

CALIDAD SENSORIAL DE PAN CON HARINA INTEGRAL Y SALVADO DE TRIGO EN EL MUNICIPIO DE VIACHA

Sensory quality of bread with whole wheat flour and wheat bran in Viacha municipality

Sandra Patricia Monasterios Yapu¹

RESUMEN

El estudio se realizó en la planta de panificación del Centro de Investigación en Granos y Cereales, con el fin de desarrollar pan nutritivo y saludable, dado el alto consumo del mismo, el objetivo fue evaluar la calidad sensorial de cuatro tratamientos con diferentes cantidades de harina refinada y harina integral de trigo respectivamente (T1-2510: 0% y 52.45% ; T2-2511: 24.48% y 27.97%; T3-2512: 33.80% y 18.65% y T4-2513: 43.13% y 9.32%) del peso total de masa; Para los cuatro tratamientos se estandarizó un proceso de elaboración mediante un balance másico para un lote de producción según la capacidad instalada. Se estableció un proceso tecnológico con variables de control, las cuales fueron resumidas en un cursograma sinóptico analítico, definiendo un método de trabajo. Resultado del trabajo realizado se verificó que hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos desarrollados, respecto a la calidad sensorial del sabor, color, olor, textura y la adhesividad al paladar, debido a los porcentajes diferenciados de harinas, lo cual fue percibido por 60 consumidores, si bien no hubo una diferencia muy perceptible, el tratamiento T4-2513 tuvo mejor aceptación, motivo por el cual se realizó su caracterización fisicoquímica, donde se evaluó la muestra según los parámetros requeridos por la norma NB 39007-2012. Complementariamente se calculó el costo de producción directo para determinar un precio de venta para la fase de producción masiva y comercialización. El producto desarrollado tiene aceptación sensorial y cumple con los requerimientos normativos, siendo un producto nutritivo y de características funcionales, el cual puede comercializarse.

Palabras clave: harina refinada, harina integral, análisis sensorial, costo de producción.

ABSTRACT

The study was conducted at the baking plant of the Grain and Cereal Research Center, in order to develop nutritious and healthy bread, given the high consumption of it, the objective was to evaluate the sensory quality of four treatments with different amounts of refined flour and whole wheat flour respectively (T1-2510: 0% and 52.45%; T2-2511: 24.48% and 27.97%; T3-2512: 33.80% and 18.65% and T4-2513: 43.13% and 9.32%) of the total dough weight; For the four treatments, an elaboration process was standardized by means of a mass balance for a production batch according to the installed capacity. A technological process was established with control variables, which were summarized in an analytical synoptic diagram, defining a working method. As a result of the work carried out, it was verified that there is a statistically significant difference between the treatments developed, with respect to the sensory quality of flavor, color, odor, texture and palate adhesiveness, due to the differentiated percentages of flours, which was perceived by 60 consumers, although there was not a very perceptible difference, the T4-2513 treatment had better acceptance, which is why its physicochemical characterization was carried out, where the sample was evaluated according to the parameters required by the NB 39007-2012 standard. In addition, the direct production cost was calculated to determine a selling price for the mass production and marketing phase. The developed product has sensory acceptance and meets the regulatory requirements, being a nutritious product with functional characteristics, which can be marketed.

Keywords: refined flour, whole wheat flour, sensory analysis, production cost.

Artículo original

DOI: <https://doi.org/10.53287/euji5159vc11x>

Recibido: 06/09/2023

Aceptado: 02/12/2023

¹ Docente, Carrera Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: 0000-0003-0484-1109. monasteriossandra@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el concepto de nutrición ha experimentado una notable evolución gracias a la continua investigación en diversas áreas de interés. Las prioridades fundamentales ya no se centran en las deficiencias nutricionales, sino que se enfocan en la relación entre la alimentación y las enfermedades teniendo en cuenta los impactos de la nutrición en el desarrollo cognitivo, el crecimiento y la composición corporal, entre otros aspectos (Olagnero et al., 2007). En contraste, los consumidores buscan productos que promuevan su salud y bienestar, pero a menudo se sienten confundidos al tratar de tomar la mejor decisión.

Dentro de los alimentos fundamentales en la dieta diaria de las personas se encuentra el pan, que sigue siendo uno de los principales alimentos elaborados a partir de harina de trigo. Su relación con la salud es importante, ya que contribuye a satisfacer las necesidades energéticas y puede disminuir factores de riesgo de ciertas patologías crónicas no transmisibles (Bueno et al., 2019).

Según Plaza y Gil (2020), el consumo de cereales de grano entero, que conservan el salvado, endospermo y germen se asocia a una disminución de la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles, por lo cual se los recomienda para una dieta saludable, debido al contenido de fibra que es esencial para una digestión adecuada.

El grano completo utilizado en la harina integral conserva una mayor cantidad de nutrientes en comparación con la harina refinada. El pan integral es una buena fuente de vitaminas y minerales esenciales, como vitaminas del grupo B, hierro y magnesio. En Bolivia, según el Reglamento Técnico de la Fortificación de Harina de Trigo y Mezclas a Base de Harina de Trigo (2011), toda harina de trigo, premezclas de micronutrientes y mezclas a base de harina de trigo producidas en el país, importadas o donadas, que se destine a la venta, donación directa y elaboración de productos derivados, deberán estar fortificados con hierro (sulfato ferroso anhidro), ácido fólico y vitaminas del complejo B, conforme establece el Artículo 3 del Decreto Supremo 24420 de 27 de noviembre de 1996, y las Resoluciones Bi-Ministeriales emitidas por los Ministerios de Salud y Deportes y de Desarrollo Productivo y Economía Plural, que aprueba la fortificación de harina con vitamina B1, B2, niacina, folato y hierro.

Serra-Majem y Bautista-Castaño (2015), indican que los cereales integrales pueden contribuir a la regulación del peso corporal, que varios estudios han demostrado que el consumo de alimentos o comidas con un índice glucémico bajo tiene un mayor efecto saciante que los que tienen un índice glucémico alto.

Según Aune (2020), consumir alimentos ricos en fibra, por medio de cereales de grano entero, puede ayudar a mantener la salud cardiovascular al reducir el riesgo de enfermedades del corazón, reducir los niveles de colesterol en sangre y la presión arterial, así como es beneficiosa para la salud intestinal y puede ayudar a prevenir problemas como diverticulitis y enfermedades inflamatorias del intestino.

Según Weickert y Pfeiffer (2008), la fibra de los cereales influye en el peso corporal a través de múltiples mecanismos que dependen de las propiedades intrínsecas, los efectos hormonales y la fermentación intestinal. En concreto, las propiedades intrínsecas se refieren a la capacidad de la fibra soluble para unirse al agua y formar una solución viscosa que retrasa el vaciado gástrico y el tránsito intestinal y limita la absorción de glucosa, lo que reduce la respuesta de la glucemia en sangre. La fibra disminuye la secreción de insulina y, en consecuencia, reduce el riesgo de hipoglucemia reactiva durante el periodo posterior a la absorción, lo que favorece la saciedad, y reduce la respuesta de la glucosa en sangre.

Según la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (2016), los alimentos en base a harinas integrales forman parte del segundo nivel de la pirámide de alimentación saludable. Respecto a las fuentes de estos alimentos, se recomienda priorizar aquellos que favorecen un menor índice glucémico (NICE, 2015).

La Resiliencia de los sistemas agroalimentarios es la capacidad de los sistemas agroalimentarios a lo largo del tiempo, frente a cualquier alteración, de garantizar de forma sostenible la disponibilidad de alimentos suficientes, inocuos y nutritivos, y el acceso a ellos, para todos, así como de sustentar los medios de vida de los actores de los sistemas agroalimentarios (FAO, 2021).

Según la FAO (2021), Las vulnerabilidades y las capacidades de resiliencia de las cadenas de suministro de alimentos se determinadas por sus características estructurales y por los atributos de los productos, que carecen de diversificación, normas de calidad e inocuidad y economías de escala, aspectos a los cuales se deben responder con innovación y desarrollo de productos nutritivos, que respondan a los requerimientos nutricionales de las personas, para cubrir sus necesidades y llevar una vida activa y sana, que mejore la seguridad alimentaria, la salud y la nutrición de generaciones futuras.

Existen numerosas variedades de pan, siendo una de las más populares los panes con harinas integrales de trigo. Por esta razón, resulta crucial reformular su composición para mejorar sus propiedades nutricionales. Según la NB 680 (2016), la harina integral es el producto resultante de la molienda del grano de trigo entero y limpio.

Objetivo

Evaluar la calidad sensorial del pan con harina integral y salvado de trigo, resultado de la estandarización del proceso de elaboración, la realización del análisis sensorial de cuatro tratamientos con panelistas consumidores y la caracterización fisicoquímica del tratamiento de mejor aceptación sensorial, del cual se determine el costo de producción directo.

Hipótesis

Ho: No hay diferencia significativa entre los tratamientos desarrollados, respecto a la calidad sensorial del pan con harina integral y salvado de trigo.

Ha: Hay diferencia significativa entre los tratamientos desarrollados, respecto a la calidad sensorial del pan con harina integral y salvado de trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El desarrollo del pan con harina integral y salvado de trigo se realizó en la planta de panificación del Centro de Investigación en Granos y Cereales de la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, en el municipio de Viacha de la Provincia Ingavi del departamento de La Paz, que se encuentra localizado a 25 km de distancia de la ciudad de La Paz; entre los 16°32'39" y 16°54' 44" de latitud sur y entre los meridianos 68°16' 56" y 68°22'72" de longitud Oeste, tiene una altitud promedio de 3876 m.s.n.m. (PDM Viacha, 2016). Las pruebas analíticas fueron realizadas en el laboratorio de la Unidad de Laboratorios de Alimentos y Bebidas del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.

Materiales

Para el proceso de elaboración se utilizaron entre las materias primas harina de trigo fortificado 000 (El Trigal de Oro, Molino Andino S.A.) y harina de trigo integral (Princesa, SIMSA). Los insumos utilizados fueron salvado de trigo, levadura, mejorador de masa, sal, azúcar, manteca, huevos y agua.

Los equipos y utensilios de la planta de panificación utilizados fueron un horno con capacidad de 12 bandejas y quemador a gas; una amasadora con capacidad de 12 kg, entrada nominal de 1.1 kW y velocidad de rotación del

eje 185 revoluciones por minuto; una divisora de masa; una balanza analítica; tamices para harinas; pirómetro; fuentes de acero inoxidable y mesas de acero AISI 304.

Metodología

De acuerdo con el nivel de investigación y profundidad de conocimiento el trabajo realizado es descriptivo, debido a que se analizan los fenómenos del proceso tecnológico de elaboración de panes. El proceso se describe mediante un diagrama de proceso que detalla las actividades y operaciones unitarias propias del mismo, descrito en Figura 1, a través de la medición de parámetros de control, que determinen la calidad sensorial del pan con harina integral y salvado de trigo.

El alcance explicativo, se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables (Sampieri, 2014). Desde el punto de vista explicativo se trata de explicar la influencia de la dosificación de harina integral en los tratamientos desarrollados, así como el efecto del proceso tecnológico en los parámetros de calidad sensorial. Según el alcance de estudio el mismo es transversal, debido a que se realiza el estudio en un determinado momento (Septiembre 2023).

Formulación de los tratamientos

Se desarrollaron cuatro formulaciones, donde se varió sólo la premezcla de harinas refinada e integral, manteniéndose constantes los demás insumos:

Tabla 1. Formulaciones en porcentaje de tratamientos desarrollados de pan con harina integral y salvado.

Descripción	T4:2513	T3:2512	T2:2511	T1:2510
Harina de trigo 000	43,13%	33,80%	24,48%	0,00%
Harina integral	9,32%	18,65%	27,97%	52,45%
Salvado de trigo avena	4,66%	4,66%	4,66%	4,66%
Leudante	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%
Azúcar	4,66%	4,66%	4,66%	4,66%
Manteca	4,66%	4,66%	4,66%	4,66%
Huevos	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%
Agua	29,55%	29,55%	29,55%	29,55%
Sal	0,28%	0,28%	0,28%	0,28%
Mejorador de masa	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Estandarización del proceso de elaboración de pan con harina integral y salvado

Se describe el proceso de elaboración a través de un diagrama de flujo, descrito en Figura 1, que contempla las siguientes actividades y operaciones unitarias:

Control de calidad de materias primas e insumos: se deben seguir las buenas prácticas de manufactura según la NB 324(2013), priorizando la elección de proveedores con certificación de Registro Sanitario que cumplan con las normas de seguridad alimentaria. Al pesar las materias primas e insumos, se realiza una inspección visual detallada, que incluye la revisión de apariencia, etiquetado y fecha de vencimiento. Se complementa con pruebas de laboratorio, como microbiológicas y de contaminación por metales pesados, para verificar la calidad. El cumplimiento de estándares y la documentación detallada de materias primas y pruebas garantizan la trazabilidad y la seguridad de los productos finales.

La materia prima e insumos deben cumplir con requisitos normativos definidos en la respectiva normativa, la harina de trigo debe cumplir con la NB 680 (2016), el agua potable según la NB 512(2016), el azúcar refinado con NB/NA 0011(2008) y la sal con NB 328004(2012).

Premezcla: La premezcla simplifica la elaboración de pan al combinar harina, leudantes, sal, azúcar y mejorador de masa, mejorando la calidad del producto final. La aireación de las harinas en la premezcla, lograda mediante la amasadora, mejora la distribución de ingredientes y la textura del pan.

Amasado: El amasado es una operación unitaria clave en la preparación de pan, donde se mezcla, estira y pliega la masa. Químicamente, el amasado activa las proteínas de la harina, principalmente el gluten y las proteínas solubles en agua que contribuyen al desarrollo de la estructura de la miga. Además, los lípidos se oxidan durante el amasado, mejorando el sabor y aroma del pan.

El tiempo de amasado varía según factores como la amasadora, motor, gancho y cantidad de masa, además de la calidad de la harina y la hidratación. Esto permite estandarizar la producción de pan. El control de calidad se realiza mediante la prueba de la membrana, que consiste en estirar la masa sin romperse, indicando un desarrollo adecuado del gluten.

Fermentado: la fermentación es un proceso químico facilitado por levaduras, que actúan sobre la harina y el agua. Estas levaduras convierten los azúcares en dióxido de carbono y etanol. Durante la fermentación, el gluten presente en la harina se hidrata y forma una red elástica. Esta red captura el dióxido de carbono producido por la levadura y las burbujas de gas se expanden, haciendo que la masa se eleve. La fermentación también contribuye al desarrollo del sabor del pan y su textura.

Dividido: la masa fermentada se divide en porciones más pequeñas, el objetivo es obtener porciones de masa de igual tamaño y peso, para tener una transferencia de calor homogénea en el horneado y panes que cumplan con un peso homogéneo en el envasado.

Boleado: Después de dividir la masa en porciones, cada trozo se redondea en forma de bola. Esto se hace al colocar la porción de masa en una superficie lisa y utilizando las manos para doblar los bordes hacia el centro, formando una bola apretada y suave.

Fermentado de bollos: los bollos de masa son sometidos a un segundo proceso de fermentación por 30 minutos.

Moldeado: El moldeado o formado implica darle a la masa la forma final que tendrá el pan antes de hornearlo, como bollos o panes de formas simples.

Fermentado de pan: Los panes formados son fermentados por tercera vez, hasta que duplique su volumen.

Horneado: las porciones de masa enlatadas se colocan en horno precalentado y se hornean a una temperatura entre 170 y 180°C, por un tiempo de 20 minutos. El proceso tecnológico de horneado de pan es una etapa crítica en la producción de pan que transforma la masa fermentada en un producto final con una corteza dorada y una miga cocida y aireada. El horneado es una etapa crítica en la panificación, ya que influye en la textura, el sabor y la apariencia del pan.

Enfriamiento: Una vez que el pan está cocido, se saca del horno y se deja enfriar. El enfriamiento permite que el pan pierda humedad y se establezca su textura final.

Control de calidad de pan: la masa cocida del pan debe presentar dos cortezas, una interior y otra exterior más espesa, debiendo ambas estar bien adheridas a la miga. La miga debe ser compacta, leve, homogénea, elástica, no

adherente a los dedos cuando se la comprime, y no debe tener grumos, puntos negros, pardos o rojizos. El color de la parte externa debe ser amarillento o de color amarillento parduzco y la miga debe ser de color más claro.

Del balance másico del proceso se determina el rendimiento de producción mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso neto de producto terminado}}{\text{Peso bruto de masa cruda}} \times 100 \quad (1)$$

Análisis sensorial de cuatro tratamientos con panelistas consumidores

Todas las muestras fueron preparadas de la misma manera, y en las mismas cantidades, para garantizar que la calidad sensorial no se vea afectada y que se tenga menos probabilidades de enmascarar las diferencias entre los tratamientos de análisis.

La evaluación sensorial es una herramienta clave en la industria alimentaria para comprender cómo los consumidores perciben un producto en su totalidad o aspectos específicos. En este proceso, un panel de evaluadores utiliza sus sentidos (vista, olfato, oído, gusto y tacto) para recopilar información (Espinilla et al., 2008). Esto permite analizar cómo el procesamiento y la formulación afectan la aceptación del alimento. La organización de estas evaluaciones incluye la selección de atributos, diseño de instrumentos, tipo de prueba y elección de panelistas, adaptándose a la naturaleza del alimento y su público objetivo. El número de panelistas necesario varía según el tipo de evaluación (Anzaldúa, 2005). Se aplicó una prueba afectiva hedónica, que es de frecuente uso en el ámbito industrial e investigación, con 60 panelistas consumidores habituales o potenciales sin entrenamiento en técnicas sensoriales y sin ninguna relación con el proceso o investigación.

Tabla 2. Escala Hedónica de Prueba Afectiva.

Muy bueno	5
Bueno	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

La boleta de evaluación fue diseñada considerando parámetros sensoriales importantes en la calidad organoléptica del pan, tales como el sabor característico del producto, la textura por la combinación de harinas, traducido en la elasticidad, el olor característico a pan integral, el color y apariencia del producto y la adherencia de la masa al paladar (atributo complementario al sabor).

El método utilizado consideró los siguientes pasos:

- Preparación de las muestras de evaluación sensorial de los 4 tratamientos, empacados en bolsas de polipropileno con su respectiva codificación.
- Selección del panel de evaluación sensorial, para la selección y el entrenamiento del panel se siguieron los lineamientos establecidos en las normas ISO 8586-1 e ISO 8586-2, que indican mínimo 60 evaluadores por grupo de consumidores para apreciación de un producto por preferencia hedónica, así mismo se siguió la recomendación de la norma NB ISO 11056:2006, de Metodología de análisis sensorial que indica que para un ensayo clásico de consumidores se debe considerar al menos 50 evaluadores. En la investigación se trabajó con 60 panelistas.
- Entrega de los 4 tratamientos codificados a los panelistas, acompañado de 1 vaso de agua.
- Evaluación sensorial de los tratamientos registrados en hoja de cateo.
- Tabulación y análisis estadístico de los datos.
- Análisis de resultados.

Para el análisis estadístico de la evaluación sensorial de los cuatro tratamientos desarrollados se realizó un análisis de varianza, que es utilizado para verificar si existen diferencias estadísticas significativas entre la media de más de dos muestras o grupos de muestras en un mismo planteamiento. Según Ochoa (2016), la ANOVA es una técnica estadística que sirve para analizar la variación total de los resultados experimentales de un diseño en particular, descomponiendo en fuentes de variación independientes atribuibles a cada uno de los efectos en que constituye el diseño experimental.

Análisis físico químico del pan con harina integral y salvado de trigo

Se evaluaron la acidez expresada en ácido láctico, grasa, humedad, bromatos, proteínas y cenizas de la muestra del tratamiento de mejor aceptación sensorial, los parámetros fueron evaluados según los requisitos fisicoquímicos del pan según la norma NB 39007.

Para la evaluación de parámetros fisicoquímicos se envió una muestra de 250 g a la Unidad de Laboratorio de Alimentos y Bebidas del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, donde se establecieron métodos de ensayo descritos en la Tabla 3.

Tabla 3. Métodos de evaluación fisicoquímicos.

Parámetro	Método de Ensayo
Proteínas	NB 312053
Cenizas	Gravimétrico
Carbohidratos	Determinación indirecta por diferencia de 100 en %
Acidez expresada en ácido láctico	NB 39006
Grasa	Soxhlet
Humedad	Gravimétrico
Bromatos	Cualitativo

Estimación de costos de producción directos

El costeo directo es un procedimiento utilizado en empresas que distinguen entre sus costos de producción como fijos y variables. Los costos variables son aquellos que cambian en relación al volumen de producción y ventas, es decir, varían de manera directamente proporcional al nivel de producción. Estos costos incluyen materiales directos (materias primas e insumos), salarios directos relacionados con la mano de obra requerida para la cantidad producida, suministros directos y empaques. Dado que se trata de un costo a nivel de investigación, solo se tiene en cuenta el costo directo del producto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estandarización del proceso de elaboración de pan con harina integral y salvado de trigo

El proceso de elaboración se ha estandarizado mediante un diagrama de proceso, mostrado en la Figura 1, donde se aprecia la secuencia de las operaciones unitarias y actividades del proceso productivo, así como el balance de materiales para el tratamiento de mejor aceptación sensorial. Se han definido parámetros de control importantes de variables que se deben controlar en el desarrollo del proceso productivo.

Control de calidad de materias primas e insumos: en la formulación y elaboración del producto es importante considerar la calidad de la harina integral utilizada para mejorar la calidad sensorial y nutricional del pan; se presenta un resumen respecto a las marcas más comercializadas en el mercado local para harina y harina integral y sus atributos nutricionales, las cuales contribuyen a la calidad sensorial del producto:

Tabla 4. Información nutricional de harina de trigo.

Parámetros Nutricionales de Harina de trigo integral	Harina Integral			Harina		
	Unidad u/100g	SEDEM (a)	PRINCESA (b)	CAÑUELAS (c)	PRINCESA (d)	LA SUPREMA (e)
Valor energético	Kcal	363,00	352,00	306,00	354,00	340,00
Proteínas	g	11,82	14,78	12,00	15,12	11,00
Grasas	g	1,43	1,22	2,00	1,69	0,40
Carbohidratos	g	74,02	70,97	60,00	68,19	60,00
Calcio	mg	72,94	33,30		33,30	38,00
Hierro	mg	7,58	6,01		6,01	30,00

Nota. (a) Servicio de Desarrollo de las Empresas Públicas Productivas S.E.D.E.M. (2023); (b) INLASA 20-1505/20-1506 S.I.M.S.A.(2021); (c) Molinos Cañuelas S.A.C.I.F.I. (2022); (d) INLASA 20-0711. S.I.M.S.A.(2021); (e) Molino Andino S.A.

En el proceso de estandarización es importante mantener constante la calidad de la harina, por lo cual se debe trabajar de preferencia con un solo proveedor, que se adecue a requerimientos normativos de la legislación boliviana. Respecto a los aspectos fisicoquímicos, la NB-680:2016 (Harina y derivados), indica que la harina integral y la harina de trigo deben tener una humedad máxima de 15% (NB 074:2000); Las proteínas en base seca deben ser mínimo del 8% (NB 076:2000), sólo en el caso de harina integral debe contener mínimo 2.5% de fibra cruda (NB 312005:2002).

Premezcla: en la premezcla se estandarizó el tiempo de mezclado en la máquina amasadora, lo cual esta en función a la velocidad del equipo y la cantidad del lote, así mismo el peso de los insumos secos debe ser exacto.

Amasado: Se estandarizó el tiempo de amasado, considerando las características técnicas de la amasadora (Capacidad 12 kg; entrada nominal de 1.1 kW; velocidad de rotación del eje 185 revoluciones por minuto), para definir el tiempo de amasado también se consideró la dosificación de la premezcla.

Fermentado: se estandarizaron el tiempo y humedad relativa del proceso de fermentación, los cuales deben ser controlados, entre 18°C y 28°C (es importante no superar los 30°C) y la humedad entre 75% y 90%.

Dividido: se estandarizó un dividido homogéneo mediante el uso de la divisora de masa, donde se colocó una cantidad definida de masa, en función al peso promedio de los bollos de pan.

Boleado: Después de dividir la masa en porciones, cada trozo se redondea en forma de bola, en este proceso se controla el peso de la masa, mediante el uso de balanzas, cada bollo pesa 65 gramos.

Fermentado de bollos: los bollos de masa son sometidos a un segundo proceso de fermentación por 30 minutos a 25°C y humedad relativa del 70%.

Moldeado: en el formado se controla el espesor de cada pan, que debe ser de 1 cm aproximadamente.

Fermentado de pan: Los panes formados son fermentados por 30 minutos a 25°C y humedad relativa del 70%.

Horneado: las porciones de masa enlatadas se colocan en horno precalentado a 185°C y se hornean a una temperatura de 170 °C, por un tiempo de 20 minutos. Se realiza el control de calidad del color del pan, muy relacionado con el tiempo y temperatura de cocción.

Enfriamiento: El enfriamiento se realiza por 2 horas, para reducir la temperatura y humedad del pan, previo al envasado, lo que garantiza el tiempo de vida de 10 días del producto, sin conservantes.

Control de calidad de pan: se evalúan los parámetros de calidad sensorial definidos en la norma y otros complementarios que determinan la calidad del pan, entre ellos los parámetros analizados en la evaluación sensorial.

Para determinar el rendimiento de producción se utilizó información del proceso de elaboración del pan y su balance másico, donde se analizó el flujo de material en cada actividad y operación unitaria. El rendimiento de producción de producto terminado (9.949g), respecto del peso de masa bruta (11.871g) fue de 84%.

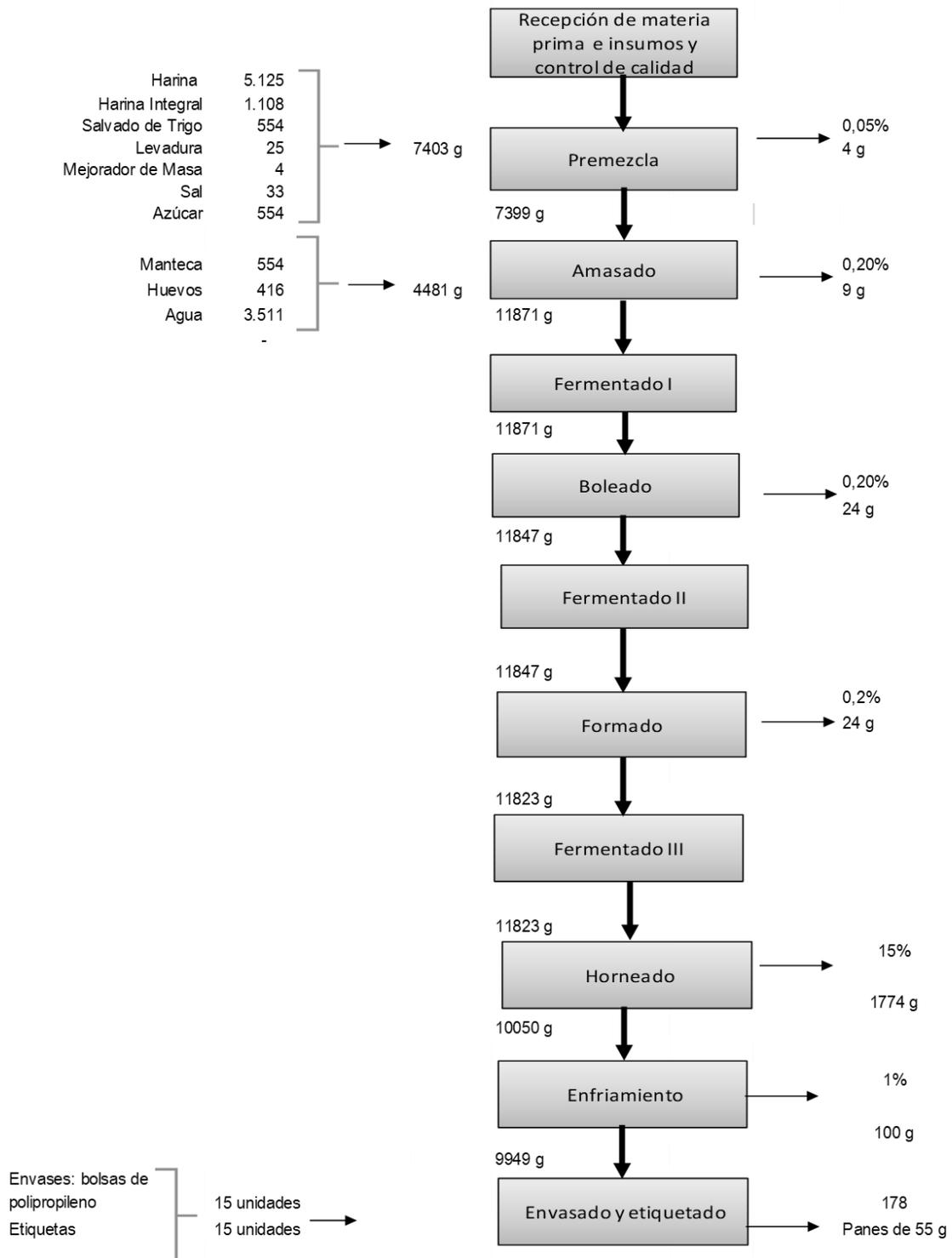


Figura 1. Proceso y balance másico de pan con harina integral y salvado.

El procedimiento estandarizado se resume en el cursograma sinóptico analítico del proceso de elaboración de pan con harina integral y salvado, que detalla las actividades y operaciones unitarias y los parámetros de control de proceso.

CURSOGRAMA ANALITICO PRODUCTO: PAN CON HARINA INTEGRAL Y SALVADO		Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía - CIPYCA CENTRO DE INVESTIGACION EN TRANSFORMACION DE GRANOS Y CEREALES							
DIAGRAMA Nº. 1		RESUMEN							
OBJETO: Proceso de elaboración de pan con harina integral y salvado		ACTIVIDAD				Método Actual			
LUGAR: CIPYCA - Viacha, Zona Uma Chua		OPERACIÓN		O		11			
CANTIDAD DE OPERARIOS: 3		TRANSPORTE		⇨		3			
1 Supervisor y 2 operarios		ESPERA		D		0			
ELABORADO POR : Operarios		INSPECCION		□		2			
APROBADO POR: Supervisión		ALMACENAMIENTO		▽		2			
		DISTANCIA (m)		13		Distancias recorridas en área de proceso			
		TIEMPO(Horas-hombre)		4,7		Tiempo total requerido por lote de producción			
Descripción	Cantidad (g)	Distancia (m)	Tiempo (Minutos)	Símbolo			Temperatura (°C)	Observaciones	
				O	⇨	D	□	△	
Almacén de materias primas e insumos									
Pesado de insumos en almacén	11883,50		15	●					15
Transporte de materiales	11883,50	5	1	●	●				15
Premezcla de insumos	7402,50		5	●					15
Mezcla de insumos y amasado	11883,50		20	●					20
Control de calidad de la masa	11883,50		1			●			22
Fermentado	11883,50		30	●					28
Dividido, pesado y boleado	11883,50		27	●					25
Maduración	11883,50		30	●					28
Formado	11883,50		18	●					25
Maduración	11883,50		30	●					28
Traslado de latas a horno		3	2	●	●				26
Horneado	10049,89		20	●					170
Traslado de pan a área de envasado		5	2	●	●				25
Enfriado	9949,3918		60	●					20
Envasado	9949,3918		15	●					20
Control de calidad sensorial			5			●			20
Almacenamiento								●	15
TOTAL		13	281	11	3	0	2	2	

Figura 2. Cursograma sinóptico analítico del proceso de elaboración de pan integral con salvado.

Análisis sensorial de tratamientos con un panel de consumidores

El análisis sensorial fue realizado para cuatro tratamientos con formulaciones de pre mezclas de harinas diferenciadas en peso de harina refinada y harina integral de trigo, se realizó la evaluación sensorial interna en la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria y externa con panelistas consumidores fuera de la carrera.

Tabla 5. Respuestas de prueba afectiva hedónica.

Panelista	Género	18-30 años	31-40 años	Mayor a 40 años	Tratamiento 2510				Tratamiento 2511				Tratamiento 2512				Tratamiento 2513							
					Sabor característico	Olor característico	Textura	Adhesividad del pan	Color característico	Sabor característico	Olor característico	Textura	Adhesividad del pan	Color característico	Sabor característico	Olor característico	Textura	Adhesividad del pan	Color característico	Sabor característico	Olor característico	Textura	Adhesividad del pan	Color característico
1	F	1			3	5	2	2	3	4	4	1	3	2	5	5	5	5	5	3	1	2	1	3
2	F	1			3	3	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	5	5	4	4
3	F	1			3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	5	4	4	5	5
4	F	1			3	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5
5	F	1			3	3	3	2	4	4	3	4	3	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	3
6	M			1	4	3	3	4	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	5	5	4	4	4	4
7	M		1		4	3	3	4	3	4	3	4	4	5	5	4	5	4	4	3	3	4	3	3
8	M	1			4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	4	3	4	4	3	2	3	2	2
9	M	1			2	3	2	3	3	4	5	4	4	5	3	3	4	4	3	4	4	5	4	3
10	M			1	4	4	4	2	5	4	4	4	2	4	5	4	5	2	5	5	5	5	2	4
11	M	1			3	3	2	3	3	4	4	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4
12	F	1			4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	5	4	4	4	4	5	4	3	3	3
13	F	1			3	3	4	4	4	5	4	4	3	4	5	4	3	5	4	5	5	5	5	5
14	F	1			5	4	5	5	3	5	4	5	4	5	4	4	3	3	5	4	4	5	3	4
15	F	1			3	3	2	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3	1	3	5	4	5	4	5
16	M		1		3	3	3	3	3	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
17	M	1			2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	3	4	3	4	5	4	5	5	5
18	F	1			2	2	1	2	3	2	3	2	2	4	3	3	4	3	4	2	4	3	3	5
19	F		1		4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	5	4	5	4	5
20	M		1		3	4	4	3	4	5	4	4	3	3	3	4	3	3	3	4	5	5	4	4
21	F	1			3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	3	4	5	4	5	3	3	4	4	4
22	M	1			3	4	3	3	4	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	5	4	4	4
23	M	1			3	4	3	3	4	4	4	4	3	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5
24	F	1			4	4	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	3	3	4	5	4
25	F	1			2	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4
26	F	1			2	3	4	2	3	4	5	3	5	4	3	3	2	2	3	5	5	4	4	5
27	F	1			3	3	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5	4	4	5	4	5	5	4
28	M	1			4	4	4	4	4	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	4	5	4	5	5
29	F	1			3	4	3	5	4	4	4	2	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
30	F			1	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3
31	F	1			4	3	3	3	3	4	3	4	4	3	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4
32	F			1	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4
33	M		1		5	3	5	4	3	3	4	2	4	4	5	5	5	4	4	3	4	4	5	4
34	F		1		3	3	2	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	4	4	5	5	5	5	5
35	F		1		2	3	3	3	2	3	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4
36	M		1		3	3	2	3	2	4	4	2	3	2	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4
37	M	1			4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	5
38	F	1			4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4
39	M	1			3	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
40	F	1			2	3	3	5	4	1	2	2	3	5	5	4	4	5	4	3	2	4	3	3
41	F	1			3	4	2	4	2	4	5	3	4	5	4	3	5	5	4	4	4	5	5	3
42	F	1			3	3	2	3	4	3	2	4	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4
43	F		1		2	2	2	3	4	3	3	4	4	3	4	3	3	4	3	5	4	4	5	5

44	M	1			3	3	2	4	3	3	4	3	3	4	3	4	5	4	4	4	4	5	4	5
45	M			1	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	4	5
46	F	1			3	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	3	5	3	4	4	3	4
47	F			1	5	5	4	4	5	4	3	5	3	5	5	5	5	5	5	4	4	5	3	4
48	F	1			3	4	4	3	4	3	3	4	4	3	4	4	3	4	4	2	3	3	4	3
49	M	1			4	4	5	3	3	4	4	3	4	4	4	5	4	4	5	3	3	4	4	4
50	F	1			5	4	4	4	5	5	5	4	4	5	5	4	4	4	5	4	3	4	3	5
51	M			1	2	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4	4	3	4	4	5	4	5	4	5
52	F		1		2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	3	4	4	5	4	5
53	M			1	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3	4	3	4	5	4	4	4	4
54	F		1		3	3	3	2	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4
55	M			1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	5
56	M			1	4	5	4	4	4	5	4	5	4	5	4	4	5	4	5	5	4	5	5	4
57	F		1		3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	4	4	3	5	5	5	4	5
58	M			1	4	4	4	5	5	5	4	5	4	5	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4
59	F		1		3	3	3	4	4	4	3	4	4	3	4	3	3	3	3	5	5	4	5	5
60	F			1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	5	5	3	4	5
Sumatoria					194	203	195	204	213	223	218	216	211	230	247	234	239	227	242	248	239	256	240	253
Promedio					3,23	3,38	3,25	3,40	3,55	3,72	3,63	3,60	3,52	3,83	4,12	3,90	3,98	3,78	4,03	4,13	3,98	4,27	4,00	4,22
Desviación estándar					0,87	0,78	0,93	0,87	0,79	0,83	0,74	0,89	0,72	0,85	0,64	0,71	0,79	0,85	0,69	0,85	0,83	0,73	0,86	0,76

En términos generales, los cuatro tratamientos con harina integral y salvado de trigo obtuvieron una buena recepción, tal como se ilustra en la Figura 2. No obstante, destacaron particularmente los tratamientos 2512 y 2513, los cuales fueron los más apreciados en la evaluación sensorial. Con base en los resultados de la evaluación, se optó por seleccionar el tratamiento 2513 (compuesto por un 43.13% de harina de trigo 000 y un 9.32% de harina integral), ya que presentó los parámetros sensoriales más favorables, por lo que corresponde proseguir con la estandarización del producto a escala de producción industrial, según la capacidad instalada de la línea de panificación.

La evaluación permitió conocer las percepciones de los panelistas que podrá apoyar en la toma de decisiones para el lanzamiento del producto al mercado. EL panel de evaluadores estuvo compuesto en 60% por damas y 40% varones, entre diferentes rangos de edad, 58% fueron evaluadores de 18 a 30 años, 22% evaluadores 31 a 40 años y 20% mayores a 40 años. De los resultados obtenidos en la evaluación sensorial, se tiene la siguiente figura, que resume los promedios de los parámetros sensoriales evaluados, donde se aprecia que el tratamiento 2513 es el de mejor aceptación.

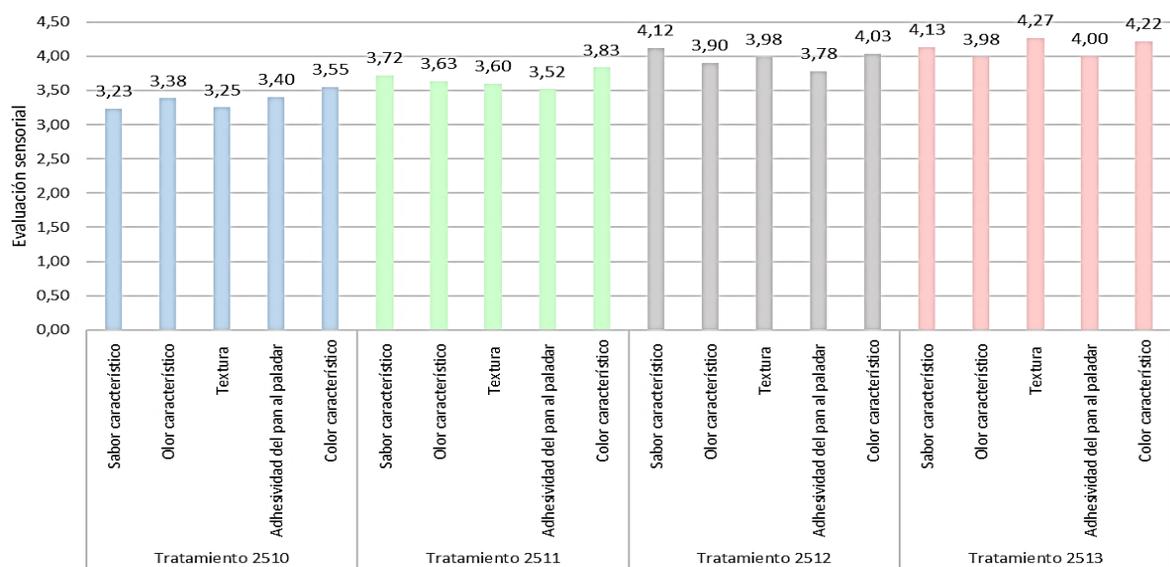


Figura 3. Evaluación sensorial de pan con harina integral y salvado de trigo.

Los análisis de varianza (ANOVA) de sabor, olor, textura, adhesividad del pan al paladar y color característico por la suplementación con harina integral en los tratamientos desarrollados, son los siguientes:

➤ Análisis de varianza del sabor

En el análisis de ANOVA, la varianza de las medias entre tratamientos se comparó con la varianza dentro de la muestra (llamada también error experimental aleatorio). Mediante el software Minitab 18, se realizó el cálculo del valor de F, el cual se comparó con el valor de tablas $F_{(3,236)} = 2,64$, a un nivel de significancia de 0.05.

Respecto a la prueba hedónica de sabor de los cuatro tratamientos, el F calculado es mayor que el F de tablas, por lo que existe una diferencia significativa entre los puntajes hedónicos promedio, lo que indica que el porcentaje de harina integral de trigo utilizado influyó en el sabor del pan.

Tabla 6. Análisis de varianza para la prueba hedónica de sabor.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	32,37	3	10,79	16,75	6,75E-10	2,64
Dentro de los grupos	152,03	236	0,64			
Total	184,40	239				

Con el propósito de contrastar las medias individuales obtenidas a partir de un análisis de varianza aplicado a diversas muestras de tratamientos distintos, se recurrió a la prueba de Tukey, donde se establece que las medias que no comparten una misma letra presentan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 7. Comparación en parejas de Tukey para el sabor.

Factor	N	Media	Agrupación
Sabor 2513	60	4,13	A
Sabor 2512	60	4,12	A
Sabor 2511	60	3,72	B
Sabor 2510	60	3,23	C

Nota. Con base en resultado de Minitab.

➤ Análisis de varianza del olor

En lo que respecta a la evaluación hedónica del olor, el valor calculado de F resulta ser superior al valor F de referencia en las tablas, lo cual denota una notoria disparidad en los puntajes promedio de satisfacción olfativa. Este hallazgo sugiere que la proporción de harina integral de trigo empleada ejerce un impacto significativo en la percepción del aroma del pan, con la finalidad de lograr una apreciación sensorial más favorable del mismo.

Tabla 8. Análisis de varianza para la prueba hedónica de olor.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	13,35	3	4,45	7,58	0,00007	2,64
Dentro de los grupos	138,50	236	0,59			
Total	151,85	239				

Se utilizó la prueba de Tukey para comparar las medias individuales de diferentes tratamientos en un análisis de varianza. En la Tabla 9, se observa que los tratamientos 2510 y 2511 son percibidos similares por los evaluadores, de igual forma ocurre con los tratamientos del grupo A.

Tabla 9. Comparación en parejas de Tukey para el sabor.

Factor	N	Media	Agrupación
Olor 2513	60	3,983	A
Olor 2512	60	3,9000	A
Olor 2511	60	3,6333	A B
Olor 2510	60	3,383	B

➤ Análisis de varianza de la textura

Respecto a la prueba hedónica de textura, el F calculado es mayor que el F de tablas, por lo que existe una diferencia significativa apreciable entre los puntajes hedónicos promedio, lo que indica que el porcentaje de harina integral de trigo utilizado influyó en la textura del pan.

Tabla 10. Análisis de varianza para la prueba hedónica de textura.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	35,48	3	11,83	16,78	6,5E-10	2,6E+00
Dentro de los grupos	166,37	236	0,70			
Total	201,85	239				

Con el fin de comparar las medias individuales derivadas de un análisis de varianza realizado en múltiples muestras de cuatro tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey, la cual indica que las medias que no comparten una misma letra muestran diferencias estadísticamente significativas, para este análisis, los tratamientos 2513 y 2510 muestran diferencias significativas.

Tabla 11. Comparación en parejas de Tukey para la textura.

Factor	N	Media	Agrupación
Textura 2513	60	4,2667	A
Textura 2512	60	3,983	A B
Textura 2511	60	3,600	B C
Textura 2510	60	3,250	C

➤ Análisis de varianza de la adhesividad del pan al paladar

Respecto a la prueba hedónica de adhesividad del pan al paladar, el F calculado es mayor que el F de tablas, por lo que existe una diferencia significativa apreciable entre los puntajes hedónicos promedio, lo que indica que el porcentaje de harina integral de trigo utilizado influyó en esta evaluación sensorial.

Tabla 12. Análisis de varianza para la prueba hedónica de adhesividad del pan al paladar.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	13,08	3	4,36	6,37	0,00036	2,64
Dentro de los grupos	161,57	236	0,68			
Total	174,65	239				

Se compararon las medias individuales mediante la prueba de Tukey, la cual indica que las medias que no comparten una misma letra son significativamente diferentes, para este análisis, se aprecia dos grupos que muestran diferencias significativas, respecto a la adhesividad del pan al paladar.

Tabla 13. Comparación en parejas de Tukey para adhesividad del pan al paladar.

Factor	N	Media	Agrupación	
Adhesividad 2513	60	4,000	A	
Adhesividad 2512	60	3,783	A	B
Adhesividad 2511	60	3,5167	B	
Adhesividad 2510	60	3,400	B	

➤ Análisis de varianza del color del pan

Respecto a la prueba hedónica del color, el F calculado es mayor que el F de tablas, por lo que existe una diferencia significativa apreciable entre los puntajes hedónicos promedio, lo que indica que el porcentaje de harina integral de trigo utilizado influyó en esta evaluación sensorial.

Tabla 14. Análisis de varianza para la prueba hedónica del color del pan.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	14,68	3	4,89	8,17	3,36E-05	2,64
Dentro de los grupos	141,30	236	0,60			
Total	155,98	239				

Se compararon las medias individuales mediante la prueba de Tukey, la cual indica que las medias que no comparten una misma letra son significativamente diferentes, para este análisis, se aprecia tres grupos que muestran diferencias significativas, respecto al color del pan.

Tabla 15. Comparación en parejas de Tukey para el color del pan.

Factor	N	Media	Agrupación	
Color 2513	60	4,2167	A	
Color 2512	60	4,0333	A	B
Color 2511	60	3,833	B C	
Color 2510	60	3,550	C	

Por los resultados descritos se concluye que la cantidad de harina integral influye en todos los atributos evaluados, mostrándose similitudes en los tratamientos 2512, 2513, de los cuales el de mayor aceptación sensorial fue el tratamiento 2513.

Caracterización fisicoquímica y nutricional del tratamiento de mejor aceptación sensorial

Se envió una muestra del producto a la Unidad de Laboratorios de Alimentos y Bebidas del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, donde se evaluó la muestra según los parámetros mínimos requeridos por la norma NB 39007-2012, para su respectiva caracterización.

Tabla 16. Requisitos fisicoquímicos.

Parámetro	Método	Unidad	Resultado	Límite de referencia
Proteínas	NB 312053	%	12,65	--
Cenizas	Gravimétrico	%	1,19	--
Carbohidratos	Determinación indirecta por diferencia de 100 en %	%	57,13	--
Acidez expresada en ácido láctico	NB 39006	%	0,96	Max. 1,0
Grasa	Soxhlet	%	5,52	Max. 3,6
Humedad	Gravimétrico	%	23,51	Max. 35
Bromatos	Cualitativo	---	Ausencia	Ausencia

Fuente: Informe 9822 y 9823, certificado de análisis fisicoquímico – toxicológico – Unidad de Laboratorios de Alimentos y Bebidas G.A.M. La Paz

El porcentaje de acidez expresada en ácido láctico de 0,96% es inferior al límite de referencia. El control de las características sensoriales del pan brinda una señal del adecuado proceso de fermentación. Si la fermentación se da a altas temperaturas y/o con largos periodos de tiempo, es muy probable que la acidez del pan se incremente debido al exceso de ácido láctico formado durante la fermentación (He y Lu, 2015). Por el contrario, estos mismos autores mencionan que si la fermentación se da a bajas temperaturas y por corto tiempo, se puede ver efectos negativos en el sabor y otras propiedades sensoriales del pan.

En relación a la humedad, el pan cumple con lo requerido por la norma, al respecto se debe considerar que la humedad no acarrea riesgo para los consumidores, sin embargo, humedades altas aumentan la probabilidad de contaminación y proliferación microbiana, así mismo la humedad determina la vida útil del pan. Suca,C., Suca,F., Rojas, D.(2022).

Según la NB 39007-2012, los panes no pueden tener bromatos. El bromato de potasio es una sal química que tiene la función de estabilizar el gluten y así lograr masas elásticas impidiendo el escape de aire; actúa durante todo el proceso de fermentación y en la primera etapa de horneado, mejorando las proteínas y dando un gluten más flexible, de tal forma que la masa absorbe mayor cantidad de agua y retiene más dióxido de carbono, obteniéndose así un mayor tamaño.

El uso de bromato de potasio comenzó a cuestionarse por diferentes razones:

- Su manipulación física es extremadamente peligrosa debido a su capacidad para producir combustión espontánea y explosión.
- Su gran parecido con el azúcar y la sal favorece la intoxicación accidental.
- La sobre dosis produce vómito, diarrea, metahemoglobinemia, depresión del sistema nervioso, daño renal irreversible, efectos mutagénicos, destrucción de la vitamina B1 y la niacina, inhibición de la disponibilidad de hierro y degradación del ácido fólico.
- Estudios realizados por un Comité Mixto FAO-OMS, indicaron que el bromato de potasio también produce tumores de células renales, las células peritoneales y las células foliculares de la tiroides.

La Comisión de la Comunidad Europea prohibió totalmente su uso en los alimentos, decisión secundada por la FAO y la OMS en 1992 y recomendada a todos los países miembros. En Latinoamérica, a partir de la Resolución del MERCOSUR N° 73 año 1993, se elimina el uso del bromato de potasio para todo el Mercosur. MERCOSUR (1193)

Respecto a la cantidad de grasa, el producto de mejor aceptación sensorial tiene 5,52% de grasa, el cual excede lo que indica la norma, al respecto se evaluaron contenidos de grasa en tablas nutricionales de marcas de pan con harinas integrales, donde se identificaron porcentajes superiores de grasa. La grasa es un insumo importante

en el pan, que tiene varios efectos favorables, entre ellos es plastificante, forman una fase intersticial en las paredes de las burbujas evitando que se colapsen, emulsificante, mejora la palatabilidad y extiende la vida de anaquel. Los principales beneficios de la adición de grasa en el pan son el incremento de su volumen y la suavidad de la miga (Brooker, 1996).

Respecto a las cenizas, proteínas y carbohidratos no se especifican límites de referencia normativas, por lo cual solo se describe la caracterización de los mismos en la muestra de pan evaluado.

Costo de producción del producto desarrollado

Por las características particulares de producción enfocada a prácticas operacionales sólo se ha considerado el costo directo atribuido a la producción, mediante la cuantificación de costos variables, que son aquellos que cambian en relación al volumen de producción, es decir, varían de manera directamente proporcional al nivel de producción, mismo que podría variar en economías de escalas de producción industriales, debido a los indicadores de productividad que son parte del proceso productivo.

Tabla 17. Planilla de costos de producción directos.

Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio unitario (Bs/U)	Total (Bs)
Materias primas e insumos				60,60
Harina	g	5125	0,006	29,04
Harina integral	g	1108	0,006	6,16
Salvado de trigo	g	554	0,002	1,11
Levadura	g	25	0,044	1,10
Mejorador de masa	g	4	0,025	0,09
Sal	g	33	0,002	0,07
Azúcar	g	554	0,005	2,99
Manteca	g	554	0,018	9,97
Huevos	g	416	0,020	8,32
Agua	g	3511	0,001	1,76
Materiales indirectos				7,92
Bolsa para envase	Pzas.	13	0,150	1,95
Alambre de amarre	Pzas.	13	0,030	0,39
Etiquetas	Pzas.	13	0,400	5,20
Manteca de engrase	g	70	0,005	0,38
Mano de obra				10,00
Operario supervisor	H-H	1	10,000	10,00
Suministros				6,37
Energía eléctrica	KWH	2,33	1,237	2,88
Gas	kg	1	2,500	2,50
Agua de limpieza	m3	0,05	9,800	0,49
Detergentes	Global	1	0,500	0,50
Costos inherentes				6,00
Análisis sensorial	Unidad	1	6,000	6,00
Total costos directos de producción				90,89
Cantidad producida: 13 paquetes de 12 unidades				13,00
Costo unitario (Bs/U)				6,99

CONCLUSIONES

Se ha estandarizado el proceso de elaboración de pan con harina integral y salvado de trigo, considerando los parámetros técnicos de control de proceso, establecido en cantidades mediante balance másico y rendimiento de producción y métodos de trabajo descritos en el cursograma sinóptico analítico, que caracterizan al proceso productivo en la planta de panificación de la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria.

Se realizó el análisis sensorial de cuatro tratamientos diferenciados en el porcentaje de harina integral de trigo utilizado, con 60 panelistas consumidores, mediante el método de evaluación hedónico, quienes resaltaron las características sensoriales del tratamiento 2513 (harina de trigo 43.13%; harina integral 9.32%), como el de mejor aceptación sensorial. Se realizaron análisis de varianza de cada factor sensorial, verificando diferencias significativas entre los puntajes hedónicos promedio para todos los parámetros sensoriales evaluados, lo que indica que el porcentaje de harina integral de trigo utilizado influyó en el sabor, color, olor, textura y adherencia del pan a la boca, de forma complementaria se aplicó el método de Tukey, utilizado en ANOVA para crear intervalos de confianza para todas las diferencias en parejas entre las medias de los niveles de los factores, mediante el cual se mostraron similitudes en los tratamientos, los cuales se relacionan con los porcentajes de harina de trigo reemplazados por harina integral.

Se realizó la caracterización fisicoquímica del pan con harina integral y salvado de trigo, en la Unidad de Laboratorios de Alimentos y Bebidas del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, donde se evaluó la muestra según los parámetros mínimos requeridos por la norma NB 39007-2012, al respect se concluye que el pan desarrollado cumple con los límites de referencia establecidos.

Se ha calculado el costo directo de producción del producto desarrollado, con el fin de analizar la producción masiva del producto y el beneficio económico que se podría generar, el cual, según costeo podría permitir excelentes oportunidades de generación de ingresos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aune D. (2020). Papel de los cereales de grano entero en la salud. Fundación Iberoamericana de Nutrición (FINUT). https://www.finut.org/wp-content/uploads/2021/01/Informe-Papel-de-los-CGE-en-la-salud_compressed.pdf
- Anzaldúa, A. (2005). La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica. Acribia. Zaragoza. 2005.198 pp
- Brooker, B. (1996). The Role of Fat in the Stabilisation of Gas Cells in Bread Dough. *Journal of Cereal Science*, 24, 187-198.
- Bueno Lozano, M. Bueno Sánchez, L. A. Moreno Aznar (2019). Pan, cereales integrales y salud. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7104562>
- Espinilla, M., Martínez, L., & Pérez, L. G. (2008). Modelo de Evaluación Sensorial con Información Lingüística Multigranular para el Aceite de Oliva. <http://sinbad2.ujaen.es/sinbad2/files/publicaciones/179.pdf>
- Grupo Colaborativo de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC), Aranceta Bartrina, J., Arija Val, V., Maíz Aldalur, E., Martínez de la Victoria Muñoz, E., Ortega Anta, R. M., Pérez-Rodrigo, C., ... Serra Majem, L. (2016). Dietary guidelines for the Spanish population (SENC, December 2016); the new graphic icon of healthy nutrition. *Nutrición Hospitalaria*, 33(Suppl 8), 1-48.
- Información Tecnológica Vol. 33(1), 259-270 (2022); Suca, C., Suca, F., Rojas, D. (2022) "Clasificación de pan francés según sus propiedades fisicoquímicas mediante la aplicación de los análisis de conglomerados y discriminante". <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642022000100259>
- Lu, Q., He, Y., & Liu, X. (2015). Property assessment of steamed bread added with cellulase by using fuzzy mathematical model. *Journal of Texture Studies*, 46(6), 420-428. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jtxs.12141>

- Mercado Común del Sur (MERCOSUR). (1993). MERCOSUR/GMC/RES N° 73/93: Bromato de potasio. <http://www.sice.oas.org/trade/mrcsrs/resolutions/Res7393.asp>
- Molinos Cañuelas [S.A.C.I.F.I.]. (2022). Open Food Facts. Información nutricional declarada en envase de la harina. <https://ar.openfoodfacts.org/producto/7792180134516/harina-integral-de-trigo-molino-canuelas>.
- Molino Andino S.A. (2022). Open Food Facts. Información nutricional declarada en envase de la harina; <https://bo.openfoodfacts.org/producto/7772619000278/harina-de-trigo-000-la-suprema>
- National Institute for Health and Care Excellence. (2015). Preventing excess weight gain (NICE guideline NG7). <https://www.nice.org.uk/guidance/ng7/chapter/1-Recommendations>
- Norma Boliviana. (2016). NB 680:2016. Harina y derivados.
- Norma Boliviana. (2013). NB/NM 324:2013. Buenas prácticas de manufactura - Requisitos
- Norma Boliviana. (2016). NB 512:2016. Agua potable – Requisitos
- Norma Boliviana. (2016). NB/NA 0011:2008. Azúcar refinado – Requisitos
- Norma Boliviana. (2012). NB 328004:2012. Sal para consumo humano - Requisitos
- Norma Boliviana. (2012). NB 39007:2012. Harina y derivados - Productos panificados - Requisitos
- Norma Boliviana (2004). NB/ISO 8586-1:2004. Análisis sensorial - Guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de los evaluadores - Parte 1: Evaluadores seleccionados
- Norma Boliviana (2010). NB/ISO 8586-2:2010. Análisis sensorial - Guía general para la selección y control de evaluadores - Parte 2: Evaluadores sensoriales expertos
- Norma Boliviana (2006). NB/ISO 11056:2006. Análisis sensorial - Metodología - Método de estimación de la magnitud
- Norma Boliviana (2000). NB 074:2000: Cereales - Método para determinar el contenido de humedad
- Norma Boliviana (2000). NB 076:2000. Cereales - Determinación de proteínas totales - Método Kjeldahl
- Norma Boliviana (2002). Norma Boliviana NB 312005:2002. Cereales – Determinación de la fibra cruda.
- Olagnero, G., Abad, A., Bendersky, S., Genevols, A., Granzella, L., & Montonati, M. (2007). Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. *DIAETA* (Buenos Aires), 25(121), 20-33.
- Ochoa R. (2016). Diseños experimentales, Segunda Edición. Bolivia. Pp 37 a 39.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2021). El estado mundial de la agricultura y la alimentación (SOFA). The State of Food and Agriculture 2021. (fao.org)
- Plaza J. R. y Gil A. (2020). Papel de los cereales de grano entero en la salud. Fundación Iberoamericana de Nutrición (FINUT). https://www.finut.org/wp-content/uploads/2021/01/Informe-Papel-de-los-CGE-en-la-salud_compressed.pdf
- Reglamento Técnico de la Fortificación de Harina de Trigo y Mezclas a Base de Harina de Trigo. (2011). https://www.minsalud.gob.bo/images/Libros/DGPS/PDS/p238_lg_dgps_uan_LEGISLACION_Y_REGLAM_ENTACIN_DE_LA_HARINA.pdf
- Serra-Majem, L., & Bautista-Castaño, I. (2015). Relationship between bread and obesity. *British Journal of Nutrition*, 113(Suppl 2), S29-S35. doi:10.1017/S0007114514003249. PMID: 26148919.
- Servicio de Desarrollo de las Empresas Públicas Productivas S.E.D.E.M. (2023). Etiqueta nutricional de harina integral declarada en el envase del producto.
- Sociedad Industrial Molinera S.A. S.I.M.S.A. (2021). INLASA 20-1505/20-1506 S.I.M.S.A. Disponible en <https://simsa.com.bo/productos/harinas/harina-especial-0000/>
- Sociedad Industrial Molinera S.A. [S.I.M.S.A.]. (2021) INLASA 20-0711. Disponible en <https://simsa.com.bo/productos/harinas/harina-de-trigo-fortificada/>
- U.S. Department of Health and Human Services & U.S. Department of Agriculture. (2015). 2015 – 2020 Dietary Guidelines for Americans. 8th Edition. December 2015. <https://health.gov/our-work/food-nutrition/previous-dietary-guidelines/2015>
- Weickert, M. O., & Pfeiffer, A. F. (2008). Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes. *Journal of Nutrition*, 138, 439–442.