Ciencia y Educación
(L-ISSN: 2790-8402 E-ISSN: 2707-3378)
Vol. 7 No. 11.1
Edición Especial XI 2026

OPTIMIZACIÓN DE LA MACERACIÓN ACELERADA MEDIANTE INTERMITENCIA TÉRMICA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL LICOR DE BOROJÓ
OPTIMIZATION OF ACCELERATED MACERATION USING THERMAL INTERMITTENCE TO IMPROVE THE QUALITY OF BOROJÓ LIQUEUR

Autores: [1]Karelys Edith Vélez Terreros y [2]Alicia Nicole Batallas Terrero.
[1]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0002-9714-1776
[2]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-7268-1761
[1]E-mail de contacto: kvelezt@unemi.edu.ec
[2]E-mail de contacto: abatallast@unemi.edu.ec
Afiliación: [1]*Universidad Estatal de Milagro, (Ecuador).
Artículo recibido: 15 de Septiembre del 2026.
Artículo revisado: 2 de Octubre del 2026.
Artículo aprobado: 2 de Octubre del 2026.
[1]Ingeniera en Alimentos, graduada de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, (UTEQ), (Ecuador). Maestrante de Maestría en Agroindustria con mención en Gestión de Calidad y Seguridad Alimentaria en la Universidad Estatal de Milagro (Ecuador).
[2]Ingeniera en Alimentos, graduada de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, (UTEQ), (Ecuador). Maestrante de la Maestría en Agroindustria con mención en Gestión de Calidad y Seguridad Alimentaria en la Universidad Estatal de Milagro, (Ecuador).

Resumen

La optimización de los procesos de maceración representa una estrategia clave para mejorar la eficiencia en la elaboración de licores artesanales. La presente investigación evaluó la eficiencia de la maceración acelerada por intermitencia térmica para la elaboración de licor artesanal de borojó, con el propósito de optimizar el proceso de extracción de compuestos bioactivos y reducir el tiempo de producción sin afectar la calidad del producto. Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial, considerando dos temperaturas de intermitencia térmica (40 y 45°C) y tres tiempos de aplicación (10, 20 y 30 días), además de un tratamiento testigo. Se realizaron análisis fisicoquímicos (pH, acidez total, acidez fija, acidez volátil e índice de refracción), colorimétricos y sensoriales, aplicando las pruebas no paramétricas de Friedman y Holm debido a la ausencia de normalidad en los datos. Los resultados evidenciaron que la intermitencia térmica no produjo diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de las variables fisicoquímicas, aunque permitió mantener la estabilidad del producto. En contraste, las evaluaciones sensoriales y colorimétricas mostraron diferencias significativas entre tratamientos, destacándose el tratamiento de 45 °C durante 10 días por presentar mejor apariencia, aroma, sabor, color y aceptabilidad. En conclusión, la maceración acelerada mediante intermitencia térmica constituye una alternativa tecnológica viable para obtener licor artesanal de borojó con características de calidad, reducciendo el tiempo de elaboración y favoreciendo su potencial de producción a escala comercial.

Palabras clave: Borojoa patinoi, Maceración acelerada, Intermitencia térmica, Análisis sensorial, Compuestos bioactivos.

Abstract

The optimization of maceration processes represents a key strategy for improving efficiency in the production of artisanal liqueurs. This study evaluated the efficiency of accelerated maceration through thermal intermittence for the production of artisanal borojó liqueur (Borojoa patinoi), aiming to optimize the extraction of bioactive compounds and reduce production time without affecting product quality. A completely randomized design with a factorial arrangement was employed, considering two thermal intermittence temperatures (40 and 45 °C) and three application times (10, 20, and 30 days), in addition to a control treatment. Physicochemical analyses (pH, total acidity, fixed acidity, volatile acidity, and refractive index), colorimetric analyses, and sensory evaluations were conducted using the nonparametric Friedman and Holm tests due to the lack of normality in the data. The results

showed that thermal intermittence did not produce statistically significant differences in most physicochemical variables, although it helped maintain product stability. In contrast, sensory and colorimetric evaluations revealed significant differences among treatments, with the treatment at 45 °C for 10 days showing the best appearance, aroma, flavor, color, and acceptability. In conclusion, accelerated maceration through thermal intermittence constitutes a viable technological alternative for obtaining artisanal borojó liqueur with quality characteristics, reducing processing time and enhancing its potential for commercial-scale production.

Keywords: Borojoa patinoi, Accelerated maceration, Thermal intermittence, Sensory analysis, Bioactive compounds.

Sumário

A otimização dos processos de maceração representa uma estratégia fundamental para melhorar a eficiência na produção de licores artesanais. Este estudo avaliou a eficiência da maceração acelerada por meio de intermitência térmica na produção de licor artesanal de borojó (*Borojoa patinoi*), visando otimizar a extração de compostos bioativos e reduzir o tempo de produção sem comprometer a qualidade do produto. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial, considerando duas temperaturas de intermitência térmica (40 e 45 °C) e três tempos de aplicação (10, 20 e 30 dias), além de um tratamento controle. Foram realizadas análises físico-químicas (pH, acidez total, acidez fixa, acidez volátil e índice de refração), análises colorimétricas e avaliações sensoriais, utilizando-se os testes não paramétricos de Friedman e Holm devido à ausência de normalidade nos dados. Os resultados demonstraram que a intermitência térmica não gerou diferenças estatisticamente significativas na maioria das variáveis físico-químicas, embora tenha contribuído para a manutenção da estabilidade do produto. Por outro lado, as avaliações sensoriais e colorimétricas revelaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que o tratamento a 45 °C por 10 dias apresentou os melhores resultados em termos de aparência, aroma, sabor, cor e aceitabilidade. Conclui-se que a maceração acelerada por intermitência térmica constitui uma alternativa tecnológica viável para a obtenção de licor artesanal de borojó com características de qualidade, reduzindo o tempo de processamento e ampliando o potencial para produção em escala comercial.

Palavras-chave: Borojoa patinoi, Maceração acelerada, Intermitência térmica, Análise sensorial, Compostos bioativos.

Introducción

La producción de licores artesanales a partir de frutas tropicales ha despertado un creciente interés debido a la demanda de alimentos funcionales y bebidas con atributos sensoriales diferenciados, además de un mayor contenido de compuestos bioactivos de origen natural. Dentro de este contexto, la maceración constituye una de las operaciones más importantes del proceso de elaboración, ya que permite la extracción de compuestos aromáticos, pigmentos, metabolitos secundarios y otras sustancias responsables del sabor, color y propiedades funcionales del producto final.

Tradicionalmente, este proceso consiste en mantener el material vegetal sumergido en un solvente durante un período prolongado para favorecer la difusión de sus componentes químicos; sin embargo, cuando se emplean temperaturas elevadas de forma continua pueden producirse pérdidas de compuestos termolábiles y modificaciones indeseables en la calidad del producto (Quishpe, 2019). Asimismo, la eficiencia de la maceración depende de diversos factores, entre ellos el tiempo de extracción, la temperatura, la naturaleza del solvente y las características fisicoquímicas de la materia prima (Rivera et al., 2022). En este escenario, el borojó representa una materia prima de elevado interés

para la industria alimentaria. Esta especie tropical, originaria de la región amazónica y distribuida principalmente en Colombia y el suroeste de Panamá (Cuatrecasas y José, 1949), posee una pulpa con elevada concentración de vitaminas, minerales, compuestos fenólicos y antioxidantes, además de un perfil sensorial caracterizado por su textura viscosa y sabor ácido-aromático (Ortiz y López, 2021).

Estas propiedades han favorecido su utilización tradicional en bebidas fermentadas y licores artesanales, productos que además son reconocidos por su potencial funcional y valor agregado (Giraldo, 2020). No obstante, los métodos convencionales de maceración utilizados para la obtención de licor de borojó requieren largos períodos de extracción, lo que incrementa los costos de producción, limita la eficiencia del proceso y dificulta su escalamiento industrial (Díaz et al., 2014). En los últimos años, el desarrollo de tecnologías emergentes orientadas a intensificar los procesos de extracción ha permitido mejorar la eficiencia en la obtención de compuestos bioactivos sin comprometer la calidad sensorial de los alimentos.

Entre estas tecnologías destaca la maceración acelerada mediante intermitencia térmica, una estrategia basada en la aplicación cíclica de temperaturas de calentamiento y enfriamiento que modifica los fenómenos de difusión y solubilidad de los compuestos presentes en la matriz vegetal, favoreciendo su transferencia hacia el solvente y reduciendo simultáneamente la extracción de compuestos indeseables (Ciro y Rodríguez, 2020). La eficacia de esta técnica depende de una adecuada selección de los ciclos térmicos, las temperaturas de trabajo y los tiempos de aplicación, parámetros que deben optimizarse según las características específicas de cada materia prima para maximizar el rendimiento del proceso y preservar la estabilidad del producto (Vaquiro, 2019). Diversos estudios han demostrado que esta metodología mejora la extracción de metabolitos bioactivos y las propiedades organolépticas en diferentes productos vegetales, consolidándose como una alternativa tecnológica promisoria para la industria de bebidas (Correa et al., 2020).

A pesar de estas ventajas, existe escasa evidencia científica acerca de la aplicación de la intermitencia térmica en la elaboración de licor artesanal de Borojoa patinoi, particularmente respecto a su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas, colorimétricas y sensoriales del producto final. Esta limitación restringe la incorporación de dicha tecnología en procesos productivos orientados a incrementar la competitividad de bebidas elaboradas con frutos tropicales de alto valor nutricional. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de la maceración acelerada mediante intermitencia térmica en la elaboración de licor artesanal de Borojoa patinoi, considerando diferentes temperaturas y tiempos de aplicación, mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos, colorimétricos y sensoriales.

Materiales y Métodos

La presente investigación correspondió a un estudio experimental, con enfoque cuantitativo, orientado a evaluar el efecto de la maceración acelerada mediante intermitencia térmica sobre la calidad del licor artesanal de borojó (Borojoa patinoi). El estudio tuvo un alcance explicativo, ya que buscó determinar la influencia de diferentes condiciones de temperatura y tiempo de maceración sobre las propiedades fisicoquímicas, colorimétricas y sensoriales del producto final. El experimento se desarrolló bajo condiciones controladas en el

Laboratorio de Operaciones Unitarias y en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Ecuador. Todas las unidades experimentales fueron sometidas a las mismas condiciones de procesamiento, variando únicamente los factores establecidos en el diseño experimental. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 2 × 3, complementado con un tratamiento control.

El primer factor correspondió a la temperatura de intermitencia térmica, con dos niveles (40 y 45 °C), mientras que el segundo factor fue el tiempo de aplicación de la intermitencia térmica, con tres niveles (10, 20 y 30 días). La combinación de ambos factores generó seis tratamientos factoriales, a los que se adicionó un tratamiento testigo, obteniéndose un total de siete tratamientos experimentales. Cada tratamiento fue evaluado mediante tres repeticiones independientes, constituyendo un total de 21 unidades experimentales. La distribución de los tratamientos se realizó de forma completamente aleatoria para minimizar el efecto de factores externos y garantizar la independencia de las observaciones.

Tabla 1. *Combinación de tratamientos evaluados.*

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (días)
T1	40	10
T2	40	20
T3	40	30
T4	45	10
T5	45	20
T6	45	30
Testigo	Método convencional	—

Fuente: Elaboración propia.

Resultados y Discusión

El análisis de las variables fisicoquímicas del licor artesanal de borojó evidenció que la intermitencia térmica (40 y 45 °C) y el tiempo de aplicación (10, 20 y 30 días) no generaron efectos estadísticamente significativos ($p > 0,05$) sobre el pH, acidez total, acidez fija, acidez volátil e índice de refracción, según los resultados del ANOVA. Sin embargo, el análisis descriptivo de las medias permitió identificar tendencias relevantes desde el punto de vista tecnológico y sensorial, las cuales se consolidan con lo reportado en la literatura científica.

En el caso del pH, aunque el modelo no fue significativo ($p = 0,1284$), se observó una tendencia a la disminución del pH con el incremento del tiempo de aplicación, especialmente a 45 °C, donde los valores descendieron de 3,65 a 3,51 (Figura 1). Este comportamiento sugiere un proceso progresivo de acidificación del sistema, posiblemente asociado a la mayor extracción de compuestos orgánicos ácidos durante la maceración térmica.

Este resultado es coherente con lo reportado por Chinchay et al. (2017), quienes encontraron valores de pH similares en licores de frutas tropicales, destacando que estos productos tienden a mantener un carácter ligeramente ácido que favorece su estabilidad microbiológica y perfil sensorial. Asimismo, la tendencia observada concuerda con estudios de bebidas maceradas donde el incremento de temperatura acelera la difusión de compuestos ácidos desde la matriz vegetal.

Respecto a la acidez total, aunque no se detectaron diferencias significativas ($p = 0,7787$), se evidenció una disminución progresiva con el aumento del tiempo y la temperatura, pasando de 0,60% (40 °C, 10 días) a 0,45% (45 °C, 20 días) (Figura 2). Este comportamiento sugiere que la intermitencia térmica puede favorecer la transformación o degradación de ácidos orgánicos,

contribuyendo a un perfil sensorial más equilibrado.

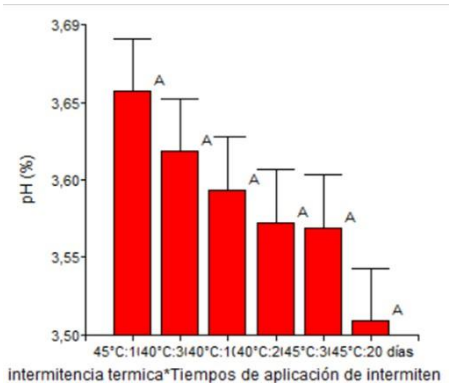

Figura 1. *Intermitencia térmica aplicada al pH del producto.*

Fuente: Elaboración propia.

Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Bezada (2021), quien observó que el uso de maceración térmica intermitente en licores de frutas tropicales permite liberar compuestos aromáticos sin incrementar excesivamente la acidez, mejorando la aceptabilidad del producto final. De igual forma, Zeta (2018) reportó variaciones en la acidez titulable en licores de maracuyá asociadas a factores de formulación, lo que refuerza la sensibilidad de esta variable frente a condiciones de proceso.

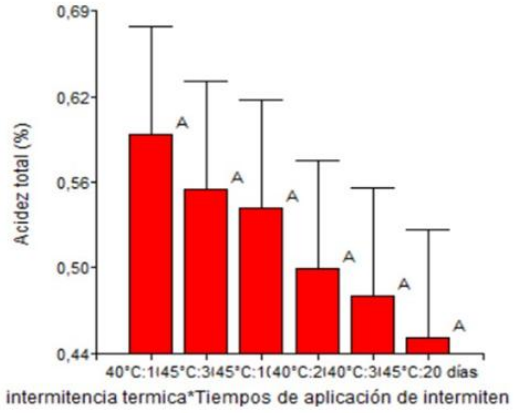

Figura 2. *Intermitencia térmica aplicada a la acidez total del producto.*

La acidez fija mostró un comportamiento similar, sin diferencias estadísticas (p = 0,4003), pero con una tendencia decreciente en función del tiempo y la temperatura. Los valores disminuyeron desde 0,26 hasta 0,17 (Figura 3), lo que indica una posible estabilización del sistema ácido no volátil durante la maceración prolongada.

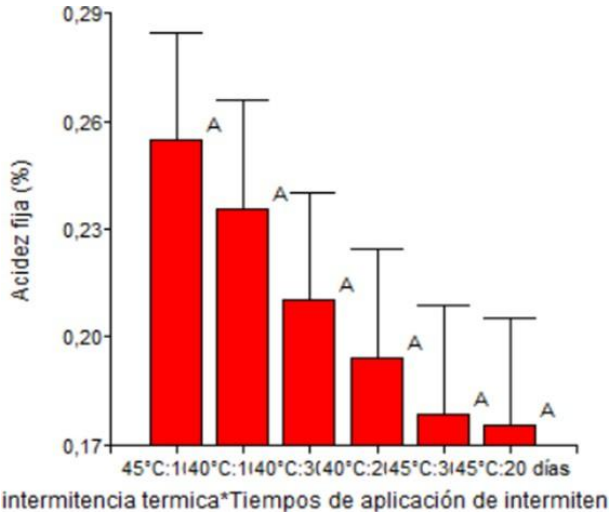

Figura 3. *Intermitencia térmica aplicada a la acidez fija del producto.*

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la acidez volátil, tampoco se evidenciaron efectos significativos (p = 0,8444); no obstante, se observó una ligera disminución con el tiempo, particularmente a 40 °C (Figura 4). Este comportamiento sugiere que los compuestos responsables de la volatilidad ácida no son significativamente afectados por las condiciones de intermitencia térmica aplicadas, lo cual es relevante para mantener la estabilidad aromática del producto. A pesar de ello, las variaciones observadas podrían influir sutilmente en la percepción sensorial, especialmente en el aroma. or otro lado, el índice de refracción se mantuvo prácticamente constante (≈1,35–1,36) en todos los tratamientos, sin diferencias significativas (p =

0,4886), lo que indica que la intermitencia térmica no altera de manera relevante la concentración de sólidos solubles del licor (Figura 5). Este resultado coincide con lo reportado por Ochoa & Ochoa (2016), quienes observaron estabilidad en el índice de refracción en licores de naranja bajo diferentes formulaciones, sugiriendo que este parámetro está más influenciado por la composición inicial que por las condiciones térmicas moderadas del proceso.

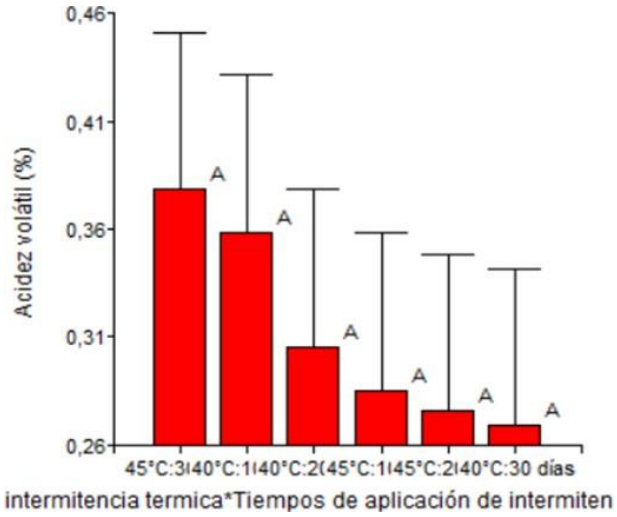

Figura 4. *Intermitencia térmica aplicada a la acidez volátil del producto.*

Fuente: Elaboración propia.

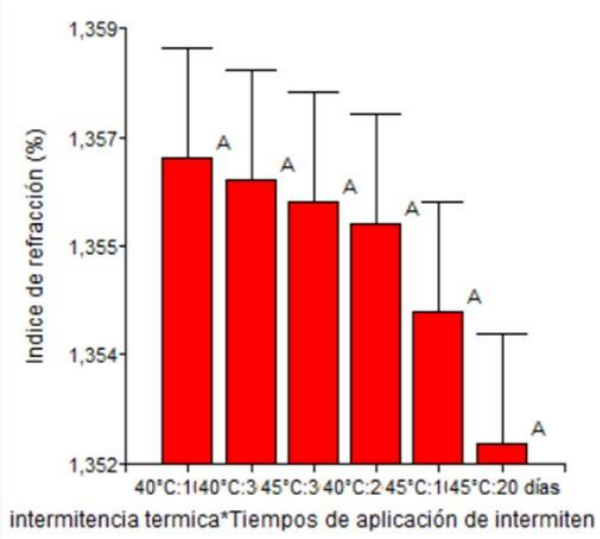

Figura 5. *Intermitencia térmica aplicada al índice de refracción del producto.*

El análisis sensométrico del licor artesanal de borojó evidenció que las variables evaluadas (tonalidad y apariencia, intensidad y calidad de aroma, sabor, impresión de color, color y aceptabilidad) no siguen en su mayoría una distribución normal, según los resultados de la prueba de Shapiro–Wilk ($p < 0,05$ en varios atributos). En consecuencia, se aplicaron pruebas no paramétricas para la comparación de tratamientos. El test de Friedman mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p = 5,907\times10^{-11}$), lo que confirma que la intermitencia térmica y el tiempo de maceración influyen de manera determinante en la percepción sensorial del producto.

Posteriormente, la prueba de Holm permitió establecer un orden jerárquico, identificando al tratamiento a1b1 como el de mejor desempeño global, mientras que el tratamiento a1b0 presentó diferencias significativas respecto a este. Desde el análisis descriptivo, se observó que el tratamiento 4 (a1b0) destacó en múltiples atributos sensoriales, particularmente en tonalidad y apariencia (4,05), sabor (4,13), color (4,30) y aceptabilidad (4,13), superando ampliamente al tratamiento testigo (T7) (Figura 6). En contraste, el tratamiento testigo presentó valores inferiores en apariencia (3,12), aroma (intensidad 3,02; calidad 2,82) y color (2,12), lo que se traduce en una menor aceptabilidad global (3,75).

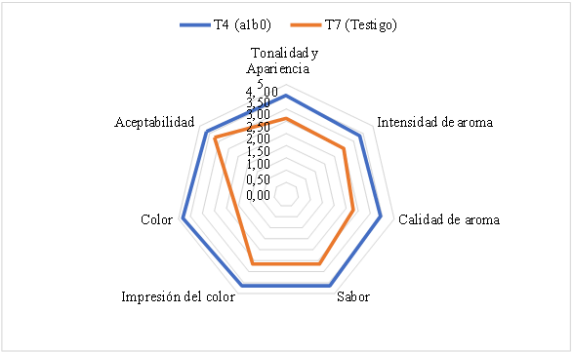

Figura 6. *Diagrama radial de las características sensoriales.*

Estos resultados son consistentes con lo reportado por Jiménez (2021) quienes señalan que la apariencia visual es un factor determinante en la aceptación de licores de frutas tropicales, ya que constituye la primera impresión del consumidor. En este estudio, la mejor valoración de la tonalidad y apariencia en tratamientos como a1b1 y a1b0 sugiere que la intermitencia térmica contribuye a mejorar la claridad, brillo y atractivo visual del licor, lo cual impacta directamente en su aceptación.

En relación con el aroma, los tratamientos a0b1 y a1b1 presentaron los mayores valores en intensidad y calidad aromática, lo que indica una mayor liberación y preservación de compuestos volátiles responsables del perfil aromático. Este comportamiento coincide con lo reportado por Procel (2015) quien destacó que la intensidad y calidad del aroma son factores clave en la preferencia del consumidor, especialmente en licores de frutas, donde la composición y proporción de ingredientes influyen significativamente en la expresión aromática.

El sabor, considerado uno de los atributos más relevantes en la evaluación sensorial, también mostró diferencias importantes entre tratamientos, destacándose nuevamente a0b1 y a1b1. Este resultado puede explicarse por un mejor equilibrio entre acidez y dulzor, lo cual es fundamental en la formulación de bebidas alcohólicas. En este sentido, Navia et al. (2009) señalan que los licores de frutas tropicales con perfiles gustativos equilibrados son más aceptados por los consumidores, ya que ofrecen una experiencia sensorial armoniosa sin predominancia de sabores extremos. En cuanto a la impresión de color y el atributo color, el tratamiento a1b1 fue el mejor valorado, lo que indica coherencia entre la apariencia visual y las demás características sensoriales del producto. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Chinchay et al. (2017) quienes destacan que la intensidad y uniformidad del color influyen positivamente en la percepción global de calidad en bebidas alcohólicas de frutas.

La aceptabilidad global del licor fue superior en los tratamientos a0b1 y a1b1, lo que confirma que la combinación de condiciones de intermitencia térmica puede optimizar simultáneamente múltiples atributos sensoriales. En conjunto, los resultados demuestran que la intermitencia térmica no solo influye en las propiedades fisicoquímicas y colorimétricas del licor, sino que tiene un impacto directo y significativo en su calidad sensorial. La identificación de tratamientos óptimos, como a1b1 y a1b0, permite establecer condiciones de proceso que favorecen la obtención de un producto con alta aceptabilidad, lo cual es clave para su proyección comercial. Estos hallazgos refuerzan la importancia de integrar el análisis sensorial en el desarrollo de bebidas alcohólicas artesanales, ya que constituye un indicador determinante de calidad y preferencia del consumidor.

El análisis colorimétrico del licor artesanal de borojó evidenció que las variables de luminosidad (L*), croma (C*) y tonalidad (h°) no siguen una distribución normal según la prueba de Shapiro–Wilk ($p < 0,05$), lo que justificó el uso de pruebas no paramétricas para la comparación de tratamientos. En este contexto, la prueba de Friedman mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p = 1,329\times10^{-5}$), lo que confirma que la intermitencia térmica y el tiempo de aplicación influyen de manera relevante en las características cromáticas del producto. Posteriormente, la prueba de Holm permitió establecer un orden jerárquico, identificando al

tratamiento a0b2 como el de mejor desempeño colorimétrico, mientras que el tratamiento a1b0 fue el único que presentó diferencias significativas frente a este, evidenciando que la mayoría de las combinaciones mantienen similitud en términos de color. Desde el punto de vista descriptivo, los resultados indican que el licor presenta una tendencia hacia tonalidades cálidas, principalmente dentro del espectro amarillo–dorado, lo cual es característico de bebidas elaboradas a partir de frutas tropicales como el borojó. En particular, el tratamiento 4 (a1b0), considerado óptimo en el análisis global, presentó valores en el espacio CIELAB que reflejan una alta luminosidad (L* ≈ 81,45%), una ligera tendencia hacia el rojo (a* ≈ 6,44%) y una marcada inclinación hacia el amarillo (b* ≈ 81,4%) (Figura 7). Esta combinación cromática corresponde a un color amarillo dorado intenso, visualmente atractivo, asociado con percepciones positivas de frescura, calidad y aceptación del producto.

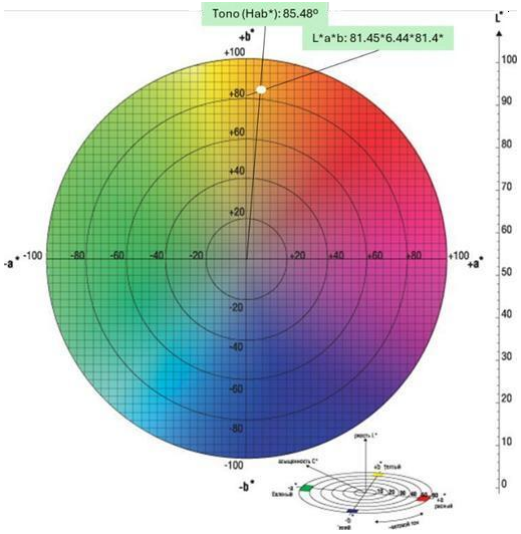

Figura 7. *Representación cromática del espacio CIEL*a*b* del mejor tratamiento.*

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados son consistentes con lo reportado por Cruz (2023), quien señaló que valores elevados de luminosidad en licores de frutas, como el licor de mango, se correlacionan con una mayor aceptación sensorial debido a su apariencia brillante y llamativa. De manera similar, Chinchay et al. (2017) observaron que en licores de guanábana los tratamientos con menor saturación cromática presentaban menor intensidad visual, lo que puede afectar la percepción del consumidor.

En este estudio, aunque el croma presentó variaciones entre tratamientos, en general se mantuvo en niveles moderados, lo que sugiere un equilibrio adecuado entre intensidad y naturalidad del color. En cuanto a la tonalidad, los resultados evidenciaron una fuerte inclinación hacia el eje amarillo (b* positivo), particularmente en tratamientos como a0b2, lo que refuerza la presencia de tonos cálidos. Este comportamiento coincide con lo descrito por Zeta (2018), quien indicó que las bebidas con tonalidades amarillas o doradas son percibidas como más refrescantes y apetecibles, lo que incrementa su aceptación en el mercado.

El análisis comparativo entre el tratamiento 4 (T4) y el tratamiento testigo (T7) permitió cuantificar las diferencias cromáticas mediante el parámetro ΔE*. Los valores obtenidos (ΔE* = 3,59) indican que, aunque existen diferencias técnicas en las coordenadas L*, a* y b*, estas no son perceptibles para el ojo humano (ΔE* < 5). Específicamente, T7 presentó mayor luminosidad (16,42%) en comparación con T4 (12,94%), lo que indica un color más claro, mientras que T4 mostró una mayor tendencia hacia tonos verdes (a* = -0,81) y una ligera menor intensidad amarilla (b* = 2,7) en relación con T7 (b* = 2,92). No obstante, estas diferencias no afectan significativamente la percepción visual global del producto. La representación en el espacio RGB (245, 195, 0) para el tratamiento óptimo confirma la predominancia de un color amarillo brillante

con matices cálidos, lo cual es coherente con las características cromáticas esperadas en bebidas derivadas de frutas tropicales. Este tipo de coloración no solo mejora la apariencia del producto, sino que también refuerza su identidad sensorial y su potencial de aceptación comercial.

Los resultados de la investigación muestran que la respuesta del licor artesanal de borojó a las condiciones de maceración fue diferente según las variables evaluadas. Mientras que los análisis fisicoquímicos no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, las evaluaciones sensoriales y colorimétricas sí mostraron diferencias en los contrastes globales reportados. Esta distinción sugiere que las condiciones de procesamiento pueden modificar características perceptibles del producto sin ocasionar cambios estadísticamente detectables en todos los indicadores de su composición. Un comportamiento comparable fue descrito por Lin et al. (2021) en licor de *Prunus mume*, donde la aplicación de altas presiones hidrostáticas mejoró el perfil aromático y aceleró la maduración sin producir diferencias significativas en el pH y la acidez titulable. Aunque esta tecnología difiere de la intermitencia térmica, el antecedente permite reconocer que la evolución aromática de una bebida puede desarrollarse con una estabilidad relativa de determinados parámetros fisicoquímicos.

En relación con el pH, la ausencia de significancia estadística ($p = 0,1284$) indica que no se dispone de evidencia suficiente para atribuir a los tratamientos una modificación de esta variable. Sin embargo, el descenso descriptivo de 3,65 a 3,51 observado a 45 °C merece consideración por su posible relación con la extracción de componentes de la pulpa. Estos valores son próximos a los encontrados por Cafieiro et al. (2022) en licores de maracuyá silvestre, cuyo pH osciló entre 3,5 y 3,6, sin diferencias significativas entre formulaciones. La coincidencia sitúa al licor de borojó dentro de un intervalo de acidez semejante al de otras bebidas elaboradas con frutas tropicales, aunque el pH por sí solo no permite demostrar su estabilidad microbiológica ni establecer su vida útil.

La comparación con otros antecedentes también evidencia que el pH de los licores de frutas depende de la materia prima y del procedimiento de elaboración. Zeta Tineo (2018) reportó un pH de 5,24 en la bebida seleccionada a partir de papaya y maracuyá, valor superior al intervalo observado en el presente estudio. Esta diferencia debe interpretarse considerando que dicho trabajo incorporó una etapa fermentativa y variaciones en las proporciones de los ingredientes, mientras que la investigación con borojó se basó en la extracción mediante maceración hidroalcohólica. Por tanto, no existe un valor de pH que pueda trasladarse directamente entre productos elaborados con matrices frutales y procesos distintos.

Respecto a la acidez total, las medias de 0,60 % y 0,45 % muestran una variación descriptiva entre las condiciones comparadas, pero el resultado estadístico ($p = 0,7787$) impide concluir que la temperatura o el tiempo hayan producido una reducción sistemática. En este contexto, Hanousek Čiča et al. (2020) encontraron que la acidez de los macerados de algarroba estuvo relacionada con la concentración alcohólica del solvente y la proporción de materia prima; los macerados preparados con 30 % de alcohol presentaron mayor acidez que aquellos obtenidos con concentraciones superiores. Este antecedente

indica que la composición del medio de extracción puede ser tan relevante como la duración del proceso. En el licor de borojó, el uso de un solvente inicialmente estandarizado y el ajuste final de la graduación alcohólica podrían contribuir a explicar la proximidad de los resultados, aunque esta interpretación requiere comprobación experimental.

La disminución descriptiva del pH y de la acidez total tampoco debe interpretarse como una contradicción automática, porque ambos indicadores representan propiedades diferentes del sistema ácido. El pH expresa la actividad de los iones hidrógeno, mientras que la acidez titulable refleja la cantidad de componentes neutralizables durante la determinación analítica. Su relación puede variar según la composición y la capacidad amortiguadora de la bebida. Por ello, atribuir las diferencias observadas exclusivamente a la degradación térmica de los ácidos orgánicos resultaría prematuro. La identificación y cuantificación individual de estos compuestos permitiría determinar si realmente ocurrieron modificaciones durante la maceración.

La acidez fija y la acidez volátil presentaron resultados semejantes, con valores de significancia de $p = 0,4003$ y $p = 0,8444$, respectivamente. Estos hallazgos respaldan la ausencia de diferencias detectables entre los tratamientos para las condiciones ensayadas, pero no demuestran que todos los compuestos ácidos permanecieran químicamente inalterados. Particularmente, la estabilidad estadística de la acidez volátil no equivale a estabilidad del perfil aromático completo, dado que la percepción del aroma también depende de sustancias distintas de los ácidos volátiles. En consecuencia, las diferencias sensoriales observadas pueden coexistir con valores próximos de acidez volátil, sin que ello implique una inconsistencia entre los análisis. El índice de refracción, que permaneció aproximadamente entre 1,35 y 1,36 y no presentó diferencias significativas ($p = 0,4886$), constituye otro indicador de la proximidad de las propiedades globales de las muestras.

Sin embargo, este resultado no permite afirmar por sí solo que la concentración de sólidos solubles haya sido idéntica, puesto que el índice de refracción de una bebida hidroalcohólica refleja la composición conjunta del sistema. De Jesus Filho et al. (2018), al desarrollar licor de banana, evaluaron el índice de refracción junto con la densidad, los sólidos solubles y otras variables de composición. Su enfoque resulta pertinente para el presente estudio, porque muestra la utilidad de interpretar este parámetro mediante determinaciones complementarias, especialmente cuando se pretende explicar diferencias de dulzor o concentración.

La composición del borojó proporciona una base para investigar mecanismos adicionales de diferenciación entre los tratamientos. Arias Ramirez y Carazzone (2022) estudiaron metabolitos de frutas colombianas, incluido *Borojoa patinoi*, mediante espectrometría de masas y herramientas de elucidación estructural, y documentaron la presencia de componentes fenólicos en sus extractos. Este antecedente permite plantear que durante la maceración podrían transferirse componentes distintos de los cuantificados mediante las determinaciones de acidez e índice de refracción. No obstante, su presencia en la fruta no demuestra su concentración, conservación o actividad en el licor elaborado; por ello, las diferencias sensoriales y cromáticas no deben atribuirse directamente a compuestos específicos que no fueron determinados en esta investigación. En el ámbito sensorial, el contraste global reportado mediante Friedman

($p = 5{,}907 \times 10^{-11}$) evidencia diferencias entre los tratamientos bajo el análisis presentado. Este resultado adquiere relevancia porque muestra que las muestras fueron valoradas de manera diferente, aun cuando los indicadores fisicoquímicos no permitieron distinguirlas estadísticamente. Sin embargo, una comparación global entre tratamientos no permite establecer, por sí sola, el efecto independiente de la temperatura, del tiempo o de su interacción, ni identificar cuáles atributos explicaron la totalidad de las diferencias. La interpretación debe apoyarse, por tanto, en los resultados específicos de cada atributo y en las comparaciones múltiples correspondientes.

Las medias sensoriales permiten apreciar la magnitud descriptiva de algunas diferencias. El tratamiento T4, identificado como a1b0, obtuvo una valoración de apariencia de 4,05, frente a 3,12 en el testigo, y una aceptabilidad de 4,13, frente a 3,75. La diferencia de 0,38 puntos en aceptabilidad sugiere una valoración favorable de T4, aunque no debe presentarse como una superioridad estadísticamente confirmada sin conocer el resultado de esa comparación particular. Asimismo, la puntuación del testigo indica que este producto mantuvo una aceptación relativamente favorable dentro de la escala utilizada. El beneficio del tratamiento debe entenderse como una posible mejora del perfil sensorial, sin describir al control como un producto rechazado.

Una comparación pertinente se encuentra en Bezada Paucar (2021), quien evaluó licor de piña y maracuyá obtenido por maceración. En dicho trabajo se identificaron diferencias significativas en sabor ($p = 0{,}043$) y aroma ($p = 0{,}001$), mientras que el color y la apariencia no mostraron diferencias significativas, con $p = 0{,}258$ y $p = 0{,}687$, respectivamente. Este antecedente coincide con la posibilidad de que la respuesta sensorial sea diferente según el atributo considerado. En el licor de borojó, el contraste global significativo deberá complementarse con la revisión de cada dimensión para determinar si la diferenciación estuvo concentrada en el aroma y el sabor o si también comprendió los atributos visuales.

La mejor valoración aromática descrita para a0b1 y a1b1 podría relacionarse con diferencias en la extracción o evolución de los componentes responsables del aroma, pero las puntuaciones hedónicas no demuestran directamente una mayor concentración de sustancias volátiles. Da Silva et al. (2025), en licores de uva BRS Carmem, encontraron que la bebida elaborada con alcohol de cereales recibió mejores valoraciones de apariencia y color, mientras que aquella preparada con cachaça fue mejor valorada en aroma. Esta distribución de preferencias muestra que una misma formulación puede destacar en determinados atributos y no en otros. La comparación resulta útil para interpretar el borojó, donde los tratamientos destacados en aroma, apariencia y color no coinciden necesariamente. Las puntuaciones de ambos estudios tampoco deben compararse directamente, porque utilizaron escalas hedónicas diferentes.

En cuanto al sabor, las valoraciones favorables de a0b1 y a1b1 sugieren que determinadas condiciones de maceración proporcionaron un perfil gustativo más apreciado por el panel. Sin embargo, explicar este comportamiento mediante un supuesto equilibrio entre acidez y dulzor requiere disponer de mediciones de azúcares o de atributos gustativos específicos. De Jesus Filho et al. (2018) estimaron, para licor de banana, una combinación favorable de 17,29 °GL y 289,89 g/L de azúcar en el producto final. La diferencia respecto a los 45 °GL establecidos para el licor de borojó

evidencia que las condiciones de mayor aceptación dependen de cada producto y no pueden extrapolarse directamente entre frutas.

El tiempo de maceración también debe analizarse como una condición dependiente de la matriz vegetal y del objetivo de calidad. Friganović et al. (2024) compararon períodos de 30, 40 y 50 días en licores de cornejo y azufaifo, encontrando mayor aceptación a los 40 días para el primero y a los 50 días para el segundo. Estos resultados contrastan con los períodos de 10 a 30 días considerados en la investigación con borojó y muestran que prolongar la maceración no conduce a una respuesta universal. La intermitencia térmica podría representar una alternativa para obtener perfiles sensoriales favorables en períodos diferentes de los empleados convencionalmente, pero demostrar una aceleración efectiva exige comparar tratamientos con criterios equivalentes de calidad y duración.

En la evaluación colorimétrica, el resultado global reportado ($p = 1{,}329 \times 10^{-5}$) indica diferencias entre tratamientos, aunque la comparación múltiple señaló una diferencia significativa específica entre a0b2 y a1b0. Esto no permite afirmar que todas las combinaciones fueran diferentes ni que las restantes fueran equivalentes. La tendencia hacia tonalidades amarillas resulta comparable con la descrita por Cafieiro et al. (2022), quienes encontraron valores positivos de b* y colores amarillos en sus licores de maracuyá silvestre. La coincidencia se limita a la dirección cromática y no demuestra igualdad en luminosidad, saturación o composición de pigmentos entre ambas bebidas. La relación entre las mediciones instrumentales del color y las valoraciones visuales debe examinarse considerando las condiciones de medición. Pathare et al. (2013) destacaron la necesidad de estandarizar los procedimientos y los índices utilizados para comparar el color de alimentos y bebidas. En el presente estudio, la diferencia reportada de $\Delta E^* = 3{,}59$ identifica una separación cromática instrumental entre T4 y T7, pero no basta para concluir que las muestras sean visualmente indistinguibles por encontrarse por debajo de cinco unidades. La percepción debe comprobarse bajo condiciones definidas de iluminación y presentación. Asimismo, las coordenadas L*, a* y b* deben expresarse en sus escalas correspondientes, y la representación RGB debe utilizarse como apoyo ilustrativo, sin sustituir los resultados instrumentales.

Conclusiones

La intermitencia térmica no afectó significativamente las variables fisicoquímicas del licor de borojó ($p > 0{,}05$), aunque indujo tendencias de reducción del pH y la acidez. En contraste, generó efectos significativos en las propiedades sensoriales y colorimétricas, destacándose los tratamientos a1b1 y a1b0 por su mayor calidad y aceptabilidad. El producto presentó tonalidades amarillo–doradas con alta luminosidad y sin diferencias cromáticas perceptibles frente al testigo ($\Delta E^* < 5$). En conjunto, la intermitencia térmica se confirma como una estrategia efectiva para optimizar la calidad sensorial y visual del licor.

La selección del tratamiento más conveniente requiere integrar los resultados con un criterio explícito. El mejor posicionamiento sensorial reportado para a1b1, las medias favorables de T4 en diversos atributos y el desempeño colorimétrico atribuido a a0b2 muestran que la decisión depende de la variable priorizada. Un tratamiento con mayor intensidad cromática no necesariamente será el más aceptado, ni una media hedónica superior implica ventaja estadística frente a todas las alternativas.

Además, el panel de 12 consumidores ofrece evidencia preliminar cuya generalización debe mantenerse dentro de ese alcance. La validación con más consumidores, lotes independientes y seguimiento durante el almacenamiento permitirá determinar si las diferencias observadas se reproducen y si las condiciones seleccionadas conservan su ventaja sensorial y tecnológica.

Referencias bibliográficas

Arias, D., & Carazzone, C. (2022). Small molecules putative structure elucidation in endemic Colombian fruits: CFM-ID approach. International Journal of Food Properties, 25(1), 2604–2616. https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2147539

Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014). Obtención y evaluación de la estabilidad de antocianinas de berenjena (Solanum melongena L.) en bebidas. Información Tecnológica, 25(3), 43–52. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642014000300007

Bezada, J. (2021). Obtención de licor de piña (Ananas comosus) y maracuyá (Passiflora edulis) mediante el método de maceración en la provincia de Satipo [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/9678

Cafieiro, C., Tavares, P., de Souza, C., Cruz, L. F., & Mamede, M. (2022). Elaboration of wild passion fruit (Passiflora cincinnata Mast.) liqueur: A sensory and physicochemical study. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 94(Suppl. 3), e20211446. https://doi.org/10.1590/0001-3765202220211446

Chinchay, M., Garay López, M., Gutiérrez Caballero, A., & Soto Romero, J. (2017). Elaboración y comercialización de cóctel de guanábana https://repositorio.usil.edu.pe/challenge?next=%2Fentities%2Fpublication%2F1d6a2cb7-3974-4364-8665-fcd32c3b5f06

Ciro, H., & Rodríguez, M. (2020). Secado de café en lecho fijo con intermitencia térmica y flujo de aire pulsado. Revista Facultad Nacional de Agronomía, 64(2), 6247–6255. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179922664022

Correa, R., Oliveira, F., Pastore, G., Zambiazi, F., & R, G. (2020). Effect of pulsed thermal maceration on the extraction of phenolic compounds and antioxidant activity of blackberry (Rubus fruticosus L.). Journal of Food Science and Technology, 57(6), 2471–2480. https://www.researchgate.net/publication/262526632_Encapsulation_of_the_phenolic_compounds_of_the_blackberry_Rubus_fruticosus

Cruz, J. (2023). Plan de negocio para la exportación de licor de mango al mercado de Toronto–Canadá 2024 [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Sur]. https://doi.org/10.21142/tb.2023.3043

Da Silva, F., Gaspar, T., Shimizu, V, Nishiyama, Y., Pérez, J., Gómez, S., & Lagozela, E. (2025). BRS Carmem grape liqueurs: Influence of alcoholic base on physicochemical characteristics, anthocyanin composition, and sensory acceptance. Molecules, 30(11), 2270. https://doi.org/10.3390/molecules30112270

De Jesús Filho, M., do Carmo, L. B., Della Lucia, S. M., Saraiva, S. H., Costa, A. V., Osório, V. M., & Teixeira, L. J. Q. (2018). Banana liqueur: Optimization of the alcohol and sugar contents, sensory profile and analysis of volatile compounds. LWT, 97, 31–38. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.044

Díaz, R., Sánchez, R., & Franco, J. M. (2014). Rheology of commercial and model borojó jam formulations. International Journal of Food Properties, 17(4), 791–805. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942912.2012.665406

Friganović, E., Matin, A., Bogdanović, T., Šarolić, M., Grabovac, A., Sečan, A., Perković, A., Nanjara, L., Pamuković, A., Duvančić, M., & Dorbić, B. (2024). Sensory evaluation of cornelian cherry (Cornus mas

L.) and jujube (Ziziphus jujuba Mill.) liqueurs. Glasilo Future, 7(5–6), 31–45. https://doi.org/10.32779/gf.7.5-6.3

Giraldo, G., & Gómez, J. (2020). Aspectos botánicos, nutricionales y potenciales usos. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas y Biomédicas, 21(2), 319–330. https://www.redalyc.org/journal/610/61054247007/html/

Hanousek Čiča, K., Mrvčić, J., Srečec, S., Filipan, K., Blažić, M., & Stanzer, D. (2020). Physicochemical and aromatic characterization of carob macerates produced by different maceration conditions. Food Science & Nutrition, 8(2), 942–954. https://doi.org/10.1002/fsn3.1374

Jiménez, P. (2021). Propuesta para la elaboración de licores artesanales a base de frutas mora, maracuyá y naranjilla [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja]. https://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/28607

Lin, J.-Y., Wu, Y.-J., Hsiao, Y.-T., & Wang, C.-Y. (2021). Acceleration of the ageing process in mei (Prunus mume Siebold) liqueur by high hydrostatic pressure treatment. International Journal of Food Science & Technology, 56(4), 2030–2040. https://doi.org/10.1111/ijfs.14835

Navia, V., & Santiana, S. (2009). Proyecto de producción y comercialización de un licor a base de caña de azúcar con frutas tropicales dirigido al mercado de Guayaquil https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14774

Ochoa, P., & Ochoa, F. (2016). Estudio de factibilidad para la elaboración artesanal y distribución del licor de naranja en Echandía en la ciudad de Guayaquil https://rraae.cedia.edu.ec/vufind/Record/REPUPA-CIFI_2d88cc8a09d102fa78880446a5a54f14

Ortiz, P., & López, C. (2021). Borojó, el reburú del Pacífico. CEI Boletín Informativo. Salud, 8(3), 140–143. https://share.google/xTQFEyE3XNFIUGpkT

Pathare, P., Opara, U., & Al-Said, F. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. Food and Bioprocess Technology, 6(1), 36–60. https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9

Procel, J. (2015). Utilización de Linum usitatissimum (linaza) y Mentha sativa (hierbabuena) en la elaboración de licor tipo artesanal para la aplicación en el área de mixiología, Riobamba 2014 https://rraae.cedia.edu.ec/vufind/Record/ESPOCH_0d889bee46e4cf060122742541461ef1

Quishpe, S. (2019). Obtención de un extracto vegetal de la ortiga mayor (Urtica dioica) aplicando el método de maceración en frío para la elaboración de queso fresco [Tesis de pregrado]. http://localhost/handle/27000/8520

Rivera, M., Huerta, R., Herrera, G., Herrera, V., & Flores, C. (2022). Mashing and fermentation conditions that increase ethanol content in fermented wort for single malt whisky. Biotecnia, 24(1), 133–141. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i1.1576

Vaquiro, H. (2019). Contribución al estudio y optimización del secado intermitente: Aplicación al secado de mango https://www.researchgate.net/publication/5083862

Zeta, D. (2018). Obtención y caracterización de licor a partir de la papaya y maracuyá https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1391

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Karelys Edith Vélez Terreros y Alicia Nicole Batallas Terrero.

Declaraciones éticas y editoriales del artículo

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT).

Karelys Edith Vélez Terreros: conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo, análisis formal de los datos, redacción del borrador original del manuscrito, revisión crítica del contenido científico y supervisión general del estudio.

Alicia Nicole Batallas Terrero: curación y organización de los datos, participación en la recolección de información, validación de los resultados obtenidos y elaboración de representaciones gráficas y visualización de los datos.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada, la autoría del manuscrito ni la publicación del presente artículo.

Declaración de financiamiento

La presente investigación no recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o de organizaciones sin fines de lucro. En caso de existir financiamiento institucional o externo, este deberá ser declarado explícitamente por los autores en esta sección.

Declaración del editor

El editor responsable certifica que el proceso editorial del presente artículo se desarrolló conforme a los principios de integridad científica, transparencia y buenas prácticas editoriales. El manuscrito fue sometido a un proceso de evaluación mediante revisión por pares doble ciego, garantizando la confidencialidad de la identidad de los autores y revisores durante todo el proceso de dictamen académico. Asimismo, el editor declara que el artículo cumple con los criterios científicos, metodológicos y éticos establecidos por la revista.

Declaración de los revisores

Los revisores externos que participaron en la evaluación del presente manuscrito declaran haber realizado el proceso de revisión de manera objetiva, independiente y confidencial. Asimismo, manifiestan que no mantienen conflictos de interés con los autores ni con la investigación evaluada, y que sus observaciones y recomendaciones se fundamentan exclusivamente en criterios científicos, metodológicos y académicos.

Declaración ética de la investigación

Los autores declaran que la investigación se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica, garantizando la confidencialidad de los datos y el respeto a los participantes del estudio. En los casos en que la investigación involucre seres humanos, los procedimientos deben ajustarse a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y a las normativas institucionales correspondientes.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que el uso de herramientas de inteligencia artificial, en caso de haberse utilizado durante el proceso de investigación o redacción del manuscrito, se realizó únicamente como apoyo técnico para mejorar la claridad del lenguaje o el análisis de información, manteniendo siempre la responsabilidad intelectual sobre el contenido del artículo. Las herramientas de inteligencia artificial no fueron utilizadas como autoras del manuscrito ni sustituyen la responsabilidad académica de los investigadores.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los resultados de esta investigación estarán disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia, respetando las normas éticas y de confidencialidad establecidas por la investigación.