Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Departamento de Agroindustria Alimentaria

Ingeniería en Agroindustria Alimentaria

Proyecto Especial de Graduación

Desarrollo de pan molde integral con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de Hierba Mora (*Solanum Americanum*)

Estudiante

Carlos Amado Cordon Leon

Asesores

Sandra Espinoza, M.Sc.

Luis F. Maldonado, Ph.D.

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros 5

Índice de Anexos 7

Resumen 8

Abstract 9

Introducción 10

Materiales y Métodos 14

Materiales 14

Fase 1. Elaboración y Análisis Microbiológicos de la Harina de Hojas de Hierba Mora 14

Elaboración de Harina 14

Análisis Microbiológicos 15

Métodos para Análisis Microbiológicos 15

Fase 2. Desarrollo y Evaluación de los Tratamientos 17

Formulación 17

Proceso para la Elaboración de los Tratamientos 18

Evaluación de los Tratamientos 19

Análisis Sensorial 20

Diseño Experimental 20

Análisis Estadístico 21

Análisis Físicos y Químicos al Pan 21

Diseño Experimental y Análisis estadístico 24

Resultados y Discusión 25

Fase 1: Elaboración y Análisis Microbiológicos de la Harina de Hojas de Hierba Mora 25

Análisis Microbiológicos a la Harina de Hierba Mora 25

Fase 2. Desarrollo y Evaluación de los Tratamientos 26

Reformulación del Pan Molde Integral 26

Análisis Sensorial 29

Análisis Físicos 36

Análisis Químicos 39

Conclusiones 48

Recomendaciones 49

Referencias 50

Anexos 57

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Criterios microbiológicos: frutas, hortalizas, frutos secos y similares. 15

Cuadro 2 Formulación de pan molde integral Zamorano. 17

Cuadro 3 Composición nutricional de 100 g de hierba mora en base seca con una cocción de 97 °C por 10 minutos. 18

Cuadro 4 Descripción de tratamientos con sustitución de harina de trigo por harina de hierba mora. 21

Cuadro 5 Resultados de los análisis microbiológicos a la harina de hoja de hierba mora. 26

Cuadro 6 Modelo de perfil de nutrientes de la OPS. 26

Cuadro 7 Información nutricional del Pan Molde integral de Zamorano y la reformulación propuesta (porción 50 g). 27

Cuadro 8 Formulación de pan molde integral Zamorano y reformulación para los tratamientos. 28

Cuadro 9 Resultados obtenidos del análisis sensorial en los atributos de color, olor, sabor, textura y aceptación general. 34

Cuadro 10 *Resultado del análisis de correlación en cuanto a cada atributo con la aceptación general de cada tratamiento utilizado a nivel de significancia (< 0.0001).* 35

Cuadro 11 Resultados de la prueba de preferencia por ordenamiento de los tratamientos 36

Cuadro 12 Resultados del análisis de textura de los dos tratamientos de pan integral (control y con sustitución de 10% de harina de hoja de hierba mora). 38

Cuadro 13 Resultados del análisis de color en la escala L*, a* y b* de los dos tratamientos de pan integral (control y con sustitución de 10% de harina de hoja de hierba mora). 39

Cuadro 14 Resultados de análisis de humedad expresado en porcentajes de los dos tratamientos de pan integral (control y con sustitución de 10% de harina de hoja de hierba mora). 40

Cuadro 15 Resultado del análisis de ceniza de los dos tratamientos de pan integral (control y con sustitución de 10% de harina de hoja de hierba mora). 41

Cuadro 16 Resultados del análisis de proteína de los dos tratamientos de pan integral (control y con sustitución de 10% de harina de hoja de hierba mora). 42

Cuadro 17 Resultados del análisis de fibra dietética de los dos tratamientos de pan integral (control y con sustitución de 10% de harina de hoja de hierba mora). 44

Cuadro 18 Resultados del análisis de minerales de los dos tratamientos de pan integral (control y con sustitución de 10% de harina de hoja de hierba mora). 47

Índice de Anexos

Anexo A Escala de 9 puntos 57

Anexo B Flujo de proceso para la obtención de harina de hierba mora. 58

Anexo C Flujo de proceso para la elaboración de pan molde integral. 59

Anexo D Contenido nutricional teórico 60

Anexo E Boleta de evaluación sensorial 61

Anexo F Comparación entre los tratamientos de pan molde integral 62

Resumen

El panorama mundial actual en el tema de nutrición es preocupante, un tercio de la población está siendo afectada por, la llamada, hambre oculta o malnutrición por deficiencia de micronutrientes. Una de las propuestas para solucionar esta problemática es la fortificación o enriquecimiento de los alimentos. El propósito de la investigación fue desarrollar un pan molde integral con sustitución parcial de harina de trigo todo uso por harina de hierba mora, evaluar sus características fisicoquímicas y valorar el aporte de proteína, hierro, calcio y potasio por porción en la formulación de mayor aceptación. Se elaboró la harina de hierba mora y se realizaron los análisis microbiológicos. Se prepararon formulaciones con sustitución de 7.5, 10 y 12.5% de harina de trigo por hierba mora y la formulación original (control). Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) para el análisis sensorial de tres tratamientos y un control por tres repeticiones. Se seleccionó el tratamiento con un 10% de sustitución como el de mayor aceptación y teóricamente más nutritivo y se comparó con el tratamiento control para realizar los análisis fisicoquímicos, los cuales, se analizaron con una prueba T de estudiante. La sustitución del 10% aumentó la dureza y disminuyó considerablemente los valores de color; aumentó la cantidad de proteína un 20%, fibra dietética un 30% y en minerales existió aumento en cuanto a hierro (26%), calcio (78%) y potasio (34%) en comparación al contenido del pan molde integral de Zamorano. El tratamiento con un 10% de sustitución es considerado fuente de proteína, alta fuente de fibra dietética y de hierro.

Palabras clave: aceptación, componentes bioactivos, fuente nutricional, harina alternativa.

Abstract

The current world panorama on the subject of nutrition is worrying, a third of the population is being affected by the, so-called hidden, hunger or malnutrition due to micronutrient deficiency. One of the proposals to solve this problem is the fortification or enrichment of food. The purpose of the research was to develop a whole wheat breadloaf with partial substitution of all-purpose wheat flour for black nightshade flour, to evaluate its physicochemical characteristics and to assess the contribution of protein, iron, calcium and potassium per portion in the most widely accepted formulation. The black nightshade flour was elaborated and the microbiological analyzes were carried out. Formulations with substitution of 7.5, 10 and 12.5% of wheat flour for nightshade and the original formulation (control) were prepared. A Randomized Complete Block design (RCB) was used for the sensory analysis of three treatments and a control for three repetitions. The treatment with a 10% substitution was selected as the most accepted and theoretically more nutritious, and it was compared with the control to carry out the physicochemical analyses, they were analyzed using T-Student test. The 10% substitution increased hardness of the bread and greatly decreased the color values; the amount of protein increased by 20%, dietary fiber by 30% and in minerals there was an increase in terms of iron 26%, calcium 78% and potassium 34% compared to the content of the Zamorano wholemeal loaf. The treatment with a 10% substitution is considered a source of protein, a high source of dietary fiber and iron.

Keywords: acceptance, alternative flour, bioactive components, nutritional source.

Introducción

El panorama mundial actual en el tema de nutrición es preocupante, un tercio de la población está siendo afectada por la llamada hambre oculta o malnutrición por deficiencia de micronutrientes, esto repercute en el crecimiento y desarrollo personal aumentando el riesgo de enfermedades (Posada 2020). En Latinoamérica, los países con altas cifras de inseguridad alimentaria por malnutrición son: Nicaragua, Guatemala y Honduras, en Centroamérica. En el Caribe, Haití tiene 4.5 millones de personas subnutridas siendo el 56% de la población. Por otro lado, el 22% de la población boliviana se encuentra subnutrida, mientras que en Venezuela el 21% (Mendoza y Valle 2016).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) busca mejorar el consumo de proteínas y fibras en países centroamericanos por la importancia nutricional que estos representan (OPS 2016). Según la FAO et al. (2019), la dieta prevalente de alimentos procesados contienen un alto contenido de grasas, azúcares y un bajo contenido en proteína, fibra, minerales y vitaminas, lo que genera efectos alarmantes en la salud.

En cuanto a micronutrientes, las principales deficiencias encontradas en la población latinoamericana son hierro, vitamina A, yodo y Zinc (Latham 2017). La deficiencia de hierro genera consecuencias negativas en el desarrollo cognitivo infantil y es un factor de riesgo más elevado para la mortalidad materna e infantil y para el bajo peso al nacer. También puede traer consecuencias en la capacidad laboral en la edad adulta, convirtiéndose en un gran problema de salud público (FAO y OPS 2017).

Dentro de propuestas para solucionar esta problemática se hace presente la fortificación o enriquecimiento de los alimentos, que consiste en adición de uno o más nutrientes esenciales a un alimento, tanto si está como si no está contenido normalmente en el alimento, con el fin de prevenir o corregir una deficiencia demostrada de uno o más nutrientes en la población o en grupos específicos de la población (Codex Alimentarius [sin fecha]).

Solanum americanum, conocida como hierba mora es una planta nativa de América que crece hasta 60 cm de altura, tiene hojas ovaladas o rómbicas, enteras o lobuladas y peciolo corto. Se utiliza como hierba comestible y planta medicinal. De esta se consumen las hojas y puntas de las plantas en prefloración, ya que tienen una mayor cantidad de carotenos, ácido ascórbico y actividad antioxidante. Las hojas pueden sustituir a las de la espinaca, y debido a su alto contenido de proteína, son un buen suplemento de los cereales (Calderon 2011).

Por las propiedades nutritivas y antioxidantes de la hierba mora, su crecimiento en forma silvestre y su fácil accesibilidad, esta planta puede ser considerada un recurso alimenticio de interés para la población. La hierba mora tiene un contenido de proteínas por encima de las hortalizas, de 5.1 en 100 g de materia fresca, alto contenido de hierro con 12.6 mg, calcio con 226 mg, 74 mg de fósforo y vitamina A con 1,883 UI en 100 g (INCAP 2018). Existen diversas formas de consumo de la hierba mora a nivel casero, en sopas, guisadas, al vapor, en tamales, entre otros, pero aun no se ha experimentado para productos industriales. Según Cano (2019), para preservar la vida útil de la hierba mora, prolongar su uso y aplicación a otros productos alimenticios es posible secarlas y pulverizarlas en forma de harina.

En el mercado se pueden encontrar harinas compuestas y alternativas, término que se usa para indicar todo tipo de producto obtenido por mezcla de distintas harinas con o sin trigo y estas a su vez se pueden mezclar con otras materias primas de alto valor biológico (Umaña et al. 2013). Existe una tendencia con relación a harinas alternativas, ya que, a medida que ha crecido el interés del consumidor en los productos sin gluten, la categoría de harinas saludables libres de gluten ha pasado de ser un nicho a un segmento de mercado convencional. Los nuevos desarrollos de productos con harinas a base de nueces, semillas, frijoles, frutas y verduras atraen a una variedad de consumidores orientados por las tendencias de dieta saludable, estos aspectos contribuyen con el incremento de la demanda, haciendo de este un mercado con alto potencial de crecimiento (Kaipper 2015).

Pan, sin otro calificativo, es el producto resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo u otro cereal, solas o en combinación, y de agua, con o sin adición de sal, fermentada con la ayuda de levadura de panificación o masa madre (Dolores et al. 2019). El pan puede ser considerado un alimento que ha trascendido las culturas y que se ha dado a conocer sin importar sus diversas presentaciones y sus diferentes ingredientes. Algunas personas consumen este alimento diariamente ya que forma parte del acompañamiento de las comidas (Zuleta et al. 2012).

El mercado de pan es atractivo, ya que son productos de alto consumo, donde la demanda se mantiene en forma regular durante el año, en un mercado en constante crecimiento y con una competencia atomizada. A esto se suma que para acceder a la industria es necesario un bajo nivel de inversión, y existen posibilidades de mejora en procesos productivos y de gestión, con un poder medio de los proveedores por su baja concentración (Rojas 2014).

En relación a los productos de panadería, tradicionalmente se ha utilizado para su producción harina blanca de trigo para la elaboración de pan en barra, el cual es un alimento preferido por alrededor del 70% de la población.Las preferencias están modificándose y los productos más demandados, junto con el pan de barra, son el pan integral o con diversos ingredientes que elevan su valor nutritivo y están asociados a mayores beneficios para la salud (Camarero 2015).

El propósito de esta investigación fue desarrollar un pan molde integral con sustitución de harina de trigo todo uso por harina de hierba mora por los aportes nutricionales de la planta, beneficios para la salud y su accesibilidad. La industria debe buscar nuevas alternativas que ofrezcan al consumidor productos que aporten a la nutrición.

Los objetivos en este estudio fueron los siguientes:

Identificar la formulación de pan integral con sustitución por harina de hierba mora con mayor aceptación y preferencia.

Evaluar características físicas y químicas de pan integral con sustitución por harina de hierba mora con mayor aceptación.

Valorar el aporte diario de proteína, hierro, calcio y potasio en la formulación de mayor aceptación.

Materiales y Métodos

Esta investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Ubicada en el departamento de Francisco Morazán, Honduras.

El proceso de deshidratación de las hojas se llevó a cabo en las Plantas de Poscosecha y Procesamiento Hortofrutícola, los diferentes tratamientos y formulaciones se prepararon en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA). Los análisis microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ), los análisis físicos y químicos en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), y por último el análisis sensorial se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Sensorial.

Materiales

Para realizar los experimentos se requirió de ciertos materiales e ingredientes, como harina de trigo todo uso, harina integral de trigo, leche semidescremada, levaduras, azúcar, sal, margarina y las hojas de la planta hierba mora (*Solanum americanum*) provenientes de la Hacienda El Recuerdo, ubicada en el municipio del Paraíso, departamento de Copán, Honduras.

La Investigación se Realizó en las Siguientes Fases:

Fase 1. Elaboración y Análisis Microbiológicos de la Harina de Hojas de Hierba Mora

Elaboración de Harina

La hierba mora es una planta que responde bien a cortes con una frecuencia de 20 a 30 días; la cosecha de las hojas debe realizarse antes del inicio de la fructificación, para evitar la acumulación de oxalatos en las hojas que puedan tener un efecto nocivo en la salud (Martínez 2012). Después de la cosecha de las hojas, se realizó un lavado (agua) y desinfectado (a 60 ppm en solución de hipoclorito de sodio), luego se sometió a un tratamiento térmico a 97 °C por 10 minutos para eliminar alcaloides (solanina, solasonina y solanigrina); posteriormente se deshidrató a 60 °C en un deshidratador marca Alto Shaam CTP Cinbitherm hasta obtener un 13% de humedad o hasta obtener una textura quebradiza. Posteriormente se prosiguió a moler para convertirla en harina con un molino Foss

cyclotec CT 193, equipo con el que se obtuvo una granulometría de molienda fina y uniforme con tamaño menor a 0.5 mm (Calderon 2011).

Análisis Microbiológicos

Luego de obtener la harina de hierba mora, se le realizaron análisis microbiológicos para asegurar su inocuidad y que el producto no afecte al consumidor. Los análisis se realizaron de acuerdo con la Norma sanitaria MINSA (2003) que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (RM N° 615-2003 SA/DM). Esta Norma establece la determinación y cuantificación de Mohos-Levaduras, *Escherichia coli y Salmonella spp*. (Cuadro 1). Por el tratamiento térmico que se realizó, se determinó realizar solo una repetición, para determinar que el producto es inocuo.

Cuadro 1

Criterios microbiológicos: frutas, hortalizas, frutos secos y similares.

14.3 Frutas y hortalizas desecadas, deshidratadas o liofilizadas		
Agente microbiano	Límite por UFC/g	
Mohos y levaduras	10	10^2
Escherichia coli	10	$5X10^2$
Salmonella spp.	Ausencia/25g	ND

Nota. Tomado de MINSA (2003). UFC/g: Unidades Formadoras de Colonias por gramo. ND: No se Define.

Métodos para Análisis Microbiológicos

Se Implementó la metodología utilizada en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ).

Hongos y Levaduras.

Se analizaron a través del método de vaciado en placa. Se utilizó el medio de cultivo Agar Rosa de Bengala, se pesó 10 g de la muestra de harina, se diluyó en 90 mL de buffer fosfato colocándolo en el Stomacher 400 para homogenizar. Después, se prosiguió a preparar las diluciones, se inocularon en tubos de ensayo con dilución de 10^{-1}. Luego de cada dilución se colocaron por la técnica de vaciado en placa en Agar Rosa de Bengala 1 mL en cada plato petri rotulado como 10^{-1}. Se agitó y dejó solidificar, se incubaron a 25-30 °C durante 3 a 5 días. Para la obtención de los resultados se contabilizaron las colonias de hongos y levaduras, se reportaron en UFC/g o UFC/mL (BAM 2021).

Escherichia coli.

Se realizó a través de cuantificación de colonias. Se utilizó como medio el Agar Bilis Rojo Violeta-MUG (ABRV-MUG). Se pesó 10 g de la muestra de harina, se diluyó en 90 mL de buffer fosfato colocándolo en el Stomacher 400 para homogenizar, después se prosiguió a preparar las diluciones, se inoculó e incubó en un tubo de ensayo (correspondiente por difusión) con dilución de 10^{-1}. Correspondientemente, por cada dilución se pasó 1 mL a cada plato Petri tomando en cuenta que se usó el método de vaciado en placa. Se realizó una incubación de 35 °C durante 24 horas. Posteriormente, se realizó un conteo con el uso de plantillas cuadráticas (FDA 2017).

Salmonella spp.

Se realizaron a través del método BAM (Manual Analítico Bacteriológico). Este es un procedimiento con varias etapas: se pesó asépticamente 25 g de muestra en un frasco estéril de boca ancha con tapón de rosca (500 mL). Se agregó 225 mL de caldo de Soja Tripticasa Estéril (TSB por sus siglas en ingles) y se mezcló bien. Se tapó bien el frasco y se dejó reposar 60 ± 5 min a temperatura ambiente. Se mezcló bien y se determinó el pH con papel de prueba. Se ajustó el pH, a 6.8 ± 0.2, aflojando la tapa del frasco aproximadamente 1/4 de vuelta y se incubó 24 ± 2 h a 35 ° C. Se procedió con el aislamiento, se transfirió 0.1 mL de mezcla a 10 mL de medio Rappaport-Vassiliadis (RV) y otra mezcla de 1 a 10 mL, se pasó al vórtice. Se incubó en medio RV 24 ± 2 h a 42 ± 0.2 °C (circulación, termostáticamente controlado, baño de agua). Se incubó el caldo TT 24 ± 2 h a 35 ± 2.0 °C. Se mezcló (vórtice, si es tubo) y adicionó Caldo TT incubado de 3 mm (10 µL) en agar de sulfito de bismuto (BS), agar desoxicolato de lisina de xilosa (XLD) y agar entérico (HE) Hektoen. Se preparó los platos BS el día antes de sembrar en estría por Frobisher y se guardó en la oscuridad a temperatura ambiente hasta que estuviesen sembrados. Se repitió con 3 mm de bucle (10 µL) de medio de RV (para muestras de alimentos de carga microbiana alta y baja) y de caldo SC (Selenito Cistina para goma guar). Se incubaron las placas por 24 ± 2 h a 35 °C. Se procedió a examinar las placas en busca de colonias que pudieran ser *Salmonella*. Después se seleccionaron cinco colonias de *Salmonella* sospechosas de cada placa de agar selectivo después de 24 ± 2 h de incubación. Las colonias típicas de *Salmonella* son las

siguientes: si hay colonias típicas en el agar BS después de 24 ± 2 h de incubación, se seleccionaron dos colonias. Se volvieron a incubar las placas de agar BS durante 24 ± 2 h más. Después de 48 ± 2 h de incubación, se extrajeron las cinco colonias típicas de las placas de agar BS. Las colonias extraídas de las placas de agar BS incubadas durante 24 ± 2 h dan reacciones atípicas en agar hierro triple azúcar (TSI) y agar lisina-hierro (LIA) que dan como resultado que el cultivo se descarte por no ser *Salmonella* (FDA 2022).

Fase 2. Desarrollo y Evaluación de los Tratamientos

Formulación

Para la formulación de los tratamientos, se utilizó como base la formulación de pan molde integral utilizado en la PIA (cuadro 2). Se revisó el perfil nutricional del pan acuerdo con los modelos de perfiles de nutrientes para alimentos procesados y ultraprocesados (OPS 2016), el cual determina si existe un exceso de nutrientes críticos en un producto en relación con las calorías presentes en una porción. Al realizar los cálculos, de acuerdo con los nutrientes que aporta cada ingrediente de la formulación al pan, se encontró que el producto excedía en sodio y azúcares libres, por lo que se prosiguió a modificar la formulación, reduciendo las cantidades de sal y azúcar, con el fin de que no se encuentren en cantidades excesivas en los tratamientos con sustitución.

Cuadro 2

Formulación de pan molde integral Zamorano.

Ingredientes	Porcentaje (%)
Harina de trigo (Todo uso)	37.97
Harina de trigo integral	19.39
Azúcar	4.45
Sal	1.29
Levadura	0.64
Propionato de Calcio	0.12
Leche fluida	32.69
Margarina	4.45
TOTAL	100.00

Nota. Tomado de la Planta de Innovación de Alimentos Zamorano. %: porcentaje.

La hierba mora se conoce por su alto valor nutricional, de los cuales podemos destacar la alta cantidad de proteína, fibra dietética, hierro y calcio (Cuadro 3).

Cuadro 3

Composición nutricional de 100 g de hierba mora en base seca con una cocción de 97 °C por 10 minutos.

Nutriente	Cantidad por cada 100 g	%VD (estimado)
Proteína (g)	34.0	68.0
Hierro (mg)	40.7	290.7
Calcio (mg)	1254.2	156.8

Nota. Tomado de Morales A. (2008). %VD: porcentaje de Valor Diario. G: gramo. mg: miligramo

Para llegar a los porcentajes de sustitución de harina de hierba mora por harina de trigo todo uso en el pan molde integral, se realizó una formulación teórica de acuerdo con las tablas de composición de alimentos del INCAP (2018) e investigaciones previas sobre la hierba mora y sustituciones de harina integral todo uso por harinas alternativas, para conocer las posibles cantidades de nutrientes que se espera que aporte al pan molde integral, suponiendo que exista diferencia entre cada sustitución. Posteriormente, se realizaron pruebas preliminares para evaluar tecnológicamente las formulaciones teóricas.

Proceso para la Elaboración de los Tratamientos

Se siguió el proceso implementado por la Planta de Innovación de Alimentos de Zamorano.

Pesado.

Se utilizó una balanza analítica para el pesado de los ingredientes: harina de trigo todo uso, harina integral de trigo, harina de hierba mora, leche semidescremada, levaduras, azúcar, sal y margarina.

Mezclado.

Se utilizó una mezcladora marca Kitchenaid, modelo KSM150 PSER, con acople de gancho, se mezcló la harina de trigo con la harina de hierba mora por un minuto a velocidad número 2 para homogenizar las harinas. Se añadieron los demás ingredientes (azúcar, sal, propionato de calcio,

levadura y margarina) y se mezclaron durante 3 minutos a velocidad número 4. Luego se agregó la leche semidescremada y se mezcló por 18 minutos a velocidad 4.

Amasado.

Se amasó la mezcla manualmente por cinco minutos para que la masa gane elasticidad e incorpore aire.

Moldeado.

Se realizó con ayuda de un rodillo moldeador, después se colocó la masa en los moldes de aluminio engrasados con manteca.

Fermentado.

Se fermentó con ayuda de un horno fermentador marca Duke, modelo AHPO/EPO, a una temperatura de 32 °C y 80% de humedad relativa por 1 hora y 20 minutos.

Horneado.

Se realizó el horneado en un horno marca Alpha Turbolino, modelo 59177, precalentado por 10 minutos a 148.9°C y posteriormente el pan se horneo por 20 minutos a esa misma temperatura.

Enfriado.

Se dejó enfriar el pan por dos horas a temperatura ambiente.

Cortado.

Se realizó el cortado del pan con ayuda de un cortador de pan marca Thunderbird modelo ARM-07.

Empacado.

Se introdujo en bolsas plásticas de polietileno de baja densidad (LDPE) comúnmente utilizadas para el pan molde Zamorano.

Almacenado.

Se almacenó el pan a temperatura ambiente en un lugar libre de cualquier peligro de insectos y roedores.

Evaluación de los Tratamientos

Los tratamientos desarrollados se sometieron a análisis sensorial. Al tratamiento de mayor aceptación y al control se le realizaron análisis físicos y químicos.

Análisis Sensorial

Se realizó una evaluación sensorial afectiva utilizando una prueba de aceptación al pan control y a los tratamientos, para determinar el de mayor aceptación por los consumidores; en donde participaron 105 panelistas no entrenados (consumidores).

Las muestras se prepararon el día de la prueba, se presentaron en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de tres dígitos, con orden de presentación aleatorio y equilibrado. Los panelistas realizaron la evaluación de manera individual, probaron las muestras en el orden presentado, de izquierda a derecha. Se le indicó en la boleta evaluar las muestras de acuerdo con su nivel de agrado o rechazo utilizando una escala hedónica de 9 puntos, donde el grado 1 indicó que le disgusta mucho; 5 no me gusta ni me disgusta y 9 me gusta mucho. Se evaluaron los atributos de apariencia, color, olor, sabor, textura y aceptación general. Además, se realizó una prueba de preferencia por ordenamiento, la forma de evaluación fue mediante una escala del uno al cuatro, siendo uno el tratamiento más preferido y cuatro el menos preferido (Liria 2007).

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) y se evaluaron tres tratamientos (7.5, 10 y 15% de hierba mora) y un control (se observa la descripción en el Cuadro 4), y se realizaron tres repeticiones para un total 12 unidades experimentales.

Cuadro 4

Descripción de tratamientos con sustitución de harina de trigo por harina de hierba mora.

Tratamientos	Harina de trigo integral	Harina de trigo (todo uso)	Harina de hierba mora
T1 (Control)	33.8	66.2	0.0
T2	33.8	58.7	7.5
T3	33.8	56.2	10.0
T4	33.8	53.7	12.5

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos se analizaron utilizando el programa SAS, con un nivel de probabilidad de 95%, realizando un Análisis de Varianza (ANDEVA) con una separación de medias Duncan para determinar el tratamiento de mayor aceptación en la evaluación sensorial. Para determinar cuál fue el tratamiento con mejores características por los panelistas, también se hizo un análisis de correlación. En cuanto a los resultados de la prueba de preferencia, fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Basker (Liria 2007), logrando seleccionar el tratamiento de pan molde integral preferido por los panelistas.

Análisis Físicos y Químicos al Pan

Se realizaron los análisis físicos y químicos al pan molde integral con la formulación más aceptada por los panelistas no entrenados, y al control para realizar una comparación entre ellos.

Color.

Al realizar este análisis se utilizó el equipo Colorflex Hunter L*a*b, analizando la luminosidad L*, el eje a* para medir el espectro de luz visible comprendido del verde al rojo y el eje b* para la intensidad del color azul y amarillo.

Textura.

Para el análisis de textura en relación con el parámetro de firmeza de cada pan integral, se utilizó el equipo Medidor de Textura Brookfield CT3 con acople sonda TA4/1000 o TA35. Se utilizó una rodaja de 2.5 cm de profundidad. Tomando datos por triplicado y promediando los resultados.

Humedad.

Se determinó la humedad siguiendo el método AOAC 945.15. Este análisis consistió en pre-secar los crisoles de porcelana en horno a 105 °C por toda la noche (8 horas), luego se enfriaron los crisoles en desecador por una hora registrando el número y peso del crisol. Se colocaron aproximadamente 3 g de muestra en cada crisol registrando el peso de este más la muestra para proceder a secar en horno de convección a 100 – 102 °C por 16 – 18 horas. Luego del tiempo requerido, se dejaron enfriar los crisoles con la materia seca en el desecador por 30 minutos y se registró el peso. Los análisis de humedad se expresaron en porcentajes y se calcularon en la Ecuación 1:

$$\%H = \frac{(peso\ del\ crisol + muestra) - (peso\ del\ crisol + materia\ seca)\ X\ 100}{(Peso\ de\ la\ muestra)} \quad [1]$$

Cenizas.

El cálculo de cenizas totales se realizó siguiendo el método oficial AOAC 923.03. Se pre-secaron los crisoles de porcelana en la mufla a 550 °C por cinco horas, después se enfriaron en desecador por una hora prosiguiendo a registrar el número y peso del crisol en el registro de análisis de humedad y cenizas. Se pesaron 3 g de muestra homogenizada en cada crisol, después se llevaron a incinerar en la mufla a aproximadamente 550 °C hasta que el color de ceniza se tornó gris claro. Finalmente, se retiraron las muestras del incinerador, se dejaron secar por 30 minutos en un desecador y se registraron los pesos finales. Para el cálculo de porcentaje cenizas totales se utilizó la Ecuación 2:

$$Cenizas\ (\%) = \frac{(peso\ de\ cenizas)}{(peso\ de\ muestra\ humedad)} X100 \quad [2]$$

Minerales.

Se trabajó con las cenizas de cada pan, las cuales se obtuvieron según el método AOAC 985.35. A las cenizas contenidas en el crisol se le agregaron 5 mL de HNO3, se secaron en un baño a vapor a 95 °C por tres minutos. Luego, la solución obtenida se añadió a un matraz de 50 mL sin dejar residuos. Finalmente, se determinó el contenido de calcio, potasio (cantidad no calculada en hierba mora) y

hierro en el pan integral sin hierba mora y el pan con hierba mora, mediante espectrofotometría de absorción atómica. Para la preparación de las muestras se utilizaron los equipos como horno de aire forzado a 105 °C Fisher Scientific e incinerador Sybron a 550 °C.

Proteína.

Se determinó la concentración de nitrógeno, y eventualmente el contenido de proteína residual, presente en una muestra de alimento por medio del método oficial AOAC 2001.11. Se pesó 1 g de la muestra en el papel encerado, para introducirla en el tubo de digestión con dos tabletas Kjeltabs y ácido sulfúrico al 95-98%. Se colocó el tubo de digestión con la muestra en el Digestor Foss Tecator D 20, posteriormente, se destiló el amoniaco en el Destilador FOSS Kjeltec 8200. Finalmente, se realizó la titulación con ácido clorhídrico a 0.1N. Para determinar el contenido de proteína, se utilizó el factor de conversión de 6.25.

Análisis de Fibra Dietética.

Se realizó por medio del método AOAC 985.29. Para ello, se pesó 1 g de muestra dentro de un vaso de precipitación Berzelius de 600 mL, se le agregó 50 mL de solución tampón fosfato pH 6 a cada vaso, se mezcló y se agregó 100 uL de solución α-amilasa termoestable y se incubó en baño maría a 95 °C durante 15 minutos, agitando suavemente los vasos de precipitación cada cinco minutos, luego se dejó enfriar a temperatura ambiente. Se añadieron 10 mL de solución de NaOH 0.275 molar y se ajustó el pH a 7.5 ± 0.2, luego se añadió 100 µL de solución de proteasa 50 mg/mL al vaso de precipitación. Seguidamente se incubó en baño maría a 60 °C por 30 minutos y se dejó enfriar. Después se añadieron 10 mL de solución de HCl 0.325 M, y se ajustó el pH en un rango de 4.0 - 4.6. se añadieron 100 µL de solución de amiloglucosidasa y se incubó por 30 minutos en baño María a una temperatura de 60 °C. Luego se agregaron 280 mL de etanol al 95% precalentado a 60 °C. Se retiraron las muestras del baño María, luego se dejó precipitar por una hora a temperatura ambiente. Se pesaron los crisoles previamente incinerados a 550 °C por 1 hora a los cuales, luego de enfriados se les agregaron 0.5 g de celite. En los crisoles se distribuyó el celite usando etanol al 78%. Se vertió el contenido del vaso de precipitación en el crisol y se filtró al vacío. Posteriormente, se realizó un lavado

usando etanol al 78% con una espátula para retirar todo aquel material que se hubiera quedado en las paredes del vaso de precipitación. El crisol con el residuo se secó por una noche (8 horas) en un horno de convección a 105 °C. Finalmente, se pesó el crisol y se realizó el cálculo del porcentaje de fibra dietética.

Diseño Experimental y Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados de los pruebas físicas y químicas al tratamiento de mayor aceptación y al control, se realizaron tres repeticiones para un total de seis unidades experimentales.

Los datos que se obtuvieron de las evaluaciones fisicoquímicas se analizaron mediante un análisis de varianza con un nivel significativo de 95% de probabilidad y una prueba T de estudiante

Resultados y Discusión

Los resultados se presentan de acuerdo con las etapas que se realizaron en la presente investigación. Comenzando con los resultados de las pruebas microbiológicas, para conocer si la harina cumplió con los parámetros de la norma sanitaria MINSA y que puede ser consumida por las personas sin que esta afecte su salud, posteriormente los resultados del análisis sensorial de los tratamientos. Con el cual se obtuvo el producto mejor evaluado, el cual, se comparó con el control en relación con los análisis físicos y químicos.

Fase 1: Elaboración y Análisis Microbiológicos de la Harina de Hojas de Hierba Mora

Análisis Microbiológicos a la Harina de Hierba Mora

Los análisis microbiológicos ayudan a asegurar la calidad e inocuidad desde la producción de alimentos, hasta la entrega. De aquí surge la importancia de mantener la precisión y evidencia rigurosa sobre los resultados microbiológicos, para de esta forma cubrir las exigencias y análisis de riesgos. Además de proteger la salud y la vida de los consumidores (Arosquipa 2014). En el caso de las harinas compuestas, la Norma sanitaria MINSA (2003) establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (RM N° 615-2003 SA/DM), en relación con frutas, hortalizas, frutos secos y similares, establece que el límite máximo es 10^2 UFC/g para Mohos-levaduras, para *Escherichia coli* 5X10^2 UFC/g y ausencia en 25 g para *Salmonella*.

Se muestran los resultados obtenidos de los análisis realizados en el Cuadro 5, la harina de hierba mora se encuentra por debajo del límite establecido por la norma MINSA, reconociendo que es un producto seguro para consumir. La manipulación correcta, el tratamiento térmico de 97 °C por 10 minutos, la temperatura y el tiempo de deshidratación de las hojas fueron parte importante para obtener una harina segura y con excelente condición microbiológica.

Cuadro 5

Resultados de los análisis microbiológicos a la harina de hoja de hierba mora.

Muestra	Análisis		
	Mohos-Levaduras (UFC/g	*Escherichia coli* (UFC/g)	*Salmonella spp (*UFC/g)
Harina de hierba mora	1x10	0	Ausencia/25g
Límites permitidos*	5x10^2	10^2	Ausencia/25g

Nota. Tomado de MINSA (2003). UFC/g: Unidades Formadoras de Colonias por gramo. G: gramo

Fase 2. Desarrollo y Evaluación de los Tratamientos

Reformulación del Pan Molde Integral

Los tratamientos se formularon para cumplir los contenidos de nutrientes críticos, por lo que se utilizó la herramienta de modelo de perfil de nutrientes de la OPS (cuadro 6), este es un método científico para evaluar la calidad nutricional de los alimentos y bebidas que podría ser utilizado por las autoridades nacionales de diferentes países para promover la salud pública y conseguir los objetivos nutricionales propuestos para la población. Su aplicación permite la clasificación de alimentos y bebidas según su contenido de nutrientes críticos (azúcar, sodio y grasas), en consonancia con las metas nutricionales propuestas por la OMS y la FAO para alcanzar una dieta saludable (OMS 2018).

Cuadro 6

Modelo de perfil de nutrientes de la OPS.

Sodio	Azúcares libres*	Otros edulcorantes	Total grasas	Grasas saturadas	Grasas trans
Mayor o igual a 1 mg de sodio por kcal	Mayor o igual al 10% del total de energía proveniente de azúcares libres	Cualquier cantidad de otros edulcorantes	Mayor o igual al 30% del total de energía proveniente del total de grasas	Mayor o igual al 10% del total de energía proveniente de grasas saturadas	Mayor o igual al 1% del total de energía proveniente de grasas trans

Nota. Tomado de OPS (2016).

Con ayuda de las tablas de composición de alimentos (INCAP 2018), al cuantificar el aporte por la cantidad de ingredientes del pan, se logró observar que la formulación del pan molde integral Zamorano excede en la cantidad en un 14.5% de azúcar y 140 mg de sodio (Cuadro 7), por esta razón, en los tratamientos con sustitución se redujo la cantidad de azúcar en un 38%. En cuanto a sodio, se decidió realizar una reducción del 66% de la cantidad de sal en comparación con el producto original.

Se observa en el Cuadro 8 que los tratamientos con sustitución con la nueva formulación no exceden las cantidades de los componentes críticos, indicando que los mismos son más saludables que el pan integral de Zamorano, por lo que no se encuentran en exceso los nutrientes críticos que pueden afectar la salud.

Según el anexo E del MINECO et al. (2012), para el etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad, se describe que un alimento que contiene al menos un 25% menos de azúcar o sodio, por porción o por 100 g o 100 mL, con respecto al alimento de referencia, puede ser declarado como ligero o reducido en azúcar o sodio. Por lo tanto, ya que se redujo la cantidad de estos componentes en un porcentaje mayor a 25%, se puede declarar que el producto es ligero en sodio y azúcar.

Cuadro 7

Información nutricional del Pan Molde integral de Zamorano y la reformulación propuesta (porción 50 g).

Componente	Pan Molde Integral actual		Pan molde integral reformulado	
	Cantidad por porción	Perfil de nutrientes	Cantidad por porción	Perfil de nutrientes
Energía (kcal)	140		135	
Grasa total (g)	3	4.67 g (no excede)	3	4.5 g (no excede)
Sodio (mg)	280	280:140 (excede)	95.2	95.2:135 (no excede)
Azúcares (g)	4	3.5 g (excede 14.5%)	2.48	3.4 g (no excede)

Nota. g: gramos. Kcal: Kilocalorías. Formulas: Grasa total1: 30% (140) = 42 kcal/9 kcal = 4.67 g; Azúcares1: 10% (140) = 14/4 = 3.5 g (4-3.5 = 0.5/3.5 x 100 =14.5%); Grasa total2: 30% (135) = 40.5 kcal/9 kcal = 4.5g; Azúcar2:10% (135) = 14/4 kcal = 3.4 g (no excede).

En el Cuadro 8 se presenta la formulación base que se utiliza para el pan molde integral de Zamorano comparándose con los nuevos porcentajes de la reformulación sin exceso de nutrientes críticos de acuerdo con el documento de la OPS (2016), de modelos de perfiles de nutrientes para alimentos procesados y ultraprocesados. La formulación modificada se utilizó para los tratamientos con sustitución, mientras que la formulación base solamente se usó para el tratamiento control.

Cuadro 8

Formulación de pan molde integral Zamorano y reformulación para los tratamientos.

Ingredientes	Formulación (%)	Reformulación (%)
Harina de trigo (Todo uso)	36.96	38.56
Harina de trigo integral	19.39	19.69
Azúcar	4.45	2.81
Sal	1.29	0.47
Levadura	0.64	0.65
Propionato de Calcio	0.12	0.12
Leche fluida	32.69	33.20
Margarina	4.45	4.52
TOTAL	100	100.00

Nota. %: porcentaje.

Formulación Teórica y Pruebas Preliminares para Sustitución.

Según INCAP (2018), el pan integral contiene 9.7 gramos de proteína en 100 g de producto, lo que representa el 19% del valor diario, considerándolo fuente de proteína. El porcentaje de sustitución inicial del 7.5%, se estableció tomando como referencia la investigación de Diaz (2015), en optimización de pan sustituyendo harina de trigo por harina de Tarwi y Quinoa, donde el porcentaje de sustitución del 5% obtuvo una mayor aceptación, sin presentar una diferencia significativa en comparación con su tratamiento control. Se prosiguió a realizar formulaciones teóricas utilizando la tabla de composición de alimentos del INCAP (2018) en cuanto al contenido de nutrientes de la hierba mora, iniciando con un porcentaje de sustitución mayor (7.5%) esperando que con esta cantidad los porcentajes de aumento de nutrientes sea significativo, ya que, al agregar 7.5% de harina de hierba mora podría ser considerado como “alto o excelente fuente” de proteína; sin dejar de lado nutrientes como hierro, calcio y potasio suponiendo que se obtengan resultados significativos.

Se realizaron pruebas preliminares de las formulaciones teóricas con diferentes porcentajes de sustitución de harina de trigo todo uso por harina de hierba mora (7.5, 10, 12.5, 15, y 20%). Las pruebas con sustitución de 15% y 20% presentaron características no adecuadas para un pan molde integral. Puesto que, la sustitución de 20% no logró una correcta fermentación del pan y la sustitución de 15% presentó una tonalidad verde muy oscura con una textura dura. Por lo que se consideraron

inapropiadas para el seguimiento de la investigación. Finalmente, se decidió utilizar los porcentajes de sustitución de 7.5, 10 y 12.5% como tratamientos para la investigación.

Análisis Sensorial

La harina de hierba mora fue utilizada sustituyendo en porcentajes a la harina todo uso, se utilizaron sustituciones del 7.5%, 10% y 12.5% en la elaboración de pan molde integral. En el cuadro 9 se muestran las medias obtenidas de las características sensoriales evaluadas para cada uno de los tratamientos, se utilizó una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 indica que le disgusta mucho; 5 no me gusta ni me disgusta y 9 me gusta mucho. Se evaluaron los atributos de apariencia, color, olor, sabor, textura y aceptación general. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el tratamiento control y los demás tratamientos, el tratamiento con sustitución mejor evaluado estuvo entre el de 7.5 y 10%, ya que no presentó diferencias significativas entre ellos ($p > 0.05$). El pan integral control (0% de sustitución) fue el mejor evaluado en todos los atributos. Los tratamientos con sustitución no mostraron diferencia significativa ($p > 0.05$) en el atributo de color. El tratamiento con 12.5% fue evaluado con la menor puntuación en todos los aspectos, esto puede estar relacionado con el alto grado de sustitución y el hecho que los panelistas no están acostumbrados al tipo de harina evaluado.

Apariencia.

Representa todos los atributos visibles de un alimento y se puede afirmar que constituye un elemento fundamental en la selección de un alimento. La primera impresión que se recibe siempre es la visual que cumple el rol de factor de decisión al momento de la compra (Barda 2014). Este atributo presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. El mejor evaluado fue el control, seguido de los tratamientos con 7.5 y 10%, los cuales no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ellos. Ya que la apariencia es evaluada mediante la vista y evalúa color de la miga, corteza y forma del pan, se considera que con la sustitución por hierba mora se reduce la aceptación por efecto del color y la corteza. El color fue afectado ya que, la hierba mora tiene alto contenido de polifenoles totales, los cuales son los responsables del color verde de la planta (Campisi et al. 2019).

En cuanto a la corteza, esta pudo ser afectada por la alta cantidad de fibra que contiene la hierba mora según el INCAP (2018), con 4.32 g de fibra en 100 g de hojas frescas. En el caso de la harina, este valor fue mayor, ya que el contenido de agua se evaporó durante el proceso térmico. Por lo tanto, a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución de harina de hierba mora, disminuye la aceptación del atributo de apariencia. Los resultados de la investigación son similares a los presentados por Montero y Salinas (2017), quienes evaluaron el desarrollo de pan integral con cascara de plátano, donde el control obtuvo una mejor evaluación en comparación a sus tratamientos. Justificando que sus resultados fueron atribuidos por los cambios de características, como ser el color de la miga, la corteza, la forma y regularidad del pan, por efecto del contenido de pigmentos de tipo carotenoides o flavonoides y el alto contenido de fibra en la cáscara de plátano.

Color.

El color de los alimentos se considera un punto clave en la decisión de compra de un producto, ya que penetra en el cerebro del consumidor y puede convertirse en un estímulo directo para la venta (UPAEP 2014). En este atributo se presentaron diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el control y los tratamientos, el control obtuvo la mayor aceptación con una valoración de 8 “Me gusta moderadamente”, entre los tratamientos con sustitución de 7.5 y 10% no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), mientras que al compararlos con el de 12.5% si existió diferencia significativa ($p < 0.05$). La baja aceptación del producto por los consumidores pudo ser causada por el color verde que provee el uso de hierba mora en la formulación, ya que, no es muy común en estos productos. Se observó que a medida que se aumentaba la sustitución se redujo la aceptación, esto por la presencia de componentes bioactivos como ser polifenoles, ya que, un estudio de Campisi et al. (2019), sobre la actividad antioxidante y de extractos de *Solanum nigrum* (Hierba mora) determinó que la hierba mora tiene un alto contenido de polifenoles totales. Estos son los causantes del color verde característico de la planta. Al comparar con resultados de Sabano (2019), en donde evaluó los efectos de la sustitución parcial de harina de plátano en las características sensoriales de pan enrollado, se obtuvieron resultados similares en los cuales al superar el 10% de sustitución de harina de plátano, el

color tendió a oscurecerse, justificando que fue por los polifenoles que se encuentran en las harinas alternativas. Por lo tanto, se establece que el contenido de polifenoles en la hierba mora tuvo un efecto en la evaluación de color en el producto.

Olor.

El sentido del olfato en el análisis sensorial de los alimentos y bebidas juega un papel importante en la decisión final de la calidad de un producto, es el que expresa el carácter de los alimentos más allá de los cinco sabores básicos (Cordero 2013). Según los resultados obtenidos, el tratamiento control exhibió ser el mejor evaluado existiendo diferencia significativa ($p < 0.05$). En comparación a los otros tratamientos, con relación a la sustitución, solamente existió diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el tratamiento de 7.5 y 12.5%, por lo que a mayor sustitución presentó una menor puntuación por los panelistas, aunque los tres tratamientos se encuentran dentro del rango de evaluación “ni me gusta ni me disgusta”. Al aumentar la cantidad de hierba mora, se presentó un olor mayor a hierbas, esto por los compuestos aromáticos volátiles, los que según (Cantúa et al. 2019) se encuentran presentes en estos tipos de hierbas medicinales. En un estudio sobre las características de olor en galletas con sustitución de harinas alternativas, Aguilar y Estrella (2021) consideraron que la presencia de un mayor porcentaje de sustitución generó una mayor percepción de los compuestos volátiles, lo que resultó invasivo al comparar con la ausencia de estos en su producto control. Además, en una investigación realizada por Jiménez et al. (2016), en la cual realizaron una formulación y caracterización sensorial de bizcochos artesanales saludables, adicionando un porcentaje de 0.5% de Albahaca seca a la formulación, presentó igualmente diferencias significativas en el atributo olor en cuanto a sus tratamientos con y sin Albahaca, ya que los panelistas destacaron el olor del producto a hierbas, indicando que los consumidores no están familiarizados con el consumo de este producto con esta característica. Por lo que se analiza que esto no es muy bien aceptado por los consumidores, ya que es una característica nueva en el producto.

Textura.

La textura se define como la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y de superficie de los alimentos detectados a través de los sentidos de la vista, la audición, el tacto y la cinestésica (Gavino y Núñez 2018). Se presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el control y los tratamientos. El control fue el mejor evaluado, a medida que se incrementa la sustitución de harina de hierba mora se reduce la aceptación del atributo de textura, esto puede deberse a que la harina de hierba mora es libre de gluten lo que afecta los atributos de textura del pan. El gluten es la proteína del trigo que confiere a la harina las propiedades de obtener una masa viscoelástica y cohesiva capaz de retener gas y preparar productos horneados aireados (Flores 2014). Según resultados de textura de Cutipa (2014), en pan con sustitución parcial de 5 y 10% de harina de trigo por harina de Tarwi, las cuales presentaron una puntuación de "No me gusta ni me disgusta", se consideró que las deficiencias en el contenido de gluten, afectan los atributos de textura del pan. Por lo tanto, al sustituir con porcentajes elevados de otras harinas en productos de panadería, la evaluación del atributo de textura se ve perjudicada.

Sabor.

Al momento de decidir si los consumidores se quedan con un producto, el sabor es el factor más importante para ellos, las encuestas que la Fundación del Consejo Internacional de Información Alimentaria ha realizado lo confirman, mostrando que, en 2020 el 88% de los encuestados declararon que el sabor era la razón principal para comprar un producto. Teniendo en cuenta estas estadísticas, está claro que el sabor debe ser el aspecto clave durante el desarrollo del producto y un criterio principal en la decisión de lanzar el producto en el mercado (ITI 2021). El parámetro de sabor presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) al comparar el control con los demás tratamientos, siendo el control el mejor evaluado y el tratamiento de 12.5% fue el que obtuvo menor puntaje. Mientras que, en el tratamiento de 7.5 y 10% no existió diferencias significativas ($p > 0.05$), determinando que los panelistas lo aceptaron por igual. Esto concuerda con una investigación realizada por Camacho (2017), en la utilización de hierba en pan dulce, donde indica que en muchos casos la incorporación de

alimentos con sustancias funcionales es la responsable de sabores desagradables como el amargo (Camacho et al. 2017). Además, se debe tomar en cuenta que el sabor amargo en determinados productos, puede ser un gusto adquirido. Según Yuan et al. (2018) en una investigación sobre detección rápida de micronutrientes en la hierba mora, esta planta tiene una alta cantidad de polifenoles totales y alta actividad antioxidante, los cuales se consideran causantes del sabor amargo.

Aceptación General.

Se refiere al nivel de aceptación que puede tener el panelista sobre las muestras presentadas, esto se ve relacionado con los atributos evaluados anteriormente. Como los resultados anteriores, el tratamiento control fue el mejor evaluado, presentando diferencias significativas ($p < 0.05$) al compararlo con los demás, en cambio, el tratamiento de 12.5% fue el que obtuvo un menor puntaje, determinando que al superar el porcentaje de 10% de sustitución, los panelistas no lo evaluaron como agradable. Entre los tratamientos de 7.5 y 10% no existió una diferencia significativa ($p > 0.05$), obteniendo una evaluación de “me gusta moderadamente” definiendo que fue aceptable por el consumidor. Estos resultados concuerdan con los de Arias (2015), en la sustitución de harina de trigo por harina de banano en pan, en la cual concluyó en la aceptación general que la sustitución de harina de trigo por la de banano hasta 10% es apta para el pan. Por consiguiente, en este trabajo se considera que al superar una sustitución del 10%, se reduce la aceptación general del producto.

Cuadro 9

Resultados obtenidos del análisis sensorial en los atributos de color, olor, sabor, textura y aceptación general.

Tratamiento	Apariencia	Color	Olor	Textura	Sabor	Aceptación general
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
TRT Control	7.93 ± 1.16^{a}	7.96 ± 1.1^{a}	7.59 ± 1.29^{a}	7.54 ± 1.25^{a}	7.94 ± 1.11^{a}	7.92 ± 1.00^{a}
TRT1 7.5%	5.76 ± 2.06^{b}	5.39 ± 2.08^{b}	6.52 ± 1.73^{b}	6.90 ± 1.54^{b}	6.67 ± 1.84^{b}	6.48 ± 1.50^{b}
TRT2 10%	5.77 ± 2.05^{bc}	5.35 ± 2.21^{bc}	6.30 ± 1.70^{bc}	7.04 ± 1.54^{bc}	6.65 ± 1.90^{b}	6.56 ± 1.49^{b}
TRT3 12.5%	5.34 ± 2.16^{c}	5.18 ± 2.25^{c}	5.99 ± 1.82^{c}	6.62 ± 1.57^{c}	5.53 ± 2.17^{c}	5.77 ± 1.79^{c}
%CV	22.41	25.67	18.61	17.66	20.96	16.93

Nota. Medias con letras diferentes (a, b, c) en la misma columna son significativamente diferentes (P <0.05). CV: Coeficiente de variación. DE: Desviación Estándar. Escala hedónica de 9 puntos, donde 1: Me disgusta extremadamente, 5: No me gusta, ni me disgusta, 9: me gusta extremadamente. TRT Control: 0% harina de hierba mora, 66.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT1 7.5%: 7.5% harina de hierba mora, 58.7% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT2 10%: 10% harina de hierba mora, 56.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT3 12.5%: 12.5% harina de hierba mora, 53.7% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral.

Análisis de Correlación.

En el Cuadro 10, se presentan las correlaciones a todos los atributos con respecto a la aceptación general a un nivel de significancia (< 0.05). Existen diferencias en algunos atributos, encontrándose con una correlación baja (< 0.49), media (0.5 - 0.69) y alta (> 0.7). En el tratamiento control, los atributos de color y sabor se resaltan por tener una correlación alta. El tratamiento con sustitución de 7.5% presentó una correlación alta en el atributo sabor. En el tratamiento con una sustitución de 10% se presentó una correlación media en apariencia, color y sabor. En cuanto al tratamiento de 12.5% de sustitución presentó una correlación alta en los atributos de apariencia y sabor. Se considera que, todos los atributos afectaron en la aceptación general, por tener una correlación media y alta de forma general.

Cuadro 10

Resultado del análisis de correlación en cuanto a cada atributo con la aceptación general de cada tratamiento utilizado a nivel de significancia (< 0.0001).

Tratamiento	Apariencia	Color	Olor	Textura	Sabor
TRT Control	0.64476	0.71805	0.55697	0.67946	0.77456
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
TRT1 7.5%	0.62371	0.57995	0.54122	0.52902	0.77059
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
TRT2 10%	0.60457	0.59941	0.43932	0.46021	0.67535
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
TRT3 12.5%	0.67063	0.57408	0.51731	0.51321	0.88234
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Nota. TRT Control: 0% harina de hierba mora, 66.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT1 7.5%: 7.5% harina de hierba mora, 58.7% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT2 10%: 10% harina de hierba mora, 56.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT3 12.5%: 12.5% harina de hierba mora, 53.7% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral.

Prueba de Preferencia por Ordenamiento.

La prueba de preferencia por ordenamiento tiene como objetivo identificar entre dos o más opciones cual es el producto más preferido por los panelistas (Campaña 2020). Los resultados obtenidos en la prueba de Basker, sobre el análisis sensorial de preferencia de los tratamientos evaluados, se presentan en el Cuadro 11. De acuerdo con el número de panelistas y al número de productos se define el "valor crítico", utilizando la tabla de "Prueba de Basker y Kramer, Valor Crítico de diferencia entre suma de categoría", cada columna vertical se resta con la columna horizontal, si se presenta un número mayor al valor crítico, se considera que el producto es significativamente diferente ($p < 0.05$) (Escobar y Rodríguez 2020). El valor crítico para 105 panelistas y cuatro productos fue de 48.05, el tratamiento control superó este valor presentando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en comparación a los otros tratamientos, además, presentó el menor puntaje, es decir que obtuvo más cantidades de 1 en la evaluación, por lo que fue el más preferido en contraste con los demás tratamientos. El tratamiento con la más alta sustitución (12.5%), presentó un valor absoluto mayor al valor crítico, además, tuvo el mayor puntaje por lo cual se considera como el menos preferido en relación con los demás tratamientos, presentando diferencias significativas ($p < 0.05$). El

tratamiento con 10% de sustitución, aunque fue el segundo con menor puntaje, no tuvo diferencias significativas ($p > 0.05$) con el tratamiento de 7.5%, por lo tanto, fueron igualmente preferidos por los panelistas.

Cuadro 11

Resultados de la prueba de preferencia por ordenamiento de los tratamientos

	Tratamiento	TRT CONTROL	TRT1 7.5%	TRT2 10%	TRT3 12.5%
Tratamiento	Suma categorías	169	274	267	340
TRT Control	169	0	-105	-98	-171
TRT1 7.5%	274	105	0	7	-66
TRT2 10%	267	98	-7	0	-73
TRT3 12.5%	340	171	66	73	0

Nota. TRT Control: 0% harina de hierba mora, 66.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT1 7.5%: 7.5% harina de hierba mora, 58.7% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT2 10%: 10% harina de hierba mora, 56.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT3 12.5%: 12.5% harina de hierba mora, 53.7% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral. Valor crítico para 105 panelistas y 4 tratamientos: 48.05.

Análisis Físicos

Los análisis físicos se realizaron al tratamiento que contenía 10% harina de hierba mora, 56.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral. Este tratamiento mostró una aceptación y preferencia igual a la del tratamiento con 7.5% de harina de hierba mora, pero un mayor aporte nutricional teórico por el aumento de la sustitución, lo cual fue punto importante para ser seleccionado para las evaluaciones posteriores.

Textura.

En el Cuadro 12 se observan los datos obtenidos en relación con dureza, elasticidad y masticabilidad, del pan control y el tratamiento con 10% de sustitución de la harina de trigo todo uso por la harina de hierba mora. La textura está definida por la norma ISO 5492 como el conjunto de propiedades reológicas y de estructura de un producto perceptibles por los mecano-receptores, los receptores táctiles y en ciertos casos por los visuales y auditivos. En realidad, la textura es un atributo importante de todo producto que afecta al proceso, manejo y determina su vida útil (Aname 2016). Entre el control y el tratamiento con 10% de harina de hierba mora se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el análisis, obteniendo el valor mayor en todos los aspectos el tratamiento

con sustitución de 10%. La dureza es la fuerza requerida para comprimir un alimento, la elasticidad es la extensión a la que un alimento comprimido retorna a su tamaño original cuando se retira la fuerza, y la masticabilidad es la energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que está listo para ser ingerido (Sanchez y Palacios 2015). Ya que el tratamiento con 10% de harina de hierba mora presentó el mayor valor en las características evaluadas. No se considera adecuado para el producto el tener un mayor valor en el perfil de textura, ya que se ve relacionada con la calidad del pan, como lo es la dureza de la miga, siendo uno de los atributos del perfil de textura que más llama la atención, ya que, es la percepción de frescura del producto brindando una estimación de calidad, por lo tanto, es esencial para la aceptación del pan en el mercado.

La dureza del pan con sustitución se vio influenciado por la cantidad de fibra y proteína que aporta la hierba mora con relación a la tabla de composición de alimentos (INCAP 2018). En relación con la investigación de Domínguez et al. (2019), en donde se evaluó el perfil de textura y color en pan producidos con harina de Ramón (*Brosimum alicastrum*) para incrementar la fibra dietética total, la dureza fue mayor en la incorporación del 30% de la harina, en comparación con el control, indicando que la sustitución de otras proteínas y fibras a las de harina de trigo provocan una disminución del contenido del gluten, resultando una mayor dureza y adhesividad. El aumento del porcentaje de harina compuesta en la formulación para pan, provoca un aumento en la dureza del producto final, lo cual se atribuye a un mayor contenido de fibra y a la inadecuada formación de la red de gluten, dando como resultado una miga más compacta, y por tanto, con mayor dureza (Sanchez y Palacios 2015). Además, Acosta, Granda, Verónica de los Ángeles (2013) indicó que, si existen valores mayores de dureza, se debe prevenir que no tenga la dureza similar a la de una galleta, por lo que las pruebas sensoriales son las encargadas de determinar si los panelistas aprueban la dureza mediante el parámetro de textura.

Cuadro 12

Resultados del análisis de textura de los dos tratamientos de pan integral (control y con sustitución de 10% de harina de hoja de hierba mora).

Tratamiento	Dureza (N) ± D.E.	Elasticidad (mm) ± D.E.	Masticabilidad (mJ) ±D.E.
TRT Control	13.94 ± 0.82	8.96 ± 0.16	65.51 ± 2.67
TRT 10%	16.90 ± 0.40	10.47 ±0.15	103.75 ±3.80
Probabilidad	0.0049	0.0003	0.0001
%CV	4.3	2.08	5.27

Nota. D.E: Desviación Estándar. Trt 10%: tratamiento con 10% de sustitución. N: Newton. mm: milímetros. mJ: miliJoules. TRT Control: 0% harina de hierba mora, 66.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT 10%: 10% harina de hierba mora, 56.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral.

Color.

El color es una característica de calidad de gran importancia, dado que es el primer aspecto que perciben los consumidores o usuarios, y puede determinar la aceptación o rechazo de un producto y su valor (Di W y Sun 2013). El color de los alimentos, y en general de materiales sólidos y semisólidos de diversa naturaleza, se representa tradicionalmente usando el espacio de color CIELAB (L*a*b*), un estándar internacional para medición de color adoptado por la Commission internationale de l'éclairage (CIE, por sus siglas en fránces) en 1976 (Sandro y Salvadori 2015). En la presente investigación se utilizó el equipo modelo HunterLab, donde L* es un indicador de luminosidad o tonos blancos a negros, a* indica matices de colores verdes (-) indicándolos como valores bajos y valores altos indican colores más rojizos (+). b* se relaciona a tonos amarillos (+), si este es más amarillo es un valor alto, mientras que un valor bajo indica colores azulados (-).

En el Cuadro 13 se puede observar que existe diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en los parámetros de L*a*b, entre los tratamientos evaluados. En el análisis, se observa que existió una disminución considerable de la luminosidad del producto con 10% de sustitución, además de un aumento del color verde y un mayor valor de tono amarillo, en comparación con el tratamiento control. Por lo que la sustitución por la harina compuesta si afecta el color del producto por el contenido de compuestos como polifenoles y flavonoides en la hierba mora. En un estudio de Campisi et al. (2019), sobre la actividad antioxidante y de extractos de *Solanum nigrum (*Hierba mora)

determinó el contenido de estos compuestos en la planta, por lo que concuerda en por qué debió verse afectada. Además, en la investigación realizada por Bustos (2017), donde se evaluaron productos de panificación con harina de Chipilín y probióticos, analizando antioxidantes y polifenoles totales y flavonoides, determinó que el color fue considerablemente afectado en el pan al añadir la harina compuesta en porcentajes de 0.3 y 5%, esto debido a la composición química presente en la planta, la cual contiene taninos y compuestos fenólicos como polifenoles y flavonoides. Por ende, que una harina alternativa presente compuestos similares a los que se indica que tiene el Chipilín, el color del pan se ve alterado.

Cuadro 13

Resultados del análisis de color en la escala L, a* y b* de los dos tratamientos de pan integral (control y con sustitución de 10% de harina de hoja de hierba mora).*

Tratamiento	L* ± D.E	a * ± D.E	b * ± D.E
TRT Control	65.44 ± 0.16	4.65 ± 0.28	23.78 ± 0.44
TRT 10%	45.12 ± 0.05	-0.26 ±0.05	19.61 ±0.23
Probabilidad	<0.0001	<0.0001	0.0001
%CV	0.51	7.47	2.17

Nota. D.E: Desviación Estándar. Trt 10%: tratamiento con 10% de sustitución. L*: luminosidad. a*: rojo (+) o verde (-). b*: amarillo (+) o azul (-). TRT Control: 0% harina de hierba mora, 66.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT 10%: 10% harina de hierba mora, 56.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral.

Análisis Químicos

Humedad.

El contenido de humedad es un factor de calidad en la conservación de algunos productos, ya que afecta la estabilidad de los alimentos (ITESCAM 2016).

En el Cuadro 14 se puede observar que no existe diferencia significativa (p >0.05) entre los dos tratamientos evaluados, indicando que la sustitución con la harina compuesta no afectó el contenido de humedad del producto. Por lo que no se encuentra un impacto considerable en aumento o disminución del contenido de humedad al sustituir 10% de la harina todo uso por la harina de hierba mora. Estos resultados demuestran que se controló el proceso térmico, por lo cual el contenido de humedad no tuvo influencia sobre las propiedades físicas, además, las diferencias entre ellas

estuvieron relacionadas directamente con la fibra dietética y proteínas. En relación con el pan molde integral, La Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) establece un rango de humedad para productos de panadería de 20 a 40% (SEN 2016). Tanto el pan control, como el pan con 10% de hierba mora se encuentran dentro del rango establecido. Paucar et al. (2016) en un estudio sobre sustitución parcial de harina de trigo por harina de soya evaluaron las características tecnológicas de Cupcakes destinados para niños usando sustituciones de 5, 10, 15 y 20%. En dicho estudio se reportó que las sustituciones hasta 10% no presentaron diferencias significativas con su tratamiento control (0%), por lo tanto, las sustituciones de harina de trigo hasta el porcentaje de 10% no afectan la retención de humedad del producto.

Cuadro 14

Resultados de análisis de humedad expresado en porcentajes de los dos tratamientos de pan integral (control y con sustitución de 10% de harina de hoja de hierba mora).

Tratamiento	Media (%) ± D.E
TRT Control	27.77 ± 0.98
TRT 10%	26.77 ± 0.56
Probabilidad	0.3968
%CV	6.66

Nota. CV: Coeficiente de variación. DE: Desviación Estándar. TRT Control: 0% harina de hierba mora, 66.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT 10%: 10% harina de hierba mora, 56.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral.

Cenizas.

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica, normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las perdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes (Márquez 2014). Las cenizas se consideran como el contenido de minerales totales o material inorgánico en la muestra, siendo como el residuo mineral subsistente tras la combustión completa de una muestra (Rodas 2013). En el presente estudio no se encontró diferencia significativa del contenido de ceniza en los tratamientos evaluados ($p > 0.05$), por lo que la sustitución del 10% de harina no tuvo un efecto en el contenido de ceniza (Cuadro 15). Ruiz (2018) en una investigación sobre efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp*) por

la mezcla de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y harina de hoja de moringa (*Moringa oleifera*) en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de una galleta, trabajó con porcentajes de sustitución de harina de 5, 10 y 15%. En dicho estudio se reportó que los resultados en relación con la cantidad de ceniza son estadísticamente iguales con porcentajes alrededor de 2.20%, considerando que pequeños porcentajes de sustitución no presentan un aumento considerable en la cantidad de ceniza.

Cuadro 15

Resultado del análisis de ceniza de los dos tratamientos de pan integral (control y con sustitución de 10% de harina de hoja de hierba mora).

Tratamiento	Media (%) ± D.E
TRT Control	1.98 ± 0.11
TRT 10%	2.27 ± 0.09
Probabilidad	0.0624
%CV	8.11

Nota. CV: Coeficiente de Variación. DE: Desviación Estándar. TRT Control: 0% harina de hierba mora, 66.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT 10%: 10% harina de hierba mora, 56.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral.

Proteína.

Las proteínas son nutrientes de mayor complejidad que el resto. Están formadas por una o varias cadenas de aminoácidos de distinta longitud que tienen la peculiaridad de plegarse de una forma específica para poder ejercer sus funciones, muchas de ellas son enzimas encargadas de facilitar reacciones químicas que se dan en las células, otras participan en el transporte de moléculas, regulan la expresión de los genes o constituyen los anticuerpos con los que el sistema inmune nos protege (Ropero 2015).

Según el Cuadro 16, existió diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados, presentando el tratamiento con sustitución de 10% una mayor cantidad de proteína en comparación con el control. Se encontró un aumento del 20% en el porcentaje de proteína, por lo cual la sustitución por la harina compuesta tuvo un efecto en la cantidad de proteína presente en el pan molde integral. Según el MINECO et al. (2012), en el etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad, el tratamiento

control presenta un porcentaje del 10% del VD (Valor Diario) por porción de 50 gramos de pan, considerándose fuente, pero, al sustituir un 10% por harina de hierba mora, se obtiene un incremento de hasta un 12%. Indicando que existe un aumento del valor diario, también considerándose fuente. Al comparar los datos obtenidos con un estudio realizado por Valesgui (2016), en donde se desarrolló un alimento snack tipo barra energética y nutritiva, a partir de moringa, quinua, amaranto y frutos secos, se reportó que la barra presentaba un valor diario de 12% en 50 g de producto, lo que quiere decir que entra en la categoría de fuente de proteína. Esto se asemeja con los valores del tratamiento con sustitución de 10% de harina de hierba mora. Es importante enfatizar que el producto presenta valores cercanos a los de una barra proteica, debido a que está diseñada para ser fuente de proteína.

Cuadro 16

Resultados del análisis de proteína de los dos tratamientos de pan integral (control y con sustitución de 10% de harina de hoja de hierba mora).

Tratamiento	Media (%) ± D.E
TRT Control	9.87 ± 0.41
TRT 10%	11.69 ± 0.23
Probabilidad	0.0009
%CV	3.03

Nota. CV: Coeficiente de variación. DE: Desviación Estándar. TRT Control: 0% harina de hierba mora, 66.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT 10%: 10% harina de hierba mora, 56.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral.

Fibra Dietética.

La fibra dietética se considera un elemento importante para una nutrición sana, además de ser la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado. Con fermentación completa o parcial en el intestino grueso, se incluyen polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de la planta. Las fibras dietéticas promueven efectos benéficos fisiológicos como el laxante y disminuyen los niveles de colesterol en sangre así como los niveles de glucosa en sangre, se clasifica en función de su comportamiento en contacto con el agua como fibra soluble e insoluble (García et al. 2018). En el Cuadro 17 se reporta que existe una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el tratamiento control y el que tiene 10% de sustitución, presentándose así que, el pan integral con sustitución tiene una mayor cantidad de fibra

dietética que el control. Con la sustitución de 10% de harina de trigo por harina de hierba mora se presentó un aumento del 30% de la fibra dietética en el producto. Según la tabla de composición de alimentos del INCAP (2018), la hierba mora fresca presenta una cantidad considerable de 4.34 gramos en base fresca, al deshidratar las hojas y convertirlas en harina se determina que se concentró la cantidad de fibra dietética, por lo que al sustituir en el producto, este tuvo un aumento considerable. Es importante poseer una dieta con alimentos ricos en fibra, ya que ayuda a disminuir el riesgo de padecer hemorroides al reducir los esfuerzos evacuatorios, controlar los niveles de glucosa en sangre, ayuda en el control del peso, entre otros beneficios (Roig 2013). Tomando en cuenta los datos de la cantidad de fibra de la tabla de composición de alimentos del INCAP (2018), se determina que el tratamiento control se encuentra dentro del rango, confirmando que los datos se encuentran correctos.

Según el RTCA et al. (2012), en el etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad, ambos tratamientos se encuentran dentro de la categoría de buena fuente de fibra. De acuerdo el anexo E del RTCA et al. (2012), un producto que contenga una cantidad de 6 g de fibra dietética por 100 g de producto o 3 g por porción (50 g en este caso) se considera como buena fuente.

Al realizar una comparación con los productos comerciales de pan molde integral de la marca Bimbo (2018), los cuales contienen Fibra Plus, que contiene 3 g de fibra por porción (50 g) considerándose fuente de fibra y el denominado Doble fibra, que contiene 4.2 g por porción (50 g) entrando a la categoría buena fuente de fibra. Sin embargo, ambos tratamientos evaluados presentan una cantidad superior al producto Fibra Plus, mientras que el Doble Fibra solamente se ve superado por el tratamiento con una sustitución de 10% de harina de trigo todo uso por harina de hierba mora. Por lo que la sustitución supera las expectativas en el pan molde integral.

Cuadro 17

Resultados del análisis de fibra dietética de los dos tratamientos de pan integral (control y con sustitución de 10% de harina de hoja de hierba mora).

Tratamiento	Media (%) ±D.E
TRT Control	7.26 ± 0.21
TRT 10%	9.42 ± 0.57
Probabilidad	0.0005
%CV	4.59

Nota. CV: Coeficiente de variación. DE: Desviación Estándar. TRT Control: 0% harina de hierba mora, 66.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT 10%: 10% harina de hierba mora, 56.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral.

Minerales.

Los minerales son nutrientes esenciales que intervienen en más de un centenar de reacciones enzimáticas, además de ejercer funciones en la síntesis de macronutrientes y en procesos fisiológicos en el organismo humano (Galán et al. 2013). Hay que destacar que, según la FDA, El cuerpo humano necesita la "combinación" correcta de nutrientes para una buena salud. Consumir las cantidades diarias recomendadas de vitaminas y minerales además de carbohidratos, proteína, grasa y fibra alimentaria ayuda a muchos procesos corporales (FDA 2020).

En el Cuadro 18 se observan los resultados obtenidos por el análisis de minerales, en cuanto a hierro, calcio y potasio. Se reporta que existió una diferencia significativa ($p < 0.05$) en relación con el contenido de estos minerales en el tratamiento control y el tratamiento con sustitución de 10%. Por lo cual, el pan integral con sustitución parcial de harina de hierba mora presentó una cantidad mayor de hierro, calcio y potasio en comparación al pan integral control, esto debido a que la hierba mora es rica en estos minerales, según el INCAP (2018).

El hierro es un mineral necesario para el crecimiento y desarrollo del cuerpo. El cuerpo utiliza el hierro para producir la hemoglobina, una proteína de los glóbulos rojos que transporta el oxígeno de los pulmones a distintas partes del cuerpo (NIH 2022). Según los datos obtenidos, el tratamiento con sustitución de 10% presentó un aumento del 26% del contenido de hierro en comparación a la cantidad del tratamiento control, Realpe (2014), en una investigación realizada sobre la factibilidad de la producción de esta planta, recalca que la hierba mora tiene un contenido significativamente

mayor en sales minerales como hierro y calcio en comparación a otras hortalizas. Según el MINECO et al. (2012), de etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad, el tratamiento control presentó un porcentaje de valor diario (%VD) de 16% de hierro en una porción de pan (50 g) considerándose fuente de hierro, pero al realizar la sustitución de 10% por harina de hierba mora, el VD llegó a 20% considerándose como alta fuente de hierro. Al compararse con los resultados de una investigación de Hernandez y Barbarita (2016), donde se evaluaron las características del pan con sustitución parcial del 13% de la harina de trigo por una premezcla fortificada de maíz y soya Fortachón, obtuvieron resultados de 2.37 mg de hierro en una porción (50 g), teniendo 16% VD siendo catalogado como fuente. Este resultado es similar al del tratamiento control, sin embargo, el tratamiento con 10% de sustitución con hierba mora superó esta cantidad y por ende el %VD. Ya que, el tratamiento con sustitución llegó a ser catalogado como excelente fuente, se puede decir que la harina alternativa fortificó al pan molde integral.

El calcio es el principal componente de los huesos, los cuales actúan como reservorio de dicho mineral, lo que permite que se mantengan sus niveles en la sangre y en las células, donde actúa como segundo mensajero en la transducción de señales, e interviene en procesos como la coagulación sanguínea, la contracción muscular y la transmisión del impulso nervioso (Huertas et al. 2019). Se determinó que el tratamiento con sustitución del 10% presentó un aumento del 78% de calcio en relación con la cantidad del pan control. Según el MINECO et al. (2012)(MINECO et al. 2012), en el etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad, el tratamiento control presentó un %VD de 4%, por lo que no se considera fuente de calcio, pero, la sustitución con 10% aumentó a 8% del valor diario de calcio por porción del alimento. De acuerdo con el anexo E del MINECO et al. (2012), una porción de pan debe tener no menos del 10% del valor diario de calcio para ser considerado fuente, por lo que ambos tratamientos no cumplen con este requisito. Se encontraron valores diferentes en el estudio realizado por Mamani y Quispe (2019), quien investigó sobre la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum*

aestivum) por harina de cáscara de huevo (10, 15 y 20%) en la elaboración de pan para aumentar el contenido de calcio en el organismo. Se reportó que el tratamiento preferido fue el de sustitución de 10%, el cual presentó 625 mg de calcio por porción de pan, es decir que posee 78 %VD, catalogado como un alimento con excelente fuente de calcio. Sin embargo, se reconoce que la cascara de huevo tiene una alta cantidad de calcio en comparación a los ingredientes de los tratamientos de pan molde integral. Por lo que se considera que se pueden agregar productos altos en calcio para elevar el valor diario.

El potasio es un mineral que se encuentra en muchos alimentos. El organismo necesita potasio para casi todo su funcionamiento, incluso para el buen funcionamiento del riñón y del corazón, la contracción muscular y la transmisión nerviosa (NIH 2019). Según los resultados del Cuadro 18, el tratamiento con sustitución presentó un aumento del 34% de la cantidad de potasio en comparación con el control. En relación al MINECO et al. (2012), el tratamiento control obtuvo un valor diario de 3%, sin embargo, en la sustitución mejor evaluada, se observó un aumento del %VD hasta 5% en una porción de pan. Según el FDA, presentar la cantidad de potasio es obligatoria en la indicación de un producto, ya que las dietas que contienen alimentos que representan una fuente importante de potasio y con un bajo contenido de sodio pueden reducir el riesgo de padecer tensión arterial alta y accidente cerebrovascular (FDA 2016). Por tanto, aunque la cantidad presente de potasio en el producto no llegue a considerarse fuente, es importante indicar la aportación de valor diario. En un trabajo realizado por Rodriguez (2021), sobre evaluación del grado de sustitución de la harina de trigo (*Triticum durum l*.) por harina de loche (*Cucurbita moschata duch*) con sustitución de 94.15% para la harina de trigo y de 5.85 para la harina de loche en la elaboración de pan de molde, se determinó que la cantidad de potación en porción es de 129 mg, el cual tendría un %VD de 3%, al comparar con los resultados de este estudio, el porcentaje es similar en el tratamiento control, mientas que el tratamiento con sustitución de 10% de hierba mora es superior, considerando la importancia del aumento de potasio.

Cuadro 18

Resultados del análisis de minerales de los dos tratamientos de pan integral (control y con sustitución de 10% de harina de hoja de hierba mora).

Tratamiento	Fe (mg/100g) ± D.E	Ca (mg/100g) ±D.E	K (mg/100g) ±D.E
TRT Control	4.62 ± 0.28	78.26 ± 4.05	234.58 ± 8.30
TRT 10%	5.88 ± 0.34	139.64 ± 3.45	329.4 ± 8.64
Probabilidad	0.0295	<0.0001	0.0003
%CV	8.87	2.47	2.24

Nota. CV: Coeficiente de variación. DE: Desviación Estándar. TRT Control: 0% harina de hierba mora, 66.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral, TRT 10%: 10% harina de hierba mora, 56.2% harina de trigo todo uso y 33.8% harina de trigo integral. D.E; Desviación Estándar. Trt 10%: tratamiento con 10% de sustitución. Fe: Hierro. Ca: calcio. K: Potasio. Mg/100g: miligramos en 100 gramos del producto.

Conclusiones

Las formulaciones con sustitución de mayor aceptación y preferencia fueron las que contenían un 7.5 y 10% de harina de hierba mora, respectivamente.

La sustitución del 10% de harina de trigo todo uso aumentó la dureza por la de hierba mora, elasticidad, masticabilidad y firmeza del pan molde integral. Además, provocó una disminución en los valores L* a* y b*.

El pan molde integral con sustitución del 10% de harina presentó un aumento del 20% en la cantidad de proteína y de 30% en fibra dietética.

En el tratamiento con sustitución del 10% de harina aumentó el contenido de hierro (16%), calcio (78%) y potasio (34%) en relación con el contenido del pan molde integral de Zamorano.

El tratamiento con sustitución de un 10% de hierba mora es fuente de proteína, alta fuente de fibra dietética y alta fuente de hierro.

Recomendaciones

Desarrollar nuevos productos formulados, utilizando la harina de hierba mora, para tratar de explotar sus cualidades nutricionales.

Determinar los costos de producción del desarrollo de harina de hierba mora y la sustitución por la harina de trigo todo uso.

Evaluar la aceptación del pan molde integral con hierba mora mezclando otros tipos de harinas, para mejorar la textura y el color del producto para mejorar su aceptación.

Realizar una investigación para la extracción y cuantificación de los componentes bioactivos la harina de hierba mora.

Realizar una evaluación para optimizar el aumento de nutrientes en la planta de hierba mora y análisis de costos para realizar producción a gran escala.

Referencias

Acosta, Granda, Verónica de los Ángeles. 2013. Evaluación de la textura del pan, elaborado a partir de harina de trigo nacional (Triticum vulgare), con adición de gluten vital. [Tesis]. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica Ambato. 238 p; [consultado el 27 de abr. de 2022]. https:// repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6578/1/AL%20517.pdf.

Aguilar A, Estrella N. 2021. Desarrollo de una galleta con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum durum*) por harina de raquis, cáscara de banano (*Musa acuminata*) y cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) [Tesis]. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 60 p; [consultado el 27 de mar. de 2022]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/ 11036/6962/1/AGI-2021-T001.pdf.

Aname. 2016. Analizador de textura para alimentos y materiales - Texturometro y Consistómetros - Preguntas Frecuentes. La Rioja, España: Aname Instrumentación Científica; [consultado el 27 de feb. de 2022]. https://www.analisisdetextura.com/index.php/es/tecnica-analisis-de-textura/ preguntas-frecuentes-textura.

Arias T. 2015. Evaluación del efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp*) por harina de banano Cavendish (*Musa acuminata*) grado de madurez 3 sobre las características de masa y pan [Tesis]. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. 125 p; [consultado el 17 de feb. de 2022]. https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11035/1/CD-6368.pdf.

Arosquipa P. 2014. Calidad Microbiológica de los alimentos preparados sin tratamiento térmico por el programa de complementación alimentaria de los Comedores pertenecientes al Distrito Coronel Gregorio Albarracín de la Ciudad de Tacna [Tesis]. Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 162 p; [consultado el 1 de feb. de 2022]. http:// repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1898/386_2014_arosquipa_mamani_pc_ faci_biologia_microbiologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Bimbo. 2018. Panes integrales, contenido nutricional. Lima, Perú: Panadería Bimbo; [actualizado el 27 de may. de 2022; consultado el 17 de may. de 2022]. https://mundobimbo.pe/producto/pan-1.

Bustos A. 2017. Sobrevivencia de l. Plantarum en pan vegano adicionado con crotalaria longirostrata [Tesis]. Tuxtla, Chiapas, México: Instituto Técnico de Tuxtla Gutiérrez. 70 p; [consultado el 27 de mar. de 2022]. http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/ 3300/MDRPIBQ2017046.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Calderon M. 2011. eterminación de la capacidad antioxidante total y concentración de fenoles totales en *S. americanum* sometida al proceso de escaldado, deshidratado y almacenamiento [Tesis]. Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS; [consultado el 9 de mar. de 2022]. https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/ QB989.pdf.

Cali N. 2014. Análisis sensorial de los alimentos. Entrevista con Barda N. Villa Regina, Argentina. 2014. 4 p.

Camacho G, Salgado M, Calderón G, Díaz M, González L. 2017. Optimización de un pan dulce tipo “concha” adicionado de hojas de stevia y neem. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos; [consultado el 7 de may. de 2022]. 2:304–338. http://www.fcb.uanl.mx /IDCyTA/files/volume2/3/6/55.pdf.

Camarero A. 2015. Presente y futuro industria panaderia. Rioja, España: Asociación Española de Industria de Panaderia; [consultado el 26 de feb. de 2022]. 6 p. https://www.mercasa.es/media/ publicaciones/224/1450218119_Presente_y_futuro_industria_panaderia.pdf.

Campisi A, Acquaviva R, Raciti G, Duro A, Rizzo M, Santagati N. 2019. Antioxidant Activities of Solanum Nigrum L. Leaf Extracts Determined in in vitro Cellular Models. Foods Basel, Switzerland; [consultado el 9 de feb. de 2019]. 8(2). eng. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30744041/. doi:10.3390/foods8020063.

Cano E. 2019. Sustitución parcial de masa de maíz nixtamalizada con una harina de plantas nativas en Mazatenango, Suchitepéquez [Tesis]. Mazatenango, Suchitepéquez, Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. 148 p; [consultado el 26 de sep. de 2021]. https://core.ac.uk/download/pdf/224836035.pdf.

Cantúa J, Flores A, Valenzuela J. 2019. Compuestos orgánicos volátiles de plantas inducidos por insectos: situación actual en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas; [consultado el 18 de may. de 2022]. 10(3):729–742. http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10n3/2007-0934-remexca-10-03-729.pdf. doi:10.29312/remexca.v10i3.678.

Codex Alimentarius. [sin fecha]. Principios generales para la adición de nutrientes esenciales a los alimentos. Tegucigalpa, Honduras: Codex Alimentarius. 5 p. p. 2–7 (CAC/GL 9-1987); [consultado el 21 de mar. de 2022]. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXG%2B9-1987%252FCXG_009s_2015.pdf.

Cordero G. 2013. Aplicación del análisis sensorial de los alimentos en la cocina y en la industria. Gustabo Cordero-Bueso(ed). Sevilla, España: Universidad Pablo de Olavide, Sevilla (Gustavo Cordero-Bueso, Ed). ISBN: 978-84-616-5527-4. es; [consultado el 2 de abr. de 2021]. https://www.researchgate.net/publication/262561546_APLICACION_DEL_ANALISIS_SENSORIAL_DE_LOS_ALIMENTOS_EN_LA_COCINA_Y_EN_LA_INDUSTRIA_ALIMENTARIA.

Cutipa W. 2014. Efecto de la adición de harina de tarwi (*lupinus mutabilis sweet*) en sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum)* en la elaboración del pan [Tesis]. Puno, Perù: Universidad Nacional del Altiplano. 94 p; [consultado el 18 de may. de 2022]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3421/Cutipa_Huarcaya_Willy.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Di W, Sun D. 2013. Colour measurements by computer vision for food quality control – A review. Trends in Food Science & Technology; [consultado el 9 de ene. de 2022]. 29(1):5–20. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224412001835. doi:10.1016/j.tifs.2012.08.004.

Diaz M. 2015. Optimización del proceso de elaboración de pan sustituyendo harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) [Tesis]. Trujullo, Perú: NIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO. 20 p; [consultado el 27 de feb. de 2022]. https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4289/DIAZ%20RUIZ%20MARITA%20CLAUDIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Dolores m, Amparo D, Tosca P. 2019. LA Harina. Castelló, España: [sin editorial]; [consultado el 6 de may. de 2022]. 25 p. https://bibliotecavirtualsenior.es/wp-content/uploads/2019/06/LA-HARINA.pdf.

Domínguez P, García-I, Guemes N, Totosaus A. 2019. Textura, color y aceptación sensorial de tortillas y pan producidos con harina de ramón (*Brosimum alicastrum*) para incrementar la fibra dietética total. Ciencia & Tecnología Agropecuaria; [consultado el 6 de may. de 2022]. 20(3):699–719. http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v20n3/0122-8706-ccta-20-03-00699.pdf. doi:10.21930/rcta.vol20_num3_art:1590.

Escobar M, Rodríguez Á. 2020. Evaluación del efecto de la albahaca (*ocimum basilicum*) y el orégano (*origanum vulgare*) en las propiedades físicas, químicas y sensoriales del queso blanco llanero.

revista Alfa; [consultado el 6 de may. de 2022]. 4(11):113–134. http://www.scielo.org.bo/pdf/arca/v4n11/v4n11_a03.pdf. doi:10.33996/revistaalfa.v4i11.75.

[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [OPS] Organización Panamericana de la Salud. 2017. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional, América Latina y El Caribe 2016: Sistemas alimentarios sostenibles para poner fin al hambre y la malnutrición. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; Organización Panamericana de la Salud. 163 páginas. ISBN: 978-92-5-309608-4; [consultado el 7 de mar. de 2022].

[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [OPS] Organización Panamericana de la Salud, [WFP] Programa Mundial de Alimentos, [UNICEF] Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. 2019. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2019. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; Organización Panamericana de la Salud; Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. 135 p. ISBN: 978-92-5-131958-1; [consultado el 24 de abr. de 2022]. https://www.fao.org/3/ca6979es/ca6979es.pdf.

[FDA] Food and Drug Administration. 2016. Dietary Guidelines for Americans 2015-2020. Washington, USA: Office of Disease Prevention and Health Promotion. 1 online resource. ISBN: 9780160934650.

[FDA] Food and Drug Administration. 2017. BMA. Escherichia coli *(E. coli*). Maryland, United State of America: Food and Drug Administration; [actualizado <time datetime="2022-01-24T12:34:40Z">Mon, 01/24/2022 - 12:34</time>; consultado el 26 de feb. de 2022]. https://www.fda.gov/food/foodborne-pathogens/escherichia-coli-e-coli.

[FDA] Food and Drug Administration. 2020. Etiqueta de información nutricional interactiva: Vitaminas y minerales. Maryland, United State of America: [sin editorial]; [consultado el 24 de abr. de 2022]. 2 p. https://www.accessdata.fda.gov/scripts/InteractiveNutritionFactsLabel/assets/InteractiveNFL_Vitamins&Minerals_Spanish_March2020.pdf.

[FDA] Food and Drug Administration, editor. 2022. Bacteriological Analytical Manual (BAM). Maryland, United State of America: Food and Drugs FDA ; [consultado el 16 de may. de 2022]. https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam.

Flores R. 2014. El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. Ingeniería Industrial; [consultado el 9 de mar. de 2022]. 1(32):231–246. Español. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337432679010.

Galán M, González R, Drago S. 2013. Perfil nutricional y dializabilidad de minerales de alimentos de interés social. Revista Española de Nutrición Humana y Dietética; [consultado el 8 de abr. de 2022]. 17(1):3. es_ES. https://www.renhyd.org/index.php/renhyd/article/view/2. doi:10.14306/renhyd.17.1.2.

García I, Méndez S, Aguirre N, Sánchez M, Matías D, Pérez E. 2018. Incremento en el consumo de fibra dietética complementario al tratamiento del síndrome metabólico [Increasing consumption of dietary fiber complementary to the treatment of metabolic syndrome]. Nutr Hosp; [consultado el 5 de may. de 2022]. 35(3):582–587. spa. doi:10.20960/nh.1504.

Gavino P, Núñez C. 2018. Determinación del perfil de textura sensorial de dos muestras experimentales de hot-dog de pollo (*Gallus gallus*) obtenidas por Ingeniería Kansei Tipo II. Análisis Científicos UNA; [consultado el 8 de abr. de 2022]. 79(1):210. https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1165. doi:10.21704/ac.v79i1.1165.

Hernandez G, Barbarita M. 2016. Vista de Caracterización del pan con adición de una premezcla fortificada de maíz y soya. Ciencia y Tecnologìa de Alimentos; [consultado el 18 de may. de

2022]. 26(1):28–35. https://www.revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/234/203.

Huertas J, Rodríguez L, González O, Mesa D. 2019. Leche y productos lácteos como vehículos de calcio y vitamina D: papel de las leches enriquecidas [Milk and dairy products as vehicle for calcium and vitamin D: role of calcium enriched milks]. Nutr Hosp; [consultado el 8 de may. de 2022]. 36(4):962–973. spa. https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v36n4/1699-5198-nh-36-04-00962.pdf. doi:10.20960/nh.02570.

[INCAP] Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. 2018. Tabla de Composición de Alimentos. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (Tabla de Composición de Alimentos). ISBN: 9789929701175.

[ITESCAM] Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche. 2016. Aprovechamiento residuos biomasa de produccion de piña (*ananas comosus)* para municipio de aguazul casanare. Orinoquia, Colombia: [sin editorial]; [actualizado el 17 de may. de 2022; consultado el 27 de may. de 2022]. https://www.itescam.edu.mx/principal/docentes/formatos/04c0ed7c7189ca45b756ba20002fab21.pdf.

[ITI] Intrnational Taste Institute. 2021. La importancia del sabor en el desarrollo de los productos. Bruxelles, Bélgica: International Taste Institute; [consultado el 27 de ene. de 2022]. https://www.taste-institute.com/es/resources/blog/importance-of-taste-in-product-development.

Jiménez M, Margalef M, Marrupe S. 2016. Formulación y caracterización sensorial de bizcochos artesanales saludables. Diaeta; [consultado el 6 de jun. de 2022]. 35(158):25–35. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73372017000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

Kaipper. 2015. Brasil: En esta pequeña aldea indígena se produce la súper yuca. World Bank Group; [consultado el 26 de abr. de 2022]. https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2015/08/08/brasil-aldea-indigena-agricultura-yuca.

Latham M. 2017. Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes. Organización Mundial de la Salud y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.: Alimentos Fortificados. Colección FAO. Ithaca, Nueva York, Estados Unidos: Universidad de Cornell. 9 vol. (Alimentación y Nutrici+on; vol. 0). ISBN: 92-5-303818-7; [consultado el 23 de mar. de 2022]. https://www.fao.org/3/w0073s/w0073s10.htm.

Liria M. 2007. Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos: Basker. Lima, Perú: Instituto de Investigación Nutricional – IIN; [consultado el 26 de abr. de 2022]. 45 p. https://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2008/02/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos.pdf.

Mamani K, Quispe M. 2019. Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de cáscara de huevo en la elaboración de pan para aumentar el contenido de calcio en el organismo [Tesis]. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustin. 198 p; [consultado 215/04/2022]. http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9666/IAaqmakm%26qugume.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Márquez B. 2014. Refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones [Tesis]. Aresquipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustin. 165 p; [consultado el 27 de abr. de 2022]. http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Martínez A. 2012. Hierba Mora, Chipilin, Jí-cama y Bledo. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos. 107 p. (vol. 2); [consultado el 6 de may. de 2022]. https://repositorio.csuca.org/17/1/HierbaMoraChipilinJicamayBledoFinal-email.pdf.

Mendoza S, Valle D. 2016. Seguridad Alimentaria y Nutricional: Causas y concecuencias de la nutrición inadecuada [Tesis]. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua; [consultado el 26 de may. de 2022]. https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-autonoma-de-nicaragua-managua/introduccion-a-la-fisica/11050-un-trabajo-realizado-en-equipo/8118083.

[MINECO] Ministerio de Economía, [OSARTEC] Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica, [MIFIC] Ministerio de Fomento Industria y Comercio, [SIC] Secretaría de Industria y Comercio, [MEIC] Ministerio de Economía Industria y Comercio. 2012. RTCA de Etiquetado Nutricional. 67.01.60:10. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana (COMIECO). 43 p. (vol. 67.040). 2012; [actualizado 2012; consultado el 26 de may. de 2022]. http://infotrade.minec.gob.sv/ca/wp-content/uploads/sites/7/2019/03/Anexo-RES-281-2012-RTCA-67016010-Etiquetado-nutricional-preenvasado-3-a%C3%B1os-edad.pdf.

[MINSA] Ministerio de Salud del Perú. 2003. Norma sanitaria para criterios microbiológios de aliemntos. Lima, Perú: [sin editorial]. 24 p. 2003; [actualizado 2003; consultado el 26 de may. de 2022]. http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Proy_RM615-2003.pdf.

Montero S, Salinas J. 2017. Elaboración de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) y su uso potencial como ingrediente alternativo para pan y pasta fresca [Tesis]. Valle de Yeguare, Francisco Morazán, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 56 p; [consultado el 27 de feb. de 2022]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6056/1/AGI-2017-022.pdf.

Morales A. WJ. 2008. Efecto de la cocción en la composición física y química de las hojas de yerba mora (*Solanum americanum*) [Tesis]. Valle de Yeguare, Francisco Morazán, Honduras: Zamorano. 38 p; [consultado el 26 de feb. de 2022]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5408/1/AGI-2008-T032.pdf.

[NIH] Instituto Nacional de la Salud. 2019. Office of Dietary Supplements - Potasio. Stapleton, Nueva York, Estados Unidos: National Institute of Health; [consultado el 28 de feb. de 2022]. https://ods.od.nih.gov/factsheets/Potassium-DatosEnEspanol/.

[NIH] Instituto Nacional de la Salud. 2022. Datos sobre hierro. Stapleton, Nueva York, Estados Unidos: National Institute of Health; [consultado el 17 de mar. de 2022]. 3 p. https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Iron-DatosEnEspanol.pdf.

[OMS] Organización Mundial de la Salud. 2018. Alimentación sana. Gineblra, Suiza: Organización Mundial de la Salud; [consultado el 28 de mar. de 2022]. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet.

[OPS] Organización Panamericana de la Salud. 2016. Modelo de perfil de nutrientes de la Organización Panamericana de la Salud. Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud. 38 p. ISBN: 978-92-75-11873-3; [consultado el 26 de abr. de 2022]. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/18622/9789275318737_spa.pdf.

Paucar L, Salvador R, Guillén J, Mori A. 2016. Effect of partial substitution of wheat flour by soybean meal in technological and sensory characteristics of cupcakes for children of school age. Scientia Agropecuaria; [consultado el 27 de abr. de 2022]. 07(02):121–132. http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v7n2/a05v7n2.pdf. doi:10.17268/sci.agropecu.2016.02.05.

Posada L. 2020. Empleo del polvo de hojas de Moringa Olefeira Lam como fortificante en un alimento enfocado a la población infantil Colombiana menor de 4 años [Tesis]. Caldas, Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista; [consultado el 22 de feb. de 2022]. http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2684/1/MONOGRAFIA_MORINGA.pdf.

Realpe V. 2014. Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de la hierba mora (*Solanun Nigrum*). Para usos medicinales utilizando el principio Activo (solanina), en la parroquia Santa Bárbara cantón Sucumbíos [Tesis]. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte;

[consultado el 18 de feb. de 2022]. https://1library.co/document/q7l20gny-factibilidad-produccion-comercializacion-medicinales-utilizando-principio-parroquia-sucumbios.html.

Rodas L. 2013. Determinación de ibra en pan integral procedente de panaderías artesanales [Tesis]. Cuenca, Ecuadro: Universidad del Azuay. 51 p; [consultado el 27 de feb. de 2022]. https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3261/1/10035.pdf.

Rodriguez R. 2021. Evaluación del grado de sustitución de la harina de trigo (*Triticum durum l*.) Por harina de loche (*cucurbita moschata duch*.) En la elaboración de pan de molde [Tesis]. Pimentel, Perú: Universidad Señor de Sipán. 86 p; [consultado el 13 de feb. de 2022]. https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8220/Rodr%c3%adguez%20Chirinos%20Richard%20Eugenio.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Roig V. 2013. Importancia de la fibra dietética. Valencia, España: Centro Europeo Cirugía Colorrectal; [consultado el 27 de abr. de 2022]. 2 p. https://ucpvalencia.es/wp-content/uploads/2013/08/Importancia-de-la-fibra-diet%C3%A9tica.pdf.

Rojas I. 2014. Panaderia gourmet: buena miga [Tesis]. Santiago, Chile: Universida de Chile. 89 p; [consultado el 10 de may. de 2022]. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/117248/Rojas%20Hormazabal%20Isaac.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

Ropero A. 2015. Proteínas, las constructoras de tejidos. Elche, España: Universidad Miguel Hernández de Elche; [actualizado el 27 de may. de 2022; consultado el 7 de may. de 2022]. http://badali.umh.es/articulo/proteinas-las-constructoras-de-tejidos/19.

Ruiz R. 2018. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum spp*) por la mezcla de harina de cañihua (*chenopodium pallidicaule*): harina de hoja de moringa (*moringa oleifera*) en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de una galleta [Tesis]. Trujillo, Perú: Universidad Cesar Vallejo. 69 p; [consultado el 7 de may. de 2022]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34261/ruiz_cr.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Sabano A. 2019. Efecto en la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) con su similar de plátano (*musa spp*) en las características físico-químico y sensorial del pan enrollado [Tesis]. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 131 p; [consultado el 13 de may. de 2022]. https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3802/1/T-UTEQ-0063.pdf.

Sanchez D, Palacios A. 2015. Utilización de harinas compuestas de maíz y garbanzo adicionadas con fibra de cáscara de piña para sustitución de harina de trigo en productos de panificación [Tesis]. Cali, Colombia: Universidad del Vale. 116 p; [consultado el 14 de may. de 2022]. https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/8889/CB-0529111.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Sandro G, Salvadori V. 2015. Medición De Color De Alimentos En El Espacio Cielab A Partir De Imágenes. La Plata, Argentina: Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos; [consultado el 12 de may. de 2022]. 6 p. Jornada ITE. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47868/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[SEN] Servicio Ecuatoriano de Normalización. 2016. Prequisitos del pan. Quito, Ecuador: Servicio Ecuatoriano de Normalización; [consultado el 27 de mar. de 2022]. 6 p. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2945.pdf.

Umaña J, Lopera S, Gallardo C. 2013. Caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación. Alimentos Hoy; [consultado el 11 de may. de 2022]. 22(29):33–46. es. https://alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/230/223.

[UPAEP] Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. 2014. Análisis sensorial. Puebla, México: Institución de Educación Superior Mexicana Particular de Identidad Católica. 76 p. ; [consultado el 8 de may. de 2022]. https://investigacion.upaep.mx/micrositios/assets/analisis-sensorial_final.pdf.

Valesgui A. 2016. Desarrollo de un alimento nutritivo y energetico tipo barra a partir de moringa, quinoa y amaranto [Tesis]. Guayaquil, Ecuador: Universiad de Guayaquil. 107 p; [consultado el 13 de may. de 2022]. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12977/1/TESIS%20MAESTRIA%20DESARROLLO%20DE%20UN%20ALIMENTO%20NUTRITIVO%20Y%20ENERGETICO%20TIPO%20BARRA%20A%20PARTIR%20DE%20MORINGA%2C%20QUINOA%2CAMARANTO.pdf.

Yuan B, Byrnes D, Giurleo D, Villani T, Simon J, Wu Q. 2018. Rapid screening of toxic glycoalkaloids and micronutrients in edible nightshades (Solanum spp.). J Food Drug Anal; [consultado el 9 de may. de 2022]. 26(2):751–760. eng. https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1021949817301898?token=7A8B49E1D57BAA3FE1998CC0DE515582F227C37DA97E933F1122CC9E9610D1F1F9E9C22AAA00440EBD2FD06DBBBF0FF5&originRegion=us-east-1&originCreation=20220528041831. doi:10.1016/j.jfda.2017.10.005.

Zuleta A, Binaghi M, Greco C, Aquirre C, Casa L, Tadini C, Ferrer P. 2012. Diseño de panes funcionales a base de harinas no tradicionales. Chil Nutrición; [consultado el 16 de may. de 2022]. 39(3):2. https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v39n3/art09.pdf.

Anexos

Anexo A

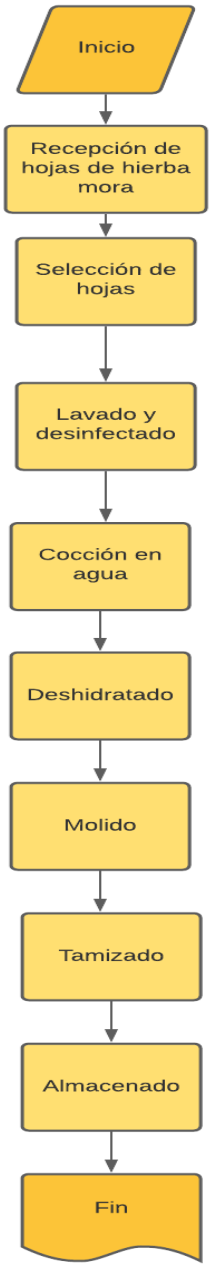
Escala de 9 puntos

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta	Me disgusta poco	Ni me gusta ni disgusta	Me gusta poco	Me gusta	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho

Nota. Tomado de Castañeda (2013).

Anexo B

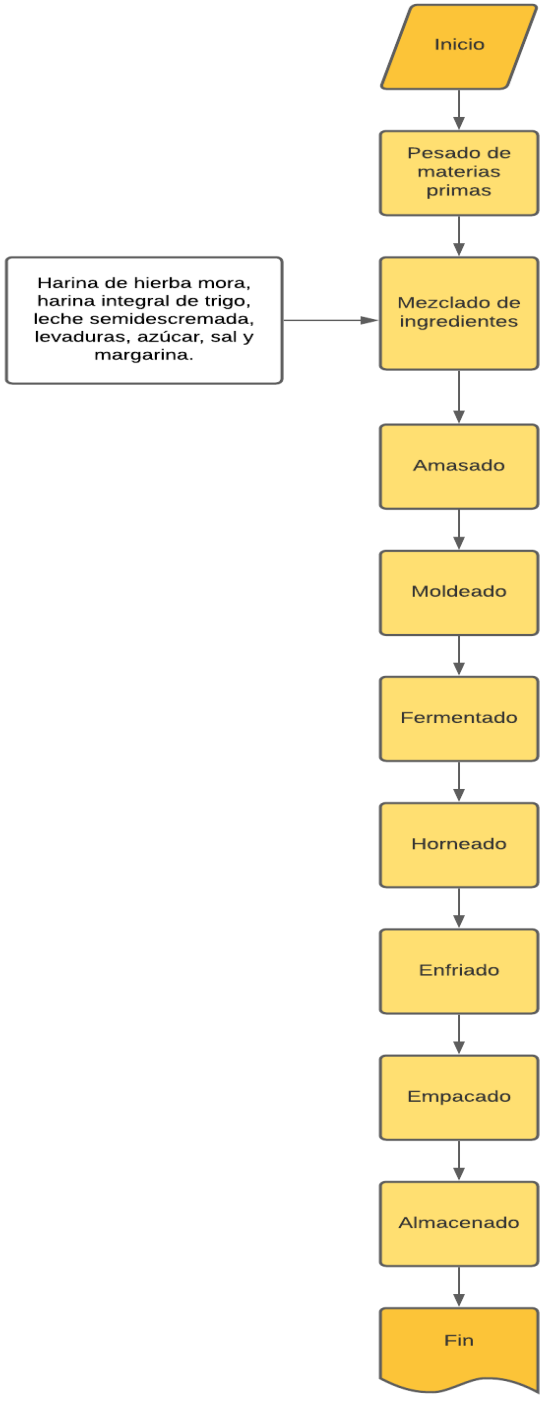
Flujo de proceso para la obtención de harina de hierba mora.



Nota. Tomado de Calderón (2011).

Anexo C

Flujo de proceso para la elaboración de pan molde integral.



Nota. Tomado de Planta de Innovación de Alimentos Zamorano.

Anexo D

Contenido nutricional teórico

7.5%	
Tamaño de la porción 100 g	**Cantidad por porción**
Proteína g	11.383
Hierro mg	5.7255
calcio mg	134.081118
potasio	
Fibra	8.6325

10%	
Tamaño de la porción 100 g	**Cantidad por porción**
Proteína g	11.944
Hierro mg	6.534
calcio mg	154.774824
Potasio	
Fibra	9.21
	0

12.5%	
Tamaño de la porción 100 g	**Cantidad por porción**
Proteína g	12.488
Hierro mg	7.318
calcio mg	174.841448
Potasio	
Fibra	9.77

Nota. Tomado de INCAP (2018) y Moran (2008).

Anexo E

Boleta de evaluación sensorial

Boleta de evaluación sensorial

Prueba de aceptación de pan molde integral con hierba mora

Nombre:_____

Fecha:_____

Instrucciones: Se le presentarán 4 muestras de pan, sírvase a evaluar cada muestra de izquierda a derecha, antes y después de cada muestra debe tomar un sorbo de agua para limpiar su paladar. Indique el grado en que le gusta o disgusta los atributos de cada muestra de acuerdo con los puntajes de la tabla No.1 anotando sus respuestas en la tabla No.2, las cuales usted deberá calificar de acuerdo a los siguientes

Tabla No. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta	Me disgusta poco	Ni me gusta ni disgusta	Me gusta poco	Me gusta	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho

Tabla No. 2

# Muestra	Apariencia	Color	Olor	Textura	Sabor	Aceptación general

Comentarios:_____

_____

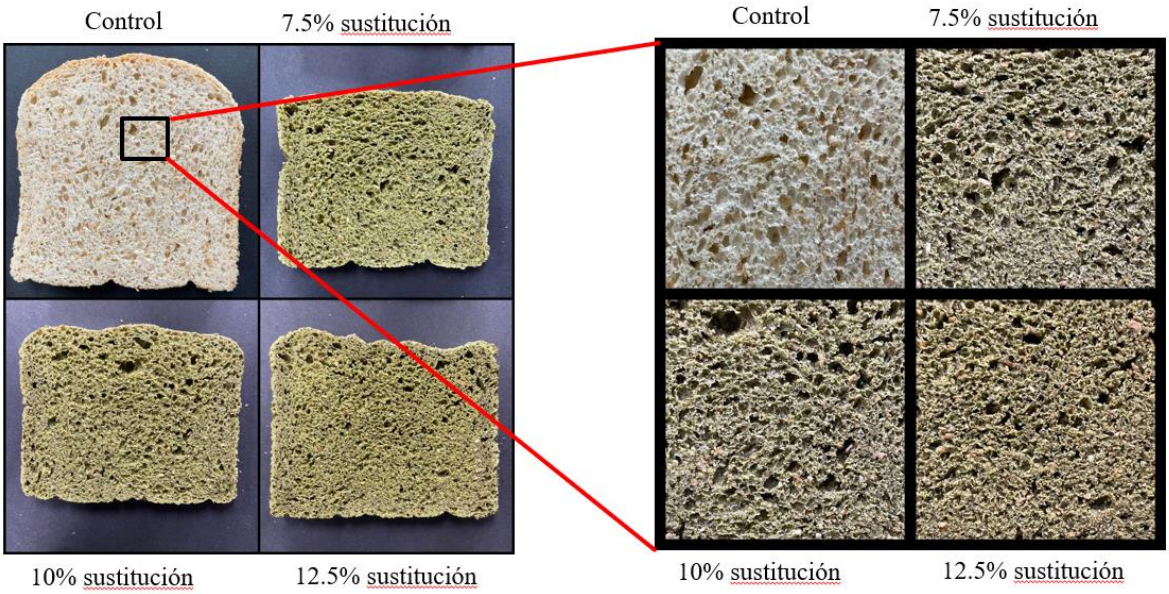
De las cuatro muestras presentadas, organícelas de acuerdo con su preferencia en una escala del 1 al 4. En donde (1) corresponde a la muestra más preferida y (4) a la muestra menos preferida.

	# muestra	Calificación
(Más preferida) ⟶		
(Menos preferida) ⟶		

Justificación de su elección:_____

_____

Se le agradece por su colaboración

Anexo F

Comparación entre los tratamientos de pan molde integral