



Artículo

Efecto de la adición de extracto y trozos de café en las propiedades sensoriales de pan de caja

Gisela Téllez-Zamora¹, Gabriela Denalyn Jiménez², Elsa Nelly Flores-Hernandez¹, y Miguel Ángel Martínez-Maldonado^{1,*}

¹ Afiliación 1; Tecnológico Nacional de México/ ITS de Huichapan, División de Gastronomía, Hidalgo, 42411, México.

² Afiliación 2; Tecnológico Nacional de México/ ITS de Huichapan, Estudiante de la Licenciatura de Gastronomía, Hidalgo, 42411, México.

* Correspondencia: mamartinez@iteshu.edu.mx

Resumen: En los últimos años, la industria panadera busca incorporar ingredientes funcionales que mejoren el valor sensorial y nutricional de sus productos. El café, por su reconocimiento y contenido de compuestos bioactivos, se presenta como un candidato atractivo, aunque su uso puede alterar sabor, color y textura. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición de extracto y trozos de café en las propiedades sensoriales del pan de caja. Se empleó un diseño factorial de 3×2 , considerando tres niveles de extracto de café (0, 100 y 200 mL) y dos niveles de trozos de café tostado (0 y 15 g), obteniéndose seis tratamientos en total. La formulación base de los panes se mantuvo constante, cambiando únicamente la cantidad y forma de incorporación del café. La evaluación sensorial se llevó a cabo con un panel de jueces no entrenado, utilizando una escala hedónica de 9 puntos para atributos de sabor, aroma, textura, color, apariencia visual y aceptación global. Asimismo, se aplicó una prueba JAR (Just-About-Right) para analizar amargor, intensidad de color, humedad de la miga, esponjosidad y visibilidad de granos, complementada con un análisis de penalización. Los resultados mostraron que la adición de café influyó significativamente en sabor, color y humedad, mientras que la esponjosidad y la aceptación global permanecieron estables. Los tratamientos intermedios (100 mL de extracto, con o sin trozos) presentaron un mejor balance en los atributos sensoriales, en tanto que niveles elevados de extracto y trozos generaron percepciones de amargor excesivo, sobreintensificación de color y visibilidad no deseada de partículas. La incorporación de café representa una estrategia viable para el desarrollo de panes diferenciados con valor agregado y propiedades funcionales, considerando el nivel de café empleado y la forma de adición para optimizar la aceptación del consumidor.

Citar este trabajo: Téllez Zamora, G.; Jiménez, G.D.; Flores Hernández, E.N.; Martínez Maldonado, M.A. *Efecto de la adición de extracto y trozos de café en las propiedades sensoriales de pan de caja. RELITEC'S 2025, 8va, edición*

Keywords: productos panificados, café, análisis sensorial, prueba hedónica

Recibido: 22/09/2025
Aceptado: 06/11/2025
Publicado: 20/11/2025

1. Introducción

La panificación es una de las industrias más dinámicas y diversificadas dentro del sector de alimentos, la cual se caracteriza por su capacidad de adaptación a nuevas tendencias de consumo y la incorporación de ingredientes que otorgan valor agregado a productos tradicionales. El pan de caja, también conocido como pan molde o pan de barra, constituye un alimento de consumo masivo que, además de ser una fuente básica de carbohidratos, se ha convertido en un vehículo atractivo para la incorporación de compuestos bioactivos, fibras dietéticas y sabores diferenciados [1]. Por otro lado, el café, uno de los productos agrícolas más consumidos a nivel mundial, ha despertado creciente interés como ingrediente funcional y sensorial en productos de panificación, debido a sus propiedades organolépticas distintivas, su riqueza en polifenoles y compuestos

antioxidantes, y su relevancia cultural asociada al consumo cotidiano de bebidas y alimentos [2].

El uso de café y sus derivados en panificados no es una idea reciente, pero en los últimos años ha cobrado importancia como parte de la tendencia hacia alimentos híbridos, en los que se combinan matrices tradicionales con ingredientes diferenciadores. En 2018, [3] emplearon extracto de café verde en formulaciones de pan y reportaron mejoras en las propiedades antioxidantes del producto final, además de influir en el color, el aroma y el perfil de sabor. No obstante, también señalaron que la adición de este extracto puede inducir cambios en la textura y en la aceptación sensorial, dependiendo de la dosis utilizada. De manera similar, [4] investigaron la incorporación de compuestos fenólicos derivados del café verde, encontrando un incremento en la actividad antioxidante y modificaciones perceptibles en la evaluación sensorial de los panes. En conjunto, estos resultados indican que el café, en sus diferentes formas (extracto, polvo, trozos o subproductos), constituye un ingrediente viable para innovar en la panificación, mejorando de manera simultánea atributos tecnológicos y sensoriales.

Estudios recientes han explorado la incorporación de diferentes fracciones del café en matrices panificadas. Se ha reportado que la adición de polvo de grano verde de café en pan se ha asociado a mejoras en las propiedades nutricionales y funcionales, a la par de una diferenciación clara en las características sensoriales, principalmente en el sabor y el color de la miga [5]. Otros trabajos han analizado el uso de "cereal coffee" como aditivo en pan de trigo, encontrando que este ingrediente contribuye no solo a modificar el perfil aromático y de sabor, sino también a mejorar ciertos parámetros tecnológicos como la absorción de agua y la estabilidad de la masa [6]. Estas investigaciones demuestran que el café, en sus diversas presentaciones, tiene un impacto integral que afecta tanto a los atributos percibidos por el consumidor como a las propiedades fisicoquímicas de la masa y del producto final.

Los subproductos del café también han sido evaluados en panificación. El silverskin del café, que corresponde a la cutícula desprendida durante el tueste, ha sido propuesto como fuente de fibra dietética para la elaboración de panes. Su inclusión no solo incrementa el contenido de fibra, sino que también modifica la textura y el perfil sensorial del producto, con efectos que dependen de la concentración empleada [7]. De forma similar, los posos de café gastados ("spent coffee grounds") se han utilizado como ingrediente en productos de panadería, evidenciando mejoras en la capacidad antioxidante y aportes en aroma y sabor, aunque con la limitante de generar notas de amargor que pueden afectar la aceptación si la concentración es elevada [8]. Estos estudios indican que el café y sus derivados representan una fuente versátil de compuestos con valor nutricional y funcional, pero que su incorporación debe optimizarse para evitar comprometer la aceptabilidad sensorial.

La evaluación sensorial constituye una herramienta importante para determinar la viabilidad de estas innovaciones en panificación. El empleo de escalas hedónicas, particularmente la escala de 9 puntos, es ampliamente reconocido en la literatura como un método confiable y validado para captar la percepción y la preferencia del consumidor [9]. La elección de esta escala se justifica por su capacidad de generar datos comparables y reproducibles, además de su larga tradición en el análisis de la aceptación de alimentos. Investigaciones recientes han demostrado que, aunque existen variantes como las escalas lineales no estructuradas, la escala de 9 puntos sigue ofreciendo ventajas en simplicidad y consistencia [10]. Por lo cual, su aplicación resulta especialmente adecuada en estudios con jueces no entrenados, como estudiantes universitarios, que representan consumidores potenciales. Asimismo, el uso de escalas "Just-About-Right" (JAR) y del análisis de penalización asociado se ha consolidado como una estrategia eficaz para identificar atributos específicos que influyen en la aceptación global de los productos. El análisis JAR permite establecer si los atributos clave (como el nivel de amargo, la intensidad del color o la humedad) se perciben en el punto "ideal" por los consumidores, y, cuando no es así, cuantificar la pérdida en la aceptación general atribuible a desviaciones en dichos atributos [11]. Trabajos metodológicos han demostrado que las escalas JAR, combinadas

con el análisis de penalización, aportan información práctica para orientar ajustes en formulaciones y optimizar la satisfacción del consumidor [12].

El aumento en el interés por incorporar café en productos de panificación se vincula con una tendencia mundial orientada al desarrollo de alimentos que trasciendan las funciones nutricionales esenciales y que, al mismo tiempo, ofrezcan propiedades funcionales y experiencias sensoriales distintivas. Por un lado, los compuestos fenólicos presentes en el café confieren propiedades antioxidantes con potencial efecto benéfico en la salud, alineándose con la demanda de productos funcionales. Por otro lado, el café introduce notas aromáticas y gustativas que diversifican la oferta de panes en un mercado cada vez más competitivo. Estudios comparativos en productos de panadería han reportado que la adición de café no solo incrementa el valor antioxidante, sino que también modifica la aceptación sensorial de manera dependiente de la dosis y del tipo de fracción utilizada (extracto, polvo, trozos o subproducto) [2,4,5,8].

Pese a los beneficios potenciales, el reto principal al incorporar café en panificación se centra en encontrar un equilibrio adecuado entre los atributos sensoriales. Un mayor contenido de extracto de café puede intensificar el aroma y el color, también puede elevar el amargor hasta niveles que disminuyan la aceptación [3,5]. De manera similar, la inclusión de trozos o subproductos puede aportar textura y fibra, pero al mismo tiempo generar irregularidades en la miga o sabores residuales indeseados [7,8]. Estas tensiones subrayan la necesidad de estudios sistemáticos que exploren combinaciones de dosis y formas de adición, evaluando de manera integral el impacto sobre sabor, aroma, textura, color y aceptación general. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de diferentes concentraciones de extracto de café (0, 100 y 200 mL) y la inclusión de trozos de café (0 y 15 g) en la elaboración de pan de caja, mediante pruebas sensoriales hedónicas de 9 puntos y análisis JAR con jueces no entrenados.

2. Materiales y Métodos

2.1 Materias primas

Las materias primas utilizadas en la elaboración de los tratamientos fueron adquiridas en dos puntos de abasto principales. En el supermercado HEB San Juan del Río, Querétaro, se adquirieron la harina de trigo de fuerza (Marca Cisne de Oro), sal refinada (Marca La Fina), mantequilla (Marca Loma Linda), aceite de oliva extra virgen (Marca San Lucas) y la sucralosa (Marca propia HEB). En el mercado local de Huichapan, Hidalgo, se obtuvieron la levadura seca instantánea (Marca TradiPan), semillas de linaza (a granel) y el huevo fresco (Marca San Juan).

Para la preparación del extracto de café, se empleó café tostado medio (Café Yik Café, origen Chiapas, mezcla arábica). Los granos fueron sometidos a molienda fina con un molino eléctrico (Hamilton Beach, modelo 80335R), obteniéndose una granulometría adecuada para espresso. Posteriormente, la extracción se realizó en cafetera espresso (Marca Hamilton Beach, modelo 40715), bajo condiciones estandarizadas de preparación. El extracto obtenido se dejó enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente y se reservó para su uso posterior en la formulación.

Los trozos de café tostado provinieron de la misma marca y lote de café (Yik Café, Chiapas, arábica tostado medio). Para su obtención, los granos fueron sometidos a molienda gruesa con el molino previamente descrito, asegurando un tamaño de partícula homogéneo y adecuado para su incorporación en la masa de pan.

2.2 Formulaciones y tratamientos

Las formulaciones de pan de caja se diseñaron bajo un diseño factorial de 3×2 , considerando tres niveles de extracto de café (0, 100 y 200 mL) y dos niveles de trozos de café tostado (0 y 15 g), lo que resultó en un total de seis tratamientos. Estos se identificaron con los siguientes códigos: T1 (241), elaborado sin extracto ni trozos; T2 (735), con 0 mL de extracto y 15 g de trozos; T3 (468), con 100 mL de extracto y sin trozos; T4 (912), con 100 mL de extracto y 15 g de trozos; T5 (507), con 200 mL de extracto y sin trozos; y T6 (186), con 200 mL de extracto y 15 g de trozos. En todos los casos, la formulación base se mantuvo constante (harina de trigo, levadura, sal, sucralosa, aceite vegetal y mantequilla),

modificándose únicamente la adición de café en forma líquida y/o sólida según el tratamiento correspondiente.

2.3 Elaboración de pan de caja

El proceso de elaboración del pan de caja se desarrolló siguiendo un protocolo estandarizado. los ingredientes fueron pesados en una balanza de cocina (Marca FOFODIO, Modelo Basculas de Cocina).

La preparación de la masa inició con la formación de un volcán en la mesa de trabajo utilizando la harina de trigo, en cuyo centro se incorporaron la levadura, la sal y la sucralosa. Posteriormente, se adicionaron el aceite vegetal y el agua o, en su caso, el extracto de café correspondiente al tratamiento, junto con los trozos de café cuando la formulación lo requiriera. Los ingredientes se mezclaron manualmente hasta obtener una masa inicial. El amasado se realizó de forma manual durante aproximadamente 10 minutos, hasta alcanzar una masa homogénea y elástica. En esta etapa, se incorporó gradualmente la mantequilla. Una vez formada, la masa se colocó en un recipiente previamente engrasado y se sometió a la primera fermentación en un horno de fermentación (San Son, modelo 01191275-H00) a 40 °C durante 30 minutos. Transcurrido este tiempo, la masa fue desgasificada y posteriormente se procedió al formado. Para ello, la masa se extendió y plegó suavemente, asegurando la incorporación uniforme de los trozos de café en los tratamientos correspondientes, y luego se colocó en moldes para pan de caja. El proceso continuó con la segunda fermentación, también a 40 °C por un lapso de 30 minutos, hasta que la masa alcanzó aproximadamente el doble de su volumen inicial. Seguido de ello, los moldes fueron introducidos al horno previamente precalentado a 180 °C, donde se realizó la cocción durante 30 minutos. Por último, los panes se retiraron del horno y se dejaron enfriar a temperatura ambiente (22-24 °C) sobre rejillas metálicas para evitar la condensación de humedad en la base. Una vez alcanzada la temperatura ambiente, los productos se reservaron en bolsas de polietileno hasta su evaluación sensorial y análisis posterior.

2.4 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se llevó a cabo con el objetivo de determinar el efecto de la adición de extracto y trozos de café en las propiedades organolépticas del pan de caja. El panel estuvo conformado por estudiantes de la Licenciatura en Gastronomía (n = 30), quienes participaron en calidad de jueces no entrenados, representando al consumidor potencial del producto. Cada juez evaluó seis tratamientos correspondientes a la combinación factorial de dos factores: adición de extracto de café (0, 100 y 200 mL) y adición de trozos de café (0 y 15 g), codificados como T1 a T6. Las muestras fueron preparadas bajo condiciones estandarizadas de horneado, cortadas en rebanadas uniformes de aproximadamente 20 g y servidas en platos plásticos codificados con números aleatorios de tres dígitos para garantizar el anonimato. El orden de presentación se balanceó entre jueces para minimizar efectos de secuencia y fatiga sensorial. La prueba se desarrolló en un aula aislada de olores externos, con iluminación natural y en condiciones ambientales controladas (22-24°C). Se proporcionó agua natural a temperatura ambiente para enjuague entre muestras.

La evaluación hedónica se realizó utilizando una escala estructurada de 9 puntos (1 = "me disgusta extremadamente", 9 = "me gusta extremadamente"), aplicada a los siguientes atributos: sabor global, sabor a café, nivel de amargor, esponjosidad, humedad, porosidad, color, intensidad de color café, aroma a café, apariencia visual, presencia de granos y aceptación general.

De forma complementaria, se aplicó una prueba de Adecuación Justo-About-Right (JAR) para cinco atributos clave: nivel de amargor (B1), intensidad de color café (B2), humedad de la miga (B3), esponjosidad de la miga (B4) y visibilidad de granos (B5). Cada atributo se evaluó en una escala de 3 puntos (1 = "menor de lo deseado", 2 = "justo", 3 = "mayor de lo deseado"). Los datos obtenidos fueron registrados en formato digitales (Google Forms) y posteriormente exportados para su análisis estadístico

2.5 Análisis estadístico

Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el software Statistica versión 7.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Los datos sensoriales se analizaron mediante ANOVA de una vía, considerando como factor fijo el tratamiento (T1-

T6) y al juez como bloque para reducir la variabilidad. Cuando se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$), las medias se compararon con la prueba de Tukey.

Para los atributos evaluados con la prueba JAR (Just-About-Right), se calculó la distribución porcentual de respuestas en las categorías menor, justo y mayor. Posteriormente, se aplicó un Penalty Analysis, en el cual se estimaron las penalizaciones simples y ponderadas asociadas a las desviaciones respecto a la categoría ideal (justo), con el fin de identificar los atributos que ejercen mayor impacto en la aceptación global del producto.

3. Resultados

3.1 Aceptación global, sabor e intensidad de café

La evaluación sensorial mediante escala hedónica de nueve puntos indicó que la aceptación global de los panes adicionados con café se mantuvo en un rango favorable en todos los tratamientos. Las medias de aceptación oscilaron entre 6.1 ± 0.8 y 6.5 ± 0.7 , sin que se detectaran diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los seis tratamientos evaluados (Tabla 1).

Tabla 1. Aceptación global de panes adicionados con café

Tratamiento	Aceptación general
T1	6.3 ± 0.9 ^a
T2	6.1 ± 0.8 ^a
T3	6.5 ± 0.7 ^a
T4	6.2 ± 0.8 ^a
T5	6.4 ± 0.9 ^a
T6	6.3 ± 0.8 ^a

Los valores corresponden a media \pm desviación estándar de la aceptación global (escala hedónica de 9 puntos). Letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias significativas según prueba de Tukey ($p > 0.05$)

En relación con los atributos de sabor, la intensidad a café y el nivel de amargor mostraron variaciones entre tratamientos. En particular, las formulaciones con 200 mL de extracto presentaron valores promedio superiores en intensidad de sabor a café 6.2 ± 0.7 en comparación con los tratamientos sin extracto (5.7 ± 0.8). Asimismo, se registraron incrementos en las puntuaciones de amargor, con medias que fluctuaron entre 4.5 ± 0.7 y 5.3 ± 0.9 (Tabla 2). A pesar de estas diferencias, el análisis estadístico no evidenció reducciones significativas en la aceptación global atribuibles a dichos cambios.

Tabla 2. Evaluación sensorial de atributos de sabor, nivel de amargo e intensidad de café en panes adicionados con café

Tratamiento	Sabor a café	Nivel de amargo	Intensidad a café
T1	5.9 ± 0.7 ^a	4.8 ± 0.9 ^a	5.7 ± 0.8 ^a
T2	5.6 ± 0.8 ^a	4.5 ± 0.7 ^a	5.4 ± 0.9 ^a
T3	6.2 ± 0.9 ^{ab}	5.1 ± 0.8 ^{ab}	6.0 ± 0.7 ^{ab}
T4	6.5 ± 0.8 ^b	5.3 ± 0.9 ^b	6.4 ± 0.8 ^b
T5	6.3 ± 0.7 ^b	5.2 ± 0.8 ^{ab}	6.2 ± 0.7 ^b
T6	6.1 ± 0.8 ^{ab}	5.0 ± 0.9 ^{ab}	6.0 ± 0.8 ^{ab}

Los valores corresponden a media \pm desviación estándar de la aceptación global (escala hedónica de 9 puntos). Letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias significativas según prueba de Tukey ($p > 0.05$)

3.2 Nivel de amargo

El análisis sensorial del atributo nivel de amargo mostró diferencias entre los tratamientos evaluados. Las medias obtenidas se ubicaron en un rango de 4.8 ± 0.9 a 5.3 ± 0.9 , observándose que los panes elaborados con mayores volúmenes de extracto de café tendieron a registrar valores superiores de amargor en comparación con aquellos que no contenían extracto. En particular, los tratamientos con 200 mL de extracto presentaron las puntuaciones más elevadas, mientras que los tratamientos sin adición de café se mantuvieron en los valores más bajos. A pesar de estas variaciones, el análisis estadístico indicó que las diferencias no siempre alcanzaron significancia ($p > 0.05$) entre todos los tratamientos (Tabla 2). Estos resultados reflejan que la percepción de amargor estuvo influenciada por la adición de extracto, aunque la magnitud de los cambios fue limitada en el presente estudio.

3.4 Textura y humedad

En la figura 1., se muestran los resultados de la evaluación sensorial de los atributos de textura y humedad, los cuales mostraron variaciones entre los tratamientos de pan adicionados con café. En el caso de la esponjosidad, las puntuaciones oscilaron entre 5.69 ± 0.5 y 6.41 ± 0.9 , con una ligera tendencia a valores más bajos en las formulaciones con mayor concentración de extracto. Las diferencias detectadas no resultaron estadísticamente significativas en los tratamientos T2, T3, T4 y T6 ($p > 0.05$). En cuanto a la humedad, se observaron diferencias más marcadas entre tratamientos. Los panes sin extracto presentaron valores promedio más bajos (5.33 ± 0.5), mientras que aquellos con 200 mL de extracto mostraron un aumento significativo en la percepción de humedad (6.23 ± 0.8).

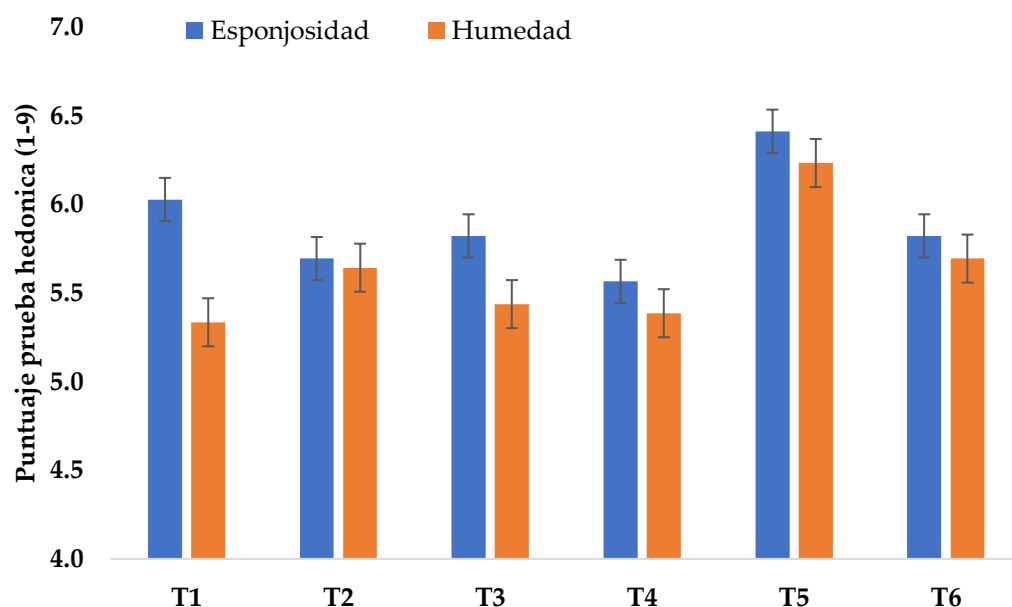


Figura 1. Evaluación sensorial de los atributos de esponjosidad y humedad de la miga en panes de caja adicionados con diferentes niveles de extracto y trozos de café.

La porosidad de la miga (figura 2) mostró un comportamiento intermedio, con medias que fluctuaron entre 5.64 ± 0.7 y 6.13 ± 0.8 , sin una tendencia clara atribuible a la adición de café, sin embargo, el T5 tuvo una diferencia significativa respecto a los demás tratamientos.

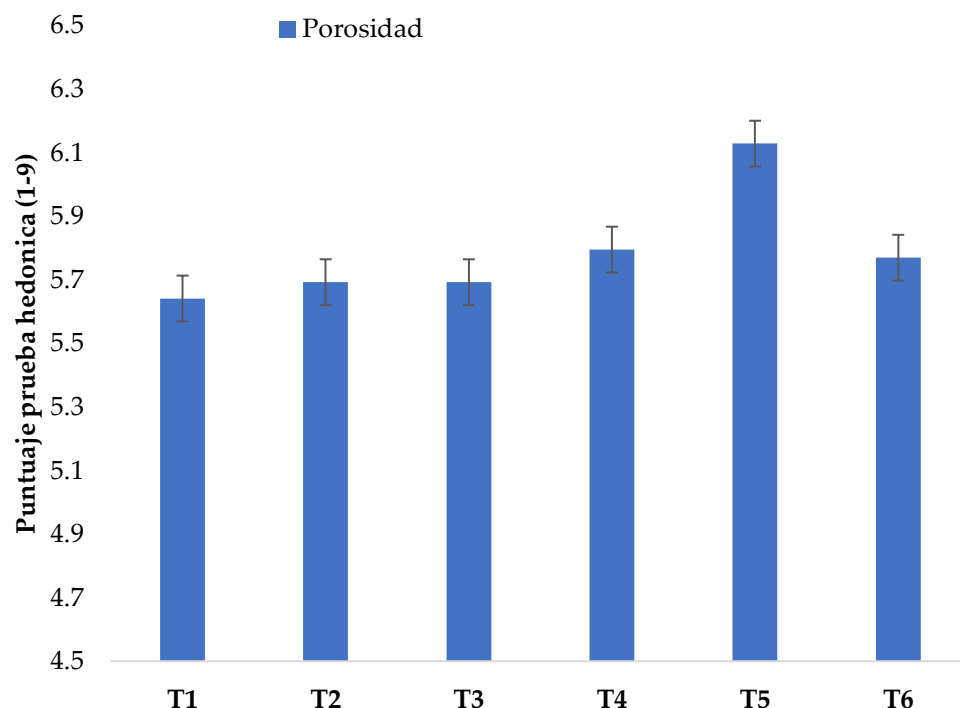


Figura 2. Evaluación sensorial de los atributos de porosidad de la miga en panes de caja adicionados con diferentes niveles de extracto y trozos de café.

3.5 Color y apariencia visual

En relación con el color del pan, la intensidad de tonalidad café mostró diferencias claras entre los tratamientos (Figura 3). Los valores más bajos correspondieron a las formulaciones sin extracto de café (2.70 ± 1.5), mientras que los tratamientos con 200 mL de extracto alcanzaron las puntuaciones más altas (6.56 ± 0.80), evidenciando un incremento progresivo en la intensidad del color conforme aumentó la concentración de extracto. Por otro lado, la apariencia visual general no presentó variaciones significativas entre tratamientos ($p > 0.05$), manteniéndose en un rango de aceptación favorable con medias entre 6.03 ± 0.50 y 6.72 ± 0.95 (Figura 3). En cuanto a la visibilidad de granos de café, las diferencias estuvieron asociadas a la presencia o ausencia de trozos en la formulación (Figura 3). Los tratamientos con 15 g de trozos recibieron puntuaciones más altas en este atributo, mientras que los panes sin trozos se mantuvieron cercanos al valor mínimo, tal como era esperado por el diseño experimental.

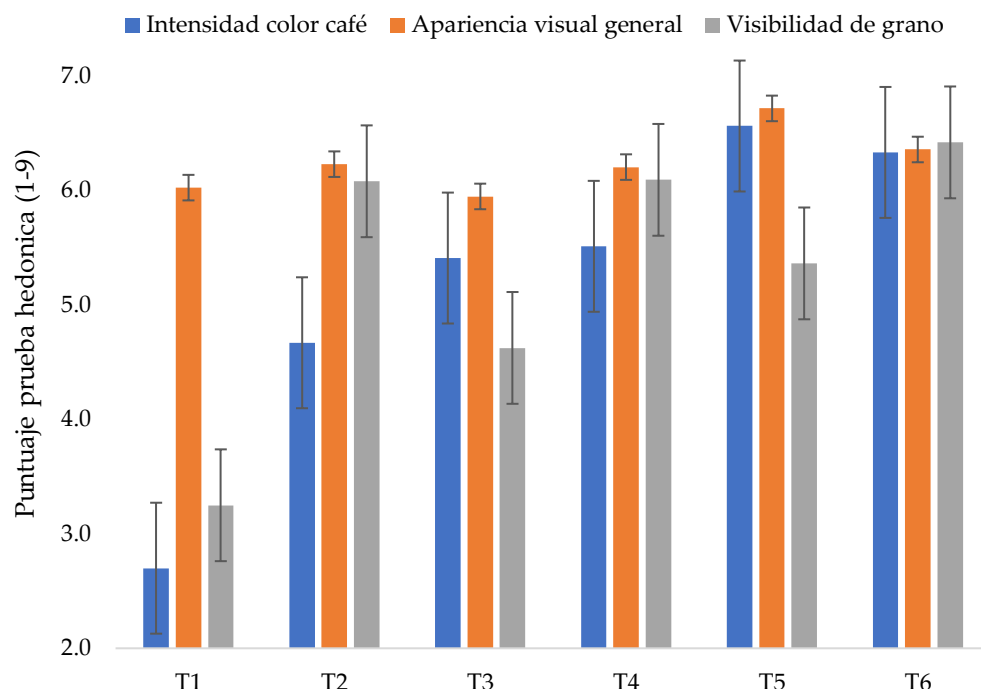


Figura 3. Evaluación sensorial de los atributos de color (intensidad color café) y apariencia visual (general y visibilidad grano) en panes de caja adicionados con diferentes niveles de extracto y trozos de café.

3.6 Análisis de penalización (JAR)

El análisis de penalización JAR aplicado a los atributos sensoriales del pan de caja adicionado con café mostró respuestas diferenciadas según el tratamiento evaluado (Tabla 3). En relación con el nivel de amargo (B1), los tratamientos T1 y T3 fueron percibidos mayoritariamente como menor de lo deseable (53.8% y 66.7%, respectivamente), lo que indica una insuficiente expresión del amargor, mientras que T6 concentró un 41% en la categoría mayor, reflejando un exceso de este atributo. Ninguno de los tratamientos alcanzó una proporción alta de respuestas en justo, lo que evidencia la necesidad de un ajuste más preciso en la modulación del amargor. Asimismo, en el parámetro de intensidad de color café (B2), los panes sin extracto (T1 y T2) mostraron altos porcentajes en menor (69.2% y 59%), confirmando una baja intensidad cromática. El incremento de extracto mejoró esta percepción: en T5 y T6 más del 50% de los jueces calificaron el atributo como justo (53.8% y 53.9%), aunque en T6 un 33.3% lo consideró mayor, sugiriendo que la combinación de extracto y trozos puede llevar a una sobreintensificación del color. Respecto a la humedad de la miga (B3), los tratamientos T1, T2 y T3 fueron señalados como menores por aproximadamente el 46% de los jueces, indicando percepción de sequedad. Por el contrario, T4 y T5 alcanzaron mayores niveles de justo (53.9% y 46.2%), mostrando un mejor equilibrio, mientras que T6 presentó un 30.8% en mayor, lo que sugiere una miga excesivamente húmeda. En cuanto a la esponjosidad de la miga (B4), los resultados se concentraron principalmente en la categoría justo (41-56%), con mejor balance en T3, T4 y T6, lo que indica que la adición de 100-200 mL de extracto, con o sin trozos, favoreció una percepción óptima de esponjosidad. Sin embargo, en T5 un 25.6% de los jueces lo percibió como mayor, señalando una tendencia hacia una textura demasiado aireada. Finalmente, en la cantidad/visibilidad de granos de café (B5), los tratamientos sin trozos (T1, T3 y T5) fueron percibidos mayoritariamente como justo (79-82%), lo que refleja una adecuada apariencia visual en ausencia de partículas. Por otro lado, los tratamientos con trozos (T4 y T6) presentaron respuestas más polarizadas, con 28.2% y 20.5% en la categoría mayor, lo que evidencia que la adición de partículas de café genera una percepción crítica respecto a su visibilidad.

Tabla 3. Distribución de respuestas JAR (% menor, justo y mayor) para los atributos sensoriales B1-B5 en pan de caja adicionado con café

Tratamiento	Atributo	Menor	Justo	Mayor
T1	Nivel de amargo (B1)	53.8	25.7	20.5
T2		41	35.9	23.1
T3		66.7	23	10.3
T4		46.2	35.9	17.9
T5		41	33.4	25.6
T6		20.5	38.5	41
T1	Intensidad de color café (B2)	69.2	28.2	2.6
T2		59	30.7	10.3
T3		59	33.3	7.7
T4		43.6	41	15.4
T5		23.1	53.8	23.1
T6		12.8	53.9	33.3
T1	Humedad de la miga (B3)	46.2	41	12.8
T2		46.2	35.9	17.9
T3		46.2	41	12.8
T4		28.2	53.9	17.9
T5		28.2	46.2	25.6
T6		20.5	48.7	30.8
T1	Esponjosidad de la miga (B4)	35.9	46.2	17.9
T2		38.5	41	20.5
T3		33.3	56.4	10.3
T4		25.6	53.9	20.5
T5		23.1	51.3	25.6
T6		23.1	56.4	20.5
T1	Cantidad/visibilidad de granos (B5)	10.3	79.4	10.3
T2		23.1	59	17.9
T3		12.8	82.1	5.1
T4		17.9	53.9	28.2
T5		7.7	79.5	12.8
T6		23.1	56.4	20.5

4. Discusión

La incorporación de extracto y trozos de café en la elaboración de pan de caja mostró un impacto diferenciado sobre los atributos sensoriales evaluados. En términos generales, la aceptación global se mantuvo en un rango favorable en todos los tratamientos, sin diferencias significativas entre ellos, lo que indica que la adición de café, en las concentraciones probadas, no comprometió la aceptación del consumidor. Este resultado coincide con lo reportado por Vasudevaiah et al. [2] y Dziki et al. [13], quienes observaron que la adición de extractos o harinas de café verde en panes puede mejorar sus propiedades antioxidantes sin afectar la preferencia global, siempre que se mantenga un equilibrio en la formulación.

En los atributos de sabor, la intensidad de café y el nivel de amargor mostraron incrementos proporcionales a la concentración de extracto. Específicamente, los tratamientos con 200 mL presentaron mayores puntuaciones de amargor e intensidad de sabor, aunque sin reducir de forma significativa la aceptación general. Resultados

similares fueron descritos por Zain et al. [3] y Das et al. [4], quienes encontraron que el incremento en polifenoles derivados del café verde intensifica el amargor, pero dentro de un rango moderado no afecta de manera negativa la valoración sensorial del producto. De este modo, el consumidor parece tolerar variaciones en el amargor siempre que estén acompañadas de notas aromáticas y visuales que refuercen la identidad del pan.

En cuanto a la textura, la humedad de la miga mostró una clara dependencia de la adición de extracto. Los panes sin extracto fueron percibidos como más secos, mientras que aquellos con 200 mL se calificaron significativamente más húmedos. Este efecto podría atribuirse a la capacidad higroscópica de los compuestos del café y a sus interacciones con gluten y almidón, que influyen en la retención de agua. Estos hallazgos coinciden con lo planteado por Czajkowska-González et al. [14], quienes señalaron que la adición de compuestos fenólicos puede modificar la estructura de la miga y su capacidad de retención de humedad. La esponjosidad se mantuvo en valores intermedios, con mejor balance en los tratamientos que incluyeron niveles intermedios de extracto (100 mL). Esto es consistente con lo reportado por Dziki et al. [15], quienes destacaron que el café verde en dosis moderadas mejora la estructura y textura de panes integrales. La porosidad, en cambio, no mostró una tendencia clara atribuible a la adición de café, lo que sugiere que este atributo responde a factores tecnológicos adicionales, como condiciones de amasado o fermentación.

El color de la miga respondió de manera predecible al incremento de extracto: las formulaciones sin café obtuvieron las puntuaciones más bajas, mientras que aquellas con 200 mL alcanzaron valores significativamente superiores. Este resultado refleja la fuerte capacidad pigmentante del café y su potencial como colorante natural, como lo confirman Cacak-Pietrzak et al. [5] y Koay et al. [8], quienes reportaron incrementos en la intensidad cromática de panes adicionados con sustitutos de café o residuos de café. Sin embargo, la evaluación JAR mostró que concentraciones elevadas (T6) pueden percibirse como excesivas, lo cual coincide con lo reportado por Das et al. [2], quienes observaron percepciones de sobreintensificación en formulaciones con altas dosis de café verde.

La apariencia visual general no presentó diferencias significativas entre tratamientos, lo que sugiere que la adición de café no compromete la percepción estética global. No obstante, la visibilidad de los granos de café (B5) fue un atributo polarizante: mientras que los tratamientos sin trozos (T1, T3 y T5) fueron evaluados como adecuados (justo), aquellos con trozos (T4 y T6) concentraron respuestas en la categoría mayor, reflejando un exceso de partículas visibles. Este patrón coincide con lo descrito por Dziki et al. [13] y Vasudevaiah et al. [2], quienes destacaron que el tamaño y la proporción de partículas sólidas determinan la aceptación visual en panes funcionales.

El análisis de penalización (JAR) permitió identificar con mayor precisión las desviaciones respecto a lo considerado óptimo por los consumidores. El nivel de amargor (B1) no alcanzó consenso en la categoría justo, con predominio de respuestas menor en tratamientos sin extracto y mayor en T6, lo que confirma la dificultad de balancear este atributo. En color (B2), la adición de extracto mejoró la evaluación, aunque T6 presentó riesgo de sobreintensificación. La humedad (B3) mostró que los niveles intermedios de extracto favorecen un perfil más aceptado, mientras que la esponjosidad (B4) se mantuvo principalmente en la categoría justo, salvo en T5, percibido como excesivamente aireado. Por último, en la visibilidad de granos (B5), los tratamientos con trozos evidenciaron un reto en la percepción del consumidor, en línea con los resultados de Koay et al. [8], quienes resaltaron la polarización sensorial que puede generar la inclusión de partículas sólidas de café en productos de panificación.

5. Conclusiones

La adición de café, en extracto y trozos, modificó significativamente el sabor, color y humedad del pan, mientras que la esponjosidad y la aceptación global se mantuvieron

estables. Los tratamientos con 100 mL de extracto lograron un mejor equilibrio sensorial, en tanto que niveles excesivos de extracto o partículas visibles redujeron la aceptación. Estos resultados confirman el potencial del café como ingrediente funcional en la panificación y respaldan su viabilidad industrial para desarrollar panes diferenciados con valor agregado en mercados interesados en alimentos funcionales y antioxidantes. Sin embargo, se requieren realizar estudios sobre la evaluación de la estabilidad de compuestos bioactivos durante el horneado, su biodisponibilidad, y la respuesta del consumidor en pruebas de mercado diferenciados.

Contribución: Conceptualización, G.T.Z y M.A.M.M.; análisis formal, E.N.F.H., y M.A.M.M.; investigación, G.D.J.C.; recursos, E.N.F.H., M.A.M.M.; redacción—preparación del borrador original, M.A.M.M.; redacción—revisión y edición, G.T.Z y M.A.M.M. visualización, G.T.Z y M.A.M.M.; supervisión, G.T.Z y M.A.M.M.; administración del proyecto, G.T.Z y M.A.M.M.; adquisición de financiamiento, G.D.J.C., G.T.Z y M.A.M.M. Todos los autores han leído y aprobado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Por favor agrega: “Esta investigación no recibió financiamiento externo” o “Esta investigación fue financiado por NOMBRE DEL FINANCIADOR, con número de proyecto”.

Agradecimientos: Los autores expresan su agradecimiento a Ximena Chávez Trejo, Jimena Valdez Martínez, Verónica Vega Balderas y Luisa Ramírez Virgilio, estudiantes de la Licenciatura en Gastronomía, por su valiosa colaboración en la elaboración de los tratamientos y en la ejecución del análisis sensorial. Asimismo, se agradece al Instituto Tecnológico Superior de Huichapan (ITESHU) y a la coordinación de la Licenciatura en Gastronomía por las facilidades brindadas para el uso del laboratorio (cocina principal) y del aula destinadas a la realización del análisis sensorial.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses. Los financiadores no tuvieron ningún rol en el diseño del estudio; en la recopilación, análisis o interpretación de datos; en la redacción del manuscrito, o en la decisión de publicar los resultados.

Referencias

- [1] Littardi, P., Rinaldi, M., Grimaldi, M., Cavazza, A., & Chiavaro, E. (2020). Effect of addition of green coffee parchment on structural, qualitative and chemical properties of gluten-free bread. *Foods*, 10(1), 5. <https://doi.org/10.3390/foods10010005>
- [2] Mukkundur Vasudevaiah, A., Chaturvedi, A., Kulathooran, R., & Dasappa, I. (2017). Effect of green coffee extract on rheological, physico-sensory and antioxidant properties of bread. *Journal of Food Science and Technology*, 54(7), 1827-1836
- [3] Zain, M. Z. M., Baba, A. S., & Shori, A. B. (2018). Effect of polyphenols enriched from green coffee bean on antioxidant activity and sensory evaluation of bread. *Journal of King Saud University Science*, 30(1), 50-55. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2017.12.003>
- [4] Das, R., Banerjee, D., Sahu, D., Tanveer, J., Banerjee, S., Jarzębski, M., ... & Pal, K. (2024). Evaluating the Impact of Green Coffee Bean Powder on the Quality of Whole Wheat Bread: A Comprehensive Analysis. *Foods*, 13(17), 2705. <https://doi.org/10.3390/foods13172705>
- [5] Cacak-Pietrzak, G., Grabarczyk, J., Szafrńska, A., Krajewska, A., & Dżiki, D. (2024). Cereal coffee as a functional additive in wheat bread: Impact on dough and bread properties. *Foods*, 13(24), 3991. <https://doi.org/10.3390/foods13243991>
- [6] Pourfarzad, A., Mahdavian-Mehr, H., & Sedaghat, N. (2013). Coffee silverskin as a source of dietary fiber in bread-making: Optimization of chemical treatment using response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology*, 50(2), 599-606. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.001>
- [7] Martinez-Saez, N., García, A. T., Pérez, I. D., Rebollo-Hernanz, M., Mesías, M., Morales, F. J., ... & Del Castillo, M. D. (2017). Use of spent coffee grounds as food ingredient in bakery products. *Food Chemistry*, 216, 114-122. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.173>
- [8] Koay, H. Y., Azman, A. T., Zin, Z. M., Portman, K. L., Hasmadi, M., Rusli, N. D., ... & Zainol, M. K. (2023). Assessing the impact of spent coffee ground (SCG) concentrations on shortbread: A study of physicochemical attributes and sensory acceptance. *Future Foods*, 8, 100245. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100245>
- [9] Li, B., Hayes, J. E., & Ziegler, G. R. (2014). Just-about-right and ideal scaling provide similar insights into the influence of sensory attributes on liking. *Food quality and preference*, 37, 71-78. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.04.019>
- [10] Wichchukit, S., & O'Mahony, M. (2022). The 9-point hedonic and unstructured line hedonic scales. *Food Quality and Preference*, 95, 104352. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104352>
- [11] Narayanan, P., Chinnasamy, B., Jin, L., & Clark, S. (2014). Use of just-about-right scales and penalty analysis to determine appropriate concentrations of stevia sweeteners for vanilla yogurt. *Journal of dairy science*, 97(6), 3262-3272. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7365>
- [12] Lim, J. (2011). Hedonic scaling: A review of methods and theory. *Food quality and preference*, 22(8), 733-747.. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.05.008>

13. [13] Dzik, D., Gawlik-Dziki, U., Pecio, Ł., Różyło, R., Świeca, M., Krzykowski, A., & Rudy, S. (2015). Ground green coffee beans as a functional food supplement- Preliminary study. *LWT-Food Science and Technology*, 63(1), 691-699. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.076>
14. [14] Cacak-Pietrzak, G., Grabarczyk, J., Szafrńska, A., Krajewska, A., & Dzik, D. (2024). Cereal coffee as a functional additive in wheat bread: Impact on dough and bread properties. *Foods*, 13(24), 3991. <https://doi.org/10.3390/foods13243991>
15. [15] Dzik, D., Gawlik-Dziki, U., Różyło, R., Siastała, M., & Kowalczyk, D. (2016). Quality of wholemeal wheat bread enriched with green coffee beans. *Croatian journal of food science and technology*, 8(2), 112-119. <https://doi.org/10.17508/CJFST.2016.8.2.11>