



Uleam
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías

Carrera de Ingeniería en Alimentos

Artículo Académico

**Temperatura y tiempo de horneado en el pan artesanal de masa madre con
bagazo de bebidas fermentadas Uva (*Vitis vinifera*)**

Baking time and temperature for artisanal sourdough bread with grape pomace
(*Vitis vinifera*)

Anchundia García Roxy Nohelia; Mera González Waleska Stefanía;

Tutor

Blgo. Víctor Otero Tuarez, Ph.D.

Manta- Manabí-Ecuador

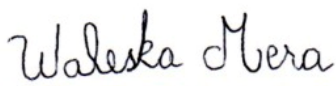
2025 (2)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro (amos) que este trabajo es original, de mi (nuestra) autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.



Anchundia García Roxy Nohelia



Mera González Waleska Stefanía

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnología de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Mera González Waleska Stefanía, legalmente matriculado/a en la carrera de ALIMENTOS periodo académico 2025(2), cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto técnico de investigación es **"Temperatura y tiempo de horneado en el pan artesanal de masa madre con bagazo de bebidas fermentadas Uva (Vitis vinifera)"**

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lo certifico,


Dr. Víctor Oswaldo Otero Tuárez PhD
Docente Tutor(a)
Área: Alimentos

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por guiarnos a lo largo de nuestra formación profesional, por brindarnos fortaleza en los momentos de dificultad y permitirnos culminar con éxito esta importante etapa de nuestras vidas.

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí por abrirnos sus puertas y ofrecernos la oportunidad de formarnos académicamente, proporcionándonos los conocimientos, herramientas y espacios necesarios para nuestro desarrollo como futuras Ingenieras en Alimentos. De igual manera, agradecemos a todos nuestros docentes por su dedicación, compromiso y por compartir con nosotras sus conocimientos y experiencias, los cuales fueron fundamentales en nuestra preparación profesional.

A nuestros compañeros de clase, gracias por el compañerismo, el apoyo constante y por cada experiencia compartida durante estos años de estudio, que hicieron de esta etapa un proceso enriquecedor e inolvidable.

Finalmente, expresamos un especial reconocimiento a nuestro tutor de tesis, el Biólogo Víctor Otero Tuárez, por su guía, paciencia y orientación durante el desarrollo de esta investigación. Su acompañamiento académico fue esencial para la culminación satisfactoria de este trabajo.

Con sincero reconocimiento,

Waleska Mera
Roxy Anchundia

DEDICATORIA

A Dios,

por ser mi guía y fortaleza en cada etapa de este camino, por sostenerme en los momentos de dificultad y permitirme culminar esta meta tan importante en mi vida.

A mis padres, Rosa García y Joffre Anchundia,

por su amor incondicional, por cada sacrificio realizado y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la perseverancia y la fe. Gracias por creer en mí siempre y por ser el pilar fundamental que me permitió alcanzar este sueño. Este logro también es suyo.

A mis hermanos, Joffre y Ámbar,

por su apoyo constante, su cariño y por acompañarme en cada etapa de este proceso. Su presencia y confianza en mí fueron una motivación permanente para no rendirme.

A Imanol Coria y a Manakin Coffee,

por abrimos las puertas de sus establecimientos y facilitar la realización de este proyecto. Su colaboración fue clave para el desarrollo de esta investigación.

Con profunda gratitud,

Anchundia García Roxy Nohelia

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi padre Egddy Mera quien ha sido uno de los pilares fundamentales en mi formación profesional y personal. Gracias por acompañarme durante toda mi carrera, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles y por brindarme su apoyo incondicional en cada etapa de este camino. A mi madre Jessenia González, por su amor constante y por estar presente a pesar de la distancia, alentándome siempre a seguir adelante y recordándome que los sueños se alcanzan con esfuerzo y perseverancia.

Agradezco de manera especial a Imanol Coria y al local Manakin, por abrirnos las puertas y brindarnos el espacio necesario para la realización de las pruebas experimentales que hicieron posible este trabajo.

Mi sincero agradecimiento a Michael Alava, por su apoyo permanente a lo largo de la carrera, por ser un gran respaldo en este proceso académico.

Este logro también es de ustedes, porque sin su ayuda y motivación, no habría sido posible llegar hasta aquí.

Mera González Waleska Stefanía

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo analizar cómo el tiempo y la temperatura de horneado influyen en la calidad del pan artesanal de masa madre, elaborado con bagazo seco proveniente de una bebida fermentada de uva (*Vitis vinífera*), en diferentes sistemas de horneado. En primer lugar, se diseñaron nueve tratamientos experimentales a partir de la combinación de tres porcentajes de incorporación de bagazo de uva (0%, 2% y 6%) y tres tipos de horno: horno de convección, horno de piedra y horno convencional. Cada tratamiento se elaboró por triplicado, con un total de 27 unidades experimentales. Los panes obtenidos fueron evaluados mediante análisis fisicoquímicos, donde se tomó en cuenta la medición de pH, acidez titulable, contenido de humedad y parámetros de color. Además, un análisis del perfil de textura por medio de un software, donde se consideró dureza, cohesión, elasticidad y masticabilidad. Por último, se realizó una evaluación sensorial con un panel de catadores conformado por 15 jueces semientrenados, quienes valoraron atributos, como: la apariencia, el aroma, el sabor, la textura y la aceptabilidad general del producto. Los resultados mostraron que el bagazo de uva y tiempo, la temperatura y el tipo de horno influyeron significativamente en la mayoría de los parámetros evaluados. El número de alveolos presentó diferencias significativas entre tratamientos, mientras que el tamaño y porcentaje de área alveolar no variaron. El horno de convección permitió obtener migas más suaves y el tratamiento con 6% de bagazo de uva en horno de convección presentó la mayor preferencia sensorial. Siendo viable el uso de este subproducto en el pan.

Palabras clave: pan de masa madre, bagazo de uva, tiempo, temperatura

Abstract

This study aimed to analyze how baking time and temperature influence the quality of artisanal sourdough bread produced with dried pomace obtained from a fermented grape beverage (*Vitis vinifera*), using different baking systems. First, nine experimental treatments were designed by combining three levels of grape pomace incorporation (0%, 2%, and 6%) with three oven types: convection, stone, and conventional ovens. Each treatment was prepared in triplicate, resulting in a total of 27 experimental units. The breads were evaluated through physicochemical analyses, including pH, titratable acidity, moisture content, and color parameters. In addition, texture profile analysis was performed using software, considering hardness, cohesiveness, elasticity, and chewiness. Finally, a sensory evaluation was conducted with a panel of 15 semi-trained judges, who assessed attributes such as appearance, aroma, flavor, texture, and overall acceptability. The results showed that grape pomace as well as baking time, temperature, and oven type significantly influenced most of the evaluated parameters. The number of alveoli differed significantly among treatments. Whereas the mean alveolar size and the percentage of alveolar area did not vary. The convection oven produced softer crumbs, and the bread containing 6% grape pomace baked in the convection oven achieved the highest sensory preference indicating that the use of this by-product in bread is feasible.

Keywords: sourdough bread, grape pomace, baking time, baking temperature.

1. Introducción

El pan es un alimento perecedero con forma redonda, es el resultado de la cocción de una masa elaborada por harina común de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por levaduras propias de la panadería como *Saccharomyces cerevisiae* o masa madre NTE INEN 2954:(2016). Dentro de la alimentación diaria, el pan tiene un lugar importante debido a su amplio consumo y fácil acceso. De acuerdo con la normativa NTE INEN 2954 2016-10, PAN REQUISITOS, el pan puede presentar algunas variaciones en sus características sensoriales, como el sabor, el color y la textura, las cuales dependen del tipo de harina utilizada en el proceso de fermentación y de los valores agregados añadidos durante su elaboración. En el Ecuador el pan ocupa un lugar significativo con un consumo cercano de 20 kg por habitante al año según reseñas del Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC (2019). La encuesta Estructural Empresarial del INEC (2022) menciona que la fabricación panadera nacional procesa alrededor de 48000 toneladas de pan cada año, progresó el interés en el consumo de panes artesanales elaborado a base de harina y agua, se deja fermentar en el transcurso de un tiempo determinado a temperatura controlada, con el fin de que las enzimas presentes en la harina faciliten alimento a la levadura beneficiando a la gasificación y volumen de la masa, al mismo tiempo retiene agua y contribuye una masa extensible y elástica por su red de gluten adecuada para ser usada en el horneado (Edwin, 2020). También, se ha considerado el uso de subproductos agroindustriales como ingredientes alternativos en panificación, entre ellos el bagazo seco proveniente de bebidas fermentadas de uva (*Vitis vinífera*), el cual puede influir en la estructura, el color y el perfil sensorial del pan. (Muñoz Bernal, 2025). Factores como el tiempo, la temperatura y el tipo de horno empleado influyen directamente en el desarrollo de la corteza y miga, por lo que resulta necesario evaluar su efecto en panes de masa madre elaborados con distintas concentraciones de bagazo de uva, con el fin de determinar su efecto sobre la calidad fisicoquímica, textural y sensorial del producto final.

2. Materiales y métodos

2.1.Masa madre

La masa madre utilizada en la elaboración de los panes artesanales se preparó mediante un proceso de fermentación natural, sin el uso de levaduras comerciales, empleando únicamente harina de trigo y agua. El proceso comenzó mezclando 100 g harina y 100 ml de agua hasta obtener una masa uniforme, la cual se colocó en un recipiente limpio y se mantuvo a temperatura ambiente, cubriéndola de forma parcial para permitir la respiración del cultivo. Al día siguiente se refrescó con 50 g de harina y 50 ml de agua, durante los 6 días siguientes, en cada refresco se descartaron 100 g de masa cada día y nuevamente alimentada con las mismas cantidades de 50 g harina y 50 ml de agua fresca, favoreciendo así la actividad microbiana. En esos días de cultivo, se observaron varios cambios característicos, como el aumento de volumen, la presencia de burbujas y la acidez en el aroma, considerándose lista para su uso

2.2.Obtención del bagazo de uva

Esta materia prima fue proporcionada por la bodega vitivinícola Dos Hemisferios de la ciudad Guayaquil, Ecuador. Se recibió un total de 100 lb de bagazo de uva. Inicialmente el bagazo fue sometido a un proceso de separación de semillas, seguido de un prensado adicional con tela de lino para eliminar el exceso de líquido, como resultado se obtuvieron aproximadamente 48 lb de bagazo húmedo. Durante la deshidratación en el sistema de secado al sol, se midieron la pérdida de peso, la temperatura del aire ambiente y la humedad relativa con un termo higrómetro Supco THC120, las medidas fueron realizadas cada hora, desde las 8:30 hasta las 14:30. Las muestras secadas al sol se mantuvieron en un desecador cerrado durante la noche. Resultando finalmente en 500 g de bagazo seco, de esta cantidad, 240 g fueron destinados a la elaboración de los panes experimentales. El bagazo de uva fue posteriormente molido en un molino convencional.

2.3.Preparación del pan de masa madre

Para la preparación de las muestras se emplearon los ingredientes necesarios para la elaboración de pan de masa madre donde cada componente fue incorporado de manera controlada con el fin de garantizar la uniformidad en la mezcla, afirmando la reproducibilidad de los resultados.

Tabla 1. Ingredientes y concentraciones de la materia prima utilizada en la elaboración del pan de masa madre con 0% de bagazo.

Ingredientes	Materia prima/lote	%
Harina	1000 g	53.33%
Agua	450 g	24.00%
Hielo	200 g	10.67%
Masa madre	200 g	10.67%
Sal	25 g	1.33%
Bagazo 0%	0 g	0%
TOTAL	1875 g	100%

Tabla 2 Ingredientes y concentraciones de la materia prima utilizada en la elaboración del pan de masa madre con 2% de bagazo

Ingredientes	Materia prima/lote	%
Harina	1000 g	52.77%
Agua	450 g	23.75%
Hielo	200 g	10.55%
Masa madre	200 g	10.55%
Sal	25 g	1.32%
Bagazo 2%	20 g	1.06%
TOTAL	1895 g	100%

Tabla 3 Ingredientes y concentraciones de la materia prima utilizada en la elaboración del pan de masa madre con 6% de bagazo

Ingredientes	Materia prima/lote	%
Harina	1000 g	51.68%
Agua	450 g	23.26%
Hielo	200 g	10.34%
Masa madre	200 g	10.34%
Sal	25 g	1.29%
Bagazo 6%	60 g	3.10%
TOTAL	1935 g	100%

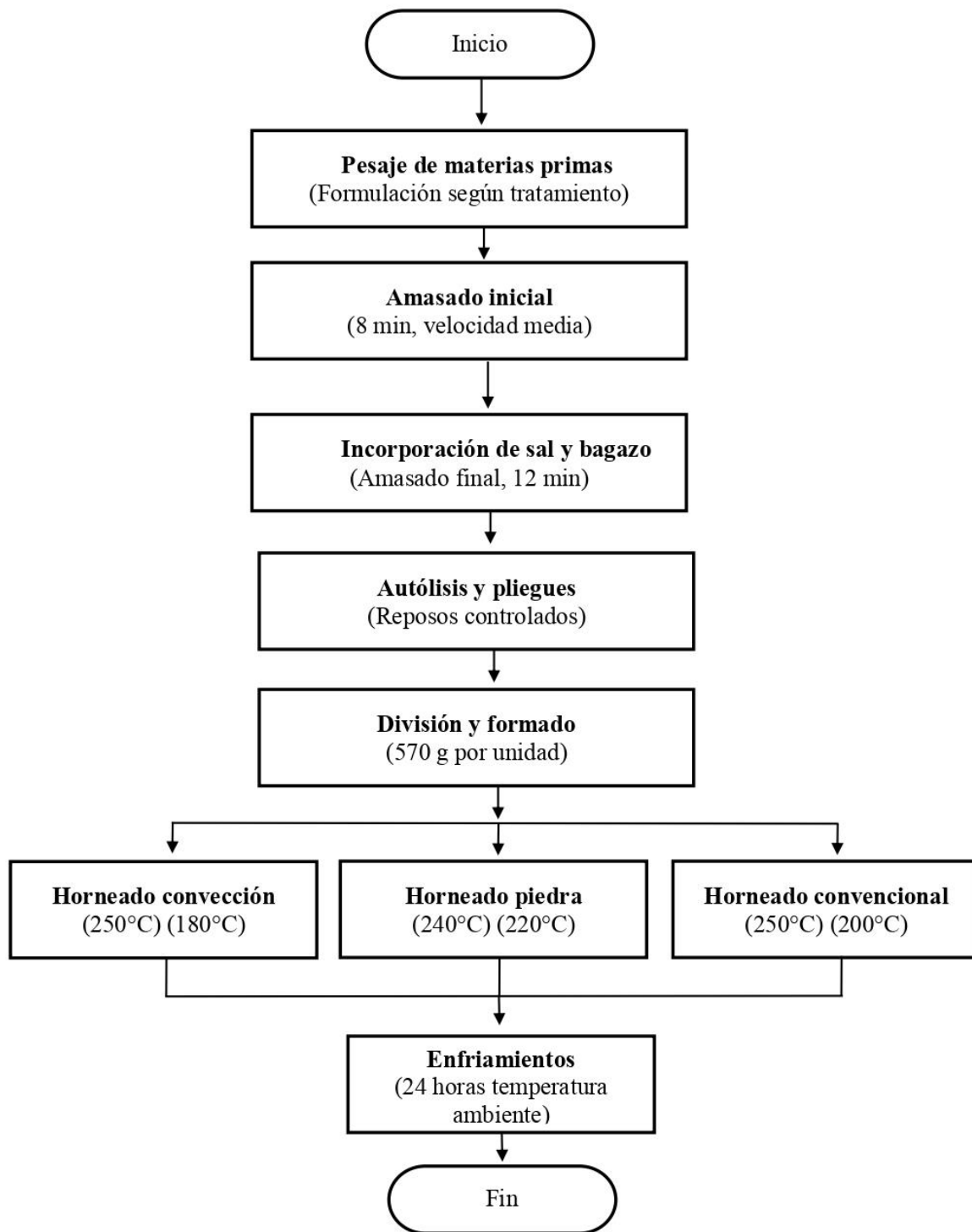


Figure 1Diagrama de proceso de la elaboración del pan de masa madre sin con bagazo de uva

Pesado: Se abasteció de materias primas para la cantidad de muestras necesarias en su elaboración, se pesó la cantidad de materiales de acuerdo a la formulación total del pan de masa madre con bagazo de uva.

Amasado: Se colocó en la amasadora la harina, hielo, agua y masa madre. Se amasó durante 8 minutos a velocidad media, en cada sección de 4 minutos se verificó la estructura del amasado. Una vez culminado el tiempo de 8 minutos, se incorporó la sal y el porcentaje de bagazo correspondiente al tratamiento. El último amasado tuvo una duración de 12 minutos, en cada sección se retiró un pedazo de la masa verificando el desarrollo del gluten que brinda características deseadas como extensibilidad y flexibilidad de la masa.

Autólisis: Una vez finalizada la mezcla inicial, la masa fue retirada del recipiente y colocada sobre una superficie lisa donde se realizó un primer boleado con el objetivo de obtener una muestra uniforme, la masa se sometió a un periodo de reposo de 20 minutos, correspondiente a la etapa de autólisis que consiste en un desarrollo parcial de la red de gluten generado por el reposo. Transcurrido este tiempo, se efectuó un primer pliegue, nuevamente se dejó reposar 20 minutos, pasado este tiempo se realizó un segundo pliegue y se dejó reposar la masa durante aproximadamente 60 minutos.

Formado: Culminada la etapa de reposo, la masa se dividió en porciones de 570 g, obteniéndose tres unidades de pan por cantidad de bagazo incluido. Cada porción fue boleada y sometida a un reposo de 30 minutos, con el fin de favorecer la relajación del gluten. Para culminar se realizó un formato final dándole pliegues con técnica panadera, orientado a generar una tensión interna en el pan, las piezas formadas se colocaron sobre la tela de lino panadera con una base espolvoreada de harina pan para evitar adherencias. Se deja reposar finalmente en una nevera con temperatura controlada a 4 °C durante 24 h aproximadamente.

Horneado: El proceso de horneado se realizó empleando tres tipos de horno (convencional, de convección y de piedra), cada horno se precalentó a 260 °C durante 15 minutos, según la tanda de horneado se configuró en condiciones específicas de temperatura y aplicación de humedad durante la etapa inicial para favorecer el crecimiento de la masa y formación de la corteza. En el horno convencional de panadería, la temperatura inicial es de 250 °C, manteniendo la temperatura durante 15 minutos, en esta fase se aplicó humedad mediante aspersión manual, se realizaron cinco aspersiones a intervalos de cinco minutos. Posteriormente, la temperatura se redujo a 200 °C por

20 minutos adicionales, hasta completar la cocción. Para el horno de convección, el horneado inicial se llevó a 250 °C durante 20 minutos, bajo condiciones de humedad controlada al 40% proporcionada por el sistema propio del equipo. Finalizada en esta etapa, la temperatura se disminuyó a 180 °C, manteniéndose el horneado durante 20 minutos. En el horno de piedra, las piezas se sometieron a una temperatura inicial de 240 °C durante 30 minutos, aplicándose humedad mediante tres aspersiones manuales realizadas cada cinco minutos durante todo el proceso de horneado. Por último, el horneado se completó a 220 °C durante 20 minutos.

Almacenado: Una vez las muestras salieron del horno, se almacenaron a temperatura ambiente durante 24 horas, con el fin de estabilizar sus características fisicoquímicas, una vez frías, se envolvieron en película plástica hasta la realización de los análisis.

2.4.Propiedades fisicoquímicas

Cada muestra de tratamiento fue sometida a los distintos análisis fisicoquímicos por triplicado, con el fin de garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos.

pH

El análisis de pH se realizó de acuerdo con lo establecido en la norma NTE INEN 526 (2012), se llevó a cabo una medición potenciométrica directa. Se utilizó un potenciómetro de la marca Mettler Toledo. Antes de la medición, los panes se dejaron enfriar a temperatura ambiente, luego, el electrodo del potenciómetro se introdujo directamente en la miga del pan, evitando la zona de la corteza, con el fin de obtener una lectura representativa del pH del producto. Todas las determinaciones se realizaron bajo las mismas condiciones para garantizar la comparabilidad entre tratamientos.

Acidez

La acidez titulable de los tratamientos fue evaluada mediante un procedimiento volumétrico, basado en la neutralización de ácidos presentes en la muestra, método respaldado por ADPI (2023). Se preparó la miga del pan, se procedió a su desintegración mecánica hasta obtener una muestra uniforme, en agua destilada se deja reposar durante 10 minutos a la mezcla se añaden tres gotas y se titulará con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N hasta alcanzar un cambio de la solución a un rosa pálido. Los resultados de acidez se expresaron de acuerdo con el ácido

predominante presente en el producto (ácido láctico), conforme a los criterios establecidos en artículos de AACC. (Ricardo Hernandez, 2024)

$$\%acidez = \frac{(V \text{ NaOH} \times \text{Normalidad NaOH} \times \text{meq ácido})}{V \text{ muestra}} \times 100$$

Donde:

V NaOH: Volumen de NaOH consumido

Meq ácido: (ácido láctico) 0,09 meq/l

Vmuestra: Volumen de muestra

Humedad

El contenido de humedad se determinó mediante un método gravimétrico por secado, utilizando una termobalanza Mettler Toledo HB43-S Halogen. Se tomó una porción representativa de la miga del pan, la cual se fragmentó para facilitar un secado uniforme. De esta muestra se pesaron 3,5 g, que se colocaron directamente en el platillo de la termobalanza previamente acondicionada. La muestra fue sometida a calentamiento a temperatura constante de 135°C, registrándose la pérdida de masa hasta alcanzar el peso constante, que define la determinación del contenido de humedad. El porcentaje de humedad se calculó a partir de la diferencia entre el peso inicial y final de la muestra, expresados los resultados como % de humedad (m/m).

$$\%humedad = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100$$

Donde:

Mi: masa inicial de la muestra en g antes del secado

Mf: masa final de la muestra en g después del secado

Color

Se realizó mediante medición instrumental por espectrofotometría de reflectancia, utilizando un espectrofotómetro KONICA MINOLTA Chroma Meter CR-400, previo a las mediciones, el equipo fue calibrado utilizando un fondo blanco estándar, conforme a las recomendaciones del fabricante. Las mediciones se efectuaron tanto en la parte externa (corteza) como en la parte interna (miga) de cada unidad de pan. Los panes se cortaron transversalmente, exponiendo una superficie homogénea, el equipo se colocó en contacto directo con la superficie

de la muestra y se registraron lecturas de color. Los parámetros de color L^* , a^* , b^* se midieron utilizando la escala de colores CIELAB: $L^* = 0$ (oscuro) a $L^* = 100$ (claro); $-a^* = -100$ (verde) a $+a^* = +100$ (rojo), $-b^* = -100$ (azul) a $+b^* = +100$ (amarillo).

2.5. Propiedades mecánicas

Perfil de textura

Para el perfil de textura, se utilizó un texturómetro SHIMADZU EZ-LX. Para el ensayo se empleó una sonda (electrodo) de 25,4 mm de diámetro, la cual se introdujo directamente en la miga del pan, aplicando una deformación del 40% sobre la muestra y una celda de carga con capacidad de 10000 N de fuerza. La activación del ensayo se estableció una fuerza mínima de 5,0 N con una velocidad de compresión de $1,67 \text{ mm s}^{-1}$, las velocidades previas y posteriores al ensayo se fijaron en 2 mm s^{-1} , mientras que el intervalo de recuperación entre compresiones fue de 12 s. (Dobraszczyk, 2023). A partir de eso, se obtuvieron los parámetros de dureza, cohesión, elasticidad y masticabilidad, los cuales describen la resistencia del pan a la deformación, la capacidad de recuperación estructural y su comportamiento durante el proceso de masticación.

Estructura de la miga

La caracterización de la estructura interna de la miga se realizó a partir de la digitalización de imágenes, permitiendo describir cuantitativamente la organización alveolar (Rebollo, Chanona, & Calderón, 2008). Se obtuvieron secciones en rodajas uniformes de cada pan, las cuales fueron escaneadas directamente empleando un escáner EPSON L3250. Posteriormente los archivos digitales generados fueron sometidos a un análisis mediante los programas ImageJ.JS y PeakFit v4.12, que permitieron plasmar los datos en cuantificables, como: el número de alveolos por unidad de área (cm^2), el tamaño promedio de los alveolos y el porcentaje de área ocupada por los alveolos.

2.6. Análisis sensorial

La evaluación sensorial se llevó a cabo con el propósito de determinar la preferencia de los consumidores a partir de la valoración de atributos sensoriales del producto. El análisis se realizó de acuerdo a la norma ISO (2023). Se conformó un panel de 15 jueces semientrenados. A cada juez se le presentaron las muestras de pan, correspondientes a los nueve tratamientos, que fueron

codificadas para evitar riesgos durante la evaluación, entre la evaluación de cada muestra, se proporcionó agua a los jueces para la neutralización del paladar. (UNE , 2023). La preferencia sensorial se evaluó mediante una escala hedónica de nueve puntos donde 1= me disgusta mucho y 9= me gusta mucho, calificando atributos como sabor, aroma, textura, color y aceptabilidad general.

2.7. Diseño experimental

El estudio se desarrolló con un diseño experimental completamente al azar. Los datos obtenidos para cada variable (pH, acidez titulable, humedad, color, parámetros de textura, estructura de miga) fueron analizados en el software InfoStat. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para identificar diferencias entre tratamientos y cuando se detectaron efectos significativos, las medias se compararon mediante la prueba de Duncan, empleando un nivel de significancia de $p < 0,05$.

Variables independientes:

Factor A: Concentración de bagazo

- 0% de bagazo (Fig. 2)
- Bagazo añadido al 2% (Fig. 3)
- Bagazo añadido al 6% (Fig. 4)

Factor B: Condiciones de horneado, combinación en tiempo y temperatura.

- Horno de piedra
- Horno de convección
- Horno convencional

Variables dependientes:

- Análisis de pH
- Análisis de acidez
- Análisis de humedad
- Análisis de color
- Perfil de textura
- Análisis sensorial

2.8.Codificación de muestras

En la (Tabla 4) se indican las combinaciones de los tratamientos, concentraciones de bagazo y tipo de horno.

Tabla 4. Combinaciones de los tratamientos, concentraciones y tipo de horno utilizados en el experimento.

Código de muestra	Factor A	Factor B
A1B1	0%	Convencional
A1B2	0%	Convección
A1B3	0%	Piedra
A2B1	2%	Convencional
A2B2	2%	Convección
A2B3	2%	Piedra
A3B1	3%	Convencional
A3B2	3%	Convección
A3B3	3%	Piedra



Figura 2. Pan de masa madre sin de bagazo



Figura 3. Pan de masa madre con el 2% de bagazo



Figura 4. Pan de masa madre con el 6% de bagazo

3. Resultados y discusiones

3.1.pH

En la (Tabla 5) los valores de pH obtenidos en los diferentes tratamientos oscilaron entre 3.88 y 4.14, evidenciando un carácter ácido en todas las muestras, condición típica de productos elaborados con masa madre debido a la producción de ácidos orgánicos durante la fermentación. El tratamiento A1B1 presentó el valor más bajo de pH (3.88), lo que indica que difiere significativamente ($p \leq 0.05$) de los otros tratamientos, por otra parte, A2B1 registró el valor más alto (4.14). Esta diferencia sugiere una mayor actividad fermentativa en A1B1, asociada a una mayor producción de ácido láctico y acético. Los demás tratamientos (A1B3, A1B2, A2B2, A2B3, A3B1, A3B2 y A3B3) presentaron que no existen diferencias significativas entre ellos, situándose en un comportamiento intermedio en términos de acidez. De acuerdo con el Real Decreto 308/2019, que establece un pH inferior a 4.8 para el pan antes y después del horneado (BOE, 2019). Todos los tratamientos evaluados cumplen con el requisito normativo, ya que ninguno superó dicho límite. Por lo tanto, desde el punto de vista regulatorio, las formulaciones desarrolladas se consideran aptas en términos de acidez.

3.2.Acidez

En la (Tabla 5), se puede observar que existen diferencias significativas en la acidez titulable entre tratamientos ($p < 0,05$) confirmando el efecto del porcentaje de bagazo y de las condiciones de horneado. El valor más alto de acidez se registró en el tratamiento A2B1 (0.71). Se observó un menor índice de acidez en panes al 6% de bagazo, mientras que los tratamientos sin bagazo, y al 2% presentaron valores más altos, esto se debe a que la incorporación de subproductos de uva, ricos en fibra y polifenoles, pueden modular la fermentación y la acidificación del sistema por interacciones con la microbiota y el sustrato, lo que ayuda a explicar cambios en la acidez entre concentraciones de bagazo adicionado bajo distintas condiciones de horneado y humedad. (Torreggiani, 2023). Por el contrario, los valores más bajos correspondieron a los tratamientos A3B1 (0.43) y A3B2 (0.44), los cuales no presentan diferencias significativas entre sí, pero sí difieren estadísticamente entre otros que muestran comportamientos graduales en los niveles de acidez. Por ejemplo, los tratamientos clasificados como A1B1 (0.64) y A1B3 (0.63) no difieren entre sí, pero sí presentan diferencias en comparación a los valores más bajos. Para panes de masa

madre, la acidez titulable se asocia a la acumulación de ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico y acético producidos por bacterias ácido-lácticas durante la fermentación; por ello, la acidez titulable suele discriminar mejores cambios en el contenido total de ácidos que el pH. (Meier, 2021).

3.3.Humedad

El contenido de humedad (Tabla 5) presentó diferencias significativas entre A1B1 (36.27) y A3B2 (41.27) entre tratamientos ($p \leq 0.05$), las variaciones observadas pueden explicarse por la interacción entre el tipo de horno y el porcentaje de bagazo. El valor más bajo de humedad se registró en el tratamiento A1B1 (36.27), este resultado indica que dicho tratamiento presentó una menor retención de agua en comparación con los de mayor humedad. A su vez, los valores más altos correspondieron a los tratamientos A2B2 (41.25), A3B1 (41.27) y A3B2 (41.18), los cuales no presentan diferencias significativas entre sí, pero sí respecto al tratamiento A1B1, tendieron a retener mayor humedad, efecto que se acentúa en formulaciones con 6% de bagazo, por la mayor capacidad de retención de agua de la fibra presente en este subproducto. A la vez, los tratamientos en horno de convección con humedad controlada al 40% A1B2 (38,46), A2B2 (41,25), A3B2 (41,18) mostraron valores más homogéneos, asociados a una transferencia de calor y de vapor más uniforme, correspondiendo estas variaciones al comportamiento físico del proceso de horneado y de la formulación, manteniéndose todos los tratamientos dentro del límite máximo del 45,0% establecido por la NTE INEN 2954 (2016).

Tabla 5 Contenido de pH, acidez total y humedad en el pan de masa madre sin y con bagazo de uva. Los valores se expresan como media $\pm$ desviación. Las letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Duncan.

Análisis fisicoquímicos			
Tratamiento	pH	Acidez total	Humedad
A1B1	3.88 $\pm$ 0.06 ^A	0.64 $\pm$ 0.01 ^E	36.27 $\pm$ 1.42 ^A
A1B3	3.92 $\pm$ 0.06 ^{AB}	0.63 $\pm$ 0.01 ^E	37.52 $\pm$ 1.42 ^{AB}
A1B2	3.94 $\pm$ 0.06 ^{ABC}	0.6 $\pm$ 0.01 ^{DE}	38.46 $\pm$ 1.42 ^{AB}
A2B1	4.14 $\pm$ 0.06 ^C	0.71 $\pm$ 0.01 ^F	39.34 $\pm$ 1.42 ^{AB}
A2B2	4.07 $\pm$ 0.06 ^{ABC}	0.5 $\pm$ 0.01 ^B	41.25 $\pm$ 1.42 ^B
A2B3	4.07 $\pm$ 0.06 ^{ABC}	0.56 $\pm$ 0.01 ^{CD}	39.57 $\pm$ 1.42 ^{AB}
A3B1	4.02 $\pm$ 0.06 ^{ABC}	0.43 $\pm$ 0.01 ^A	41.27 $\pm$ 1.42 ^B
A3B2	4.06 $\pm$ 0.06 ^{ABC}	0.44 $\pm$ 0.01 ^A	41.18 $\pm$ 1.42 ^B
A3B3	4.11 $\pm$ 0.06 ^{BC}	0.52 $\pm$ 0.01 ^{BC}	40.67 $\pm$ 1.42 ^{AB}
Duncan =		p-valor	
0,05	0,0790	0.0001	0.1952

3.4.Color

3.4.1. Miga

En la (Tabla 6), se observa que el parámetro L^* (luminosidad) los valores resultaron entre A3B2 (49.27) y A1B2 (65.84). El tratamiento A1B2 presentó el mayor valor (65.84 ± 2.31), sin diferir significativamente de A1B1 (65.27) y A1B3 (65.21), lo que indica que estos tratamientos desarrollaron migas más claras. Por el contrario, A3B2 registró el valor más bajo (49.27), evidenciando una miga considerablemente más oscura. Los tratamientos clasificados como A2B2, A2B3 y A3B3 presentaron valores intermedios, sin diferencias significativas entre varios de ellos. En el parámetro a^* (-100 verde y +100 rojo) los valores variaron entre A1B1 (-0.59) y A2B2 (4.79). Los tratamientos A1B1 (-0.59), A1B2 (-0.56) y A1B3 (-0.18) presentaron valores negativos o cercanos a cero, lo que indica una ligera tendencia hacia tonalidades verdosas. En contraste, A2B2 mostró el valor más alto (4.79), diferenciándose significativamente del resto, lo que indica una mayor intensidad de tonalidades rojizas. Este comportamiento coincide con estudios que atribuyen ese cambio gracias a los compuestos fenólicos y pigmentos propios de subproductos de origen frutal (Kinner, 2011). El parámetro b^* (-100 azul y +100 amarillo) presentó diferencias significativas ($p < 0,05$), en los tratamientos A2B2 (7.35) y A1B2 (14.72). Los tratamientos A1B1 (14.18), A1B2 (14.72) y A1B3 (14.63) presentaron los valores más altos, indicando mayor intensidad de color amarillo en la miga por las condiciones de horneado. A diferencia de, A2B2 (7.35) presentó el valor más bajo, diferenciándose significativamente de los tratamientos clasificados con letras (B y C), lo que evidencia una menor tonalidad amarilla. La disminución del componente amarillo se explica por la dilución de los pigmentos amarillos naturales de la harina y por la adición de materiales ricos en fibra, los cuales disminuyen la tonalidad amarilla de la miga (Gómez & Ronda, 2003).

Tabla 6 Los parámetros L*, a* y b*, corresponden a la luminosidad y a las coordenadas cromáticas rojo-verde y amarillo-azul. Las letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Duncan.

Color de miga			
Tratamiento	L*	a*	b*
A1B1	65.27±2,31 ^{CD}	-0.59±0,26 ^A	14.18±0,61 ^C
A1B2	65.84±2,31 ^D	-0.56±0,26 ^A	14.72±0,61 ^C
A1B3	65.21±2,31 ^{CD}	-0.18±0,26 ^A	14.63±0,61 ^C
A2B1	56.98±2,31 ^B	3.2±0,26 ^D	9.62±0,61 ^B
A2B2	53.39±2,31 ^{AB}	4.79±0,26 ^E	7.35±0,61 ^A
A2B3	58.17±2,31 ^{BC}	2.11±0,26 ^{BC}	11.56±0,61 ^B
A3B1	55.45±2,31 ^{AB}	2.82±0,26 ^{CD}	9.98±0,61 ^B
A3B2	49.27±2,31 ^A	2.61±0,26 ^{CD}	10.06±0,61 ^B
A3B3	58.46±2,31 ^{BCD}	1.62±0,26 ^B	10.14±0,61 ^B
Duncan = 0,05	0.0006	p-valor 0.0001	0.0001

L*: Luminosidad con valores entre 0 y 100 que indican el grado de claridad y oscuridad. **a*:** Valores positivos que indican tendencia al rojo y negativos al verde. **b*:** Valores positivos indican tendencia al amarillo y negativos al azul.

3.4.2. Corteza

Se observa que el parámetro L*, obtuvo valores que redundaron A3B2 (44.83) y A2B1 (57.75). El tratamiento A3B2 presentó el valor más bajo (44.83) lo que indica una corteza más oscura. Por el contrario, los tratamientos A1B2 (53.04), A2B1 (57.75), A3B1(55.24) y A3B3 (53.7) evidencia cortezas más claras. (Tabla 7). En el parámetro a* no se observaron diferencias significativas ($p>0,05$), con valores oscilando entre (7,95) y (9,98) indicando que el porcentaje de bagazo no influyó de manera marcada en la intensidad de los tonos rojizos de la corteza (Tabla 7), reflejando una coloración típica de corteza de pan artesanal, gracias a las reacciones de pardeamiento durante el horneado. El parámetro b* se alcanzaron diferencias significativas ($p=0,0407$), los valores resultaron entre A3B2 (25.01) y A3B1 (29,16) (Tabla 7), donde el tratamiento A3B2 presentó el valor más bajo (25.01), diferenciándose significativamente de los tratamientos clasificados con A1B3 (28,92) y A2B1 (29,07) que obtuvieron valores más altos por la mayor intensidad de color amarillo en la corteza. La disminución de b en la corteza se atribuye a los compuestos fenólicos presentes en ingredientes ricos en antioxidantes, interactúan con intermediarios de la reacción de Maillard, afectando la formación de pigmentos de pardeamiento no enzimático que a su vez cambian el color final del producto. (Melini, 2024)

Tabla 7 Análisis instrumental del color de la corteza. Las letras distintas en una misma columna representan diferencias significativas entre tratamientos.

Color de corteza			
Tratamiento	L*	a*	b*
A1B1	50.42±2,26 ^{AB}	9.03±0,66 ^A	27.43±0,96 ^{ABC}
A1B2	53.04±2,26 ^B	9.69±0,66 ^A	27.38±0,96 ^{ABC}
A1B3	52.18±2,26 ^{AB}	9.85±0,66 ^A	28.91±0,96 ^C
A2B1	57.75±2,26 ^B	8.02±0,66 ^A	29.07±0,96 ^C
A2B2	52.2±2,26 ^{AB}	8.03±0,66 ^A	26.55±0,96 ^{ABC}
A2B3	51.87±2,26 ^{AB}	7.95±0,66 ^A	25.4±0,96 ^{AB}
A3B1	55.24±2,26 ^B	9.11±0,66 ^A	29.16±0,96 ^C
A3B2	44.83±2,26 ^A	9.98±0,66 ^A	25.01±0,96 ^A
A3B3	53.7±2,26 ^B	9.23±0,66 ^A	28.49±0,96 ^{BC}
Duncan = 0,05	0.0536	p-valor 0.2260	0.0407

L*: Luminosidad con valores entre 0 y 100 que indican el grado de claridad y oscuridad. **a*:** Valores positivos que indican tendencia al rojo y negativos al verde. **b*:** Valores positivos indican tendencia al amarillo y negativos al azul

3.5. Propiedades mecánicas

3.5.1. Dureza

La dureza de la miga presentó variaciones significativas entre los tratamientos evaluados, lo que evidencia que tanto la concentración de bagazo de uva como el tipo de horno modificaron el comportamiento mecánico del pan y se reflejaron en la forma que la miga respondió a la compresión, mostrando desde estructuras más blandas hasta migas notablemente firmes, obteniendo un valor ($p=0,0002$). En primer lugar, el tratamiento A1B2 (Tabla 8) presentó el valor más bajo (14.04), diferenciándose significativamente de aquellos clasificados como A1B3 (29.49) y A3B1 (29.70), que registraron los valores más altos. Los tratamientos identificados con letras intermedias mostraron comportamientos graduales, sin diferencias significativas entre algunos de ellos. Los panes elaborados con 6% de bagazo de uva, en el tratamiento A3B1 (Tabla 8), desarrollaron una miga más dura en comparación con el resto de los tratamientos, este resultado puede atribuirse al alto contenido de fibra del bagazo, que limita la extensibilidad de la red de gluten. Es importante acotar que los hornos convencionales y de piedra tienden a generar una mayor pérdida de humedad durante el horneado. Por el contrario, los tratamientos sin bagazo 0%, como, A1B2 mostraron una miga más blanda por la ausencia de fibra adicional en conjunto con una distribución más homogénea del calor en el horno de convección. Y para los tratamientos con 2% de bagazo de uva se ubicaron en un comportamiento intermedio presentando diferencias estadísticas frente a los extremos, pero manteniendo una textura aceptable.

3.5.2. Cohesión

Al analizar el comportamiento interno de la miga ante la deformación, existieron diferencias significativas ($p=0,0295$), en el tratamiento A3B2 (0,60), la miga tendió a fragmentarse con mayor facilidad, ya que cuando se incorpora la fibra del bagazo en niveles elevados, puede generar una red de gluten menos integrada. A diferencia a del tratamiento A1B2 (0,81) y A3B3 con (0,78) (Tabla 8), donde la miga mostró una mayor capacidad para mantenerse unida tras la compresión. La incorporación de fibra puede modificar las propiedades reológicas de la masa y afectar la calidad y características sensoriales del pan (Gómez, 2002).

3.5.3. Masticabilidad

En la (tabla 8), los tratamientos A2B1 (16.94) y A1B1 (16.24), presentaron los valores más altos y no difirieron significativamente entre sí; sin embargo, sí mostraron diferencias significativas respecto a A2B2 (12.84), que presentó menor masticabilidad. Los demás tratamientos, clasificados como (AB), no evidenciaron diferencias significativas ni con el grupo (A) ni con el grupo (B). El tipo de horneado influye en la textura final ya que las condiciones térmicas determinan la expansión del gas, coagulación de las proteínas, pérdida de humedad, factores que inciden directamente en la dureza y, por ende, en la masticabilidad (Verbeke, 2024). En este sentido, los resultados sugieren que el bagazo actuó como principal modificador estructural mientras que el sistema de horneado fijó la estructura desarrollada durante la fermentación

3.5.4. Elasticidad

En la elasticidad no se mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$), y se obtuvieron valores de 0,83 y 0,88 (Tabla 8), con un coeficiente de variación del 4,96%, lo que indica una respuesta clara del parámetro independientemente del porcentaje de bagazo y el tipo de horno.

Tabla 8 De acuerdo con la comparación de la dureza, cohesión y masticabilidad indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Duncan. Elasticidad no presenta diferencias significativas entre tratamientos

Perfil de textura				
Tratamiento	Dureza	Cohesión	Masticabilidad	Elasticidad
A1B1	27.7±2.18 ^{DE}	0.64±0.04 ^{ABC}	16.24±1.57 ^B	0.87±0.02 ^A
A1B2	14.04±2.18 ^A	0.81±0.04 ^D	14.56±1.57 ^{AB}	0.86±0.02 ^A
A1B3	29.49±2.18 ^E	0.62±0.04 ^{AB}	14.78±1.57 ^{AB}	0.83±0.02 ^A
A2B1	25.53±2.18 ^{CDE}	0.66±0.04 ^{ABC}	16.94±1.57 ^B	0.83±0.02 ^A
A2B2	18.08±2.18 ^{AB}	0.75±0.04 ^{BCD}	12.84±1.57 ^A	0.85±0.02 ^A
A2B3	14.89±2.18 ^{AB}	0.67±0.04 ^{ABC}	10.75±1.57 ^{AB}	0.86±0.02 ^A
A3B1	29.7±2.18 ^E	0.75±0.04 ^{BCD}	15.53±1.57 ^{AB}	0.88±0.02 ^A
A3B2	19.2±2.18 ^{ABC}	0.6±0.04 ^A	12.16±1.57 ^{AB}	0.86±0.02 ^A
A3B3	21.59±2.18 ^{BCD}	0.78±0.04 ^{CD}	14.92±1.57 ^{AB}	0.88±0.02 ^A
Duncan = 0,05	0.0002	0.0295	0.1854	0.8191

p-valor

3.6. Estructura de la miga

3.6.1. Número de alveolos

En la (Tabla 9) el número de alveolos por cm² presento diferencias significativas ($p < 0,0001$). El mayor número de alveolos se registró en el tratamiento A2B2 con (5211) alveolos/cm², mientras que el menor valor correspondió al tratamiento A1B1 con (1729) alveolos/cm², diferenciándose entre sí. El número de alveolos no influyo únicamente por el tipo de horno, sino mayoritariamente por el nivel de bagazo incorporado, actuando el horneado como un factor que define la fijación final de la estructura de la miga. Al agregar bagazo o fibra residual aumenta el número de alveolos por cm² tiende a formar alveolos pequeños e irregulares en comparación de masas sin aporte de fibra, lo que indica que la fibra puede fragmentar la red de gluten y favorecer la formación irregular de la estructura de la miga (Parra, 2016).

3.6.2. Tamaño promedio de los alveolos

En la (Tabla 9) se evidencio diferencias significativas entre los tratamientos con un valor ($p = 0,0023$) resultando en que los tamaños menores de los alveolos se observaron en los tratamientos A2B1 (282,34), A1B3 (284,56) y A1B1 (314,20) donde no presentaron discrepancias entre sí, a diferencia de un mayor tamaño de alveolos que presentó el tratamiento A3B2 (508,61) que varió relevantemente del resto. Según estudios de estructuras de productos horneados, en especial de masa madre, el tamaño de sus alveolos dependen del balance del CO₂ durante la fermentación. En fermentaciones prolongadas, la acidificación y actividad de las enzimas pueden

provocar la hidrolización intermedia del gluten, resultando en la distribución de los alveolos. (Hernandez, López, & Mani, 2025). En el proceso de horneado, puede ocurrir el fenómeno de coalescencia, que se refiere a la unión de burbujas en la fase mayor de expansión, dando espacio a alvéolos más grandes e irregulares si la estructura misma no los estabiliza. (Antoni Mis, 2018).

3.6.3. % de área

Se evidenció que existieron diferencias significativas entre los tratamientos con ($p=0,0058$) reportando en la (Tabla 9), los valores más altos en los tratamientos A2B2 (40,03), A2B3 (39,23) correspondientes a 2% de bagazo. Por otro lado, los valores más bajos se encontraron en el tratamiento A1B1 (22,19) del 0% de bagazo con una menor proporción de área alveolar. En panes con fortificados añadidos de uva, se ha demostrado que los fenoles y polisacáridos no amiláceos interactúan con gluten y almidón modificando la distribución de todos sus poros (Subiria, y otros, 2025). Una revisión reciente reporta que adiciones bajas, al 2% de bagazo, pueden aumentar el volumen de leudado y también reducir la densidad de la masa. (Zmuncila, Carmen Rodica, Maía, & Alexandra Litoiu, 2025). Es esperado que el tratamiento A2B2 destaque gracias al manejo de la humedad durante su horneado. La presencia de humedad en esta etapa, mantiene la superficie del pan más flexible por un tiempo considerable y evita que la corteza se endurezca rápidamente. (Le, y otros, 2011).

Tabla 9 La estructura de la miga fue evaluada mediante análisis de imagen, considerando el número de alveolos, su tamaño promedio y el porcentaje de área alveolar, como indicadores de la distribución y porosidad interna del pan. Las letras diferentes indican diferencias significativas.

Estructura de la miga			
Tratamiento	N° Alveolos	Tamaño promedio de Alveolos	%Área
A1B1	1729±230 ^A	314.2±36.34 ^A	22.19±3,18 ^A
A1B2	1782.67±230 ^A	366.91±36.34 ^{AB}	26.16±3,18 ^{AB}
A1B3	1854.67±230 ^A	284.56±36.34 ^A	33.47±3,18 ^{BC}
A2B1	3288.67±230 ^B	282.34±36.34 ^A	33.87±3,18 ^{BC}
A2B2	5211±230 ^D	453.44±36.34 ^{BC}	40.03±3,18 ^C
A2B3	1927±230 ^A	371.63±36.34 ^{AB}	39.23±3,18 ^C
A3B1	2640.67±230 ^B	445.36±36.34 ^{BC}	24.49±3,18 ^{AB}
A3B2	4668.67±230 ^{CD}	508.61±36.34 ^C	31.32±3,18 ^{BC}
A3B3	4158±230 ^C	437.05±36.34 ^{BC}	25.55±3,18 ^{AB}
Duncan = 0,05	0.0001	p-valor 0.0023	0.0058

3.7. Análisis sensorial

Las variables de bagazo y condiciones de horneado influyeron de manera diferenciada en los atributos sensoriales evaluados. En cuanto al color sugiere una preferencia visual mayoritariamente por la muestra A3B2 (7,73), diferenciándose de los tratamientos A1B3 (6,60) y A2B3 (6,60) en el cual se registraron valores más bajos. Los tratamientos restantes compartieron similitud, lo que indica que no presentan diferencias significativas entre ellos, la variable color no mostró una influencia sobre la preferencia del consumidor. En el atributo aroma, el tratamiento A3B3 (7,67) presentó la media más alta posicionándolo como el tratamiento con mejor percepción aromática, en contraste con el tratamiento A1B1 (6,07) y A3B1 (6,20) significativamente inferior, mostrando una menor preferencia. En la propiedad textura indica que el tratamiento A3B2 (7,80) obtuvo la media más alta, de la misma manera A1B2 (7,47) sienten las dos muestras de preferencia al consumidor, a diferencia del tratamiento A3B1 (6,00) que registra la media más baja evidenciando diferencias significativas respecto al tratamiento mejor evaluado, de manera similar A1B1 (6,20) mostró una valoración inferior en comparación con los tratamientos de mayor calificación. Los tratamientos intermedios como: A2B2 (6,27), A2B1 (6,67), A1B3 (6,93), A2B3 (7,07) y A3B3 (7,20), compartieron similitud, indicando que no representan diferencias estadísticas marcadas. En cuanto al sabor, los tratamientos A3B2 (7,27) y A2B1 (7,20) son estadísticamente superiores a los tratamientos restantes, donde se encuentra A1B1 (5,13) que presentó la media más baja. Finalmente, en aceptabilidad general se demostró que el tratamiento A3B2 presentó la media más alta (7,13), al contrario de A1B1 (5,53) representando el valor más bajo.

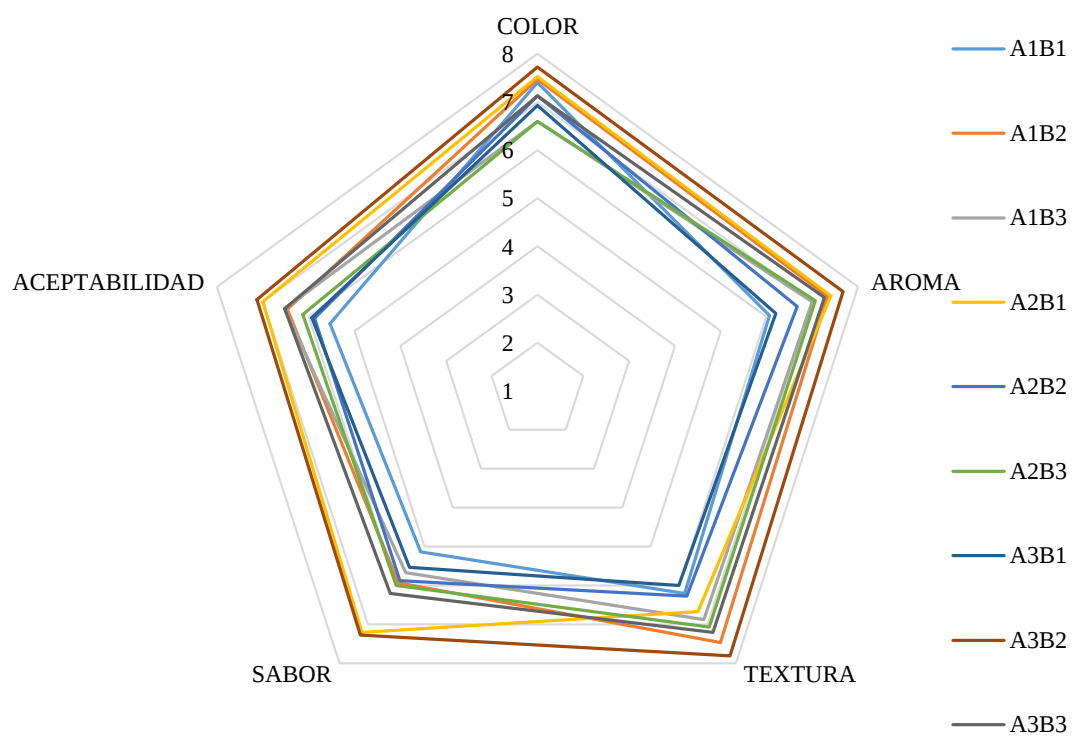


Figura 5. Resultado del análisis sensorial por categoría para el pan de masa madre con bagazo de uva con un total de 15 panelistas semi entrenados

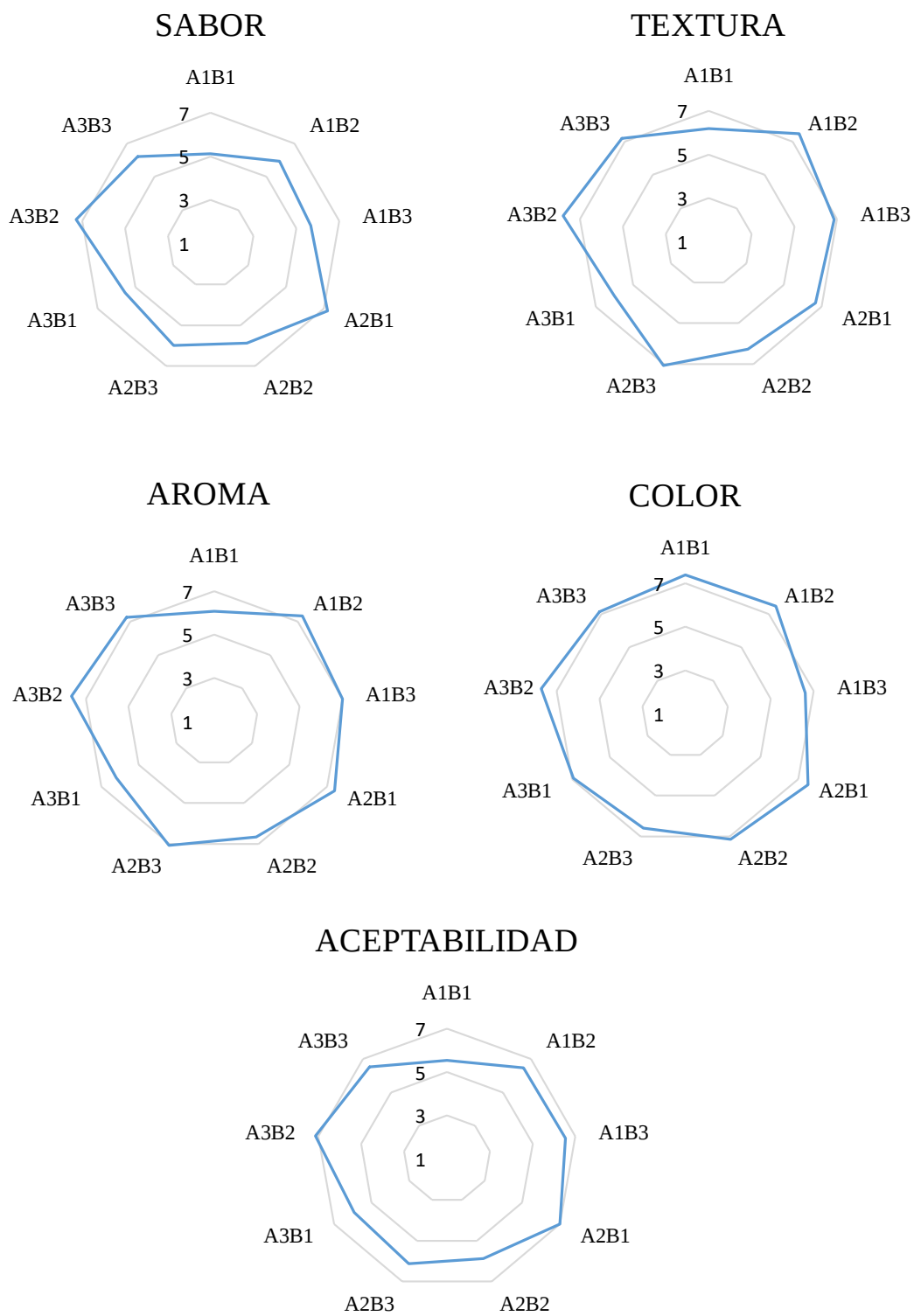


Figura 6. Resultado del análisis sensorial por tratamiento para el pan de masa madre con bagazo de uva con un total de 15 panelistas semientrenados

4. Conclusiones

- El tipo de horno y las condiciones de tiempo y temperatura, tuvieron gran influencia en las propiedades fisicoquímicas, estructurales, texturales y sensoriales del pan de masa madre.
- El bagazo de uva modificó la organización interna de la miga, aumentando el número de alveolos sin afectar significativamente el tamaño promedio ni el porcentaje alveolar, siendo así equilibrado.
- Las propiedades mecánicas del pan, en especial la dureza, estuvieron influenciadas por el tipo de horno y la retención de humedad, siendo el horno de convección el que permitió obtener migas más suaves.
- Se destacó el tratamiento A3B2 (6% de bagazo de uva, horno de convección) como el pan de mayor preferencia, al obtener las mejores calificaciones en el análisis sensorial

Bibliografía

- Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (11 de Mayo de 2019). Disposiciones generales. 50174. España. Obtenido de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2019/04/26/308/dof/spa/pdf>
- American Dairy Products Institute. (2023). Determination of Titratable Acidity. *ADPI Analytical Method #007*.
- Antoni Mis, A. N. (enero de 2018). Investigación alimentaria internacional. *Dinámica de la coalescencia de celdas de gas durante la expansión de la masa leudada en el horneado*. Lubin, Polonia. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096399691730707X>
- Dobraszczyk. (2023). Reología y el proceso de elaboración del pan. *Revista de ciencia de los cereales*, 229-245.
- Edwin, C. (1 de Enero de 2020). *Procesos y técnicas de panificación*. Obtenido de Plataforma Abierta De Libros Y Memorias Académicas: <https://cipres.sanmateo.edu.co/ojs/index.php/libros/article/view/301>
- Gómez, M. (2002). Efecto de la fibra dietética sobre la reología de la masa y la calidad del pan. *Investigación y tecnología alimentaria europea*.
- Gómez, M., & Ronda, F. (2003). Efecto de la fibra dietética sobre la reología de la masa y la calidad del pan. *Springer Nature*, 216, 51-56.
- Hernandez, R., López, A., & Mani, E. (16 de Julio de 2025). Investigación en microbiología. *Fermentación de masa madre y reducción del gluten: un enfoque biotecnológico para los trastornos relacionados con el gluten*. San Andrés Cholula, Puebla, México. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2036-7481/16/7/161>
- Kinner, M. (2011). Cebada desnuda: receta optimizada para pan de cebada pura con suficiente betaglucano según las declaraciones de propiedades saludables de la EFSA. *ScienceDirect*, 225-230.
- Le, A., dessev, T., Leray, D., Mariani, T. L., Mottollese, G., & Jurado, V. (2011). Influencia de la cantidad de vapor durante la cocción en la cinética de calentamiento y en atributos de calidad seleccionados del pan. *Revista de Ingeniería de Alimentos*, 379-385.
- Meier, L. (2 de Agosto de 2021). Chemical analysis of sourdough: pH and total titratable acidity (TTA). Suiza. Obtenido de https://www.metrohm.com/es_es/discover/blog/20-21/chemical-analysis-of-sourdough--ph-and-total-titratable-acidity-.html
- Melini, V. (Marzo de 2024). Bakery Product Enrichment with Phenolic Compounds as an Unexplored Strategy for the Control of the Maillard Reaction. *Applied Sciences*. Obtenido de [379177259_Bakery_Product_Enrichment_with_Phenolic_Compounds_as_an_Unexplored_Strategy_for_the_Control_of_the_Maillard_Reaction](https://doi.org/10.3390/app14033791)

- Muñoz Bernal, C. O. (2025). Evaluación funcional y sensorial del pan elaborado con harina de trigo fortificada con subproductos del vino. *BMC*, 6.
- Pappalardo, B. (2024). *Harinas*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Parra, A. R. (2016). Desarrollo de panificados libres de gluten adicionados con fibra: aplicación de un subproducto de la industria de jugo de manzana. Argentina.
- Rebollo, R. R., Chanona, J., & Calderón, G. (25 de noviembre de 2008). Uso del análisis digital de imágenes para el estudio de la estructura de productos de panificación. *Informe final*. Distrito Federal, México.
- Ricardo Hernandez, E. M. (23 de Julio de 2024). Optimización de las proporciones de bacterias lácticas en la masa madre para mejorar la actividad antifúngica y la calidad del pan parcialmente horneado y totalmente horneado. *Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental*. Puebla, México: Universidad de las Américas Puebla.
- Subiria, R., Reyes, H., Olivas, I., Wall, A., Gonzalez, G., Rosa, L. d., . . . Álvarez, E. (1 de enero de 2025). Química Alimentaria. *Pan fortificado con orujo de uva y cáscara de nuez: el efecto de la interacción de la fibra dietética con los compuestos fenólicos sobre la accesibilidad in vitro de los compuestos fenólicos y el índice glucémico in vitro*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39190981/>
- Torreggiani, D. P. (29 de Julio de 2023). Antioxidants. *Up-Cycling Grape Pomace through Sourdough Fermentation: Characterization of Phenolic Compounds, Antioxidant Activity, and Anti-Inflammatory Potential*. Brasilea, Suiza. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2076-3921/12/8/1521>
- UNE . (2023). Análisis Sensorial. *Selección y entrenamiento de los jueces sensoriales, ISO 8586*.
- Verbeke. (2024). Technological Evaluation of Fiber Effects in Wheat-Based Dough and Bread. <https://doi.org/10.3390/foods13162582>.
- Zmuncila, A., Carmen Rodica, A. C., Maía, S., & Alexandra Litoiu, A. P. (22 de diciembre de 2025). Alimentos. *Bioprocesamiento de orujo de uva para obtener fuentes de valor añadido con utilización en productos horneados*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2304-8158/15/1/50>