

Universidad Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación
**Desarrollo de una galleta de harina de trigo (*Triticum aestivum*)
mejorada nutricionalmente con guandú (*Cajanus cajan*)**

Estudiante

Moisés Imanol Estribí

Asesores

Adriana Hernández Santana, D.Sc.

Sandra Karina Espinoza, M.Sc.

Honduras, noviembre 2025

Autoridades

KEITH L. ANDREWS

Rector i.a.

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	6
Índice de Figuras	7
Índice de Anexos	8
Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Materiales y Métodos	14
Ubicación del Estudio	14
Materiales	14
Fases de la Investigación	14
Fase I. Elaboración de la Harina de Guandú y su Caracterización	14
Análisis Físicoquímico de la Harina de Guandú	16
Granulometría	16
Humedad	16
Actividad de Agua (a_w)	16
Diseño Experimental	17
Pruebas Microbiológicas	17
Análisis de Salmonella spp.	17
Análisis de Listeria Monocytogenes	19
Análisis de Staphylococcus Aureus.	20
Pruebas Preliminares para Galletas	21
Fase II. Elaboración de las Galletas con Sustitución de Harina de Guandú y Evaluación Sensorial	21
Preparación de las Galletas	23
Pesado de Materias Primas	23

	4
Mezclado de Ingredientes.....	24
Moldeado.....	24
Horneado.....	24
Enfriado.....	24
Empacado.....	24
Diseño Experimental.....	25
Análisis Estadístico.....	25
Fase III. Análisis Químicos de la Galleta Control y el Tratamiento con Sustitución de Harina de Guandú de mayor aceptación.....	26
Análisis Físicos de Color y Textura a la Galleta.....	27
Diseño experimental y Análisis Estadístico.....	28
Resultados y Discusión.....	29
Fase I. Análisis Microbiológico y Físicoquímicos Realizados a la Harina de Guandú.....	29
Análisis de Salmonella spp.....	29
Análisis de Listeria Monocytogenes.....	29
Análisis de Staphylococcus aureus.....	30
Caracterización por Medio de Análisis Físicoquímicos a la Harina de Guandú.....	30
Análisis de Granulometría de las Harinas.....	31
Fase II. Análisis de los Resultados del Sensorial de Aceptación y de Preferencia.....	33
Análisis Sensorial de Aceptación de las Galletas Mejoradas Nutricionalmente.....	33
Análisis de Correlación.....	37
Análisis Sensorial de Preferencia de Galletas.....	38
Fase III. Análisis Físicoquímicos de la Galleta del Tratamiento I y Tratamiento III.....	39
Análisis de Color.....	39
Análisis de Textura.....	40

Análisis de Humedad y a_w	42
Análisis de Proteína Cruda.....	43
Conclusiones	46
Recomendaciones.....	47
Referencias.....	48
Anexos.....	53

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Criterios microbiológicos: para leguminosas según RTCA 67.04.50.17.....	17
Cuadro 2 Formulación de las galletas de harina de trigo con sustitución parcial de harina de guandú.	22
Cuadro 3 Cuadro resumen del perfil nutricional teórico de cuatro tratamientos de una galleta con harina de guandú por porción (30 gramos).	22
Cuadro 4 Resultados de pruebas microbiológicas a la harina de guandú.	30
Cuadro 5 Resultados del análisis de a_w y humedad en la harina de guandú y harina de trigo.	31
Cuadro 6 Comparación de la granulometría de la harina de guandú y harina de trigo.	32
Cuadro 7 Resultados del análisis sensorial de las galletas mejoradas nutricionalmente con harina de guandú	33
Cuadro 8 Resultados del Análisis de Correlación de la Aceptación General utilizando los Atributos Evaluados.	38
Cuadro 9 Resultados de Prueba de Preferencia de las galletas evaluadas de la segunda fase.....	39
Cuadro 10 Resultados del análisis de color en la escala $L^*a^*b^*$ para la galleta control y Tratamiento 3	40
Cuadro 11 Resultados del Análisis de Textura en la galleta control y Tratamiento 3	42
Cuadro 12 Resultados del análisis de humedad y a_w de la galleta control y Tratamiento 3 (25 %)	43
Cuadro 13 Cuantificación de proteína cruda en las galletas control y Tratamiento 3 (25 %)	45

Índice de Figuras

Figura 1 Diagrama de flujo para la obtención de harina de guandú.	15
Figura 2 Diagrama de flujo para el desarrollo de las galletas nutricionalmente mejoradas con harina de guandú.	23

Índice de Anexos

Anexo A Hoja de evaluación sensorial de galletas con sustitución parcial de harina de guandú.....	53
Anexo B Escala hedónica utilizada con valor de 9 puntos	54
Anexo C Correlación de Pearson.....	55
Anexo D Resultados de placas Petri para el analisis de Staphylococcus aureus	56
Anexo E Resultados de placas Petri para el analisis de Salmonella spp.	57
Anexo F Tamizado por granulometría de la harina de guandú de 850 um a < 150 um.....	58
Anexo G Muestras para analisi de humedad	59
Anexo H Tabla de muestra de Basker y Kramer.....	60
Anexo I Gráfico de retención por el método de granulometría	61

Resumen

El guandú (*Cajanus cajan*) tiene alto contenido de proteína (20–22 %) y es subutilizada en la industria alimentaria. Los objetivos de este estudio fueron evaluar las propiedades fisicoquímicas de la harina de guandú (HG), la aceptación y preferencia sensorial de galletas con distintos niveles de adición de HG, determinar el efecto de adición en la textura, el color y el contenido de proteína en el tratamiento mejor evaluado sensorialmente y la galleta control. Los cuatro tratamientos fueron: control con harina de trigo (HT) y tres sustituciones con HG (17.9 %, 25 % y 38 %). La HG fue sometida a análisis microbiológicos para garantizar su inocuidad. La aceptación sensorial se evaluó con 100 panelistas no entrenados mediante una prueba afectiva (escala hedónica de 9 puntos), bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA). Los resultados fueron analizados a través de un ANDEVA y se usó una separación de medias Duncan. Se aplicó una prueba de preferencia por ordenamiento, interpretada con la prueba de Basker y Kramer. Estos fueron evaluados con un nivel de significancia de ($P < 0.05$), donde la HG presentó un valor de 9.48 % humedad y 0.600 a_w ; el (Trt3 25 % HG) obtuvo la mayor aceptación general, presentando diferencias significativas ($P < 0.05$) en sabor y textura respecto al control. La prueba de preferencia no evidenció diferencias estadísticas entre tratamientos. La sustitución con HG influyó en color, textura, a_w y humedad de las galletas con respecto al control; el contenido de proteína fue 2.76 gramos (6 % VD) en el control y 3.37 gramos (7 %VD) en el Trt3 ($p < 0.0001$). El guandú puede incorporarse en la elaboración de galletas, aportando valor nutricional sin comprometer la aceptabilidad sensorial del producto.

Palabras clave: aceptación sensorial, innovación alimentaria, propiedades fisicoquímicas, proteína vegetal, sustitución parcial.

Abstract

Pigeon pea (*Cajanus cajan*) has a high protein content (20–22 %) and is underutilized in the food industry. The objectives were to evaluate the physicochemical properties of pigeon pea flour (PPF), the acceptance and sensory preference of cookies with different levels of PPF addition, and to determine the effect of addition on texture, color, and protein content in the best-rated treatment and the control cookie. The four treatments were: control with wheat flour (WF) and three substitutions with PM (17.9 %, 25 %, and 38 %). PPF was subjected to microbiological analysis to ensure its safety. Sensory acceptance was evaluated by 100 untrained panelists using an affective test (9-point hedonic scale) under a Completely Randomized Block Design (CRBD). The results were analyzed using an ANOVA and Duncan's multiple range test for the mean separation with a significance level of ($P < 0.05$). A ranking preference test was applied, interpreted using the Basker and Kramer test. The PPF results indicated 9.48 % moisture and 0.600 aw; (Trt3 25 % PPF) obtained the highest overall acceptance, showing significant differences in flavor and texture compared to the control. The preference test showed no statistical differences between treatments. Substitution with PPF influenced the color, texture, aw, and moisture content of cookies compared to the control; the protein content was 2.76 grams (6 % DV) in the control and 3.37 grams (7 % DV) in Trt3 ($p < 0.0001$). Pigeon peas can be incorporated into cookie production, adding nutritional value without compromising the sensory acceptability of the product.

Keywords: food innovation, partial substitution, physicochemical properties, sensory acceptance, vegetable protein.

Introducción

La malnutrición se presenta en múltiples formas, abarcando desde la desnutrición y las carencias de micronutrientes hasta el sobrepeso y la obesidad, constituyendo uno de los principales desafíos de salud pública a nivel mundial. Este problema afecta a millones de personas en diversos contextos socioeconómicos, incluyendo tanto países en vía de desarrollo como naciones desarrolladas, donde los patrones alimentarios inadecuados y la falta de acceso a dietas balanceadas contribuyen a su persistencia (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2024). En regiones en transición, como América Latina, persisten elevados índices de inseguridad alimentaria, agravados por crisis económicas, el impacto del cambio climático y cambios en los patrones dietéticos que se orientan cada vez más hacia el consumo de alimentos ultraprocesados, densos en energía pero pobres en nutrientes esenciales, lo cual contribuye al incremento de enfermedades no transmisibles y a desequilibrios nutricionales significativos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2023).

La ingesta diaria recomendada de proteínas según (World Health Organization [WHO], 2007) es de 0.75 gramos por kg de peso/día; es decir, que si uno pesa 70 kg debe comer 52.5 gramos de proteínas al día. Frente a este escenario, la innovación en el desarrollo de alimentos funcionales y la diversificación de las fuentes proteicas se perfilan como estrategias clave no solo para mejorar la calidad nutricional de la dieta, sino también para avanzar en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 2 (Hambre Cero), el ODS 3 (Salud y Bienestar) y el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables), al promover sistemas alimentarios más sostenibles y resilientes (Food of Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2020).

En este contexto el guandú (*Cajanus cajan*), una leguminosa que destaca por su alto contenido proteico, aminoácidos esenciales, fibra dietética y minerales (Ayenan et al., 2017). Estas características lo convierten en un recurso valioso para el desarrollo de productos de panificación enriquecidos, como galletas, con el fin de mejorar su perfil nutricional y aportar beneficios adicionales

a la dieta. (Dutta et al., 2025) determinaron que el guandú tiene entre 20-22 % de proteínas, y a su vez posee una buena fuente de aminoácidos esenciales, especialmente lisina, pero es deficiente en metionina. Con respecto a su digestibilidad, es alta, (Ohanenye et al., 2022) mostraron usando el método del International Network on Food Digestion [INFOGEST], digestibilidad comparable al aislado de suero y superior al cacahuete y frijol negro; además, con pepsina alcanzó hasta un 89 % de digestibilidad, indicando un alto valor proteico.

Por tal razón, la inclusión de ingredientes nutritivos como el guandú en productos alimenticios comunes, como las galletas, es fundamental para abordar las necesidades nutricionales de la población y promover una dieta más equilibrada, saludable y sostenible (Okpala y Okoli, 2011). Aunque existen productos en el mercado enriquecidos con proteínas, como barras energéticas o batidos, aún falta explorar el potencial de las galletas como vehículo para este nutriente, particularmente mediante el uso de esta leguminosa.

Al fusionar estos ingredientes en una galleta, no solo estamos innovando en el campo de la panificación, sino que también estamos ofreciendo una opción saludable y deliciosa para los consumidores preocupados por su bienestar, resaltando que se puede aprovechar el potencial de estos ingredientes para desarrollar una galleta única que satisfaga las demandas del mercado actual y promueva hábitos alimenticios más saludables y sostenibles (Rabadán et al., 2021).

El proceso de desarrollo de nuevos productos alimenticios implica desafíos desde la selección de ingredientes hasta la formulación de la receta y la evaluación de la aceptación por parte de los consumidores (Arce Quesada, 2019). En el caso de la galleta con sustitución parcial de harina de trigo por harina de guandú, esta estrategia permite desarrollar un alimento con mayor contenido proteico a partir de ingredientes locales contribuyendo a fortalecer sistemas alimentarios más sostenibles y resilientes, en consonancia con las recomendaciones de adoptar patrones de alimentación saludables y sostenibles planteadas por la EAT–Lancet Commission (Willett et al., 2019).

Con estos antecedentes, el presente estudio tiene como propósito desarrollar una galleta fuente de proteína mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de guandú, dirigida principalmente a consumidores preocupados por mejorar su ingesta proteica, incluyendo adolescentes y adultos jóvenes con necesidades nutricionales específicas. Se producirá en un entorno industrial controlado, con posibilidad de escalamiento a producción comercial. Por ello, se buscó evaluar las propiedades fisicoquímicas de la harina de guandú (*Cajanus cajan*) mediante la determinación de su actividad de agua (a_w), humedad y granulometría, para analizar su estabilidad. A su vez evaluar la aceptabilidad y preferencia sensorial de las galletas con distintos niveles de adición de harina de guandú y finalmente, determinar el efecto de la adición de harina de guandú en la textura, color y su contenido de proteína en la galleta control y la mejor evaluada sensorialmente.

Materiales y Métodos

Ubicación del Estudio

Esta investigación se llevó a cabo en la Universidad Zamorano. La harina de guandú se elaboró de manera artesanal en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), los análisis microbiológicos de la harina se realizaron en el laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ). En la PIA se desarrollaron las galletas. Con lo que respecta al análisis sensorial, se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Análisis Sensorial. Finalmente, los análisis fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). Estas instalaciones se encuentran ubicadas en el kilómetro 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yeguaré, Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras.

Materiales

Los granos secos de guandú fueron importados de Panamá, se utilizó, adicional a este, harina de trigo todo uso (La Rosa fortificada), avena en hojuelas (Kellogg presentación no integral), azúcar blanca fortificada, huevos frescos, bicarbonato de sodio, canela en polvo, vainilla líquida, mantequilla amarilla en barra, pasas secas de uva, polvo de hornear, sal de mesa yodada y agua.

Fases de la Investigación

Este estudio se desarrolló en tres fases: I. Elaboración de harina de guandú y su caracterización, pruebas microbiológicas y pruebas preliminares que permitieron seleccionar la formulación más aceptada antes del desarrollo final de las galletas con adición de la harina de guandú y ajustar tiempos, temperaturas y procesos, II. Elaboración de galleta y análisis sensorial, y III. Análisis fisicoquímicos del tratamiento de mayor aceptación y la galleta control.

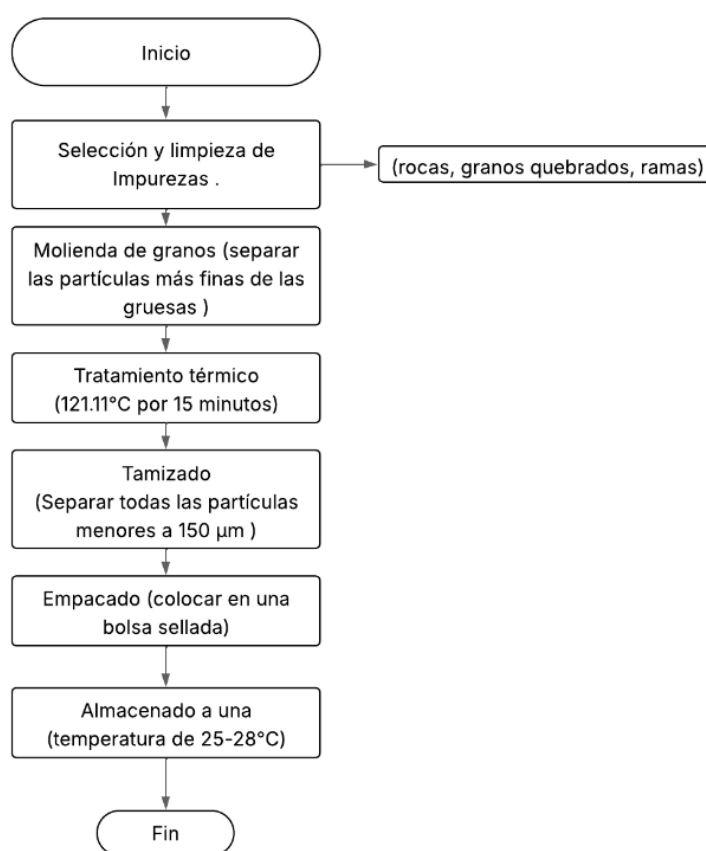
Fase I. Elaboración de la Harina de Guandú y su Caracterización

El procedimiento realizado se basó en la metodología propuesta por (García, 2021), con las adaptaciones efectuadas por los investigadores para su aplicación al grano de guandú, tal como se presenta en la Figura 1.

Primero, se realizó una selección de los granos y se limpiaron las impurezas. Después, los granos se molieron por medio del procesador de alimentos Hobart (FP41) y se aplicó un tratamiento térmico a 121 °C por 15 minutos para reducir la carga microbiana. Seguidamente, se tamizó para obtener una harina con granulometría uniforme entre 150 y 450 μm , la cual se almacenó en bolsas herméticas a temperatura ambiente de 25 a 28 °C.

Figura 1

Diagrama de flujo para la obtención de harina de guandú.



Nota. Basado en García Patiño, P. G. (2021), ajustado por el autor.

Análisis Físicoquímico de la Harina de Guandú

Se realizaron análisis de granulometría, humedad y actividad de agua (a_w).

Granulometría.

Este análisis se realizó a la harina de guandú para determinar el tamaño promedio de sus partículas. Se utilizó el método AOAC 965.22, basado en un tamizado mecánico. Se pesó una muestra representativa de 50 gramos, la cual se colocó en el tamiz superior de un conjunto de tamices con diferentes mallas (<150, 150, 250, 425, 600 y 850 μm). La muestra se tamizó mecánicamente durante 5 minutos, y posteriormente se pesó la harina retenida en cada tamiz. Los resultados se expresaron como porcentaje de cada fracción y se calculó el tamaño promedio de las partículas.

Humedad.

Se determinó el contenido de humedad de la harina mediante el método AOAC 927.05. Se pesaron aproximadamente 3 gramos de muestra en crisoles de porcelana previamente taradas. Se colocaron en un horno a 105 °C durante 18 horas, hasta obtener un peso constante. Posteriormente, las muestras se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron nuevamente para calcular la humedad expresada en porcentaje. Este análisis se realizó por triplicado para obtener la media \pm desviación estándar.

$$\%H = \frac{(C + MH) - (C + MS)}{(C + MH) - (C)} \times 100 \quad [1]$$

Donde:

%H: Porcentaje de humedad.

C: Peso de crisol (g).

C + MH: Peso del crisol más peso muestra húmeda (g).

C + MS: Peso del crisol más peso muestra seca (g).

Actividad de Agua (a_w).

La a_w de la harina se determinó utilizando el método AOAC 978.18, con un medidor electrónico de a_w . Se colocaron 3 gramos de harina en la celda del equipo, previamente calibrado, y

se mantuvo un tiempo de espera hasta que la lectura se estabilizara. Cada muestra se midió por triplicado para garantizar precisión.

Diseño Experimental

Los análisis de granulometría, humedad y a_w se realizaron a la harina de guandú y harina de trigo y se analizaron por medio de un análisis T-student. Además, se realizaron tres repeticiones para un total de seis unidades experimentales, utilizando el programa SAS® 9.4.

Pruebas Microbiológicas.

Las pruebas microbiológicas fueron realizadas a la harina de guandú para la detección y cuantificación de microorganismos, en base con los criterios establecidos para frutas y hortalizas frescas y procesadas, específicamente leguminosas del RTCA 67.04.50:17, presentada en el Cuadro 1.

Esta normativa establece los límites permisibles para *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes*, microorganismos que son recomendados analizar para asegurar la inocuidad de la harina de guandú utilizada en la formulación de las galletas.

Cuadro 1

Criterios microbiológicos: para leguminosas según RTCA 67.04.50.17.

Agente microbiano	Límite por UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia/25g
<i>Listeria monocytogenes</i>	Ausencia/25g
<i>Salmonella spp.</i>	Ausencia/25g

Nota. Tomado de RTCA 67.04.50:17. UFC/g: Unidades Formadoras de Colonias por gramo.

Análisis de Salmonella spp.

El desarrollo de este análisis consta de cuatro fases en diferentes días.

Día 1. Pre-enriquecimiento de la Muestra.

El área de trabajo fue desinfectada con etanol al 95 %. Se rotuló una bolsa de plástico y dentro se colocaron 25 gramos de la muestra de la harina de guandú. Adicionalmente se le colocó 225 mL de agua peptonada y se llevó al Stomacher® 400 durante un minuto y medio para obtener una muestra

homogénea. Después de una hora de reposo a temperatura ambiente se dejó en la incubadora a 35 °C, durante 24 horas.

Día 2. Agar de Enriquecimiento Selectivo.

Se retiró la muestra de la incubadora y se tomaron dos dosis con la ayuda de un bulbo y pipeta estéril. Uno de los tubos lisos contenía 10 mL de Caldo Rappaport Vassiliadis (CRV) y se inoculó con 0.1 mL. El segundo tubo liso contenía 10 mL de Caldo Tetrionato. Para homogeneizar los tubos se utilizó el vortex, por 30 segundos. Para luego llevar los tubos inoculados a la incubadora, en donde se almacenaron a una temperatura de 35 °C, durante 24 horas.

Día 3. Aislamiento Diferencial.

Antes de realizar el procedimiento, se hizo una desinfección del área con etanol al 95 %. Los tubos lisos del día anterior se retiraron de la incubadora. Fueron preparados seis platos Petri de vidrio con medios de cultivo selectivo, siendo estos Agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD), Agar Entérico Hektoen (HE) y Agar Sulfito de Bismuto (SB). Con ayuda de un mechero, se esterilizó un asa microbiológica, para realizar la técnica de siembra en estría por el método de Frobisher. Se introdujeron todas las muestras en la incubadora a 35 °C durante 24 horas.

Pasadas 24 horas, se observó el crecimiento de colonias sospechosas en el Agar Xilosa Lisina Desoxicolato donde se encontraron colonias rosadas con halos blancos y observando que pueden o no tener un centro negro. En el Agar Entérico Hektoen, las colonias presentes fueron blancas sin halos en las mismas, lo cual no concuerda para el parámetro que se está identificando y en el Agar Sulfito de Bismuto, no se presentaron colonias o crecimiento de estas.

Día 4. Pruebas Bioquímicas.

Se prepararon tres tubos de ensayo con Agar Triple Azúcar Hierro (TSI), Agar Lisina Hierro (LIA) por sus siglas en inglés y Caldo Urea, estos nos permitieron observar la presencia o ausencia de *Salmonella spp.* De los platos Petri obtenidos el día anterior, se tomó una o dos colonias aisladas que hayan presentado características sospechosas.

Con ayuda de un asa bacteriológica recta esterilizada, se tomó la mitad de la colonia seleccionada y se inoculó el medio TSI mediante una picadura en la superficie del agar, sin llegar al final de este y una estría en la superficie. El asa fue flameada y desinfectada para luego ser utilizada e inocular el agar LIA mediante tres picaduras y estría en la superficie. Para el Caldo Urea, se utilizó un asa bacteriológica estéril y se tomó la otra mitad de la colonia utilizada previamente inoculando este medio teniendo precaución de no tocar las paredes del tubo ni la boquilla de este, al final de este procedimiento el tubo fue flameado, tapado y con ayuda del vortex se agitó, una vez completo este procedimiento, se procedió a incubar a 35 °C durante 24 horas.

Análisis de Listeria Monocytogenes

Día 1. Preparación y Enriquecimiento Primario.

Primero se desinfectó el área de trabajo utilizando etanol al 95 %. Se procedió a rotular una bolsa estéril de plástico y se pesaron 25 gramos de muestra, los cuales se adicionaron a 225 mL de caldo UVM (University of Vermont Medium). Esta suspensión se realizó siguiendo la norma ISO 6887-1 para obtener una dilución 1:10. Posteriormente, se homogenizó la mezcla, asegurando que la muestra quedara bien dispersa en el caldo. Una vez preparada, la muestra se llevó a incubación a una temperatura de 30 ± 1 °C durante un periodo de 25 ± 1 horas.

Día 2. Enriquecimiento Secundario.

Se retiró el caldo UVM de la incubadora. Con la ayuda de una pipeta estéril se tomaron 0.1 mL de la muestra y se transfirió al UVM. Luego, la muestra fue homogenizada suavemente y llevada nuevamente a incubación a una temperatura de 37 ± 1 °C por un periodo de 24 ± 2 horas.

Día 3. Siembra en Medios Selectivos.

Antes de iniciar el procedimiento, se desinfectó nuevamente el área de trabajo con etanol al 95 %. Los cultivos del Día 2 fueron retirados de la incubadora. Se prepararon placas Petri con el medio selectivo, Agar Oxford. Con la ayuda de un asa de siembra esterilizada en el mechero y enfriada previamente, se realizó la siembra por extensión en superficie. Las placas inoculadas se colocaron en

incubación a 37 °C durante un tiempo de 24 horas. A las 24 horas se realizó una lectura preliminar para observar la posible aparición de colonias sospechosas.

Día 4. Lectura Preliminar e Identificación Presuntiva.

Se realizó la observación de las placas selectivas. En el caso del Agar Oxford, se buscaron colonias de color azul verdoso rodeadas por un halo opaco, lo cual indica la hidrólisis de glucósidos. Colonias con halos más grandes fueron consideradas como presuntivas de *Listeria monocytogenes*. Se seleccionaron entre 1 y 5 colonias sospechosas para proceder a las pruebas de confirmación.

Día 5. Confirmación y Fisiológica.

A las colonias seleccionadas se le realizaron algunas pruebas bioquímicas obligatorias, incluyendo la observación microscópica para verificar la presencia de bacilos cortos, prueba de catalasa y una prueba de Gram para confirmar la presencia de este patógeno.

Análisis de *Staphylococcus Aureus*.

El mismo contó con un desarrollo en dos fases en diferentes días.

Día 1. Preparación y Suspensiones.

Se pesaron 25 gramos de muestra y fueron diluidos en 90 mL de diluyente Buffer Fosfato (BF) y 10 gramos de la muestra de harina de guandú, seguidamente se llevó al Stomacher® 400 durante un minuto y medio para su homogeneización. Se dejó reposar las muestras durante una hora a temperatura ambiente y finalmente se llevó a la incubadora a 35 °C, durante 24 horas.

Día 2. Siembra en Medios Selectivos.

Se realizó la dilución seriada de 10^{-1} y se siembran 0.1 mL por placa en agar Baird-Parker esta (contiene cloruro de litio, telurito, huevo en polvo y piruvato). Para la siembra en placa se desinfectó el área de trabajo con etanol al 95 %, con un mechero y un asa bacteriológica triangular, se hizo un extendido en superficie. Terminada la inoculación se procedió a realizar la incubación a 34 °C durante 24 horas, pasado este tiempo se revisó el crecimiento dando como negativo, por ello se extendió por 24 h más y de no aparecer colonias presentes se concluye que no hubo presencia.

Pruebas Preliminares para Galletas

Se realizaron pruebas preliminares de las galletas en donde se enfocó en buscar un punto óptimo en el aporte nutricional e inclusión de harina de guandú para que las formulaciones no afectasen las características organolépticas del producto.

En estas pruebas se evaluaron aspectos como la formación de la galleta, textura, sabor y crocancia. Para la elaboración de galletas se utilizó la formulación con el mayor porcentaje de inclusión de harina de guandú (38 %). Aunque la galleta logró formarse adecuadamente, al evaluarla sensorialmente, a los panelistas no les gustó el sabor que percibían, algunos mencionaron notas amargas y ligera astringencia, características propias del guandú cuando se utiliza en altas concentraciones.

Cabe mencionar que la harina de guandú desprendía un aroma dulce al hidratarse, lo que indicaba un buen potencial aromático. Sin embargo, en el producto final, el sabor amargo característico del guandú no se veía compensado por estos aromas. Por ello, se consideró necesario incorporar ingredientes complementarios, como la vainilla, para mejorar la percepción sensorial y disminuir la sensación de amargor en la galleta.

Fase II. Elaboración de las Galletas con Sustitución de Harina de Guandú y Evaluación Sensorial

Formulación y Elaboración de Galletas de Harina de Trigo y Harina de Guandú

En el Cuadro 2 se muestra la formulación establecida para las galletas, las cantidades se representan en porcentajes para cada uno de los tratamientos que se evaluaron, para el Trt1 siendo el tratamiento control con 100 % harina de trigo y las 3 sustituciones parciales con harina de guandú con un porcentaje de 17.9 %, 25 % y 38 % para los Tratamientos 2, 3 y 4 respectivamente.

Esta formulación base se tomó de la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), para tener una referencia estandarizada y poder evaluar qué características presenta actualmente y con base en esto brindar una mejora nutricional a las mismas.

Cuadro 2

Formulación de las galletas de harina de trigo con sustitución parcial de harina de guandú.

Ingredientes (%)	Trt 1	Trt 2	Trt 3	Trt 4
Harina de trigo	15	12	11	9
Harina de guandú	0	3	4	6
Azúcar morena	21	21	21	21
Mantequilla	17	17	17	17
Huevo	11	11	11	11
Avena	23	23	23	23
Vainilla	0.5	0.5	0.5	0.5
Bicarbonato de sodio	11	11	11	11
Pasas	11	11	11	11
Polvo para hornear	0.3	0.3	0.3	0.3
Canela en polvo	0.3	0.3	0.3	0.3
Sal	0.3	0.3	0.3	0.3
Total	100	100	100	100

Nota. %: Porcentaje. Trt: tratamiento. Trt2: con una sustitución parcial del 17.9% de harina de guandú y aporte al VD de 14.7% de proteína, Trt3: con una sustitución parcial del 25.0% de harina de guandú y aporte al VD de 16.83% de proteína, Trt4: con una sustitución parcial del 38.0% de harina de guandú y aporte al VD de 18.2% de proteína. Referencia de presentación tomada de la planta PIA.

El Cuadro 3 muestra el contenido nutricional teórico que aportan las galletas, los porcentajes de la sustitución 17.9 %, 25 % y 38 % fueron establecidos de acuerdo con el aporte nutricional brindado por cada formulación utilizando la tabla de composición de alimentos (INCAP 2018).

Cuadro 3

Cuadro resumen del perfil nutricional teórico de cuatro tratamientos de una galleta con harina de guandú por porción (30 gramos).

Contenido nutricional	Trt 1	Trt 2	Trt 3	Trt 4
Energía (kcal)	106	108	109	110
Proteína (g)	3.85	4.41	5.050	5.46
Fibra dietética (g)	1.37	3.23	3.18	3.07
Grasa total (g)	4.82	2.99	3.52	2.89
Grasa saturada (g)	2.31	1.74	1.69	1.49
Azúcares añadidos (g)	5.16	3.92	3.72	3.62
Sodio (mg)	136	94	94	94

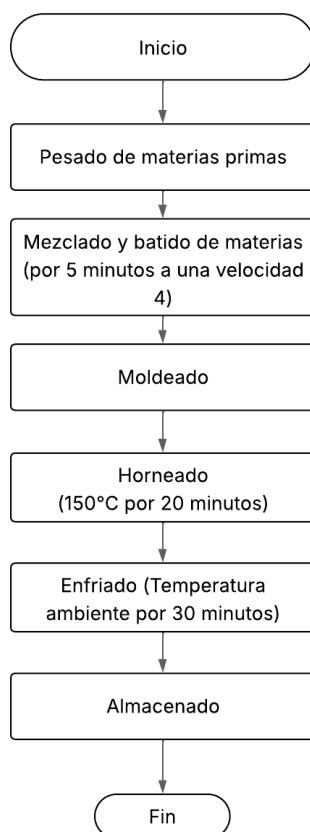
Nota. % Porcentaje. Trt2: con una sustitución parcial del 17.9% de harina de guandú, Trt3: con una sustitución parcial del 25.0% de harina de guandú y Trt4: con una sustitución parcial del 38.0% de harina de guandú. Referencia de presentación tomada de la planta PIA. Kcal: unidad de energía del sistema internacional, g: gramo, mg: miligramos.

Preparación de las Galletas

Después de obtener las materias primas, se procedió con la secuencia de cada una de las etapas del proceso detalladas en la Figura 2 a continuación. El procedimiento realizado fue establecido por (Cruz Escobedo et al., 2024), con las adaptaciones realizadas por los investigadores para ser aplicado a la elaboración de galletas con harina de guandú.

Figura 2

Diagrama de flujo para el desarrollo de las galletas nutricionalmente mejoradas con harina de guandú.



Nota. Basado en (Cruz et al., 2024) ajustado por el autor.

Pesado de Materias Primas.

Estas fueron pesadas con una balanza analítica (OHAUS, Modelo R31030), para esto se tomaron los productos de mayor cantidad a menor.

Mezclado de Ingredientes.

En un recipiente de acero inoxidable se combinaron los ingredientes como harina de trigo, harina de guandú, avena, polvo de hornear, bicarbonato de sodio, sal y pasas y en otro recipiente, se batieron mantequilla blanda, huevo, azúcar blanca y vainilla, hasta lograr una mezcla uniforme. Posteriormente, ambos se incorporaron en una batidora industrial y se mezclaron durante 5 minutos a una velocidad media, hasta obtener una masa consistente y homogénea.

Moldeado.

Al terminar el proceso de mezclado, se les dio forma a las galletas con un tamaño promedio de 10 mm y un grosor de 30 mm, haciendo uso de un molde cuadrado. Las galletas se cortaron y fueron colocadas en bandejas de horneado.

Horneado.

Una vez cortadas las galletas, se colocó un papel para hornear sobre la bandeja, para evitar que se adhirieran, para esto se usó un horno de convección industrial (Marca Turbolino), a una temperatura de 150 °C durante 20 minutos.

Enfriado.

Posteriormente el producto se dejó enfriar en las bandejas a temperatura ambiente por 30 minutos.

Empacado.

Cuando las galletas se enfriaron, se empacaron en bolsas ziploc para mantener un producto con una textura y crocancia firme, para luego ser servidas en el análisis sensorial.

Evaluación Sensorial de las Galletas Mejoradas Nutricionalmente con Harina de Trigo y Sustituciones de Harina de Guandú

Se realizó un análisis sensorial afectivo a la galleta testigo donde participaron 100 panelistas no entrenados.

Se realizó en dos etapas, en la primera se llevó a cabo el análisis sensorial de aceptación, donde obtuvimos el resultado del tratamiento con mayor aceptación. Para esta herramienta se utilizó una escala hedónica de 9 puntos. Los puntos van desde 1 (“me disgusta extremadamente”) hasta 9 (“me gusta extremadamente”), lo que permitió captar los niveles de agrado o desagrado de los panelistas al momento de realizar el sensorial. La segunda etapa constó de una prueba de preferencia por ordenamiento donde los panelistas tenían que ordenar las galletas por orden de preferencia siendo el número 1 (más preferida) a 4 (menos preferida).

Las muestras fueron presentadas en una bandeja de foam, con una codificación de tres dígitos aleatorios, con un orden de presentación aleatorio y equilibrado. A los panelistas que realizaron la evaluación, se les solicitó que tomaran las muestras de izquierda a derecha.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) para evaluar los tres tratamientos propuestos y el testigo. Se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento para un total de 12 unidades experimentales analizadas.

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos en las evaluaciones sensoriales de aceptación se analizaron utilizando el programa de SAS® con un nivel de confianza del 95 %, donde se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con una separación de medias Duncan para determinar el tratamiento con mayor aceptación por los panelistas. Para determinar la influencia de los atributos en la aceptación general de cada producto, se realizó un análisis de correlación. Los datos de la prueba de preferencia fueron

analizados mediante la prueba no paramétrica de Basker, con el objetivo de seleccionar la galleta de mayor preferencia por los panelistas.

Fase III. Análisis Químicos de la Galleta Control y el Tratamiento con Sustitución de Harina de Guandú de mayor aceptación.

Se realizaron los análisis de humedad, proteína y fibra a la galleta con mejor evaluación sensorial por los panelistas y a la galleta control utilizada.

Humedad.

Se determinó el contenido de humedad de las galletas mediante el método AOAC 927.05. Donde se pesaron aproximadamente 3 gramos de muestra en crisoles de porcelana previamente taradas, y se colocaron en un horno Fisher Scientific 8007. 0057 a 105 °C durante 18 horas, hasta obtener peso constante. Posteriormente, las muestras se enfriaron en un desecador y se pesaron nuevamente para calcular la humedad expresada en porcentaje. Este análisis se realizó para tres repeticiones por tratamiento.

$$\%H = \frac{(C + MH) - (C + MS)}{(C + MH) - (C)} \times 100 \quad [2]$$

Donde:

%H: Porcentaje de humedad.

C: Peso de crisol (g).

C + MH: Peso del crisol más peso muestra húmeda (g).

C + MS: Peso del crisol más peso muestra seca (g).

Proteína.

Determinando el nitrógeno y el contenido de proteína residual, presente en la muestra analizada por medio del método oficial AOAC 2001.11. Se pesó 1 gramo de la muestra en 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 Kjelttec 8200. Finalmente, se realizó la titulación con ácido clorhídrico a 0.9N. Para determinar el contenido de proteína, se utilizó el factor de conversión de 6.25.

$$\%Nitrogeno\ Kjeldahl = \frac{(Vm - Vb) \times M \times 14.01}{m \times 10} \quad [3]$$

Donde:

Vm: Volumen de ácido usado en titulación por la muestra (mL).

Vb: Volumen promedio de ácido usado en titulación por el blanco (mL).

N: Normalidad del ácido clorhídrico estandarizado (N).

M: Molaridad del ácido estándar.

14.01: Peso atómico del nitrógeno.

$$\%Proteína = \%N \times 6.25 \quad [4]$$

Donde:

%N: Porcentaje de nitrógeno

6.25: Factor para convertir el nitrógeno para materiales de consumo.

Análisis Físicos de Color y Textura a la Galleta

Se realizaron los análisis de color y textura a la galleta con mejor evaluación sensorial por los panelistas y a la galleta control utilizada.

Color.

Se realizó mediante el método AN 1018.00 utilizando el equipo Hunterlab ColorFlex, el cual nos ayudó a determinar este atributo por medio de la cantidad de luz absorbida por una sustancia en función de su longitud de onda (espectrofotometría). En este análisis también se hizo uso de la escala CIELAB, donde el valor L* es la luminosidad que va de 0 (negro) a 100 (blanco); la coordenada a* que va de valores positivos (rojo) a negativos (verde); y la coordenada b* que va de valores positivos (amarillo) a negativos (azul).

Textura.

Con respecto al análisis de textura se utilizó bajo el método de ASTM E83. El parámetro a evaluar fue la firmeza de la galleta, donde se utilizó el equipo medidor de Textura Brookfield CT3 con acople sonda TA-7. Se utilizó una muestra de galleta de un grosor promedio de 30 mm. Realizando tres repeticiones por muestra, con el objetivo de valorar los atributos mecánicos de dureza, deformación al punto de carga, energía de fractura.

Diseño experimental y Análisis Estadístico

Se realizaron tres repeticiones de cada análisis físico y químico, correspondientes a humedad, textura, color y contenido de proteína. Donde se utilizó un diseño de comparación de muestras independientes con dos tratamientos (control y mejor evaluado sensorialmente) para un total de seis unidades experimentales utilizando una prueba de t-Student con ($p \leq 0.05$), utilizando el programa SAS® 9.4.

Resultados y Discusión

Los resultados y discusión se presentan de acuerdo con el desarrollo de cada fase: Fase I, análisis microbiológicos donde se buscaba asegurar que la harina de guandú fuera apta y libre de patógenos para el consumo para realizar el análisis sensorial, y sus respectivos análisis fisicoquímicos; Fase II, análisis sensorial de las galletas. Fase III, análisis del contenido de proteína y fibra dietética por tratamiento (testigo y el de mayor aceptación sensorial), textura y color.

Fase I. Análisis Microbiológico y Fisicoquímicos Realizados a la Harina de Guandú

El Cuadro 4 muestra los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos para los patógenos que se necesitaba confirmar su ausencia en la harina de guandú, después de que fuera procesada para llevar a cabo esta investigación.

Análisis de *Salmonella spp.*

No se detectó la presencia de *Salmonella spp.* en 25 gramos de muestra, como se muestra en el Cuadro 4. Este resultado se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la normativa regional RTCA 67.04.50:17, que exige ausencia de *Salmonella spp.* en 25 gramos de producto. La ausencia de este patógeno es un indicador fundamental de inocuidad, ya que su presencia se asocia con brotes de enfermedades transmitidas por alimentos, especialmente gastroenteritis aguda (FAO & OMS, 2022).

Análisis de *Listeria Monocytogenes.*

Los resultados obtenidos mostraron la presencia de *Listeria spp.* en la harina más no en el producto terminado. El hallazgo en la materia prima puede atribuirse a contaminación ambiental habitual en harinas crudas, ya que estos ingredientes no son estériles. Para contrarrestar este riesgo, durante la elaboración de las galletas se aplicó un tratamiento térmico de horneado a 150 °C por 20 minutos, el cual es suficiente para inactivar *Listeria monocytogenes* y otros patógenos (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición [AESAN], 2024). Es importante resaltar que el resultado

indica la presencia de *Listeria spp.*, más no específicamente de *Listeria monocytogenes*, por lo que no puede confirmarse un riesgo directo de listeriosis.

Análisis de *Staphylococcus aureus*.

En cuanto a *Staphylococcus aureus*, no se detectó crecimiento en las placas de agar selectivo, lo que indica ausencia en 25 gramos de harina de guandú, de acuerdo con lo establecido en la normativa RTCA 67.04.50:17. La ausencia de este microorganismo es un hallazgo favorable, ya que su presencia en niveles superiores a los permitidos puede generar la producción de enterotoxinas termoestables que ocasionan intoxicaciones alimentarias (Food and Drug Administration [FDA], 2012). Este resultado puede estar relacionado con las condiciones de procesamiento y el control higiénico implementado durante la obtención de la harina, que limitan la proliferación de este tipo de bacterias.

Cuadro 4

Resultados de pruebas microbiológicas a la harina de guandú.

Prueba	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella spp.</i>
Harina de guandú	+	-	-
Límites permitidos	Ausencia/25g	Ausencia/25g	Ausencia/25g

Nota. Tomado de RTCA 67.04.50:17. UFC/g: Unidades Formadoras de Colonias por gramo. g: Gramo. -: sin presencia. +: presencia.

Caracterización por Medio de Análisis Físicoquímicos a la Harina de Guandú

El Cuadro 5 muestra que la harina de guandú (*Cajanus cajan*) presentó un contenido de humedad de 9.48 %, dentro de los parámetros recomendados para harinas secas, la EAST AFRICAN STANDARD [EAS] 756:2011, que establece criterios para granos secos maduros en cuanto a pureza, humedad y almacenamiento con un valor de 13 % (East African Standards, 2011). Algunos estudios físicoquímicos han empleado la Norma Técnica Ecuatoriana [NTC] 616 para evaluar parámetros en leguminosas, la cual recomienda niveles por debajo del 12 % para harinas, siendo el valor obtenido en este estudio de 9.48 % lo que asegura estabilidad frente a daños microbiológicos Norma Técnica Ecuatoriana [NTE INEN 616] (2015).

Para la harina de trigo se obtuvo un valor de 9.32 % de humedad, lo cual concuerda con lo

reportado por (Miquilena y Higuera, 2012) quienes obtuvieron valores inferiores al límite máximo establecido por la norma INEN 616 para este tipo de harina (14.5 %). Los resultados de este estudio muestran que no existe diferencia estadísticamente significativa entre la harina de guandú y la de trigo en cuanto al contenido de humedad ($p = 0.822$), lo que confirma que ambos valores son similares y se encuentran dentro del rango reportado para este tipo de proceso. (Akubor, 2017) reportó que el procesamiento influye en la humedad de las leguminosas 10.5 % en crudas, 9.0 % en tostadas.

Con respecto a la a_w , la harina de guandú mostró un valor de 0.60 ± 0.034 , menor que la harina de trigo (0.65 ± 0.018). A diferencia de la humedad, en este caso sí se observó una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.0147$). La menor disponibilidad de agua libre en la harina de guandú indica una menor actividad de agua lo que sugiere que la presión de vapor del agua presente en este alimento es más baja en relación con la del agua pura a la misma temperatura. Esto podría deberse a su mayor contenido de fibra y proteínas, que favorecen la retención de agua y reducen la fracción disponible para el crecimiento microbiano (Fasoyiro et al., 2016). Investigaciones sugieren que la harina de guandú posee una menor disponibilidad de agua libre, lo que puede representar una ventaja en términos de estabilidad y conservación del producto, coincidiendo con lo señalado sobre la importancia del a_w en harinas de leguminosas por (Atuna et al., 2023).

Cuadro 5

Resultados del análisis de a_w y humedad en la harina de guandú y harina de trigo.

Harina	Humedad (%)	a_w
	Media \pm D.E.	
Guandú	9.48 \pm 0.78	0.60 \pm 0.03
Trigo	9.32 \pm 0.81	0.65 \pm 0.01
Probabilidad	0.82	0.01

Nota. D.E.: Desviación estándar. P: Probabilidad ($p < 0.05$). a_w : actividad de agua

Análisis de Granulometría de las Harinas

El Cuadro 6 muestra la comparación de la granulometría entre la harina de guandú (*Cajanus cajan*) y la harina de trigo. La harina de guandú presentó una mayor proporción de partículas finas,

con un 26.52 % retenido en el tamiz de 150 μm y un 14.65 % en el fondo, mientras que la harina de trigo presentó su mayor fracción en el tamiz de 425 μm (56.06 %), indicando una distribución más gruesa de partículas. La mayor cantidad de partículas finas en la harina de guandú sugiere una superficie específica mayor, lo que puede influir en la absorción de agua y la formación de mezclas homogéneas (Pang et al., 2021).

La harina de trigo, al contener una mayor proporción de partículas medianas, mantiene propiedades de cohesión y firmeza en las masas, contribuyendo a la estructura de productos horneados como panes y galletas (Bressiani et al., 2019). La distribución equilibrada de tamaños de partícula en la harina de guandú permite que se comporte de manera diferente en procesos de mezcla, hidratación y gelatinización, afectando la textura y viscosidad de los productos finales.

Asimismo, la presencia de partículas finas en la harina de guandú podría incrementar la velocidad de absorción de líquidos y su capacidad para retener agua, mientras que la harina de trigo, con partículas más gruesas, tiende a generar una matriz más densa y consistente, favoreciendo la estructura y resistencia mecánica en las masas (Alzuwaid et al., 2021). Estas características granulométricas reflejan diferencias funcionales importantes entre ambas harinas, que dependen directamente del tamaño y la distribución de las partículas para influir en propiedades tecnológicas, como dispersión, textura y comportamiento durante el horneado o mezclado.

Cuadro 6

Comparación de la granulometría de la harina de guandú y harina de trigo.

Abertura (μm)	Retención (%) \pm D.E. Harina de Guandú	Retención (%) \pm D.E. Harina de Trigo
850	8.84 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00
600	17.68 \pm 0.01	0.00 \pm 0.00
425	17.68 \pm 0.01	56.06 \pm 0.07
250	14.65 \pm 0.05	18.79 \pm 0.01
150	26.52 \pm 0.01	15.76 \pm 0.06
Fondo	14.65 \pm 0.05	9.39 \pm 0.01

Nota. %: porcentaje. D.E: desviación estándar. μm : micrómetro.

Fase II. Análisis de los Resultados del Sensorial de Aceptación y de Preferencia

Análisis Sensorial de Aceptación de las Galletas Mejoradas Nutricionalmente

Este análisis se realizó con el objetivo de determinar la aceptación de las galletas con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por harina de guandú, tomando en cuenta seis atributos: apariencia, color, olor, sabor, textura y aceptación general. Utilizando una escala hedónica de 9 puntos, los tratamientos obtuvieron puntuaciones que oscilaron entre 7 y 8, lo cual se traduce en un rango entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho” (Cuadro 7). Las pruebas hedónicas, también conocidas como pruebas de aceptación o afectivas, se utilizan para evaluar el grado de agrado de un producto por parte de los consumidores. Estas pruebas suelen realizarse con panelistas no entrenados y se basan en escalas de calificación, como la escala hedónica de 9 puntos, que permite medir la aceptación sensorial de los productos de manera efectiva (Fiorentini et al., 2020).

Cuadro 7

Resultados del análisis sensorial de las galletas mejoradas nutricionalmente con harina de guandú

Tratamientos	Apariencia ^{NS}	Color ^{NS}	Olor	Sabor	Textura	Aceptación general
Media ± D.E.						
Trt1 (0%)	7.28±1.37	7.62±0.92	7.73±1.22 ^a	6.97±1.65 ^b	7.17±1.59 ^b	7.33±1.27 ^b
Trt2 (17.9%)	7.47±1.16	7.58±1.16	7.69±1.23 ^a	7.06±1.51 ^b	7.18±1.59 ^b	7.46±1.21 ^b
Trt3 (25.0%)	7.23±1.23	7.53±1.05	7.51±1.36 ^{ab}	7.47±1.38 ^a	7.60±1.36 ^a	7.78±0.92 ^a
Trt4 (38.0%)	7.19±1.40	7.32±1.46	7.38±1.46 ^b	7.05±1.62 ^b	7.17±1.48 ^b	7.31±1.26 ^b
C.V. %	14.70	13.41	13.77	18.35	16.51	12.06
Probabilidad	0.0888	0.1083	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Nota. C.V. %: Coeficiente de Variación. D.E.: Desviación estándar. Medias de la misma columna con letras diferentes (^a, ^b) son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). ^{NS}: No significativo ($P > 0.05$). Trt1: Tratamiento control. Trt2: Tratamiento con sustitución del 17.9% de Harina de guandú. Trt3: sustitución del 25% de harina de semilla de guandú. Trt4: sustitución del 38% de harina de semilla de guandú. Escala hedónica de 1-9: 1= Me disgusta extremadamente, 5= Ni me gusta ni disgusta y 9=Me gusta extremadamente.

Apariencia.

Los resultados del Cuadro 7 muestran que no se presentaron diferencias estadísticas en la apariencia entre los tratamientos evaluados, lo que indica que la sustitución parcial de la harina de

trigo por harina de guandú no influyó negativamente en la aceptación visual del producto. Este comportamiento se debe a que la harina de guandú posee proteínas y carbohidratos que contribuyen a la formación de una matriz estructural estable y mantienen la cohesión y forma de las galletas durante la cocción (Hernández et al., 2024).

Las puntuaciones superiores a 7 sugieren que los panelistas percibieron las galletas como atractivas de manera uniforme, independientemente del nivel de sustitución. Con respecto al coeficiente de variación de 14.70 %, se refleja una dispersión moderada típica de estudios con paneles de consumidores no entrenados, lo que respalda la comparación de medias.

Color.

No se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Por lo que podemos mencionar que la inclusión de harina de guandú hasta un 38 % no afecta el color de las galletas, ya que su tonalidad clara y la interacción con otros ingredientes durante el horneado mantienen una coloración uniforme comparable al tratamiento control. El color es uno de los indicadores psicológicos más importantes en la elección de alimentos (Spence, 2015).

En un estudio de galletas a base de leguminosas realizado por (Granito et al., 2019) mencionan que pequeñas diferencias entre los colores de los tratamientos pueden no ser percibidas por los panelistas, especialmente cuando el producto se mantiene dentro de un rango visual agradable y esperado. No obstante, todas las formulaciones permanecieron en la categoría de “me gusta moderadamente”, estos resultados sugieren que la incorporación de guandú no generó un rechazo significativo lo cual refuerza la validez de la comparación. Además, el coeficiente de variación de 13.41 % nos indica un moderado nivel de dispersión y un alto nivel de consenso entre los panelistas.

Otra razón puede atribuirse al color de las galletas, ya que los panelistas observaron que se mantuvo un tono uniforme en todos los tratamientos. Esto coincide con lo reportado por Cabrera et al. (2023), donde las sustituciones parciales del 25 % de harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) en

galletas no alteraron la apariencia sensorial, lo que indica que se mantuvo una uniformidad visual del producto, contribuyendo a una mayor aceptación por parte de los consumidores.

Olor.

Los valores obtenidos muestran que el Trt1 (0 % de sustitución) y Trt2 (17.9 %) mostraron una mayor aceptación con respecto al Trt4 (38 %). El análisis estadístico revela diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.0001$), aunque en términos prácticos todos los promedios se mantienen en un rango de aceptación positiva. Este comportamiento puede atribuirse a la presencia de compuestos fenólicos en la harina de guandú como ácido felúrico, cafeico o vinílico, pueden modificar el olor al momento de hornear (Ariviani et al., 2021), aportando notas aromáticas características; sin embargo, en concentraciones más elevadas pueden reducir ligeramente la aceptación olfativa. Investigaciones previas indican que ciertos fenoles, como flavonoles y ácidos fenólicos, pueden afectar de manera negativa la aceptación del olor en productos horneados, mientras que otros, como las antocianinas, pueden realzarlo (Pędziwiatr et al., 2024).

Con respecto al coeficiente de variación (13.77 %), este valor es coherente con lo esperado en evaluaciones sensoriales de olor, donde la sensibilidad individual de los panelistas suele ser variable, confirmando la validez del consenso alcanzado en la prueba.

Sabor.

Se evidenciaron diferencias significativas, en el Trt3 con un de adición de la harina de guandú 25.0 % como el más aceptado 7.47, diferenciándose estadísticamente del Trt1 (0 %), Trt2 (17.9 %) y Trt4 (38.0 %) y un valor de ($p < 0.0001$). Este resultado sugiere que una sustitución intermedia favorece la aceptación sensorial, probablemente por un balance entre los componentes dulces y umamis de la harina de guandú y de trigo aportando complejidad al perfil de sabor. Esto concuerda con hallazgos que muestran que incorporaciones moderadas de harinas de leguminosas (garbanzos, lentejas rojas) pueden mejorar el sabor sin resultar en notas sensoriales perturbadoras, mientras que niveles elevados pueden generar sabores extraños o indeseables (Bojňanská et al., 2021).

El CV del 18.35 % refleja una variabilidad esperada en percepciones de sabor, reforzando la validez de los resultados. Estudios en bizcochos indican que harinas de leguminosas (garbanzos, lentejas y guandú) aportan notas de nuez o tostadas posiblemente derivadas de reacciones de Maillard, aunque también pueden introducir sabores afrijolados, verdes o terrosos que afectan negativamente la aceptación (Heetesonne et al., 2024).

Textura.

El atributo de textura mostró diferencias significativas, donde el Trt3 (25.0 %) fue el más aceptado (7.60) obteniendo un valor de ($p < 0.0001$). Este resultado sugiere que la incorporación de fibra insoluble de la leguminosa contribuye a una estructura más firme y cohesiva, que se percibe como más agradable al masticar. La fibra según literatura varía entre un 5 % - 15 %. Lo que interfiere parcialmente con la formación de la red de gluten, modificando la fracturabilidad y la sensación de crocancia sin afectar negativamente la masticabilidad. De acuerdo con (Jeong y Chung, 2019), la incorporación de harinas de leguminosas en productos horneados puede aumentar la dureza y la elasticidad, lo que sugiere que la fibra insoluble de las leguminosas contribuye a una estructura más firme y masticable.

El coeficiente de variación de 16.51 % indica que la variabilidad moderada refleja la diferencia en percepción individual con respecto a la textura, ya que considera un atributo especialmente sensible a la experiencia de cada panelista (Aksu y Alkan, 2024).

Aceptación General.

La aceptación general, integra todos los atributos evaluados, muestra que el Trt3 (25.0 %) obtuvo la mayor puntuación (7.78), diferenciándose significativamente del Trt1 (0 %), Trt2 (17.9 %) y Trt4 (38.0 %) y un valor de $p < 0.0001$. Esto indica que un nivel de sustitución intermedio favorece de manera global la aceptación de las galletas, logrando un equilibrio entre apariencia, olor, sabor y textura. Estudios recientes como el de (Sparvoli et al., 2021), estimaron que una sustitución del 21 % al 28 % de harina de leguminosas en panes fue la más favorable para todos los atributos sensoriales,

incluyendo la aceptación general ya que ese rango permitió mejorar el perfil nutricional sin afectar negativamente la textura ni el sabor del producto final.

El coeficiente de variación de 12.06 % es de moderada dispersión, lo que indica un consenso entre los evaluadores y confirma que este nivel de sustitución representa un óptimo equilibrio entre atributos sensoriales, respaldando su potencial para formulaciones comerciales.

De manera similar, (Abdel-Gawad et al., 2024) reportaron que la adición de harinas de leguminosas en cantidades moderadas (alrededor del 20 %) resultó en productos panificados como galletas y pan de molde con atributos sensoriales aceptables, comparables o incluso superiores al tratamiento control. Estos resultados refuerzan que un nivel intermedio de sustitución de harina de guandú logra un equilibrio entre los diferentes atributos sensoriales, consolidando su potencial para uso comercial.

Análisis de Correlación

En el Cuadro 8 se realizó un análisis de correlación de Pearson con el fin de determinar la relación entre los atributos sensoriales evaluados (apariencia, color, olor, sabor, textura y aceptación general) de las galletas con harina de guandú, considerando un nivel de significancia de $p < 0.05$. El Cuadro 8 muestra que todos los atributos presentan correlaciones positivas y significativas con la aceptación general, lo que indica que cada uno de ellos influye, en distinto grado, en la percepción global del producto por parte de los consumidores. Entre los atributos, la textura (0.7592) y el sabor (0.6823) mostraron correlaciones medias, las cuales, son los factores más determinantes en la evaluación sensorial de las galletas. Este resultado concuerda con (Chumngoen y Tan, 2015), quienes reportaron que atributos como la textura y el sabor tenían correlaciones positivas con la aceptación general de galletas en un estudio descriptivo sensorial, resaltando la relevancia de estos atributos en la aceptación de alimentos.

Por otro lado, la apariencia (0.3454), el olor (0.3496) y el color (0.3432) presentaron correlaciones positivas bajas, lo que implica que, si bien contribuyen a la aceptación del producto, su

influencia no es tan determinante como la del sabor y la textura. De acuerdo con (Frauenhoffer, 2024), en productos con gluten, atributos como la textura y el sabor presentaron correlaciones significativas con la aceptación general, mientras que los atributos visuales y olfativos tenían menor influencia, funcionando como indicadores iniciales de calidad para los consumidores.

Asimismo, (Soler et al., 2017) evaluaron galletas con harina de trigo parcialmente sustituida por harina de sorgo y frijol, donde encontraron que atributos como sabor y textura presentaban correlaciones positivas con la aceptación general del producto, reforzando la idea de que los atributos gustativos y de textura son determinantes en la evaluación sensorial de alimentos horneados.

Podemos afirmar que los resultados confirman que, en el caso de las galletas con harina de guandú, el sabor y la textura son los principales predictores de la aceptación general, mientras que la apariencia, el color y el olor juegan un rol complementario en la percepción global del producto.

Cuadro 8

Resultados del Análisis de Correlación de la Aceptación General utilizando los Atributos Evaluados.

Atributo		Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura
Aceptación	CCP	0.3454	0.3432	0.3496	0.6823	0.7592
general	P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Nota. Número de observaciones: 100. P: Probabilidad ($p < 0.05$). CCP: Coeficiente de Correlación de Pearson. P: Probabilidad ($P \leq 0.05$) son significativamente diferentes.

Análisis Sensorial de Preferencia de Galletas

En el Cuadro 9, se muestra el análisis de los datos realizados mediante la prueba de Basker y Kramer, estableciendo como valor crítico 46.9, correspondiente a la evaluación de cuatro tratamientos por 100 panelistas. Los resultados muestran que, aunque existen pequeñas diferencias en la suma de categorías entre los tratamientos, ninguna supera el valor crítico, lo que indica que los cuatro tratamientos (Trt1, Trt2, Trt3 y Trt4) son igualmente preferidos por los panelistas.

Esto sugiere que la sustitución parcial o total de harina de trigo por harina de guandú en los rangos evaluados no afecta de manera significativa la preferencia del producto. Resultados similares se han reportado en la evaluación de otros productos de panificación, donde la sustitución parcial de

harinas de leguminosas o tubérculos (soya, frijol camote) no altera significativamente la preferencia general de los consumidores (Canales et al., 2024).

Con base en estos resultados, para la Fase III se seleccionó el tratamiento Trt3 (25 % de harina de guandú) junto con el control Trt1 (0 %), para hacer una comparación de los parámetros fisicoquímicos

Cuadro 9

Resultados de Prueba de Preferencia de las galletas evaluadas de la segunda fase.

Tratamiento	Tratamiento	Trt 1 (0%)	Trt 2 (17.9%)	Trt 3 (25%)	Trt 4 (38%)
	Suma de categorías	246	251	228	275
Trt 1 (0%)	246	0	-5	18	-29
Trt 2 (17.9%)	251	5	0	23	-24
Trt 3 (25%)	228	-18	-23	0	-47
Trt 4 (38%)	275	29	24	47	0

Nota. Trt1: control. Trt2: sustitución del 17.9 % de Harina de guandú. Trt3: sustitución del 25.0 % de harina de guandú.

Trt4: sustitución del 38.0 % de harina de guandú. Valor crítico: 46.9.

Fase III. Análisis Fisicoquímicos de la Galleta del Tratamiento I y Tratamiento III

Análisis de Color

Como se observa en el Cuadro 10, en el parámetro L* el tratamiento control (0 %) mostró un valor de 56.48, mientras que el tratamiento Trt3 (25 %) presentó 62.14, con diferencia significativa ($p = 0.0082$). Esto indica que la sustitución parcial con harina de guandú genera galletas más claras que el control. (Adeola y Ohizua, 2018) mencionan que una menor intensidad de las reacciones de Maillard y caramelización, asociada a un menor contenido de azúcares reductores generan productos con superficies más claras.

En cuanto al parámetro a*, el valor disminuyó de 9.98 en el control a 8.15 en Trt3, mostrando una diferencia significativa ($p = 0.0164$). Esto refleja una pérdida de intensidad rojiza. (Castro et al., 2023), encontraron que la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides en la harina de guandú puede interferir con la formación de pigmentos rojos derivados de la reacción de Maillard, reduciendo la tonalidad rojiza percibida, lo que respalda los resultados de esta investigación.

Con respecto al parámetro b^* , los valores fueron de 26.75 en el control y 25.84 en el Trt3, mostró diferencias significativas ($p = 0.0360$). Esto sugiere que la sustitución modificó de manera relevante la tendencia amarilla del producto. (Rodríguez et al., 2024) reportaron que el componente amarillo (b^*) de galletas elaboradas con harinas alternativas se mantiene relativamente estable. Los carotenoides y productos intermedios de la reacción de Maillard, como la formación de bases de Schiff, productos de Amadori y compuestos dicarbonílicos reactivo se vieron alteradas significativamente por la formulación. Esto sugiere que el calor aplicado durante la elaboración de las galletas permitió la generación controlada de productos intermedios, contribuyendo al desarrollo de color y aroma característicos sin degradar los carotenoides presentes, manteniendo así la estabilidad tanto de compuestos bioactivos como de atributos sensoriales.

Cuadro 10

*Resultados del análisis de color en la escala $L^*a^*b^*$ para la galleta control y Tratamiento 3*

Tratamiento	L*	a*	b*
	Media \pm D.E.		
Trt 1 (0%)	56.48 \pm 0.44	9.98 \pm 0.18	26.75 \pm 0.45
Trt 3 (25%)	62.14 \pm 0.21	8.15 \pm 0.08	25.84 \pm 0.24
Probabilidad	<.0001	<.0001	0.0360

Nota. D.E.: Desviación estándar. P: Probabilidad ($P \leq 0.05$) son significativamente diferentes. Trt1: control. Trt3: Tratamiento 3

(sustitución del 25% de harina de la harina de guandú). Valor L^* de 0 a 100 (0 es negro y 100 blanco), a^* de -60 a +60 (-60 es verde y +60 es rojo), b^* de -60 a +60 (-60 es azul y +60 es amarillo).

Análisis de Textura

Dureza.

El Cuadro 11 muestra los resultados de las variables relacionadas con la textura en la galleta control y tratamiento 3

El tratamiento control presentó un valor de 48.05 N mientras que Trt3 registró 52.66 N, sin diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.0898$). Esto sugiere que la dureza necesaria para fracturar las galletas no se ve alterada de forma relevante por la sustitución del 25 %. La crocancia, entendida como la facilidad de ruptura en el primer bocado, se mantiene estable, lo que confirma que

niveles moderados de incorporación de leguminosas no comprometen la dureza (Okpala y Ekwe, 2013). Este resultado es consistente con el hecho de que la matriz de almidón y azúcares caramelizados en las galletas sigue siendo el principal determinante de la resistencia inicial, incluso en presencia de proteínas no formadoras de gluten del guandú.

Deformación al pico de carga.

Este parámetro no mostró diferencias significativas ($p = 0.588$), aumentando de 1.37 en el control a 1.47 en el Trt3. Este comportamiento sugiere que las galletas con sustitución parcial de harina de trigo por guandú presentan una estructura ligeramente más flexible, capaz de deformarse más antes de romperse. Esto puede atribuirse al contenido de fibra dietética, especialmente insoluble, que absorbe agua, interfiere con la red de gluten y genera microespacios en la matriz de la galleta. Tales modificaciones estructurales pueden reducir la cohesión interna y alterar la redistribución de tensiones durante la compresión (Lazou, 2024). Además, los polisacáridos no amiláceos del guandú podrían estar interactuando con las proteínas de trigo, limitando su capacidad de formar una red continua. De manera consistente, (Abiodun y Ohizua, 2018) también observaron que el uso de harina de guandú en galletas reduce la dureza y la fracturabilidad, lo que respalda la evidencia de que las leguminosas tienen el potencial de modificar la textura de productos horneados.

Energía de fractura.

El control presentó un valor de 105.40 mJ, mientras que el Trt3 descendió a 99.46 mJ, sin diferencia significativa. Esto sugiere que la energía de fractura necesaria para romper y masticar las galletas permanece similar entre ambos tratamientos. Estudios como el de (Noor et al., 2012) reportan que la incorporación de harinas de leguminosas (como frijol y garbanzo) en galletas no produce cambios significativos en atributos sensoriales clave como firmeza o masticabilidad, lo cual respalda nuestros resultados.

Cuadro 11*Resultados del Análisis de Textura en la galleta control y Tratamiento 3*

Tratamiento	Dureza	Deformación al pico	Energía de Fractura
	N	de carga mm	mJ
	Media \pm D.E.		
Trt1 (0%)	52.66 \pm 1.61	1.37 \pm 0.153	105.4 \pm 19.81
Trt3 (25%)	48.05 \pm 3.21	1.47 \pm 0.252	99.46 \pm 47.38
Probabilidad	0.0898	0.588	0.852

Nota. D.E.: Desviación estándar. (N): newton. (mm): milímetros. (mJ): milijulio. Trt1: control (0%). Trt3: Tratamiento 3 (25% sustitución). P:

Probabilidad ($P \leq 0.05$) indica diferencias significativas.

Análisis de Humedad y a_w

En el Cuadro 12 se presentan los resultados del análisis de humedad donde no se observaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$). En el estudio de (Bessada et al., 2019) mencionan que las harinas con adición de leguminosas, especialmente en niveles altos, pueden generar masas más débiles debido a su mayor contenido de fibra, que interfiere con la asociación de las proteínas y compite por el agua disponible con el almidón, afectando la gelatinización. La humedad fue similar entre el tratamiento control y el tratamiento con harina de guandú, lo que sugiere que la sustitución parcial realizada no fue suficiente para alterar significativamente la capacidad de retención de agua del sistema. Además, el contenido de fibra y proteína añadido por la harina de guandú se encuentra en equilibrio con los demás componentes de la formulación, como grasas y azúcares, que también influyen en la retención y evaporación del agua durante el horneado. Estudios como el de (Dogruer et al., 2023) encontraron que, al trabajar con mezclas de harinas alternativas como garbanzo, algarrobo y avellana, los niveles de humedad oscilaron entre 7.16 % y 10.28 %, observándose que las formulaciones con mayor contenido proteico tendieron a mostrar menor humedad.

La disminución observada en la a_w puede estar relacionada con la composición química del guandú, particularmente con su aporte de fibra y proteína, ya que estos componentes tienden a fijar una mayor proporción de agua ligada, reduciendo la fracción de agua libre disponible para el crecimiento microbiano. Este mismo comportamiento se ha descrito en galletas formuladas con harinas alternativas como quinua, donde se observaron valores de a_w más bajos respecto a la

formulación convencional, lo que se asoció a una mayor estabilidad durante el almacenamiento (Cacak et al., 2024).

En el caso de las galletas con guandú, esta reducción de a_w puede interpretarse como una ventaja tecnológica, ya que productos con menor actividad de agua presentan mayor resistencia al deterioro microbiológico y pueden prolongar su vida útil. Algo similar fue reportado en panes elaborados con harinas de legumbres como lenteja y chícharo, en los cuales la sustitución parcial de trigo modificó la absorción de agua y redujo la disponibilidad de agua libre, influyendo en la estabilidad físico-química del producto (Luque et al., 2024).

Asimismo, los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con lo observado en galletas elaboradas con cañihua, suero y almidón, donde la incorporación de ingredientes alternativos también redujo la a_w y contribuyó a una mejor conservación del producto en comparación con la formulación tradicional (Heba et al., 2024).

Cuadro 12

Resultados del análisis de humedad y a_w de la galleta control y Tratamiento 3 (25 %)

Tratamiento	Humedad (%)	a_w
	Media \pm D. E.	
Trt1 (0%)	3.22 \pm 0.47	0.43 \pm 0.022
Trt3 (25%)	2.97 \pm 0.41	0.37 \pm 0.051
Probabilidad	0.517	0.0364

Nota. D.E.: Desviación estándar. g: Gramos. P: Probabilidad ($P \leq 0.05$) son significativamente diferentes. %: porcentaje. Trt1: control. Trt3:

Tratamiento 3 (sustitución del 70% de harina de Guandú).

Análisis de Proteína Cruda

Las proteínas, como señala (Phillips et al., 2016), están constituidas principalmente por hidrógeno, carbono, nitrógeno, oxígeno y azufre, siendo los aminoácidos sus unidades básicas. El contenido proteico de los alimentos se determina generalmente de manera indirecta, a partir del contenido de nitrógeno o de ciertos aminoácidos específicos.

El Cuadro 13 presenta los resultados del análisis de proteína cruda en las galletas, donde se observaron diferencias significativas ($p < 0.0001$). La galleta control (Trt1, 0 % sustitución) mostró un valor promedio de 9.19 ± 0.06 , mientras que la formulación con 25 % de harina de guandú (Trt3) alcanzó 11.23 ± 0.069 en base a 100 gramos de proteína cruda, representando un aumento relativo del 22.2 %. Este incremento evidencia el aporte proteico de las leguminosas al ser incorporadas en productos de panificación. (Lazou, 2024) reporta que la sustitución parcial de harinas convencionales por harinas leguminosas en galletas condujo a un aumento significativo del contenido de proteína. Además de los beneficios nutricionales, la sustitución de harinas convencionales por leguminosas puede desempeñar un rol importante en la valorización de cultivos locales. En esta línea, (Adewole et al., 2024) señalaron que la integración de harinas de origen local, como las leguminosas, constituye una estrategia viable para incrementar el aporte proteico y mejorar el valor agregado de productos tradicionales de consumo masivo.

De manera más específica, investigaciones realizadas en la región amazónica de Perú. En particular, el trabajo de (Auquiñivin et al., 2015) demostraron que la incorporación de harina de pajuro (*Erythrina edulis*) permitió obtener valores de proteína superiores (11.3–15.7 %), lo cual coincide estrechamente con el incremento observado en este estudio al emplear harina de guandú.

En cuanto a la cantidad por porción de esta galleta en relación con el contenido proteico expresado por porción de 30 gramos, el tratamiento control (Trt1) alcanzó un valor promedio de 2.76 gramos, equivalente al 6 % del valor de diario (VD). La formulación con 25 % de sustitución de harina de guandú (Trt3) presentó 3.37 gramos de proteína por porción, lo que representa el 7 % del VD. El incremento observado en el Trt3 evidencia que la incorporación de harina de guandú mejora significativamente ($p < 0.0001$) el aporte proteico de la galleta y la acerca a valores requeridos para una declaración nutricional en el etiquetado. Este hallazgo coincide con un estudio donde se evaluó el contenido de proteína en siete categorías de alimentos procesados, destacando que la sustitución

parcial de harinas convencionales por harinas de leguminosas es una estrategia efectiva para incrementar el contenido proteico en productos de panificación (Domínguez y Cáceres, 2020).

Cuadro 13

Cuantificación de proteína cruda en las galletas control y Tratamiento 3 (25 %)

Tratamiento	Proteína cruda (g/100g)	Por porción (30 g)
	Media \pm D.E.	
Trt1 (0%)	9.19 \pm 0.06	2.76 \pm 0.020
Trt3 (25%)	11.23 \pm 0.069	3.37 \pm 0.017
Probabilidad	<.0001	<.0001

Nota. D.E.: Desviación estándar. g: Gramos. P: Probabilidad ($P \leq 0.05$) son significativamente diferentes. Trt1: control. Trt3: Tratamiento 3

(sustitución del 25% de harina de guandú).

Conclusiones

La harina de guandú presentó una mayor proporción de partículas finas, una menor a_w con respecto a la harina de trigo y la humedad no se vio afectada, por lo cual se considera un producto estable.

La sustitución del 25 % de harina de trigo por harina de guandú obtuvo la mayor aceptación sensorial entre los panelistas. Los niveles de sustitución no afectaron la preferencia.

Con un 25 % de sustitución se mejoró la luminosidad y se mantuvo la textura, demostrando que puede enriquecerse nutricionalmente sin alterar la calidad del producto, aumentando el contenido proteico de 6 % a 7 % VD.

Recomendaciones

Evaluar el efecto en otras técnicas de tratamientos térmicos o remojo, orientando en procesos hacia una mayor liberación o aprovechamiento de proteínas, mejorando así la calidad nutricional y digestibilidad del producto final.

Formular productos alternativos de panificación o snacks con base en guandú, como barras energéticas, muffins o cereales extruidos, para ampliar la gama de productos elaborados con esta leguminosa.

Evaluar el potencial de otras leguminosas frente al guandú, para identificar combinaciones que mejoren la calidad proteica y diversifiquen la base de materias primas.

Referencias

- Abdel-Gawad, A., Elghazali, M., Elliby, A. y Osman, A. (2024). Influence of Legumes Flour on Physical and Sensory Attributes of Gluten-free Breads. *Aswan University Journal of Sciences and Technology*, 4(2), 59–73. <https://doi.org/10.21608/aujst.2024.272375.1088>
- Abiodun, A. y Ohizua, E [E.] (2018). Physical, chemical, and sensory properties of biscuits prepared from flour blends of unripe cooking banana, pigeon pea, and sweet potato. *Food Science & Nutrition*, 6(3), 532–540. <https://doi.org/10.1002/fsn3.590>
- Adeola, A. y Ohizua, E [E.] (2018). Physical, chemical, and sensory properties of biscuits prepared from flour blends of unripe cooking banana, pigeon pea, and sweet potato. *Food Science & Nutrition*, 6(3), 532–540. <https://doi.org/10.1002/fsn3.590>
- Adewole, O. A., Jolayemi, O. S., Ayo-Omogie, H. N. y Badejo, A. A. (2024). Development and techno-functional characterization of gluten-free flour from rice, Cardaba banana, and pigeon-pea. *Journal of Future Foods*, 6(2), 266–278. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2024.04.011>
- Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (2024). *Listeriosis*. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN). https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/listeria.htm
- Akubor, P. (2017). Effect of Processing Treatments on the Quality of Bread Supplemented with Pigeon Pea Seed Flour. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 2(2), 1–9. <https://doi.org/10.9734/AJAAR/2017/35646>
- Alzuwaid, N. T., Pleming, D., Fellows, C. M., Laddomada, B. y Sissons, M. (2021). Influence of Durum Wheat Bran Particle Size on Phytochemical Content and on Leavened Bread Baking Quality. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/foods10030489>
- Arce Quesada, S. (2019). La innovación agroindustrial: componentes, tendencias y acciones. *E-Agronegocios*, 6(1), 25–37. <https://doi.org/10.18845/rea.v6i1.4938>
- Ariviani, S., Hapsari, K. C., Fauza, G., Ishartani, D., Atmaka, W., Khasanah, L. U. y Siswanti (2021). Evaluation of total phenolic content, antioxidant activity, germination power, and yield of pigeon pea (*Cajanus cajan*) sprouts elicited using various Naalginate levels with different elicitation duration. *Food Research*, 5(S2), 91–97. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(S2\).005](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(S2).005)
- Atuna, R. A., Mensah, M.-A. S., Koomson, G., Akabanda, F., Dorvlo, S. Y. y Amagloh, F. K. (2023). Physico-functional and nutritional characteristics of germinated pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour as a functional food ingredient. *Scientific Reports*, 13(1), 16627. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43607-8>
- Auquiñivín, S., Aldo, E., Castro, A. y Efrain M. (2015). Elaboración de galletas enriquecidas a partir de una mezcla de cereales, leguminosas y tubérculos. Chachapoyas, región Amazonas. *Facultad De Ingeniería Industrial*, 18(1), 84–90. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81642256009>
- Ayenán, M. A. T., Ofori, K., Ahoton, L. E. y Danquah, A. (2017). Pigeonpea [(*Cajanus cajan* (L.) Millsp.)] production system, farmers' preferred traits and implications for variety development and introduction in Benin. *Agriculture & Food Security*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0129-1>

- Bessada, S. M., Barreira, J. C. y Oliveira, M. B. P. (2019). Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 93, 53–68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.022>
- Bojňanská, T., Musilová, J. y Vollmannová, A. (2021). Effects of Adding Legume Flours on the Rheological and Breadmaking Properties of Dough. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/foods10051087>
- Bressiani, J., Oro, T., Da Silva, P. M. L., Montenegro, F. M., Bertolin, T. E., Gutkoski, L. C. y Gularte, M. A. (2019). Influence of milling whole wheat grains and particle size on thermo-mechanical properties of flour using Mixolab. *Czech Journal of Food Sciences*, 37(4), 276–284. <https://doi.org/10.17221/239/2018-CJFS>
- Cabrera, V., Benavides, J., Cortez, A., Aldas, J. y Revilla, K. (2023). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) en la elaboración de galletas. *Revista Colombiana De Investigaciones Agroindustriales*, 10(2), 23–33. <https://doi.org/10.23850/24220582.5736>
- Cacak, G., Sujka, K., Księżak, J., Bojarszczuk, J., Ziarno, M., Studnicki, M., Krajewska, A. y Dziki, D. (2024). Assessment of Physicochemical Properties and Quality of the Breads Made from Organically Grown Wheat and Legumes. *Foods (Basel, Switzerland)*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/foods13081244>
- Canales, E., Gallardo, R. K., Iorizzo, M., Munoz, P., Ferrão, L. F., Luby, C., Bassil, N., Pottorff, M., Perkins-Veazie, P., Sandefur, P., Colonna, A. y Sims, C. (2024). Willingness to Pay for Blueberries: Sensory Attributes, Fruit Quality Traits, and Consumers' Characteristics. *HortScience*, 59(8), 1207–1218. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI17947-24>
- Castro, I., Caicedo, L., Núñez, P. y Peñafiel, M. (2023). Evaluación Sensorial y Bromatológica de Galletas de Arroz Integral (*Oryza Sativa*), Algarrobo (*Prosopis Alba*) y Gandul (*Cajanus Cajan*) Trabajo Experimental. *Journal of Science and Research*, 227–235. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.11372440>
- Chumngoen, W. y Tan, F.-J. (2015). Relationships between Descriptive Sensory Attributes and Physicochemical Analysis of Broiler and Taiwan Native Chicken Breast Meat. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(7), 1028–1037. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0275>
- Cruz Escobedo, A. J., Villajulca-Carrión, J. Y. y Guillén-Sánchez, J. S. (2024). Galletas tipo soda elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz nixtamalizado y garbanzo. *Archivos Latinoamericanos De Nutrición*, 74(1), 1–9. <https://doi.org/10.37527/2024.74.1.001>
- Dogruev, I., Baser, F., Gulec, S., Tokatli, F. y Ozen, B. (2023). Formulation of Gluten-Free Cookies Utilizing Chickpea, Carob, and Hazelnut Flours through Mixture Design. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/foods12193689>
- Dominguez, G. y Cáceres, A. (2020). Valoración del contenido de fibra y proteína en siete categorías de alimentos procesados y ultra procesados de las tablas de composición de alimentos del INCAP. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstreams/dae7b210-61a5-449a-9bba-0a09d6c39654/download>

- Dutta, M., C. R., N., Laishram, R., R., D., Bansal, N., Goswami, S., Kumar, R. R., Raje, R. S., G., R. P. y T, V. (2025). Development of Advanced Processing Techniques for Pigeon Pea Dal to Enhance In vitro Protein Digestibility. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 17(2), 26–34. <https://doi.org/10.9734/ejnfs/2025/v17i21631>
- East African Standards (2011). *EAS 756: Pigeon peas – Specification*. <https://law.resource.org/pub/eac/ibr/eas.756.2011.pdf>
- FAO & OMS. (2022). *Salmonella spp. in foods: Microbiological Risk Assessment Series 35* (Microbiological Risk Assessment Series No. 35). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); World Health Organization (WHO). <https://www.who.int/publications-detail-redirect/risk-assessments-of-salmonella-in-eggs-and-broiler-chickens>
- Fasoyiro, S., Hovingh, R., Gourama, H. y Cutter, C. (2016). Change in Water Activity and Fungal Counts of Maize-pigeon Pea Flour During Storage Utilizing Various Packaging Materials. *Procedia Engineering*, 159, 72–76. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.066>
- Fiorentini, M., Kinchla, A. J. y Nolden, A. A. (2020). Role of Sensory Evaluation in Consumer Acceptance of Plant-Based Meat Analogs and Meat Extenders: A Scoping Review. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/foods9091334>
- Food and Drug Administration (FDA) (2012). *Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook*. U.S. Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov/files/food/published/Bad-Bug-Book-2nd-Edition-%28PDF%29.pdf>
- Food of Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2020*. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. <https://doi.org/10.4060/ca9692en>
- Frauenhoffer, S. (2024). *Comparative Analysis of Sensory Attributes, Acceptance, and Evoked-Emotions between Gluten-Free and Gluten-Containing Cookie Products*. University of Arkansas City, Fayetteville. <https://scholarworks.uark.edu/fdsuht/17>
- García, P. G. (2021). *Sustitución parcial de harina de trigo (Triticum vulgare L.) por harina de guandul (Cajanus cajan) en la elaboración de pan común*. Universidad Politecnica Estatal del Carchi, Tulcán, Ecuador. <https://repositorio.upec.edu.ec/items/de3c6d29-6396-40c3-91f3-caa87f695836>
- Granito, M., Valero, Y. y Zambrano, R. (2019). Desarrollo de productos horneados a base de leguminosas fermentadas y cereales destinados a la merienda escolar. *Archivos Latinoamericanos De Nutrición*, 60(1), 86–92. <https://www.researchgate.net/publication/262744399>
- Heba, A., Nahed, L. y Naglaa, A. (2024). Evaluation of Free Gluten Biscuits Substituted with Quinoa and Jerusalem Artichoke Flours as Functional Foods. *Food Technology Research Journal*, 4, 16–34. https://ftrj.journals.ekb.eg/article_355411.html
- Heetesonne, I., Claus, E., Leyn, I. de, Dewettinck, K., Camerlinck, M., Schouteten, J. J. y van Bockstaele, F. (2024). Characterization of Pulse-Containing Cakes Using Sensory Evaluation and Instrumental Analysis. *Foods (Basel, Switzerland)*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/foods13223575>

- Hernández, G., Álvarez, M., Núñez de Villavicencio, M., Llanes, L. y Duarte, C. (2024). Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Caupí en Galletas. *Ciencia Y Tecnología De Alimentos*, 34(1), 37–44. https://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/es/article/view/723?articlesBySameAuthorPage=2&utm_source
- Lazou, A. E. (2024). Properties, Structure, and Acceptability of Innovative Legume-Based Biscuits with Alternative Sweeteners. *International Journal of Food Science*, 2024, 8216796. <https://doi.org/10.1155/2024/8216796>
- Luque, O., Paredes, J., Quille, L., Choque, T., Cabel, D., Rivera, T. y Silva, R. (2024). Utilization of Sustainable Ingredients (Cañihua Flour, Whey, and Potato Starch) in Gluten-Free Cookie Development: Analysis of Technological and Sensorial Attributes. *Foods (Basel, Switzerland)*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/foods13101491>
- Miquilena, E. y Higuera, A. (2012). Evaluación del contenido de proteína, minerales y perfil de aminoácidos en harinas de *Cajanus cajan*, *Vigna unguiculata* y *Vigna radiata* para su uso en la alimentación humana. *UDO Agrícola*, 12(3), 730–740. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4690191>
- Noor, A., Mohamad N. y Ho, L. (2012). Physicochemical and organoleptic properties of cookies incorporated with legume flour. *ResearchGate*, 19(4), 1539–1543. https://www.researchgate.net/publication/264235712_Physicochemical_and_organoleptic_properties_of_cookies_incorporated_with_legume_flour
- Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 616) (2015). *Harina de Trigo. Requisitos*. <https://www.ecolex.org/details/legislation/acuerdo-no-163-nte-inen-616-sobre-los-requisitos-de-la-harina-de-trigo-lex-faoc018754/>
- Ohanenye, I. C., Ekezie, F.-G. C., Sarteshnizi, R. A., Boachie, R. T., Emenike, C. U., Sun, X., Nwachukwu, I. D. y Udenigwe, C. C. (2022). Legume Seed Protein Digestibility as Influenced by Traditional and Emerging Physical Processing Technologies. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(15). <https://doi.org/10.3390/foods11152299>
- Okpala, L. y Ekwe, O. (2013). Nutritional Quality of Cookies Produced From Mixtures of Fermented Pigeon Pea, Germinated Sorghum and Cocoyam Flours. *Ebonyi State University, Abakaliki, Nigeria*, 3(38-49). <https://journalejnfs.com/index.php/EJNFS/article/view/240>
- Okpala, L. y Okoli, E. (2011). Nutritional evaluation of cookies produced from pigeon pea, cocoyam and sorghum flour blends. *African Journal of Biotechnology*, 10(3), 433–438. <http://www.academicjournals.org/AJB>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). *América Latina y el Caribe - Panorama Regional de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición 2023*. FAO; IFAD; PAHO; WFP; UNICEF. <https://doi.org/10.4060/cc8514es>
- Organización Mundial de la Salud. (2024). *Malnutrition*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>
- Pang, J., Guan, E., Yang, Y., Li, M. y Bian, K. (2021). Effects of wheat flour particle size on flour physicochemical properties and steamed bread quality. *Food Science & Nutrition*, 9(9), 4691–4700. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2008>

- Pędziwiatr, D., Lamadrid, M. C. y Wojdyło, A. (2024). Cookies Fortified with Polyphenols Extracts: Impact on Phenolic Content, Antioxidant Activity, Inhibition of α -Amylase and α -Glucosidase Enzyme, Colour and Sensory Attractiveness. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/antiox13091108>
- Phillips, S. M., Chevalier, S. y Leidy, H. J. (2016). Protein "requirements" beyond the RDA: Implications for optimizing health. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 41(5), 565–572. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0550>
- Rabadán, A., Nieto, R. y Bernabéu, R. (2021). Food Innovation as a Means of Developing Healthier and More Sustainable Foods. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/foods10092069>
- Rodríguez, R., Guerrón, V., Guapi-Alava, G., Plúas-Mora, A., Revilla, K. y Aladas, J. (2024). Evaluación de galletas a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y maíz (*Zea mays*) empleando diferentes hidrocoloides. (*Nutrición Clínica Y Dietética Hospitalaria*), 44(2). <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/559>
- Soler, N., Castillo, O., Rodríguez, G., Perales, A. y González, A. (2017). Análisis proximal, de textura y aceptación de las galletas de trigo, sorgo y frijol. *SciELO*, 67(3), 227–234. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222017000400227
- Sparvoli, F., Giofré, S., Cominelli, E., Avite, E., Giuberti, G., Luongo, D., Gatti, E., Cianciabella, M., Daniele, G. M., Rossi, M. y Predieri, S. (2021). Sensory Characteristics and Nutritional Quality of Food Products Made with a Biofortified and Lectin Free Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Flour. *Nutrients*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/nu13124517>
- Spence, C. (2015). On the psychological impact of food colour. *Flavour*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s13411-015-0031-3>
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., Vries, W. de, Majele Sibanda, L., . . . Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet (London, England)*, 393(10170), 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- World Health Organization. (2007). *Protein and Amino Acid Requirements in human Nutrition: Report of a joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43411>

Anexos

Anexo A

Hoja de evaluación sensorial de galletas con sustitución parcial de harina de guandú.

Boleta de Evaluación Sensorial

Prueba de aceptación de una galleta mejorada nutricionalmente con guandú (*Cajanus cajan*) y harina de trigo (*Triticum ssp.*)

Edad: _____ Nacionalidad: _____ Fecha: _____

Sexo: M _____ F _____

¿Conoce el guandú? Sí _____ No _____ ¿Lo has probado? Sí _____ No _____

Instrucciones: Frente a usted se encuentran cuatro muestras de galletas. Por favor, pruebe cada una de las muestras presentadas, en orden de izquierda a derecha. Antes y después de probar cada muestra debe tomar un sorbo de agua con la finalidad de limpiar su paladar. Posteriormente, indique el grado de aceptación en cuanto a los atributos presentados, guiándose con *cuadro No. 1*. Anote los resultados percibidos en el *cuadro No.2* apuntando el código de cada una de las muestras.

Cuadro No. 1. Escala hedónica de 9 puntos.

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

Cuadro No. 2

# Muestra	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación general

Comentarios: _____

A continuación, enumere las muestras en orden de preferencia, siendo 1 la muestra más preferida y 4 la menos preferida.

Orden de preferencia:

Código	Rango asignado
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Justifique su preferencia:

GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN.

Anexo B*Escala hedónica utilizada con valor de 9 puntos*

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

Anexo C

Correlación de Pearson

	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación General
Apariencia	1.00000	0.42505 <.0001	0.17805 0.0003	0.34460 <.0001	0.24078 <.0001	0.34543 <.0001
Color	0.42505 <.0001	1.00000	0.35295 <.0001	0.31896 <.0001	0.28514 <.0001	0.34319 <.0001
Olor	0.17805 <.0001	0.35295 <.0001	1.00000	0.27625 <.0001	0.28177 <.0001	0.34959 <.0001
Sabor	0.34460 <.0001	0.31896 <.0001	0.27625 <.0001	1.00000	0.45336 <.0001	0.68234 <.0001
Textura	0.24078 <.0001	0.28514 <.0001	0.28177 <.0001	0.45336 <.0001	1.00000	0.75924 <.0001
Aceptación General	0.34543 <.0001	0.34319 <.0001	0.34959 <.0001	0.68234 <.0001	0.75924 <.0001	1.00000

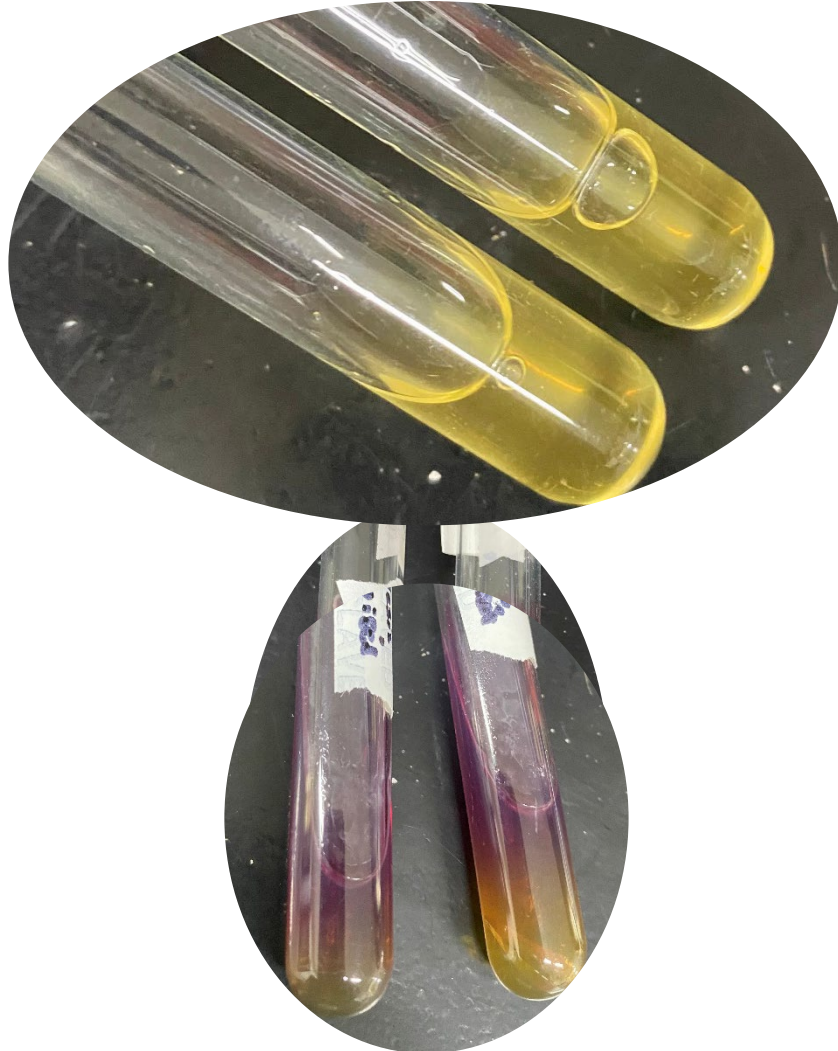
Anexo D

Resultados de placas Petri para el análisis de *Staphylococcus aureus*



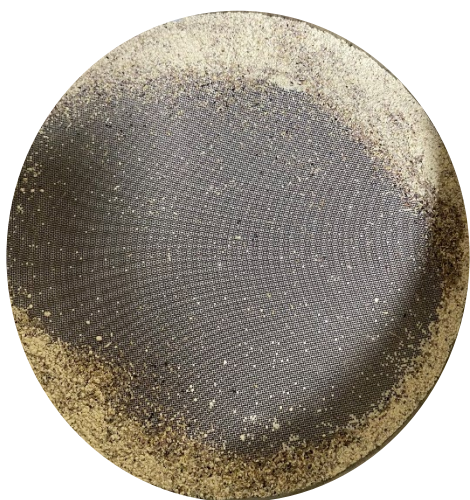
Anexo E

Resultados de placas Petri para el análisis de Salmonella spp.



Anexo F

Tamizado por granulometría de la harina de guandú de 850 μ m a $< 150 \mu$ m



Anexo G*Muestras para análisis de humedad*

Anexo H

Tabla de muestra de Basker y Kramer

Reyna Liria

08/02/2008

Anexo 4: Tabla de Prueba de Basker y Kramer "Valor crítico de diferencia entre suma de categorías"

Número de panelistas	Número de productos								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	8.8	14.8	21.0	27.3	33.7	40.3	47	53.7	60.6
21	9.0	15.2	21.5	28.0	34.6	41.3	48.1	55.1	62.1
22	9.2	15.5	22.0	28.6	35.4	42.3	49.2	56.4	63.5
23	9.4	15.9	22.5	29.3	36.2	43.2	50.3	57.6	65.0
24	9.6	16.2	23.0	29.3	36.9	44.1	51.4	58.9	66.4
25	9.8	16.6	23.5	29.9	37.7	45.0	52.5	60.1	67.7
26	10.0	16.9	23.9	30.5	38.4	45.9	53.5	61.3	69.1
27	10.2	17.2	24.4	31.1	39.2	46.8	54.6	62.4	70.4
28	10.4	17.5	24.8	31.7	39.9	47.7	55.6	63.6	71.7
29	10.6	17.8	25.3	32.3	40.6	48.5	56.5	64.7	72.9
30	10.7	18.2	25.7	32.8	41.3	49.3	57.5	65.8	74.2
31	10.9	18.5	26.1	33.4	42.0	50.2	59.4	66.9	75.4
32	11.1	18.7	26.5	34.0	42.6	51.0	60.3	60.3	76.6
33	11.3	19.0	26.9	35.0	43.3	51.7	61.2	69.0	77.8
34	11.4	19.3	27.3	35.6	44.0	52.5	62.1	70.1	79.0
35	11.6	19.6	27.7	36.1	44.6	53.3	63	71.1	80.1
36	11.8	19.9	28.1	36.6	45.2	54.0	63.9	72.1	81.3
37	11.9	20.2	28.5	37.1	45.9	54.8	64.7	73.1	82.4
38	12.1	20.4	28.9	37.6	46.5	55.5	67.2	74.1	83.5
39	12.2	20.7	29.3	38.1	47.1	56.3	65.6	75.0	84.6
40	12.4	21.0	29.7	38.6	47.7	57.0	66.4	76.0	85.7
41	12.6	21.2	30.0	39.1	48.3	57.7	67.2	76.9	86.7
42	12.7	21.5	30.4	39.5	48.9	58.4	68	77.9	87.8
43	12.9	21.7	30.8	40.0	49.4	59.1	68.8	78.8	88.8
44	13.0	22.0	31.1	40.5	50.0	59.8	69.6	79.7	89.9
45	13.1	22.2	31.5	40.9	50.6	60.4	70.4	80.6	90.9
46	13.3	22.5	31.8	41.4	51.1	61.1	71.2	81.5	91.9
47	13.4	22.7	32.2	41.8	51.7	61.8	72	82.4	92.1
48	13.6	23.0	32.5	42.3	52.2	62.4	72.7	83.2	93.8
49	13.7	23.2	32.8	42.7	52.8	63.1	73.5	84.1	94.8
50	13.9	23.4	33.2	43.1	53.3	63.7	74.2	85.0	95.8
55	14.5	24.6	34.8	45.2	55.9	66.8	77.9	89.1	100.5
60	15.2	25.7	36.3	47.3	58.4	69.8	81.3	93.1	104.9
65	15.8	26.7	37.8	49.2	60.8	72.6	84.6	96.9	109.2
70	16.4	27.7	39.2	51.0	63.1	75.4	87.8	100.5	113.3
80	17.5	29.6	42.0	54.6	67.4	80.6	93.9	107.5	121.2
90	18.6	31.4	44.5	57.9	71.5	85.5	99.6	114.0	128.5
100	19.6	33.1	46.9	61.0	75.4	90.1	105	120.1	135.5
110	20.6	34.8	49.2	64.0	79.1	94.5	110.1	126.0	142.1
120	21.5	36.3	51.4	66.8	82.6	98.7	115	131.6	148.4

Ref: Lawless HT, Heymann H. Sensory evaluation of food. Principles and practices. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York, London, Dordrecht, Boston, 1998.

Anexo I

Gráfico de retención por el método de granulometría

