

ELABORACIÓN DEL PAN TRADICIONAL EN BASE DE MASA MADRE DE HARINA DE TRIGO E INTEGRAL: EVALUACIÓN SENSORIAL COMPARATIVA

Production of traditional bread using sourdough made from wheat and whole-wheat flour: a comparative sensory evaluation

(Artículo de investigación)

Teofilo Mauricio Castañeta Mamani¹, Gladys J Chipana-Mendoza²

RESUMEN

El pan es uno de los alimentos de mayor consumo a nivel mundial, y su elaboración mediante fermentación con masa madre, un cultivo vivo de bacterias ácido-lácticas y levaduras, constituye una técnica tradicional que ha recuperado interés científico por sus beneficios tecnológicos, sensoriales y nutricionales frente a la panificación con levadura comercial. En Bolivia, el trigo representa un insumo estratégico para la seguridad alimentaria, y el municipio de Viacha alberga el molino de trigo de mayor capacidad del país, lo que otorga a la región un potencial particular para el desarrollo de investigaciones aplicadas sobre panificación artesanal. El presente estudio, realizado en el Centro de Investigación de Granos y Cereales de la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, tuvo como objetivo elaborar y comparar pan tradicional a partir de dos tipos de masa madre: masa madre de harina de trigo (MMHT) y masa madre de harina integral (MMHI). Ambos tratamientos se elaboraron siguiendo un proceso idéntico de ocho etapas, pesado, amasado, autólisis, fermentación en bloque, formado, fermentación en frío (24 h a 5 °C) y horneado (250 °C, 40 min), variando únicamente el tipo de masa madre incorporada. La calidad del producto final se evaluó mediante una prueba sensorial afectiva con 30 consumidores no entrenados por tratamiento, utilizando una escala hedónica de 5 puntos sobre sabor, textura, aroma, apariencia y aceptabilidad general. Los resultados mostraron que el pan MMHT obtuvo mayor porcentaje de aceptación (puntajes 4–5) en todos los atributos evaluados (70–90 %) frente al pan MMHI (52–65 %), con la mayor diferencia en aroma (33 puntos porcentuales) y la menor en sabor y aceptabilidad general (12 puntos porcentuales). Se concluye que, si bien el pan de trigo refinado presenta mayor aceptación sensorial inmediata, el pan integral constituye una alternativa viable y nutricionalmente valiosa, cuya aceptación podría mejorarse ajustando la formulación y el proceso fermentativo.

Palabras clave: masa madre, harina integral, fermentación, panificación tradicional, evaluación sensorial.

Abstract

Bread is one of the most widely consumed foods worldwide, and its production through fermentation with sourdough—a live culture of lactic acid bacteria and yeast—is a traditional technique that has regained scientific interest due to its technological, sensory, and nutritional benefits compared to baking with commercial yeast. In Bolivia, wheat is a strategic commodity for food security, and the municipality of Viacha is home to the country's largest wheat mill, giving the region unique potential for conducting applied research on artisanal breadmaking. This study, conducted at the Grain and Cereal Research Center of the Agricultural Production and Marketing Engineering Program, aimed to prepare and compare traditional bread made from two types of sourdough: wheat flour sourdough (MMHT) and whole-wheat flour sourdough (MMHI). Both treatments were prepared following an identical eight-step process: weighing, kneading, autolysis, bulk fermentation, shaping, cold fermentation (24 h at 5 °C), and baking (250 °C, 40 min), with the only variation being the type of sourdough incorporated. The quality of the final product was evaluated using an affective sensory test with 30 untrained consumers per treatment, employing a 5-point hedonic scale for taste, texture, aroma, appearance, and overall acceptability. The results showed that MMHT bread obtained a higher percentage of acceptance (scores of 4–5) for all evaluated attributes (70–90 %) compared to MMHI bread (52–65 %), with the greatest difference in aroma (33 percentage points) and the smallest in taste and overall acceptability (12 percentage points). It is concluded that, although refined wheat bread exhibits greater immediate sensory acceptance, whole-wheat bread is a viable and nutritionally valuable alternative, whose acceptance could be improved by adjusting the formulation and the fermentation process.

Keywords: sourdough starter, whole wheat flour, fermentation, traditional breadmaking, sensory evaluation.

¹ Estudiante, Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
teofilomauriciocastanetamamani@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0009-6859-0354>

² Docente Investigadora, Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
gjchipana@umsa.bo. <https://orcid.org/0000-0001-8014-0385>

INTRODUCCIÓN

El pan es uno de los alimentos más antiguos y de mayor consumo a nivel mundial, y su elaboración mediante fermentación con masa madre constituye una técnica milenaria que, en años recientes, ha recuperado un fuerte interés científico debido a la evidencia acumulada sobre sus beneficios tecnológicos, sensoriales y nutricionales; la masa madre (*sourdough*) es un cultivo vivo compuesto por un microbioma complejo de bacterias ácido-lácticas (BAL) y levaduras, cuya fermentación espontánea permite ajustar el nivel de gluten, retrasar la digestibilidad del almidón e incrementar la bioaccesibilidad de vitaminas y minerales del pan resultante, generando además metabolitos responsables de su elevada calidad sensorial (Akamine et al., 2023).

Desde el punto de vista microbiológico, las BAL constituyen los microorganismos predominantes en la masa madre de trigo (*Triticum aestivum*), siendo responsables de la acidificación del medio y de múltiples funciones biotecnológicas, entre ellas la actividad antimicrobiana, la degradación de micotoxinas y la modulación de la microbiota intestinal e inmunitaria del consumidor, lo que posiciona a la masa madre como una fuente relevante de agentes biológicos con aplicación en la industria alimentaria y nutracéutica (Bartkiene et al., 2022). Estudios han caracterizado fenotípicamente y genómicamente cepas de *Lactobacillus fermentum*, *Weissella cibaria* y *Weissella confusa* aisladas de matrices cerealeras, demostrando su potencial como cultivos iniciadores para panificación por su capacidad de producir exopolisacáridos (EPS) que mejoran las propiedades reológicas de la masa y prolongan la vida útil del pan (Falasconi et al., 2020).

La incorporación de bacterias ácido-lácticas seleccionadas como cultivos iniciadores ha mostrado efectos favorables adicionales en la calidad panadera. Se ha evidenciado actividad antifúngica de masas madre de harina de trigo elaboradas con distintas especies de *Lactobacillus* frente a hongos contaminantes como *Aspergillus* y *Penicillium*, lo que representa una estrategia natural de bioconservación frente al uso de conservantes químicos (Lafuente et al., 2023). De manera complementaria, se optimizó las proporciones de distintas cepas de BAL en masa madre para maximizar su actividad antifúngica y evaluó su efecto sobre la calidad de panes parcial y totalmente horneados durante el almacenamiento refrigerado, confirmando la viabilidad tecnológica de este enfoque a escala aplicada (Hernández-Figueroa et al., 2024).

Un aspecto central para la presente investigación es la comparación entre harina de trigo refinada e integral como sustrato de fermentación. Al respecto, un estudio publicado sobre masas madre elaboradas con harina integral de trigo germinada y no germinada demostró que ambas formulaciones incrementan progresivamente los recuentos de levaduras y bacterias ácido-lácticas durante los refrescos sucesivos, generando mejoras significativas en las propiedades químicas, nutricionales y tecnológicas del pan integral resultante frente al elaborado con harina refinada (Navarro et al., 2025). Asimismo, trabajos de investigación sobre masas madre tipo II con distintas cepas de BAL han reportado su influencia sobre la calidad del pan y la formación de compuestos derivados de la reacción de Maillard, ampliando la comprensión de los mecanismos bioquímicos implicados en la fermentación con harina integral (Sahin et al., 2024).

Desde la perspectiva nutricional, la evidencia científica respalda que la sustitución de harina de trigo refinada por harina integral, o por harinas integrales de otros cereales, en productos panificados mejora significativamente el perfil nutricional del producto final. Un estudio comparó pan (control) elaborado con 100 % de harina refinada frente a pan con 100 % de harina integral de trigo y sustituciones con harina integral de arroz, encontró diferencias significativas en el contenido de fibra dietética, fitatos y minerales, así como en la cinética de retrogradación de la amilopeptina, factores determinantes tanto para la calidad nutricional como para la vida útil del pan (Salas y Haros, 2016). De manera similar, estudios publicados sobre la incorporación de harina integral de garbanzo en pan tipo sándwich concluyeron que la sustitución parcial de harina refinada no afecta negativamente la textura ni el volumen del producto, mientras que incrementa su valor nutricional, principalmente por el aporte de fibra dietética, sin comprometer la aceptación sensorial por parte de los consumidores (Da Costa et al., 2020).

Asimismo, investigaciones sobre la adición de harina de garbanzo germinado por hidroponía a harina integral de trigo han señalado que los procesos de germinación y fermentación reducen los factores antinutricionales presentes en las harinas integrales, favoreciendo la absorción de nutrientes y optimizando simultáneamente las propiedades sensoriales, reológicas y tecnológicas del producto panificado (Nidez et al., 2025). Estos antecedentes confirman que tanto el tipo de harina como el proceso fermentativo empleado son factores determinantes que actúan de manera conjunta sobre la calidad final del pan, justificando la necesidad de estudios como el que se plantea en la presente investigación entre harina de trigo refinada e integral fermentadas mediante masa madre.

Desde una perspectiva regional, el trigo constituye un insumo estratégico para la seguridad alimentaria de Bolivia, país que enfrenta un marcado déficit estructural en su producción interna y una elevada dependencia de las importaciones de grano y harina; se estima que en lo que va del siglo el país ha destinado cerca de 2.000 millones de dólares a la importación de harina de trigo, que ingresa con arancel cero desde el Mercosur, afectando la capacidad de procesamiento de las molineras nacionales (Instituto Boliviano de Comercio Exterior, 2023). En este contexto cobra particular relevancia el hecho de que en el municipio de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz, área geográfica donde se desarrolla la presente investigación, se encuentra instalado el molino de trigo más grande y de mayor capacidad de molienda de Bolivia, con capacidad para procesar 300 toneladas de grano y producir 7.000 quintales de harina al día, como parte de las políticas estatales orientadas a garantizar la seguridad alimentaria del país (Empresa de Apoyo a la Producción de Alimentos, 2024).

Esta condición otorga a la región de Viacha un potencial para el desarrollo de investigaciones aplicadas sobre el aprovechamiento tecnológico de la harina de trigo, tanto refinada como integral, en procesos de panificación con valor agregado. En este marco, la carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria (CIPyCA) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, a través de su centro de Investigación en Granos y Cereales, ha generado previamente estudios sobre calidad sensorial y fisicoquímica de productos panificados en el municipio de Viacha, entre ellos la evaluación de pan integral elaborado con harina de tarwi (Maldonado et al., 2023) y la calidad sensorial de pan con harina integral y salvado de trigo (Monasterios, 2023), lo que evidencia una línea de investigación institucional consolidada en torno a la valorización de materias primas locales para la panificación.

En este marco, el presente trabajo se propone elaborar pan tradicional a partir de masa madre utilizando harina de trigo refinada y harina integral, con el fin de generar información científica que permita caracterizar el comportamiento fermentativo de ambas materias primas y evaluar sus efectos sobre las propiedades sensoriales, fisicoquímicas y nutricionales del producto final. Se espera que los resultados obtenidos contribuyan al fortalecimiento de las capacidades técnicas de panificación artesanal en la región de Viacha, al aprovechamiento de los recursos harineros disponibles localmente y a la promoción de alternativas de producción con mayor valor nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El trabajo se realizó en el Centro de Investigación en Granos y Cereales, dependiente de la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, situado en la ciudad de Viacha, provincia Ingavi, del departamento de La Paz.

Metodología

Para la elaboración del pan tradicional se emplearon dos tipos de masa madre como agente leudante natural, manteniendo constante el resto de los insumos. En la Tabla 1 se detallan los materiales utilizados y su función dentro de la formulación.

Tabla 1. Insumos empleados en la elaboración del pan tradicional con masa madre.

Insumo	Función tecnológica
Masa madre de harina integral (MMHI)	Agente de fermentación natural (tratamiento 1)
Masa madre de harina blanca (MMHB)	Agente de fermentación natural (tratamiento 2)
Harina de trigo (000)	Sustrato estructural, aporte de gluten
Sal	Regulador de la fermentación y potenciador de sabor
Agua	Hidratación y desarrollo del gluten

Para el desarrollo del proceso se utilizaron los siguientes materiales y equipos de laboratorio: balanza digital, dos bowls de acero inoxidable, batidora con gancho amasador, banneton, cámara de refrigeración, cortante (lame), y horno con función de generación de vapor.

La formulación empleada para cada tratamiento, expresada en gramos y en porcentaje panadero (tomando la harina como 100 %), se presenta en la Tabla 2. Esta formulación se aplicó de manera idéntica para ambos tratamientos, variando

únicamente el tipo de masa madre incorporada (integral o blanca), con el fin de aislar el efecto de esta variable sobre las características del pan obtenido.

Tabla 2. Formulación empleada para cada tratamiento.

Insumo	Cantidad (g)	Porcentaje panadero
Harina de trigo	520	100
Masa madre (MMHI o MMHB)	100	19.2
Agua	360	69.2
Sal	10	1.9
Peso total de masa	990	

El proceso de elaboración se realizó siguiendo ocho etapas secuenciales, descritas a continuación:

- Etapa 1. Pesado de insumos (5 min). Los insumos (harina, masa madre, agua y sal) se pesaron por separado en recipientes independientes utilizando una balanza digital, con el fin de garantizar la exactitud de la formulación para cada tratamiento.
- Etapa 2. Amasado inicial, mezclado (5 min). La harina, la masa madre, el agua y la sal se incorporaron en una batidora con gancho amasador hasta lograr una distribución homogénea del agua en la masa, sin desarrollar completamente el gluten. Este mismo procedimiento se replicó de forma independiente para cada tratamiento (MMHI y MMHB).
- Etapa 3. Reposo, autólisis (1 h). La masa, aún poco desarrollada, se cubrió con un paño húmedo y se dejó en reposo durante 60 minutos a temperatura ambiente. Durante esta fase tuvo lugar el proceso de autólisis, en el cual la hidratación pasiva de la harina favorece la formación espontánea de la red de gluten sin intervención mecánica.
- Etapa 4. Amasado final (10 min). Transcurrida la autólisis, se realizó un segundo amasado durante 10 minutos, aplicando la técnica de plegado (folding), con el objetivo de fortalecer y estructurar la red de gluten mediante la incorporación progresiva de tensión superficial en la masa.
- Etapa 5. Fermentación en bloque (4 h). La masa se dejó fermentar a temperatura ambiente durante 4 horas, permitiendo un crecimiento lento y gradual hasta duplicar su volumen inicial, como resultado de la actividad metabólica de las bacterias ácido-lácticas y levaduras presentes en la masa madre.
- Etapa 6. Formado (5 min). Una vez alcanzado el doble de su volumen, la masa se colocó sobre la mesa de trabajo y se procedió al formado mediante plegado de los extremos hacia el centro y enrollado sobre sí misma, sellando los extremos con la adición de una pequeña cantidad de harina. La pieza formada se colocó posteriormente en un banneton enharinado.
- Etapa 7. Fermentación en frío, retardo (24 h, 5 °C). El banneton con la masa formada se trasladó a refrigeración a 5 °C durante 24 horas, permitiendo una fermentación lenta y controlada que favorece el desarrollo de compuestos aromáticos y una mejor manejabilidad de la masa previa al horneado.
- Etapa 8. Horneado (40 min, 250 °C). Transcurridas las 24 horas de fermentación en frío, se verificó el incremento de volumen de la masa, se realizó un corte superficial en el centro de la pieza (greñado) para dirigir la expansión durante la cocción, y se horneó de inmediato a 250 °C durante 40 minutos, generando vapor durante los primeros minutos de cocción para favorecer el desarrollo del volumen y la formación de la corteza.

El procedimiento descrito se aplicó de manera idéntica para ambos tratamientos en estudio: Tratamiento 1, elaborado con masa madre de harina integral (MMHI), y Tratamiento 2, elaborado con masa madre de harina blanca (MMHB), constituyendo así un diseño comparativo entre ambos tipos de fermento. El diagrama de flujo general del proceso se presenta en la Figura 1.

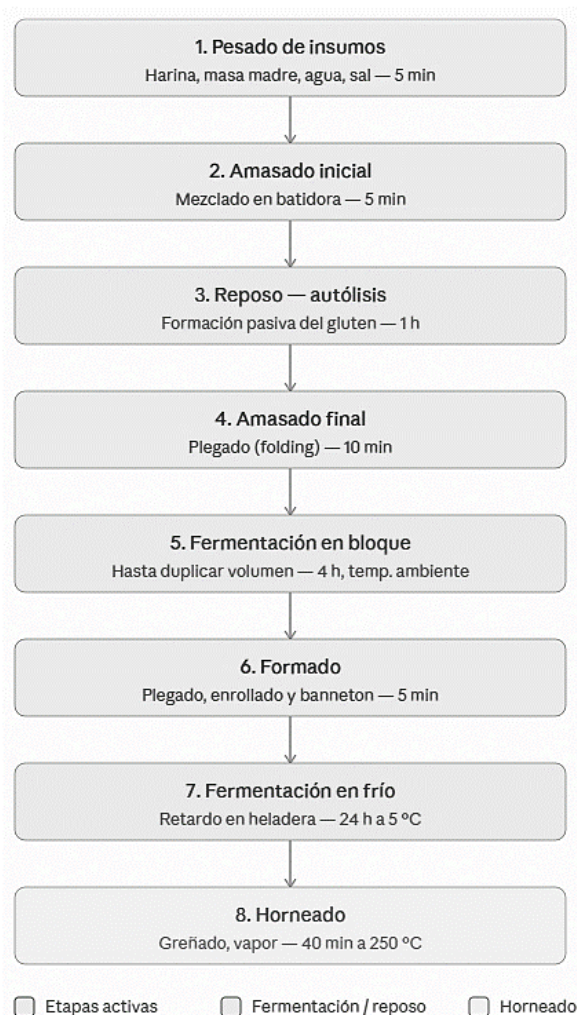


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del pan tradicional con masa madre, indicando tiempos y temperaturas de cada etapa.

Una vez obtenidos los panes correspondientes a los dos tratamientos en estudio (T1: pan elaborado con masa madre de harina de trigo, MMHT; T2: pan elaborado con masa madre de harina integral, MMHI), se procedió a evaluar su calidad sensorial mediante una prueba afectiva de aceptación con consumidores, complementaria a la caracterización tecnológica descrita en las secciones anteriores. Este tipo de prueba es la más adecuada cuando el objetivo es conocer la respuesta hedónica del consumidor final, es decir, si el producto le agrada o no, y no un perfil sensorial técnico detallado, para lo cual se requeriría en cambio un panel entrenado (Avilés et al., 2025).

Se conformó un panel de consumidores no entrenados, de carácter aleatorio, integrado por 30 evaluadores para cada tratamiento ($n = 30$ para MMHT y $n = 30$ para MMHI, reclutados entre estudiantes, docentes y personal de la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, considerando como criterio de inclusión ser consumidor habitual de pan. Este tamaño de panel es coherente con lo señalado en la literatura especializada, que establece un mínimo de 10 jueces afectivos no entrenados, seleccionados al azar entre consumidores habituales del producto, para que los resultados de una prueba de aceptación sean estadísticamente representativos (Surco y Alvarado, 2011). No se aplicaron criterios de exclusión relacionados con alergias al gluten o intolerancias, dado que ambos tratamientos contenían trigo; los evaluadores con alguna restricción alimentaria conocida fueron excluidos previamente mediante consulta verbal.

Las muestras de cada tratamiento se cortaron en porciones homogéneas de aproximadamente 2 cm de espesor, tomadas de la porción central de cada pieza para evitar la variabilidad asociada a la corteza de los extremos. Cada muestra fue codificada con números aleatorios de tres dígitos para evitar sesgos de identificación por parte del evaluador, y se presentó en platos blancos individuales, en orden monádico secuencial y balanceado entre evaluadores. Se proporcionó

agua a temperatura ambiente para enjuague bucal entre muestras, con el fin de minimizar el efecto de arrastre (*carry-over*) sensorial entre tratamientos.

Se utilizó una ficha de evaluación sensorial con escala hedónica estructurada de 5 puntos (1 = muy malo, 2 = malo, 3 = bueno, 4 = muy bueno, 5 = excelente), en la cual los evaluadores calificaron los atributos de sabor, textura, aroma, apariencia y aceptabilidad general. La elección de una escala de 5 puntos, en lugar de la escala hedónica de 9 puntos más tradicional, responde a estudios que reportan su uso frecuente y validez en paneles de consumidores no entrenados para productos de panificación, facilitando la comprensión del instrumento por parte de evaluadores sin experiencia previa en análisis sensorial (Ramírez-Navas, 2012).

La evaluación se realizó en un ambiente controlado dentro del Centro de Investigación en Granos y Cereales, con buena iluminación natural, libre de olores extraños y con evaluadores ubicados individualmente para evitar la comunicación entre ellos durante la cata. Las pruebas se realizaron en horario de media mañana, evitando los períodos inmediatamente posteriores a las comidas principales, con el fin de minimizar la influencia del estado de saciedad sobre la percepción hedónica.

Las calificaciones individuales se tabularon en una hoja de cálculo y se procesaron mediante estadística descriptiva, calculando para cada atributo y tratamiento la frecuencia y el porcentaje de evaluadores que asignaron puntajes de 4 y 5 (métrica conocida como "top-two-box score" o T2B), indicador comúnmente empleado en estudios de aceptabilidad de alimentos para representar la proporción de consumidores con una valoración favorable del producto (Avilés et al., 2025). Los resultados obtenidos para ambos tratamientos se compararon de forma descriptiva mediante la diferencia porcentual entre grupos para cada atributo evaluado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación sensorial del pan elaborado con masa madre de harina de trigo e integral

La evaluación sensorial se realizó mediante un panel de 30 catadores no entrenados por cada tratamiento ($n = 30$ para el pan elaborado con masa madre de harina de trigo, MMHT, y $n = 30$ para el pan elaborado con masa madre de harina integral, MMHI), utilizando una escala hedónica estructurada de 1 a 5 puntos (1 = muy malo, 5 = excelente). Los atributos evaluados fueron sabor, textura, aroma, apariencia y aceptabilidad general. Para el análisis se consideró como "aceptación positiva" la proporción de evaluadores que calificaron cada atributo con puntajes de 4 o 5. Los resultados se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3. Porcentaje de aceptación (puntajes 4–5) por atributo sensorial según tipo de masa madre.

Atributo sensorial	MMHT (%)	MMHI (%)	Diferencia
Sabor	72 (21/30)	60 (18/30)	12
Textura	78	55	23
Aroma	85 (26/30)	52 (10/30)	33
Apariencia	90 (28/30)	65 (14/30)	25
Aceptabilidad general	70	58	12

Se presenta a continuación en la Figura 2, la comparación que permite visualizar de manera conjunta el comportamiento de ambos tratamientos en los cinco atributos evaluados, donde el pan elaborado con masa madre de harina de trigo (MMHT) superó consistentemente al pan de masa madre de harina integral (MMHI), siendo la diferencia más pronunciada en aroma (33 puntos porcentuales) y apariencia (25 puntos porcentuales), y la más moderada en sabor y aceptabilidad general (12 puntos porcentuales en ambos casos).

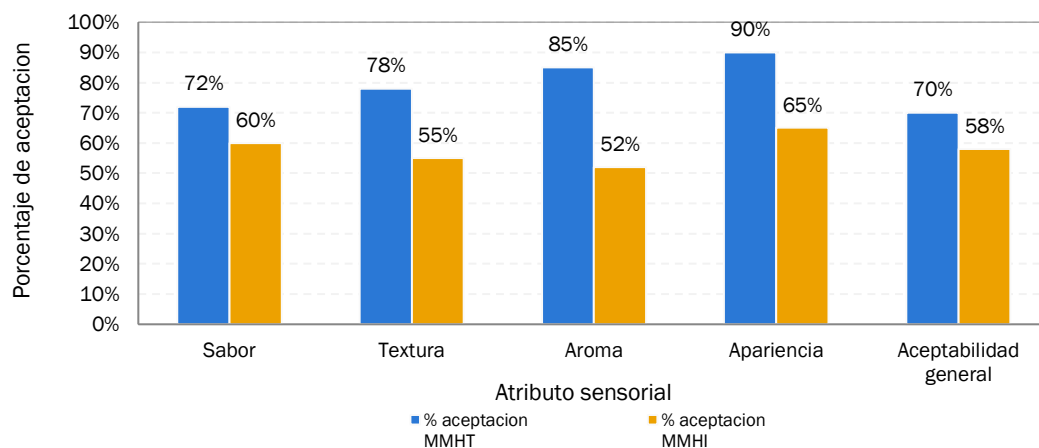


Figura 2. Porcentaje de aceptación (puntuajes 4-5) por atributo sensorial

Sabor

La Figura 3 muestra que el pan MMHT concentra una mayor proporción de calificaciones en las categorías superiores de la escala (4–5), alcanzando el 72 % de aceptación, frente al 60 % del pan MMHI. La distribución de ambos tratamientos se mantiene dentro del rango de aceptación mayoritaria, sin embargo, la brecha de 12 puntos porcentuales indica que el sabor del pan integral, descrito como "más terroso y robusto", resulta menos familiar para un panel de consumidores no entrenados acostumbrados al sabor neutro del pan blanco tradicional. Esta figura evidencia que la diferencia entre tratamientos, aunque perceptible, es la más moderada de las cinco evaluadas, lo que sugiere que el sabor es el atributo en el que ambos tipos de pan logran un desempeño relativamente más cercano entre sí.

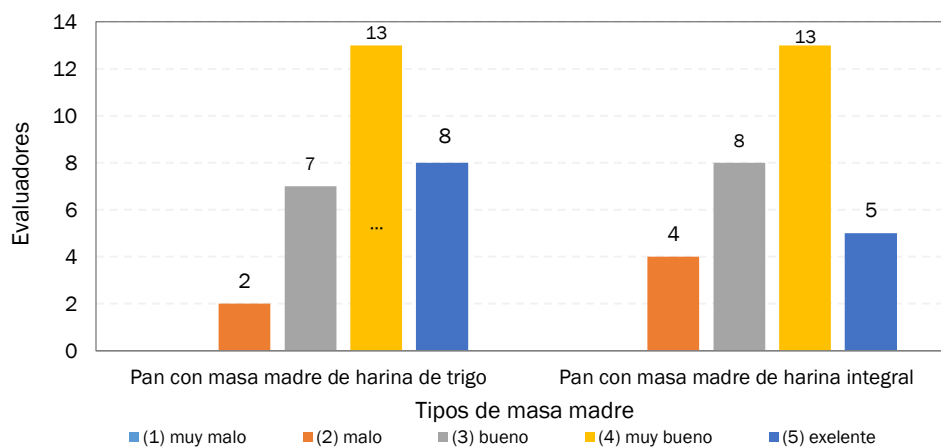


Figura 3. Evaluación del sabor para los tipos de masa madre.

Textura

La Figura 4 correspondiente a textura muestra una separación más marcada entre tratamientos que la observada en sabor: 78 % de aceptación para MMHT frente a 55 % para MMHI (23 puntos porcentuales de diferencia). Esta figura es consistente con el fundamento tecnológico de la panificación con harina integral, en la cual las partículas de salvado actúan como puntos de ruptura física de la red de gluten, reduciendo la capacidad de retención de gas durante la fermentación y disminuyendo el volumen específico de la miga. La lectura de esta figura indica que la textura es uno de los atributos donde el efecto de la composición de la harina se manifiesta de forma más directa y medible en la percepción del consumidor.

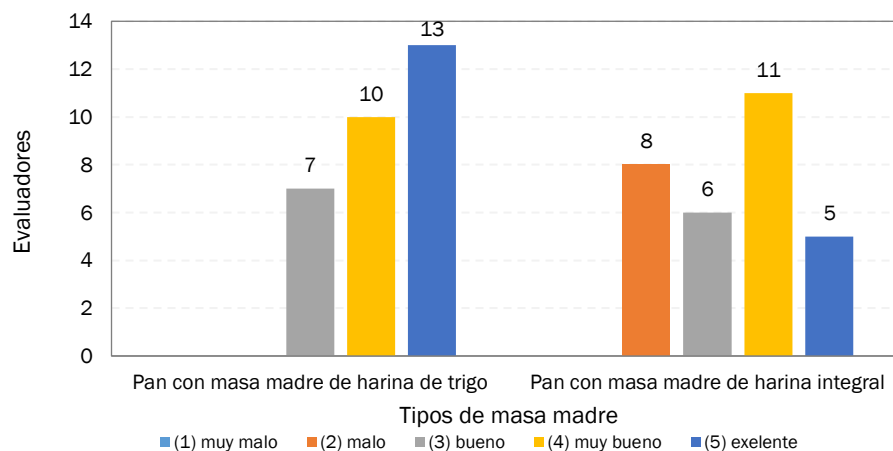


Figura 4. Evaluación de la textura para los tipos de masa madre.

Aroma

La Figura 5 exhibe la mayor divergencia entre ambos tratamientos: 85 % de aceptación en MMHT frente a solo 52 % en MMHI, una diferencia de 33 puntos porcentuales. La amplitud de esta brecha, muy superior a la observada en el resto de las figuras, sugiere que el aroma es el atributo más sensible a la presencia de compuestos derivados del salvado y el germen (probablemente compuestos fenólicos y productos de oxidación lipídica propios de la harina integral), los cuales generan notas olfativas más intensas y menos convencionales para el paladar del consumidor promedio. Se puede decir que una menor aceptación no equivale necesariamente a una menor calidad aromática objetiva, sino a una menor familiaridad sensorial del panel evaluador con ese perfil.

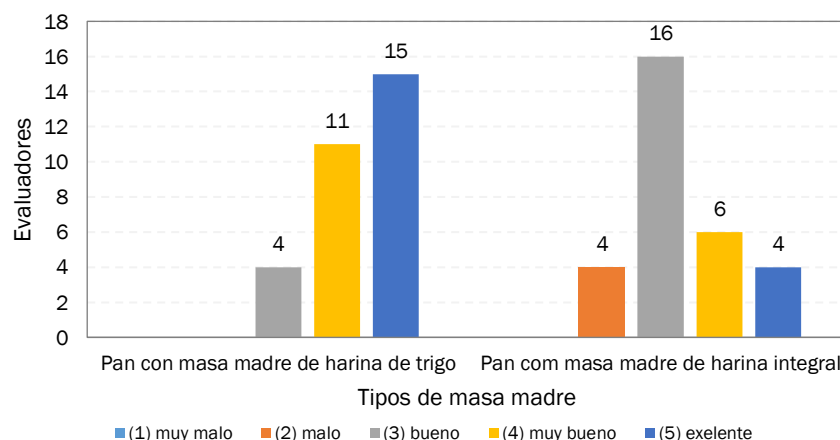


Figura 5. Evaluación del aroma para los tipos de masa madre.

Apariencia

La Figura 6 de apariencia muestra el porcentaje de aceptación más alto de todo el estudio para el pan MMHT (90 %), frente a un 65 % para el pan MMHI (25 puntos porcentuales de diferencia). Esta figura refleja fundamentalmente una preferencia visual condicionada por la familiaridad del consumidor con el pan blanco tradicional, de corteza dorada y miga clara, frente a la apariencia más oscura característica del pan integral. A diferencia de las figuras de textura y aroma, cuya explicación es predominantemente tecnológica, esta figura responde en mayor medida a un sesgo perceptual y cultural asociado a la imagen convencional del "buen pan", más que a un defecto real de calidad del producto integral.

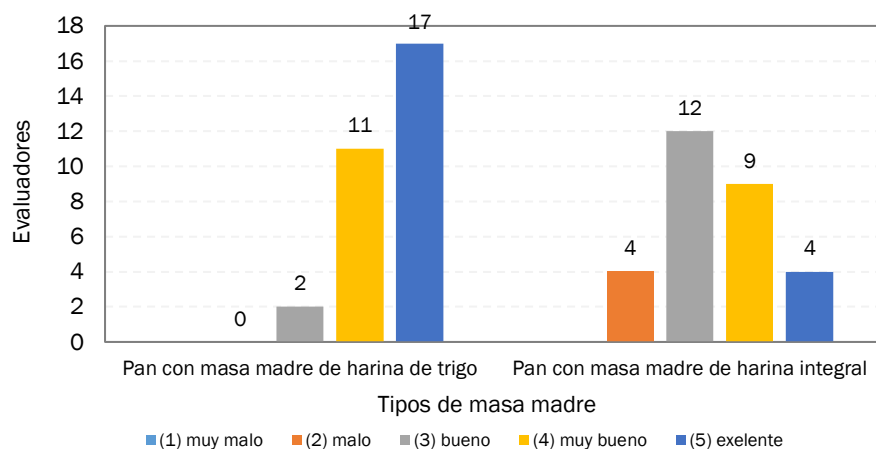


Figura 6. Evaluación de la apariencia para los tipos de masa madre.

Aceptabilidad general

La aceptabilidad general integra el efecto combinado de los cuatro atributos anteriores, teniéndose un 70 % de aprobación para MMHT frente a un 58 % para MMHI (12 puntos porcentuales de diferencia, la misma magnitud observada en sabor). Es interesante notar que esta figura no refleja una diferencia tan amplia como la observada en aroma o apariencia, lo que indica que, pese a percibir un producto más denso, oscuro y de aroma más intenso, un porcentaje mayoritario de los evaluadores igualmente calificó al pan MMHI como aceptable o muy aceptable. Esta figura, en conjunto, respalda la conclusión de que el pan integral constituye una alternativa sensorialmente viable, aunque con menor atractivo inmediato frente al pan tradicional de trigo refinado.

CONCLUSIONES

El tipo de harina empleada en la elaboración de la masa madre, de trigo refinada o integral, tuvo una influencia determinante sobre la percepción sensorial del pan tradicional, afectando de manera significativa el sabor, la textura, el aroma, la apariencia y la aceptabilidad general evaluados por el panel de consumidores. El pan elaborado con masa madre de harina de trigo (MMHT) obtuvo los porcentajes de aceptación más altos en los cinco atributos evaluados, con valores de 72 % en sabor, 78 % en textura, 85 % en aroma, 90 % en apariencia y 70 % en aceptabilidad general, siendo reconocido principalmente por su sabor suave, su miga esponjosa, su aroma fresco y su corteza dorada y crujiente.

Por su parte, el pan elaborado con masa madre de harina integral (MMHI), si bien obtuvo porcentajes de aceptación inferiores en todos los atributos (60 % en sabor, 55 % en textura, 52 % en aroma, 65 % en apariencia y 58 % en aceptabilidad general), mantuvo niveles de aprobación mayoritariamente positivos, lo que indica que el producto es sensorialmente viable pese a presentar un perfil más terroso, una miga más densa y una corteza y miga de tonalidad más oscura, características intrínsecas al uso de harina integral.

Estos resultados sugieren que las diferencias observadas responden principalmente a factores composicionales y tecnológicos propios de cada tipo de harina, como la presencia de salvado y germen en la harina integral, que interfiere con el desarrollo del gluten y modifica el perfil aromático, más que a una deficiencia en el proceso de fermentación con masa madre en sí. En este sentido, el pan MMHI representa una alternativa nutricionalmente valiosa que podría beneficiarse de ajustes en la formulación (por ejemplo, hidratación, tiempo de fermentación o grado de molienda) para mejorar su aceptación sensorial sin perder sus ventajas nutricionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Akamine, I., Mansolo, F., & Vermelho, A. (2023). Probiotics in the sourdough bread fermentation: current status. *Fermentation*, 9(2);90. <https://doi.org/10.3390/fermentation9020090>
- Avilés, M., Gamero, A., & Pérez, E. (2025). Nota Metodológica 5. Paneles entrenados y no entrenados en la evaluación sensorial de productos: ¿Cómo sé cuál es el mejor para mi estudio? *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*. <https://www.renhyd.org/renhyd/announcement/view/39>

- Bartkiene, E., Özogul, F., & Rocha, J. (2022). Bread Sourdough lactic acid bacteria—technological, antimicrobial, toxin-degrading, immune system-, and faecal microbiota-modelling biological agents for the preparation of food, nutraceuticals and feed. *Foods* 11(3):452. <https://doi.org/10.3390/foods11030452>
- Da Costa, R., Da Silva, S., Sousa L., Azevêdo, W., Arruda, A., Vieira, C., Dias, A., Chávez, D., & Machado, F. (2020). Harina de garbanzo integral como ingrediente para mejorar la calidad nutricional del pan de sándwich: efectos sobre la aceptación sensorial, el perfil de textura y las propiedades tecnológicas. *Revista chilena de nutrición* 47(6). <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000600933>
- Empresa de Apoyo a la Producción de Alimentos. (2024). El molino de trigo más grande de Bolivia está en La Paz. Ministerio de Desarrollo Productivo Rural y Agua. <https://emapa.gob.bo/el-molino-de-trigo-mas-grande-de-bolivia-esta-en-la-paz/>
- Falasconi, I., Fontana, A., Patrone, V., Rebecchi, A., Duserm, G., Principato, L., Callegari, M., Spigno, G., & Morelli, L. (2020). Genome-assisted characterization of *Lactobacillus fermentum*, *Weissella cibaria*, and *Weissella confusa* strains isolated from sorghum as starters for sourdough fermentation. *Microorganisms* 8(9):1388. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8091388>
- Hernández-Figueroa, R., Mani-López, E., Ramírez-Corona, N., & López-Malo, A. (2024). Optimizing lactic acid bacteria proportions in sourdough to enhance antifungal activity and quality of partially and fully baked bread. *Foods* 13(15): 2318. <https://doi.org/10.3390/foods13152318>
- Instituto Boliviano de Comercio Exterior. (2023). Producir más trigo está en nuestras manos. <https://ibce.org.bo/publicaciones-descarga-columna.php?id=328>
- Lafuente, C., Calpe, J., Musto, L., de Melo, T., Dopazo, V., Meca, G., & Luz, C. (2023). Preparation of sourdoughs fermented with isolated lactic acid bacteria and characterization of their antifungal properties. *Foods* 12(4):686. <https://doi.org/10.3390/foods12040686>
- Maldonado, B., Taboada, G., & Monasterios, S. (2023). Evaluación del pan integral elaborado con harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en el municipio de Viacha. *Cibum Scientia* 2(1). <https://doi.org/10.53287/ijks7177db33b>
- Monasterios, S. (2023). Calidad sensorial de pan con harina integral y salvado de trigo en el municipio de Viacha. *Cibum Scientia* 2(2). <https://doi.org/10.53287/euji5159vc11x>
- Navarro, J., López, M., Salvucci, E., León, A., & Steffolani, M. (2025). Chemical and nutritional characterization of sourdoughs made with sprouted and unsprouted whole-wheat flour and their effects on the technological quality of bread. *Food* 14(16):2805. <https://doi.org/10.3390/foods14162805>
- Nidez, M., López, G., Gerardo, J., & Amaya, M. (2025). Harina integral de trigo (*Triticum aestivum* L.) adicionada con harina de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) germinado por hidroponía: análisis reológico, de textura y sensorial en un producto de panificación. *Biotecnia* 27. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-14562025000100107
- Ramírez-Navas, J. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. Universidad del Valle Colombia. https://www.researchgate.net/publication/257890512_Analisis_sensorial_pruebas_orientadas_al_consumidor
- Salas, M., & Haros, M. (2016). Evaluación de la calidad tecnológica, nutricional y sensorial de productos de panadería por sustitución de harina de trigo por harina integral de arroz. *Brazilian Journal of Food Technology* 19. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.0216>
- Sahin, M., Ozgolet, M., Cankurt, H., & Dertli, E. (2024). Harnessing the role of three lactic acid bacteria (lab) strains for type II sourdough production and influence of sourdoughs on bread quality and maillard reaction products. *Foods* 13(12):1801. <https://doi.org/10.3390/foods13121801>
- Surco, J., & Alvarado, J. (2011). Estudio estadístico de pruebas sensoriales de harinas compuestas para panificación. *Revista Boliviana de Química* 28(2):79-82. <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339676005.pdf>