10.1007/s11274-021-03017-2>
- Puerta, G. I., & Echeverry-Molina, G. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. *Avances Técnicos Cenicafé*, 454, 1-12. <https://doi.org/10.38141/10779/0454>
- Sánchez-Riaño, A. M., Vega-Oliveros, C., Ladino-Garzón, W. L., Orozco-Blanco, D. A., Bahamón-Monje, A. F., Gutiérrez-Guzmán, N., & Amorcho-Cruz, C. M. (2024). Effects of cherries Sanitization methods and fermentation times on quality parameters of coffee beans. *Heliyon*, 10(13), e33508. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33508>
- Shen, X., Wang, Q., Zheng, T., Li, X., Zheng, J., Yin, Z., Liu, K., Zhang, J., & Yuan, W. (2024). La fermentación mejorada con *Lactiplantibacillus plantarum* mejoró el sabor del café al cambiar las comunidades microbianas y los compuestos orgánicos de *Coffea arabica*. *LWT*, 193, 117298. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.117298>
- Torres Suárez, W. J., Otárola Gamarra, A., & Ponce Rosas, F. C. (2024). La doble fermentación en la mejora de la calidad sensorial del café (*Coffea arabica*). *Manglar*, 21(2), 161-167. <https://doi.org/10.57188/manglar.2024.016ResearchGate>
- Vaz, C. J. T., de Menezes, L. S., de Santana, R. C., Sentanin, M. A., Zotarelli, M. F., & Guidini, C. Z. (2023). Effect of fermentation on the physicochemical characteristics and sensory quality of Arabica coffee. *3 Biotech*, 13(12), 403. <https://doi.org/10.1007/s13205-023-03768-9>
- Velásquez, S., & Banchón, C. (2022). Influence of pre-and post-harvest factors on the organoleptic and physicochemical quality of coffee: A short review. *Journal of Food Science and Technology*, 60(10), 2526-2538. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05569-z>
- Zhang, S. J., De Bruyn, F., Pothakos, V., Contreras, G. F., Cai, Z., Moccand, C., Weckx, S., & De Vuyst, L. (2019). Influence of various processing parameters on the microbial community dynamics, metabolomic profiles, and cup quality during wet coffee processing. *Frontiers in Microbiology*, 10, Article 2621. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02621>