

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación
Evaluación del efecto de la sustitución de harina de la semilla de
guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) en la
elaboración de brownies.

Estudiante

Marlon Adonay Díaz Rivas

Asesores

Sandra Karina Espinoza M.Sc.

Luis Fernando Maldonado Mejía Ph. D.

Honduras, octubre 2024

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA ACOSTA MARCHETTI

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

JULIO NAVARRO

Secretaría General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Anexos.....	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Metodología.....	12
Ubicación del Estudio.....	12
Fase I Procesamiento y Evaluación Físicoquímica de la Harina de Semilla de Guanacaste.....	12
Análisis Microbiológicos Realizados a la Harina de Semilla de Guanacaste	14
Composición Química Proximal de la harina de guanacaste y análisis de color.....	14
Fase II. Elaboración de Brownies con Sustitución de Harina de Guanacaste y Evaluación Sensorial...	19
Formulación de Brownies	19
Preparación de Brownies.....	20
Evaluación sensorial de Brownies de Harina de Trigo con Sustituciones de Harina de Guanacaste....	22
Fase III. Análisis Físicoquímicos de Brownie Control y Tratamiento con Sustitución de Harina de Guanacaste Mejor Evaluado de la Fase II	23
Color en Brownies.....	23
Análisis de Textura en Brownies.....	23
Proteína Cruda	23
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	24
Resultados y Discusión.....	25
Fase I Procesamiento y Evaluación Físicoquímica de la Harina de Semilla de Guanacaste.....	25
Pruebas Microbiológicas.....	25
Composición Química Proximal de la Harina de la Semilla de Guanacaste.....	26

Fase II. Elaboración de Brownies con Sustitución de Harina de Guanacaste y Evaluación Sensorial...	33
Análisis Sensorial de Aceptación de Brownies.....	33
Análisis de Correlación.....	36
Análisis Sensorial de Preferencia de Brownies de la Segunda Fase.....	36
Fase III. Análisis Físicoquímicos de Brownie Control y Tratamiento T3 con Sustitución de 70% Harina de Guanacaste como Mejor Evaluado de la Fase II	37
Análisis de Color.....	37
Análisis de Textura	38
Análisis de Proteína Cruda	40
Conclusiones	42
Recomendaciones.....	43
Referencias.....	44
Anexos.....	51

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Formulación de los Tratamientos con Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Guanacaste.	19
Cuadro 2 Descripción de tratamientos con sustitución parcial de harina de trigo por harina de semilla de guanacaste en el desarrollo de brownies de la segunda fase.	20
Cuadro 3 Resultados microbiológicos de la harina de guanacaste.....	25
Cuadro 4 Composición Química (g) y aporte energético (Kcal) de la Harina de la semilla de guanacaste por cada 100 g.....	26
Cuadro 5 Comparación del valor de proteína obtenido en este estudio de la harina de semillas de guanacaste con otras harinas de la familia de las fabáceas (leguminosas) y otras de importancia comercial.....	28
Cuadro 6 Resultados del Análisis de Color en Harina de guanacaste en la Escala L*a*b.	31
Cuadro 7 Comparación de color entre la harina de guanacaste y la harina de trigo comercial en la Escala L*a*b.....	32
Cuadro 8 Resultados del Análisis Sensorial de los Brownies con harina de semilla de guanacaste de la Fase II.	33
Cuadro 9 Resultados del Análisis de Correlación de la Aceptación General con los Atributos evaluados.	36
Cuadro 10 Resultados de Prueba de Preferencia de Brownies de la Segunda fase.	36
Cuadro 11 Resultados del Análisis de Color en Brownie en la Escala L*a*b para los Brownies control y T3 (70%) como mejor evaluado de la Fase II.	37
Cuadro 12 Resultados del Análisis de Textura en Brownie control y T3 (70%) como mejor evaluado de la Fase II.....	38
Cuadro 13 Cuantificación de Proteína cruda en Brownie control y T3 (70%) como mejor evaluado de la Fase II.....	40

Índice de Figuras

Figura 1 Diagrama de flujo para la obtención de harina de guanacaste.	13
Figura 2 Diagrama de Flujo para el Desarrollo de Brownies.....	21

Índice de Anexos

Anexo A Hoja de evaluación sensorial de brownies con sustitución parcial de harina de guanacaste de la segunda fase.....	51
Anexo B Tabla de prueba de Basker y Kramer.....	52
Anexo C Composición mineral de la harina de guanacaste (mg/ L).	53

Resumen

La semilla de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) posee alto contenido de proteína cruda (19.56-30.34%), pero no se aprovecha industrialmente. Este estudio busca agregar valor a la semilla mediante la producción de harina para su incorporación en brownies, analizando sus efectos sensoriales, nutricionales, color y textura. Se elaboró la harina y se realizó un análisis proximal. Se desarrollaron cuatro formulaciones: control 100% harina de trigo (HT) y tres sustituciones parciales de harina de guanacaste (HG) con 40, 70 y 100%. Se efectuó un análisis de aceptación mediante un diseño BCA, un ANDEVA y una prueba Duncan. Una prueba de preferencia analizando los resultados mediante las tablas de Basker y Kramer. Se realizaron análisis de proteína, color y textura comparando el brownie control con HT (100%) con el de 70% de HG. La composición de HG: humedad (7.54%), carbohidratos (43.56%), proteína (26.29%), grasa (2.02%), cenizas (3.58%) y fibra dietética (11.36%) con 294.86 Kcal/100 g. En los brownies con 40% de HG se redujo la aceptación del brillo y textura. En atributos como color, sabor, sabor amargo y aceptación general la sustitución de HG no influyó. El brillo y el sabor son los atributos que más influyeron en la aceptación general de los brownies. La sustitución de HG (70%) no influyó sobre el color del brownie, redujo la cohesividad y la elasticidad, no influyó en la dureza, firmeza y masticabilidad, aumentó el contenido proteico del 10%; aportando en una porción (55 g) el 10% del VRN.

Palabras clave: Harina de Parota, Innovación, Proteína Alternativa, Proteína Vegetal.

Abstract

Guanacaste seed (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) has a high crude protein content (19.56-30.34%), but is not used industrially. This study seeks to add value to the seed by producing flour for incorporation into brownies, analyzing its sensory, nutritional, color and texture effects. The flour was prepared and a proximal analysis was performed. Four formulations were developed: control 100% wheat flour (WF) and three partial substitutions of guanacaste flour (GF) with 40, 70 and 100%. An acceptance analysis was carried out using a BCA design, an ANOVA and a Duncan test. A preference test analyzing the results using the Basker and Kramer tables. Protein, color and texture analyses were performed comparing the control brownie with WF (100%) with that of 70% GF. The composition of GF: moisture (7.54%), carbohydrates (43.56%), protein (26.29%), fat (2.02%), ash (3.58%) and dietary fiber (11.36%) with 294.86 Kcal/100 g. In brownies with 40% GF, the acceptance of brightness and texture was reduced. In attributes such as color, flavor, bitter taste and general acceptance, the substitution of HG did not influence. The brightness and flavor are the attributes that most influenced the general acceptance of the brownies. The substitution of GF (70%) did not influence the color of the brownie, reduced the cohesiveness and elasticity, did not influence the hardness, firmness and chewiness, increased the protein content of 10%; providing in one portion (55 g) 10% of the RDA.

Keywords: Alternative Protein, Innovation, Parota Flour, Vegetable Protein.

Introducción

A lo largo de los años y debido a los diferentes cambios en nuestra sociedad como la crisis climática y el crecimiento de la población, es esencial reorientar los sistemas alimentarios hacia un modelo más saludable, sostenible y eficaz, para asegurar un impacto positivo en la salud pública y el medio ambiente. (Calvo y Cutler, 2022).

En este contexto, el guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.), perteneciente a la familia de las Fabáceas, se distribuye desde América del Norte hasta Sudamérica (Martínez-Rosales et al., 2023). En Honduras crece a altitudes inferiores a 1000 msnm, alcanzando una altura aproximada de 30 metros. Su fruto, de color café y con forma de oreja humana, tiene un diámetro de 8-10 cm (R. Gómez, 2019). Posee múltiples aplicaciones debido a sus propiedades ecológicas, agroindustriales, químicas y medicinales. Entre ellas se destacan la fijación de nitrógeno en el suelo y su relevancia en la industria maderera. Además, la goma que se extrae de su tronco tiene usos terapéuticos, especialmente en el tratamiento de bronquitis y resfriados. (Mendoza-García et al., 2023).

Aun así, específicamente su semilla ha recibido poca o nula atención en términos agroindustriales (Aguirre-Mancia, 2023). Esta posee características nutricionales muy importantes que pueden ser utilizadas dentro de la industria como el contenido de proteína cruda es próximo a 21.70% (Ekanem et al., 2022). Posee alrededor de 17 aminoácidos entre los cuales se encuentran 9 de los considerados esenciales, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina (Avoseh et al., 2021).

Este estudio busca valorizar la harina de semilla de guanacaste, dado el creciente interés por las fuentes de proteína vegetal, impulsado por la tendencia en la industria alimentaria hacia productos *Plant Based* que buscan alternativas más saludables y sostenibles (McManus, 2024). Por ello, la introducción de esta leguminosa en la alimentación humana se justifica por su alto contenido proteico, convirtiéndola en una opción para enriquecer diversos productos, ofreciendo una alternativa nutritiva y accesible frente a otras fuentes de proteína vegetal (Keskin et al., 2022).

Actualmente, un 11% de los consumidores opta por proteínas de origen vegetal, frente a un 23% que consume proteínas de origen animal. No obstante, ha habido un aumento significativo en la población que incorpora tanto proteínas vegetales como animales, alcanzando un 66% (Martínez, 2021).

Adicionalmente, diversos estudios han señalado que el consumo de alimentos ultraprocesados ha aumentado entre los jóvenes, quienes tienden a elegir productos bajos en nutrientes como proteínas y fibra, pero altos en calorías y aditivos (Reales-Moreno et al., 2022). La industria de panificación ocupa el tercer lugar con un 14% del consumo global de alimentos ultraprocesados, con un mercado global de USD \$16.5 millones (López-Torres y López-Alcaraz, 2022). Desde esta perspectiva, el brownie, como producto representativo de la industria de panificación, ofrece un entorno controlado para evaluar el efecto de la incorporación de nuevos ingrediente en las características fisicoquímicas del producto final (A. M. Gómez et al., 2022).

Al desarrollar un brownie con adición de harina de guanacaste, que contribuya a cubrir las necesidades nutricionales. Se pretende destacar el valor agregado de esta harina, presentándola como un producto innovador en la industria alimentaria. Con base en lo anterior se establecen como objetivos de este estudio:

Evaluar el efecto de la sustitución de harina de la semilla de guanacaste en la preferencia y aceptación sensorial de los brownies.

Determinar el contenido proteico, color y textura de los brownies del tratamiento mejor evaluado.

Metodología

Ubicación del Estudio

La harina de la semilla de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) y brownies se realizaron en la Planta de Innovación de Alimentos de Zamorano (PIA). Los análisis físicos-químicos en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), los análisis microbiológicos en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ) y el análisis sensorial en el Laboratorio de Análisis Sensorial de Alimentos. Todos localizados en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada en el Departamento de Francisco Morazán, 32 km al Este de Tegucigalpa, Honduras.

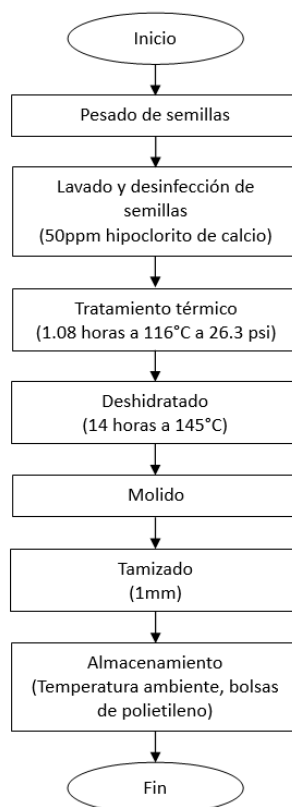
El proyecto se realizó en tres fases. En la primera fase se obtuvo la harina de guanacaste y se realizó recuento de Coliformes Totales y análisis proximal. En la segunda fase de la investigación se desarrollaron brownies con la adición de harina de guanacaste (0, 40, 70 y 100%), a los cuales se les evaluó la aceptación y preferencia. En la tercera fase se evaluó la textura, color y aporte de proteico de los brownies mejor evaluados de la Fase II.

Fase I Procesamiento y Evaluación Físicoquímica de la Harina de Semilla de Guanacaste

La semilla de guanacaste que se utilizó en este estudio fue recolectada en los árboles ubicados en las áreas verdes del departamento de agroindustria alimentaria y la zona del orquideario ambas localidades dentro del campus de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. A continuación, se detalla el proceso para la obtención de la harina (Figura 1).

Figura 1

Diagrama de flujo para la obtención de harina de guanacaste.



Nota. Flujo de proceso adecuado por los autores del proceso de elaboración de harina de guanacaste descrito por (Sánchez Ruiz 2017).

Iniciando con el pesado de las semillas, posteriormente se lavaron con agua a temperatura ambiente en una proporción de un litro de agua por un kilogramo de semillas y desinfectaron en una solución de hipoclorito de calcio con una concentración de 50 partes por millón durante 30 minutos de acuerdo con lo declarado por (Peralta, 2020). Posteriormente las semillas pasaron por un tratamiento térmico a 116 °C con una presión absoluta de 26.3 psi en una Instant Pot[®] Duo Nova, durante 1.08 horas con el objetivo de eliminar o reducir a niveles bajos los compuestos anti nutricionales. Que de acuerdo con (Serratos-Arévalo et al., 2008), esta semilla contiene inhibidores de tripsina y de glucósidos cianogénicos los cuales pueden ser eliminados sometiendo las semillas a cocción a 100 °C durante 30 minutos, evitándose así posibles daños a la salud humana.

Posteriormente, se colocaron las semillas en el deshidratador Excalibur[®] 2900ECB durante 14 horas a 145 °C hasta alcanzar un contenido de humedad de entre 8% y 12% (Veyna- Torres et al., 2016) para evitar el crecimiento de microorganismos, como hongos y bacterias, que pueden causar deterioro o enfermedades. Consecuentemente, con ayuda de un molino eléctrico VEVOR[®] XZ-10B para granos se procedió a moler la semilla deshidratada hasta que el 90% de la harina pase a través de un tamiz no mayor de 1mm. El almacenamiento se realizó a temperatura ambiente en bolsas de polietileno en un lugar fresco y seco esto para evitar su enranciamiento.

Análisis Microbiológicos Realizados a la Harina de Semilla de Guanacaste

Debido a los diferentes tratamientos térmicos y condiciones de presión a la que fueron sometidas las semillas y la harina de guanacaste se determinó llevar a cabo el recuento de Coliformes Totales como indicador de calidad, tomando como lineamiento lo establecido en (Secretaría de Gobernación de México, 2009) donde el nivel máximo permitido es de 500 UFC/g para harinas integrales.

Análisis de Coliformes Totales.

Se evaluó la presencia de Coliformes Totales por medio de vaciado en placa de acuerdo con el método oficial AOAC 966.23 se sembró 1 mL de las diluciones (10⁻¹, 10⁻² y 10⁻³) en agar bilis rojo violeta (ABRV) y se incubaron por 24 horas a 35 °C.

Composición Química Proximal de la harina de guanacaste y análisis de color

Se realizó una caracterización de la harina de guanacaste, para determinar el contenido de: humedad, grasa, proteína, cenizas, fibra dietética, carbohidratos, calorimetría y color. Siendo las muestras analizadas por triplicado.

Humedad.

Para la determinar humedad se utilizó el método AOAC 950.56B. Para efectos del cual se dio un previo secado de los crisoles y un secado de 3.0000 ± 0.0009 g de muestra de la harina de la semilla

de guanacaste en el horno de convección Fisher Scientific 750F a 100 – 102 °C por 9 y 18 horas, respectivamente. Para calcular el porcentaje de humedad, mediante la Ecuación 1.

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

Donde:

%H: Porcentaje de humedad.

C: Peso del crisol (g).

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

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

Grasa Cruda.

Se calculó el porcentaje de grasa cruda mediante el método AOAC 2003.06. Se procedió a pesar 2 g de Celite[®] 545 en cada dedal de celulosa, para luego pesar 5.0000 ± 0.0003 g de muestra de harina de la semilla de guanacaste y se procedió a homogeneizar, llevando a cabo el análisis por duplicado. Se introdujeron 4 perlas de ebullición de vidrio en tazas metálicas para un previo secado en el horno de convección Fisher Scientific 750F a 100 – 102 °C por 30 minutos, luego de este tiempo estas tazas se dejaron enfriar en un desecador a temperatura ambiente y se procedió al pesado estableciendo el dato “Peso de la taza”. Los dedales con la muestra y celite fueron enfriados en un desecador a temperatura ambiente, se colocó una fina capa de algodón desgrasado para proceder a la extracción en el aparato Soxtec 8000 FOSS. En el equipo las tazas se transfirieron y se agregaron 80 mL de hexano a cada muestra. Posteriormente, se dio un secado en el horno de convección durante 30 minutos a 102 °C. Se utilizó la Ecuación 2 obtener el porcentaje de grasa cruda de las muestras.

$$\%Grasa\ cruda = \frac{EE}{P} \times 100 \quad [2]$$

Donde:

EE: Peso del extracto etéreo (g) = (Peso de la taza +EE)- Peso de la taza.

P: Peso de la muestra (g).

Proteína Cruda.

Se procedió con el análisis de proteína cruda mediante el método AOAC 2001.11. Así, se pesó 1.0000 ± 0.0003 g de la muestra por duplicado en papel encerado y se transfirieron a cada tubo de digestión con dos tabletas Kjeltabs por tubo, adicionalmente se realizó un blanco y se procedió al proceso de digestión en el aparato Tecator TM D20 que fue previamente calentado a $420\text{ }^{\circ}\text{C}$. El proceso de destilación se realizó en el aparato Kjeltac 8200, donde se usaron matraces Erlen Meyer que fueron colocados en el destilador, mientras los tubos de digestión eran procesados con el Programa 1 para muestras con menos de 20% de grasa. Dichos matraces recolectaron los productos de la destilación, fueron trasladados para la valoración mediante titulación del volumen del ácido clorhídrico al 0.1 N usado en el proceso, tanto de los blancos "Vb", como de las repeticiones "Vm". Dato para el cual fue necesario usar las siguientes fórmulas y obtener el porcentaje de Nitrógeno (%N) (Ecuación 3) y porcentaje de Proteína (Ecuación 4).

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

Donde:

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

V_b: 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

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

Donde:

%N: Porcentaje de nitrógeno.

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

Cenizas.

Se analizó el porcentaje de cenizas por medio del método AOAC 923.03. Se retomaron las muestras a partir del pesado del crisol más la muestra seca del análisis de humedad, para proceder a incinerar la muestra por duplicado utilizando la mufla Sybron Thermolyne FA1730, a una temperatura de 550 °C por siete horas hasta obtener un color gris claro en la ceniza y procediendo a pesado. La Ecuación 5 fue utilizada en este análisis.

$$\%C = \frac{CC - C}{M} \times 100 \quad [5]$$

Donde:

%C: Porcentaje de cenizas.

CC: Peso del crisol más cenizas (g).

C: Peso crisol (g).

M: Peso muestra incinerada (g).

Análisis de Fibra Dietética.

Se utilizó el método AOAC 985.29. Se pesó 1 ± 0.0050 g de la muestra seca en un crisol Fibertec y se agregó 100 mL de solución fosfato. Se añadió 100 µL de alfa amilasa al crisol con muestra y se cubrió el crisol con aluminio, después se colocó el crisol en baño María a 95 °C por 15 minutos. Luego se enfrió por 10 minutos, se colocó 100 µL de proteasa y 10 mL de hidróxido de sodio (NaOH 1.25%) para regular el pH entre 6 a 6.2. Se calentó la muestra en baño María por 30 minutos a 65 °C, se dejó enfriar, se añadió 100 µL de amiloglucosidasa y se ajustó el pH de 4 a 4.6 con ayuda del ácido clorhídrico (HCl 1.25%). Se volvió a colocar en baño María por 30 minutos a 65 °C y después se agregó 250 mL de etanol al 95% a 50 °C. Se colocó 1 g de celite en un filtro de vidrio y se filtró la muestra con ayuda de una bomba de vacío. Por último, se colocó el filtro de vidrio en el horno por 15 horas a 105 °C y luego a la mufla Syron Thermolyne a 550 °C por 5 horas. Los datos se expresaron en g/100 g. Y se usará la Ecuación 6.

$$DF = \frac{[(R1 + R2)/2] - P - A - B}{(M1 + M2)/2} \times 100 \quad [6]$$

Donde:

R=Residuo (g).

P=Proteína (g).

A= Cenizas (g).

B= Blanco (g).

M= Peso de la muestra (g).

Carbohidratos Digeribles.

El valor de carbohidratos digeribles se calculó mediante la depreciación de los valores obtenidos para los anteriores análisis realizados. Así, para obtener el contenido de extracto libre de nitrógeno se usó la Ecuación 7.

$$\%CD = 100 - (\%Proteína + \%Grasa + \%Cenizas + \%Humedad + \%Fibra\ cruda) \quad [7]$$

Energía Total en la Harina.

Para obtener el aporte energético expresado en kilocalorías (kcal) por gramo de la harina de la semilla de guanacaste se calculó usando los siguientes fundamentos:

1 g de proteínas = 4 kcal

1 g de carbohidratos = 4 kcal

1 g de grasas = 9 kcal

Color en Harina.

Se evaluó el color en la harina de guanacaste mediante el equipo Colorflex calibrando el equipo con los discos estándar negro y blanco de acuerdo con las indicaciones del software. Siguiendo el método AN 1018.00. Así, la muestra de harina se sometió a análisis por triplicado teniendo cada repetición 6 unidades observacionales, con la escala L^*a^*b . Donde L representará la luminosidad relativa, mostrando la oscuridad y blanco en escala de 0 a 100, a^* representando la intensidad relativa del color rojo, aumentando la intensidad de este cuando el valor es mayor a 0 y a verde cuando este

es menor a 0 y b^* que corresponde a la intensidad relativa del color amarillo con valores mayores a 0 amarillo y menores a 0 azul.

Fase II. Elaboración de Brownies con Sustitución de Harina de Guanacaste y Evaluación Sensorial

Formulación de Brownies

Se considero el aporte de proteína de la harina de guanacaste obtenido en la Fase I, para formular la mezcla de brownies para tres tratamientos que satisfagan los requerimientos de consumo diario recomendado para este macronutriente, las formulaciones se presentan en el Cuadro 1. El T1 siendo el tratamiento control 100% harina de trigo y 3 con sustituciones parciales con harina de guanacaste 40%, 70% y 100% para los Tratamientos 2, 3 y 4 respectivamente como lo muestra el Cuadro 2.

Cuadro 1

Formulación de los Tratamientos con Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Guanacaste.

Ingredientes	T1*	T2	T3	T4
	0% HG	40% HG	70% HG	100% HG
Harina de trigo	9.35	5.61	2.81	-
Harina de Guanacaste	-	3.74	6.55	9.35
Azúcar	27.83	27.83	27.83	27.83
Cocoa en polvo	10.50	10.50	10.50	10.50
Sal	0.37	0.37	0.37	0.37
Mantequilla	25.60	25.60	25.60	25.60
Vainilla	0.37	0.37	0.37	0.37
Leche entera	3.71	3.71	3.71	3.71
Huevos	22.26	22.26	22.26	22.26
Total	100	100	100	100

Nota. *Tratamiento control. HG: Harina de guanacaste. Formulación adecuada del proceso de elaboración de brownies descrito por (Inuasti y López, 2021)

Cuadro 2

Descripción de tratamientos con sustitución parcial de harina de trigo por harina de semilla de guanacaste en el desarrollo de brownies de la segunda fase.

Tratamiento	Porcentaje de harina (%)	
	Trigo	Guanacaste
T1*	100	0
T2	60	40
T3	30	70
T4	0	100

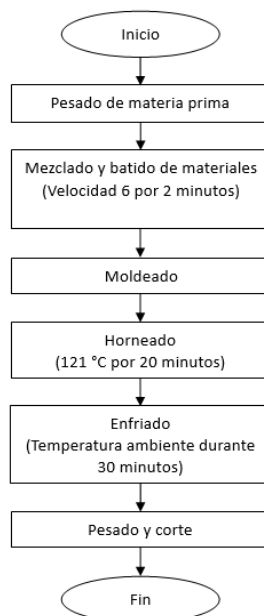
Nota. T1*. Tratamiento 1 (control). T2. Tratamiento2. T3 Tratamiento 3. T4: Tratamiento 4.

Preparación de Brownies

El flujo para el proceso de elaboración de los brownies se muestra en la Figura 2, el cual fue adecuado del proceso de elaboración de brownies descrito por (Inuasti y López, 2021).

Figura 2

Diagrama de Flujo para el Desarrollo de Brownies.



Nota. Flujo de proceso adecuado por el autor del proceso de elaboración de brownies descrito por (Inuasti y López, 2021).

La elaboración de los brownies se inició con el precalentado del horno a 121 °C durante 10 minutos, luego se colocó papel encerado en la bandeja para los brownies para facilitar la extracción de estos. Posteriormente en un recipiente resistente al calor, se derritió la mantequilla a baño maría. Después con base en las formulaciones con las diferentes sustituciones de harina de guanacaste tal como se muestra en el Cuadro 1, en un tazón grande, se homogenizaron los ingredientes secos (harina, azúcar, cocoa y sal). Luego, se agregaron los ingredientes húmedos (extracto de vainilla, la mantequilla derretida, la leche entera y huevos) hasta integrarlos.

Se vertió la mezcla en la bandeja preparada extendiéndola de manera uniforme. En seguida, se horneó en el horno Duke E102-E precalentado durante 20 minutos a 121 °C. Posterior al horneado se dejaron enfriar los brownies a temperatura ambiente durante 30 minutos para que estos terminen de tomar su estructura característica. Finalmente, se cortaron los brownies en un tamaño de 4×4 cm (10 g aproximadamente).

Evaluación sensorial de Brownies de Harina de Trigo con Sustituciones de Harina de Guanacaste

Se realizó un análisis sensorial afectivo con una prueba de aceptación y una prueba de preferencia con 100 panelistas no entrenados (Estudiantes de todos los años de pregrado de Zamorano) (Anexo A). A cada panelista se le proporcionó una bandeja con cuatro porciones de brownies codificados con tres dígitos de manera aleatoria y pertenecientes a los tratamientos y control (Cuadro 2). T1: Control, T2: 40% de harina de guanacaste, T3: 70% harina de guanacaste y T4: 100% harina de guanacaste. En la prueba de aceptación se utilizó escala hedónica de 9 puntos y se evaluaron siete atributos: brillo, color, olor, textura, sabor, sabor amargo y aceptación general. En la prueba de preferencia se ordenaron las muestras siendo 1 la más preferida y 4 la menos preferida.

Fase III. Análisis Físicoquímicos de Brownie Control y Tratamiento con Sustitución de Harina de Guanacaste Mejor Evaluado de la Fase II

En esta sección los análisis físicos de color y textura por compresión y el análisis químico de proteína se realizaron al brownie control con 100% de harina de trigo y al tratamiento con sustitución de harina de guanacaste mejor evaluado del análisis sensorial de la Fase II.

Color en Brownies.

Se evaluó el color en Brownies siguiendo la misma metodología descrita en la Fase I.

Análisis de Textura en Brownies.

Se realizó un análisis físico de textura por compresión mediante el texturómetro de Brookfield CT3 3 horas después del horneado, a una temperatura interna del brownies de 25 °C, con el objetivo de valorar los atributos mecánicos de dureza, cohesividad, elasticidad, firmeza y masticabilidad, los cuales se relacionan ampliamente con la evaluación sensorial (Stone y Sidel, 2004). Lo que permitió definir la identidad textural del alimento acorde a las preferencias del consumidor. El equipo se calibró de acuerdo con la instrucción LAA—004-003, se siguió el método ASTM E83. Las mediciones de textura en los brownies se realizaron por triplicado para los dos tratamientos de la segunda fase (control y mejor evaluado). Las dimensiones de las muestras fueron de 40 mm × 40 mm × 10 mm para el largo, ancho y profundidad de la muestra. Se usó una sonda cilíndrica de 38.1 mm de diámetro (TA4/1000) con condiciones de 1.8 mm/s de velocidad, valor meta u objetivo de 3 mm, carga inicial de 0.067 N adaptadas de (Inuasti y López, 2021).

Proteína Cruda

Se evaluó el contenido proteico en Brownies siguiendo la misma metodología descrita en la Fase I.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Para los resultados obtenidos en la Fase I caracterización de la harina de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo. Tomando en cuenta para su análisis medidas de tendencia central como la media y medidas de dispersión como la varianza y la desviación estándar.

Mientras que, para la Fase II de la investigación, el análisis sensorial de los brownies, se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro tratamientos incluyendo el control y tres repeticiones, para un total de 12 unidades experimentales (Cuadro 1). se realizó un análisis varianzas con un nivel de significancia del 90% ($P \leq 0.10$). Y una prueba de separación de medias Duncan. Adicionalmente, para la evaluación de datos del análisis sensorial de la Fase II se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar si existía una relación entre atributos evaluados por los panelistas y la aceptación general. Para analizar los resultados de la prueba de preferencia se usaron las tablas de Basker y Kramer (Anexo B).

Para la Fase III los resultados de los análisis fisicoquímicos (color, textura y proteína) del brownie control y el tratamiento con sustitución de harina de guanacaste mejor evaluado de la Fase II, siguió un análisis mediante una prueba t student, con 3 repeticiones por tratamiento, lo que dio un total de 6 unidades experimentales por análisis con un nivel de significancia del 95% ($P \leq 0.05$). Adicional al análisis estadístico descriptivo se evaluó y determinó el mejor tratamiento en cuanto al porcentaje de proteína de ambos tratamientos.

Los datos recopilados durante la evaluación de este estudio fueron analizados por medio del programa Statistical Analysis System (SAS®) on demand for students.

Resultados y Discusión

Los resultados son presentados de acuerdo con las etapas preestablecidas para este estudio. Iniciando con los resultados de la Fase I. de los análisis microbiológicos para determinar que la harina era apta para el consumo humano y del análisis proximal de la harina para su caracterización realizando únicamente un lote de harina de guanacaste para dichos análisis. Fase II. Resultado del análisis sensorial de los brownies. Fase III. Resultados del análisis físico y químico al brownie testigo y el de mayor aceptación de la Fase II.

Fase I Procesamiento y Evaluación Físicoquímica de la Harina de Semilla de Guanacaste

Pruebas Microbiológicas

Análisis de Coliformes Totales.

A las 24 horas de incubación se obtuvo un recuento de 90 UFC/g como lo muestra el Cuadro 3 que se encuentra considerablemente por debajo del límite máximo permitido de 500 UFC/g según la normativa mexicana para harinas de cereales, legumbres y leguminosas (Secretaría de Gobernación de México, 2009). Este resultado es un indicativo de que la harina de guanacaste utilizada en el estudio presenta una baja carga microbiana en términos de coliformes totales, lo cual es positivo en términos de calidad e inocuidad del producto. Este bajo recuento se debe a los diferentes procesos a los cuales fueron sometidas las semillas (11.6 psi, 116 °C y 1.08 horas). (Garmendia y Méndez, 2015), mencionan que entre 50-70°C por 12-15 minutos se eliminan los coliformes.

Cuadro 3

Resultados microbiológicos de la harina de guanacaste.

Indicador	Obtenido UFC/g	Límite UFC/g*
Coliformes Totales	90	500

Nota. *Valor norma mexicana para harinas de cereales (Secretaría de Gobernación de México, 2009).

Composición Química Proximal de la Harina de la Semilla de Guanacaste

Es de gran importancia para el estudio el conocer la composición de la materia prima, en cuanto a los diferentes aportes de cada uno de sus componentes. En el Cuadro 4, se muestran los resultados del análisis proximal realizado a 100 g de harina.

Cuadro 4

Composición Química (g) y aporte energético (Kcal) de la Harina de la semilla de guanacaste por cada 100 g.

Composición	Unidad de medida	Media \pm D.E.	C.V. %
Humedad	(g)	7.54 \pm 0.04	0.53
Grasa (EE)	(g)	2.02 \pm 0.02	0.99
Proteína Cruda (N*6.25)	(g)	26.29 \pm 0.12	0.46
Cenizas	(g)	3.58 \pm 0.01	0.28
Fibra Dietética	(g)	11.39 \pm 0.03	0.26
Carbohidratos digeribles	(g)	43.56 \pm 0.18	0.41
Valor calórico	(Kcal)	294.83 \pm 0.62	0.21

Nota. D.E.: Desviación estándar. C.V. %: Coeficiente de Variación. EE: Extracto Etéreo. g: gramos. Kcal: kilocalorías.

Humedad.

El agua es el mayor constituyente de todo producto alimenticio, siendo de gran importancia económica para el procesador siendo un llenador, y representando un factor de calidad en la preservación y estabilidad de toda matriz alimenticia (Nielsen, 2010). La humedad está relacionada con la vida útil de las harinas y con la capacidad de absorción de agua, en harinas como la de trigo el (RTCA 67.01.15:07. Harinas. Harina de trigo fortificada. Especificaciones, 2007) indica un valor máximo de 15.5%. Esta diferencia del 8.17% sugiere que la harina de guanacaste tiene un menor contenido de agua, lo que puede influir positivamente en su vida útil y almacenamiento, ya que una menor humedad reduce el riesgo de crecimiento de moho y otros microorganismos (Saavedra y Vélez Solórzano, 2022).

Grasa.

Los lípidos son un grupo de compuestos orgánicos de estructura muy variada no basada en características químicas, sino en la propiedad física de su solubilidad. No son solubles en agua sino en solventes orgánicos como el tolueno, el benceno y el etanol, por lo que son completamente hidrofóbicos. Dentro de los lípidos se incluyen los triglicéridos, ácidos grasos libres, ceras, fosfolípidos, esteroides como el colesterol y las esfingosinas, entre otros, cuyas estructuras químicas son muy diferentes entre ellos (Pacheco-Aguilar, 2022). El porcentaje de grasa cruda determinado por medio del método Soxhlet fue de 2.02 ± 0.014 g. (Gallo et al., 2018) reportan que el extracto etéreo es de $2.03 \pm 0.14\%$ para la semilla madura de Guanacaste. El contenido graso puede afectar la estabilidad del producto. Tal como menciona (Kinfé Bekele, 2020), la oxidación de lípidos afecta la calidad sensorial y el contenido de nutrientes. Por lo que al tener una harina con bajo contenido en grasa, como es el caso de la harina de guanacaste, tiende a ser menos susceptible a la rancidez, lo que puede prolongar su vida útil. Al compararse con otras harinas se puede observar que la harina de guanacaste presenta un contenido mayor a la harina de arroz (1.42 g) y a la harina de trigo (0.98) pero valores inferiores a la harina de soya (20.65 g) y 3.83 g para la harina de maíz Maseca (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá [INCAP], 2018)

Proteína Cruda.

Las proteínas son responsables de múltiples funciones en el organismo humano, debido a esto son una de las biomoléculas más importantes en la dieta. Son indispensables para el crecimiento del organismo y dentro de las diversas funciones que poseen destacan: estructural, contráctil, enzimáticas, homeostáticas, inmunológicas, producción de costras, protectoras y transducción de señales (Idrogo, 2018).

El Cuadro 5 reporta en la harina de la semilla de guanacaste un contenido proteico de 26.29 ± 0.12 g, valor que fue inferior al 28.21 g mencionado por (Gallo et al., 2018), pero, superior a 16.6 g descrito por (Ortiz et al., 1989), 19.56% descrito por (Vargas et al., 2021) y 22.61 g por (Barrientos et al., 2007). Esta variabilidad del contenido proteico según (Sánchez, 2019) se debe a diversos factores

ya sean intrínsecos o propios de las semillas (genéticos) o extrínsecos, de origen ambiental, como por ejemplo el estrés hídrico (sequía o falta de riego), deficiencias nutricionales de la planta madre por deficiente nutrición del suelo, calentamiento excesivo durante el secado (por ejemplo, en el caso de las leguminosas), daños mecánicos en el manejo postcosecha, condiciones de almacenamiento (temperatura y humedad relativa).

Cuadro 5

Comparación del valor de proteína obtenido en este estudio de la harina de semillas de guanacaste con otras harinas de la familia de las fabáceas (leguminosas) y otras de importancia comercial.

Tipo de harina	%Proteína Cruda	Fuente
Guanacaste (<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.)	26.29	
Soja (<i>Glycine max</i>)	37.20	(Modgil et al., 2021)
Frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	21.91	(Rodríguez-Villagómez, 2022)
Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i> L.)	21.17	(Ponce-Fernández et al., 2019)
Lentejas (<i>Lens culinaris</i>)	20.88	(Machuca-Flores y Meyhuay-Soto, 2017)
Maíz (<i>Zea Mays</i>)	6.93	(INCAP, 2018)
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	7-19	(M. García, 2018)
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	6.96	(Machuca-Flores y Meyhuay-Soto, 2017)
Sorgo (<i>Sorghum</i>)	8-12	(Salazar-López et al., 2018)

Al hacer la comparación de harinas a partir de granos de la familia de las fabáceas entre las que se mencionan el Frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), Garbanzo (*Cicer arietinum* L.), Lentejas (*Lens culinaris*) y Soja (*Glycine max*). Es únicamente esta última la que sobrepasa con 10.91 g los valores de proteína cruda con respecto a la semilla de guanacaste.

Y en comparación con otras harinas de interés comercial en la industria de alimentos. La harina de guanacaste está por encima de harinas como la de maíz (*Zea mays*) con 19.36 g, trigo (*Triticum aestivum*) con 7.29 g, arroz (*Oryza sativa*) 19.33 g y sorgo (*Sorghum*) con 14.29 g.

Cenizas.

La ceniza es el residuo obtenido después de la incineración de la materia orgánica a una temperatura comprendida entre 500-600°C, hasta que queda libre de carbón, y representa el contenido de material mineral presente. Esta determinación únicamente sirve para conocer en forma

aproximada el contenido mineral, más no es un indicativo claro del valor o calidad mineral de ella (Apréiz Guerrero, 2020). Así el análisis de este, tuvo como resultado un $3.58 \pm 0.01\%$, lo que difiere del 3.10% reportado por (Gallo et al., 2018), para las semillas maduras de guanacaste y al 3.50% reportado por (Ortiz et al., 1989). Esta variación en el contenido de cenizas puede residir en las condiciones de las semillas utilizadas ya que para este estudio además se está utilizando el tegumento que recubre las semillas. Valor menor al de la harina de soya 6.09 g, pero superior al de la harina de maíz 1.7 g, harina de arroz 0.61 g y harina de lentejas 2.20 g. Estos según la tabla de composición de los alimentos del (INCAP, 2018).

Fibra Dietética.

La fibra dietética es un polisacárido no amiláceo que no puede ser absorbido ni digerido por las enzimas del tracto gastrointestinal humano (Yang et al., 2017). Comprende a polisacáridos, con grado de polimerización mayor que 10, que no pueden ser hidrolizados por las enzimas endógenas en el intestino humano (Choquevilca, 2024).

La fibra soluble en la harina de guanacaste juega un papel crucial en la regulación del cuerpo, aumentando la saciedad, facilitando la pérdida de peso y contribuyendo a la reducción de glucosa e insulina posprandiales, triglicéridos, y colesterol en sangre (Villanueva-Suárez et al., 2016).

Los resultados para la harina de semilla de guanacaste muestran un contenido de fibra dietética del 11.39%, lo que supera en un 189% el requisito del (RTCA 67.01.60:23. Etiquetado Nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad., 2014) para considerarse "alta en fibra" ($\geq 6\text{g}/100\text{g}$). Esto posiciona a la harina de guanacaste como una excelente fuente de fibra. Comparativamente, su contenido es superior al de otras harinas comerciales, como la de trigo (2.40%), maíz (9.60%), y frijol de soya (10.20%) según la Tabla de Composición de Alimentos (INCAP, 2018).

Carbohidratos Digeribles.

Los carbohidratos, también denominados hidratos de carbono o glúcidos, son compuestos orgánicos cuya función primordial es producir energía metabólica para desarrollar las funciones vitales. Estos compuestos están formados por carbono, hidrógeno y oxígeno (Casado, 2020).

El contenido de extracto libre de nitrógeno en la harina es de 43.56 ± 0.18 g valor que difiere del 57.02 ± 0.62 g expresado por (Gallo et al., 2018) y por encima del 43.10 g mencionado por (Ortiz et al., 1989). Estas diferencias están relacionadas el estado de madurez de la semilla al momento de analizarlas. Ya que las leguminosas entre más inmaduras están menos contenido de carbohidratos poseen dado que están en una etapa de desarrollo temprano, donde la planta aún está acumulando nutrientes. A medida que la leguminosa madura, esos azúcares simples se transforman y se almacenan en forma de almidón, un carbohidrato complejo, en las semillas (Aguirre et al., 2018). Este valor obtenido puede compararse con otras harinas publicadas por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP, 2018), con un 62.10 g la harina de lentejas, 80.13 g de la harina de arroz y 76.85 g de la harina de maíz se encuentran por arriba de la harina de guanacaste.

Energía Total.

La caloría es la unidad que mide la energía que aporta un alimento, esencial para funciones vitales como la respiración, digestión y circulación sanguínea. En nutrición, se usa para calcular la energía que proporcionan los nutrientes de un alimento (Salgado, 2019). Así, el valor calórico promedio de la harina de guanacaste es de 294.83 ± 0.62 Kcal por 100 g. Este valor es menor comparado con otras harinas comerciales, como la de trigo (364 Kcal), maíz (361 Kcal) y arroz (366 Kcal), según la Tabla de Composición de Alimentos (INCAP, 2018). Lo que resulta positivo ya que las harinas con menos calorías pueden ser útiles para quienes buscan controlar o reducir su peso. Una dieta baja en calorías ayuda a mantener un balance energético adecuado, lo que es crucial para prevenir el sobrepeso y la obesidad (Anderson, 2021).

Color.

Para la harina de guanacaste se han obtenido los parámetros en la escala $L^* a^* b^*$, en la cual L^* indica luminosidad o tonos blancos y negros (Cuadro 6). En cuanto al valor a^* , un alto valor nos indica tonos más rojizos y un bajo, tonos verdes. Mientras que, el tener un alto valor b^* , indica tonos amarillos y un valor bajo se relaciona con tonos azules (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014). Como se observa en el Cuadro 6, en cuanto a L^* , se observó que la luminosidad es media inclinado hacia el blanco. En cuanto al valor a^* se demostró que hay una tendencia de un color verde en la harina. Mientras que, en b^* hay tendencia de un color azul. La combinación de las tres escalas genera un color beige oscuro. Estas tonalidades están relacionadas al contenido de carotenos que están presentes en las leguminosas entre los que pueden identificar Neoxantina, Violaxantina, Luteína, Zeaxantina y β -Caroteno. Y se pueden comparar con otras harinas a partir de leguminosas con tonalidades similares como las habas, garbanzos, lentejas y frijol (Jafar, 2014).

Cuadro 6

*Resultados del Análisis de Color en Harina de guanacaste en la Escala L^*a^*b .*

Muestra	L	a^*	b^*
	Media \pm D.E.		
Harina de Guanacaste	69.26 \pm 0.15	3.20 \pm 0.15	16.76 \pm 0.25
C.V. %	0.22	4.74	1.50

Nota. C.V. %: Coeficiente de Variación. D.E.: Desviación Estándar. 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).

La harina de Guanacaste de acuerdo con el Cuadro 7 presenta un valor de luminosidad significativamente menor ($L=69.26$) en comparación con la harina de trigo ($L=92.01$), lo que sugiere que la harina de Guanacaste es más oscura. Además, la harina de Guanacaste tiene valores más altos en los componentes de color a^* (3.20) y b^* (16.76), indicando una tendencia más pronunciada hacia los tonos rojos y amarillos en comparación con la harina de trigo (a^* : 0.56, b^* : 9.78). Esto sugiere que la harina de Guanacaste podría influir en la apariencia visual de los productos horneados, dándoles un tono más oscuro y cálido (Montoya-López et al., 2022).

Cuadro 7

Comparación de color entre la harina de guanacaste y la harina de trigo comercial en la Escala

*L*a*b.*

Tipo de harina	L	a*	b*
	Media ± D.E.		
Harina de Guanacaste	69.26±0.15	3.20±0.15	16.76±0.25
Harina de Trigo+	92.01	0.56	9.78

Nota. D.E.: Desviación Estándar. 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). +Resultados para la harina de trigo obtenidos de (Montoya-López et al., 2022).

Fase II. Elaboración de Brownies con Sustitución de Harina de Guanacaste y Evaluación Sensorial

Análisis Sensorial de Aceptación de Brownies

Este se realizó con el objetivo de determinar la aceptación de los brownies con distintos porcentajes de sustitución de harina de trigo por harina de la semilla de guanacaste, tomando en cuenta seis distintos atributos como el brillo, color, olor, textura, sabor y sabor amargo. Los atributos evaluados obtuvieron una puntuación entre 6 y 7 de una escala hedónica de 9 puntos (Cuadro 8), colocando los brownies entre “me gusta poco” y “me gusta moderadamente”. (Watts, 1992) Menciona que estas pruebas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados y están enfocadas en el grado en que gusta un producto.

Cuadro 8

Resultados del Análisis Sensorial de los Brownies con harina de semilla de guanacaste de la Fase II.

Tratamientos	Brillo	Color	Olor	Textura	Sabor	Sabor amargo	Aceptación general
	Media ± D.E.						
T1 (0%)	7.14±1.32 ^a	7.52±1.33 ^a	6.65±1.87 ^b	7.05±1.71 ^a	7.10±1.47 ^a	6.99±1.57 ^a	7.25±1.26 ^{ab}
T2 (40%)	6.70±1.48 ^b	7.29±1.46 ^a	6.61±1.50 ^{ab}	6.46±1.65 ^b	6.98±1.52 ^a	6.74±1.79 ^a	6.99±1.42 ^b
T3 (70%)	7.30±1.27 ^a	7.38±1.26 ^a	6.69±1.65 ^{ab}	6.78±1.64 ^{ab}	7.17±1.58 ^a	7.03±1.65 ^a	7.46±1.23 ^a
T4 (100%)	7.24±1.44 ^a	7.55±1.14 ^a	6.93±1.42 ^a	6.93±1.62 ^a	7.09±1.55 ^a	6.89±1.77 ^a	7.20±1.38 ^{ab}
C.V. %	19.43	17.52	24.37	24.32	21.60	24.56	18.30
Probabilidad	0.0094	0.4544	0.0899	0.0706	0.8518	0.6289	0.0973

Nota. C.V. %: Coeficiente de Variación. D.E.: Desviación estándar. Medias de la misma columna con letras diferentes (^a, ^b) son significativamente diferentes ($P \leq 0.10$). T1: Tratamiento control. T2: Tratamiento con sustitución del 40% de Harina de semilla de guanacaste. T3: sustitución del 70% de harina de semilla de guanacaste. T4: sustitución del 100% de harina de semilla de guanacaste. Escala hedónica de 1-9: 1= Me disgusta extremadamente, 5= Ni me gusta ni disgusta y 9=Me gusta extremadamente.

Brillo.

El Cuadro 8 indica que únicamente en el tratamiento T2 (40%) presenta diferencias estadísticas frente al resto de los tratamientos T1, T3 y T4 no presentan significancia es decir fueron aceptados por igual, siendo los de mayor aceptación. (Kemp et al., 2011) Indica que la apariencia es uno de los atributos más importantes de la evaluación pues influencia las expectativas del consumidor, dentro de este se puede evaluar la forma, tamaño, textura, color y brillo. Las diferencia en la

aceptación del tratamiento con un 40% de harina de guanacaste, puede deberse a qué en este se presenta una interacción más equilibrada entre las harinas de trigo y guanacaste, permitiendo que la textura y distribución de la humedad en la superficie afecten visiblemente el brillo (Cutipa-Hinostroza, 2022).

Color.

Entre los cuatro tratamientos no hay diferencias significativas lo que indica que el sustituir parcial o totalmente la harina de trigo por harina de guanacaste no afecta la aceptación del consumidor. (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014) Indica que el color suele ser considerado un factor psicológico de apreciación y un criterio para elegir un producto alimenticio. El color oscuro característico del brownie, debido a la incorporación de cocoa, podría enmascarar cualquier variación en el color provocada por la sustitución de la harina de trigo por harina de guanacaste. A pesar de estas variaciones que los brownies pudieran presentar los panelistas aceptaron por igual el color en los cuatro tratamientos.

Olor.

Se observa en el Cuadro 8 que la adición de la harina de guanacaste presenta una tendencia a mejorar la aceptación en cuanto al olor, observando un aumento en la aceptación del T4 (100%) con respecto al T1(0%). Esto puede deberse a que los frutos maduros del guanacaste poseen taninos que son compuestos fenólicos (alcoholes aromáticos) que aportan aromas maderables a la harina lo que puede influir en la mejora de la aceptación del olor en los brownies con sustitución de esta harina (Paz-Díaz et al., 2020).

Textura.

Se observa que tanto el T1(0%) y T4(100%) son los más aceptados e iguales estadísticamente y diferentes frente al tratamiento T2(40%). Este hallazgo es particularmente relevante, dado que el gluten es una proteína que contribuye a la estructura y elasticidad en productos horneados (Finney y Barmore, 1948). Lo que habría influido en la reducción en la aceptación de la textura, sin embargo, en los niveles más altos de sustitución T3 (70%) y T4 (100%), no se encuentran diferencias significativas

en la aceptación de la textura con respecto al T1(0%), sugiriendo que a medida que la sustitución es mayor, otros factores podrían estar compensando la falta de gluten como el contenido de fibra en la harina de guanacaste (Calderón y Mejía, 2017).

Sabor.

Uno de los principales atributos en un alimento, los tratamientos no muestran diferencias significativas en la aceptación entre si lo cual se traduce en beneficios al funcionar como un buen sustituto a la harina de trigo en este tipo de alimentos de panificación al no afectar la aceptación de los panelistas. Por lo cual pueden ser comparada a la harina de arroz, garbanzo y sorgo como sustitutos de trigo en la industria panificadora (Fernández, 2024). Las harinas derivadas de semillas o leguminosas, puede tener compuestos que aporten un sabor sutil, como ligeros toques terrosos o de nuez, pero su perfil sensorial generalmente se considera bastante neutro (Aguilera, 2009). Esto puede explicar por qué no hay diferencias significativas en la aceptación del sabor de los brownies.

Sabor Amargo.

No hay diferencias significativas entre tratamientos, la adición de la harina de guanacaste no afecta la aceptación del sabor amargo característico de un brownie generado por la inclusión de cocoa en polvo a la mezcla. Como (Crocker, 1990) expone las características tradicionales que los brownies deben tener en cuanto a color, olor, sabor y textura para asegurar la aceptación del consumidor. Las semillas de guanacaste poseen taninos que aportan un leve sabor amargo al poseer alrededor de 1.3 g equivalentes de ácido tánico (TAE)/L de solvente que pudiesen pasar desapercibidos en los brownies (Paz et al., 2021).

Aceptación General.

Se compone de todos los atributos evaluados como brillo, color, olor, textura y sabor (Stone et al., 2021). Se puede observar en el Cuadro 8 de acuerdo con la probabilidad estos poseen diferencias significativas ($P < 0.1$). El T2(40%) mostro la menor aceptación y diferencia significativa con respecto al T3(70%) que fue más aceptado.

Análisis de Correlación

Se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar la relación o el grado de asociación lineal entre los atributos de la evaluación sensorial y la aceptación general de los brownies, tanto en la versión control como en la que incluye harina de semilla de guanacaste, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. En el Cuadro 9, se observa que el brillo presenta una correlación positiva alta con la aceptación general. Esto sugiere que, en este producto en particular, el brillo (0.9997) y el sabor (0.9564) son atributos claves en la percepción positiva de los consumidores en los brownies.

Cuadro 9

Resultados del Análisis de Correlación de la Aceptación General con los Atributos evaluados.

Atributo		Brillo	Color	Olor	Textura	Sabor	Sabor amargo
Aceptación general	CCP	0.9997	0.6727	0.5705	0.7654	0.9564	0.8668
	P	0.0003	0.3274	0.4295	0.2346	0.0436	0.1332

Nota. Número de observaciones: 100. P: Probabilidad ($p < 0.05$). CCP: Coeficiente de Correlación de Pearson.

Análisis Sensorial de Preferencia de Brownies de la Segunda Fase

El análisis de datos se realizó por medio de una prueba de Basker y Kramer estableciendo el valor crítico como 46.9 que contempla la evaluación realizada de cuatro productos por 100 panelistas (Anexo B). El Cuadro 10 indica que los cuatro tratamientos son igualmente preferidos por los panelistas. Ya que ninguno sobrepasa el valor crítico de la tabla de Basker y Kramer. Sin embargo, para la Fase III se tomó el tratamiento T3 junto al tratamiento control para continuar con el estudio.

Cuadro 10

Resultados de Prueba de Preferencia de Brownies de la Segunda fase.

Tratamiento	Tratamiento	T1	T2	T3	T4
	Suma de categorías	245	262	245	248
T1 (0%)	245	0	-17	0	-3
T2 (40%)	262	17	0	17	14
T3 (70%)	245	0	-17	0	-3
T4 (100%)	248	3	-14	3	0

Nota. T1: control. T2: sustitución del 40% de Harina de semilla de guanacaste. T3: sustitución del 70% de harina de semilla de guanacaste.

T4: sustitución del 100% de harina de semilla de guanacaste. Valor crítico: 46.9.

Fase III. Análisis Físicoquímicos de Brownie Control y Tratamiento T3 con Sustitución de 70% Harina de Guanacaste como Mejor Evaluado de la Fase II

Análisis de Color

Como se observa en el Cuadro 11, en cuanto a L^* el tratamiento T1 (0%) muestra un valor de 20.35 mientras que el tratamiento T3 (70%) un 19.95 ambos con una luminosidad baja sin mostrar diferencias significativas, la luminosidad no se ve afectada por la sustitución de la semilla de guanacaste. En cuanto al valor a^* el tratamiento T1 (0%) muestra un valor de 3.96 mientras que el tratamiento T3 (70%) un 3.23 ambos tratamientos tienden a un tono rojizo. Mientras que, en b^* indican una tendencia hacia tonos amarillo. Estadísticamente, no existen diferencias significativas entre ambos tratamientos en los valores de L^* , a^* y b^* ($P > 0.05$). Dado que la cocoa está en la mismas proporciones en ambos tratamientos y que tiene un impacto tan fuerte en el color, puede enmascarar fácilmente las diferencias visuales que podrían surgir de las sustituciones de otros ingredientes lo que podría explicar por qué el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre los tratamientos (Arcanjo et al., 2020).

Cuadro 11

*Resultados del Análisis de Color en Brownie en la Escala L^*a^*b para los Brownies control y T3 (70%) como mejor evaluado de la Fase II.*

Tratamiento	L	a^*	b^*
	Media \pm D.E.		
T1 (0%)	20.35 \pm 0.38	3.96 \pm 0.77	1.38 \pm 0.78
T3 (70%)	19.95 \pm 0.67	3.23 \pm 0.87	0.86 \pm 0.51
C.V. %	2.71	22.78	56.31
Probabilidad	0.1417	0.0790	0.1150

Nota. D.E.: Desviación estándar. C.V. %: Coeficiente de variación. P: Probabilidad ($P \leq 0.05$) son significativamente diferentes. T1: control. T3: Tratamiento 3 (sustitución del 70% de harina de la semilla de guanacaste). 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

La textura es un indicador clave de la calidad de los alimentos para los consumidores. En el análisis de textura por compresión realizado a los brownies, se evaluaron tanto el brownie de control como el mejor valorado de la Fase II. Los resultados, que reflejan los atributos mecánicos de dureza, cohesividad, elasticidad, firmeza y masticabilidad, se presentan en el Cuadro 12.

Cuadro 12

Resultados del Análisis de Textura en Brownie control y T3 (70%) como mejor evaluado de la Fase II.

TRT	Dureza	Cohesividad	Elasticidad	Firmeza	Masticabilidad
	N	S. D	mm	N	mJ
	Media ± D.E.				
T1 (0%)	15.75±5.86	0.66±0.03	3.92±0.13	09.71±2.97	44.59±0.97
T3 (70%)	22.23±6.07	0.55±0.05	3.03±0.04	12.47±2.54	42.78±2.11
C.V. %	31.40	6.40	2.81	24.94	3.75
Probabilidad	0.2539	0.0249	0.0004	0.2892	0.2462

Nota. D.E.: Desviación estándar. C.V. %: Coeficiente de variación. N: Newtons. S.D.: Adimensional. mm: milímetros. mJ: miliJoules.

D.E.: Desviación Estándar. t: valor t de la prueba. GL: Grados de libertad. P: Probabilidad ($P \leq 0.05$) son significativamente diferentes. T1: control. T3: Tratamiento 3 (sustitución del 70% de harina de la semilla de guanacaste).

Dureza.

Los resultados del análisis de textura en brownie para el parámetro dureza con una probabilidad de 0.2539, indica que no hay una diferencia significativa en la dureza entre los tratamientos ($p > 0.05$). Esto sugiere que la sustitución de harina de trigo por harina de guanacaste no afecta la dureza del brownie. Es decir, ambos necesitan iguales condiciones de fuerza para ser comprimidos.

Cohesividad.

Se establece que a mayor adición de harina de guanacaste en la formulación la cohesividad es menor. (Al-Muhtaseb et al., 2012) plantea que el gluten es la proteína del trigo que confiere a la harina una serie de propiedades únicas. Dichas propiedades permiten obtener una masa viscoelástica y cohesiva, capaz de retener gas y preparar productos horneados aireados. Con una probabilidad de 0.0249, indica que sí hay una diferencia significativa en la cohesividad entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Esto implica que la cohesividad disminuye significativamente con la sustitución del 70% de harina de guanacaste es decir posee una mayor tendencia a desintegrarse debido a una acción mecánica. Siendo la razón principal de esta diferencia en cohesividad la ausencia de gluten en la harina de guanacaste. Además, el contenido de fibra presente en la harina de guanacaste (11.39 g) específicamente las fibras insolubles o poco solubles, son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad por lo tanto, menos cohesivas al reducir la interacción de las proteínas que usualmente brindan elasticidad en productos de trigo (Escudero Álvarez y González Sánchez, 2006).

Elasticidad.

Es una medida de cuánto recupera su altura o forma original el alimento luego de ser sometido a una deformación. Estrictamente se define como la altura que el alimento recupera durante el lapso transcurrido entre el final de la primera mordida y el comienzo de la segunda (Sacón et al., 2016). De acuerdo con el Cuadro 12 el valor de p es de 0.0004, lo que muestra una diferencia significativa entre los dos tratamientos ($p < 0.05$). La elasticidad se ve afectada drásticamente con la sustitución de harina, disminuyéndose con respecto al T1(0%). La fibra puede afectar la textura al interferir con la formación de la red de gluten en productos de trigo, lo cual resulta en una textura más densa y menos elástica. Esto se debe a que las fibras insolubles, como las que pueden estar presentes en la harina de guanacaste, tienden a absorber agua y limitar la capacidad de expansión y retención de gas en la masa, lo que contribuye a una textura más firme y menos elástica (Cañas A. et al., 2011).

Firmeza.

Se refiere a que tan firme está un producto cuando se comprime ligeramente. Es decir a la fuerza que se necesita para obtener una deformación dada (Sacón et al., 2016). Como se observa en el Cuadro 12 el valor de t es -1.22 y el valor de p es 0.2892, lo que indica que no hay una diferencia significativa en la firmeza entre los dos tratamientos ($p > 0.05$). Es decir, ambos presentan deformación en su estructura a una misma fuerza aplicada sobre ellos.

Masticabilidad.

Relacionada con la cohesión y el tiempo necesario o el número de masticaciones requeridas para dejar un producto sólido en las condiciones necesarias para su deglución (Talens-Oliag, 2017). Para los tratamientos T1(0%) y tratamiento T3(70%) no hay diferencias significativas ($p > 0.05$). Es decir, con las características físicas de ambos tratamientos es necesario el mismo número de masticaciones y tiempo para poder consumirlos.

Análisis de Proteína Cruda

Las proteínas, como señala (Phillips et al., 2016), están formadas 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, como indica (E. García et al., 2017).

Cuadro 13

Cuantificación de Proteína cruda en Brownie control y T3 (70%) como mejor evaluado de la Fase II.

Tratamiento	Proteína cruda (g/100 g)
	Media \pm D.E.
T1 (0%)	7.78 \pm 0.14
T3 (70%)	8.55 \pm 0.10
C.V. %	1.50
Probabilidad	<.0001

Nota. D.E.: Desviación estándar. C.V. %: Coeficiente de variación. g: Gramos. P: Probabilidad ($P \leq 0.05$) son significativamente diferentes. T1: control. T3: Tratamiento 3 (sustitución del 70% de harina de la semilla de guanacaste).

En este análisis de acuerdo con el Cuadro 13, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el contenido de proteína entre el brownie control (7.78%) y el Tratamiento 3 (8.55%), lo que sugiere que una mayor adición de harina de guanacaste incrementa el contenido proteico del brownie en un 10%. Además de acuerdo con el (RTCA 67.01.60:23. Etiquetado Nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad., 2014), en su anexo E. Para que un alimento se considere fuente de proteína debe contener al menos el 10% del Valor de Referencia de Nutrientes (VRN) (50 g) por 100 gramos. El Tratamiento 3 (70%) se

clasificaría como un alimento fuente de proteína, con 9 g por porción en 100 g del alimento de igual forma catalogado como fuente de proteína al tener 5 g por porción (55 g). Mientras que el tratamiento T1(0%) es fuente de proteína solo para 100 g del alimento, por porción únicamente posee 4 g en por porción por lo cual no llega al valor indicado por el RTCA de etiquetado nutricional.

Conclusiones

En atributos como el color, sabor, sabor amargo y aceptación general la sustitución de harina de guanacaste no influyó sobre la aceptación. El brillo y el sabor son los atributos que más influyen en la aceptación general de los brownies. La sustitución de harina de guanacaste no influyó en la preferencia de los brownies.

La sustitución de harina de trigo por harina de guanacaste en un 70% no influye sobre el color del brownie, reduce la cohesividad y la elasticidad, pero no afecta la dureza, firmeza y masticabilidad.

El brownie con sustitución de 70% de harina de harina de la semilla de guanacaste, obtuvo un aumento en el contenido proteico del 10%; aportando en una porción (55 g) el 10% del VRN.

Recomendaciones

Realizar un estudio de factibilidad para evaluar el efecto de la incorporación de la harina de guanacaste en la industria de panificación.

Evaluar el desempeño y efecto de la harina de guanacaste en otros productos de panificación que no requieran leudar como galletas, chips u otras matrices similares.

Analizar el efecto de la harina de guanacaste como fuente de proteína alternativa en productos cárnicos como sustitutos parciales de la harina de soya.

Evaluar el efecto de la harina de guanacaste en la incorporación como dieta proteica para desarrollo de núcleos y colmenas de abejas (*Apis mellífera*).

Referencias

- Aguilera, Y. (2009). *Harinas de leguminosas deshidratadas: caracterización nutricional y valoración de sus propiedades tecno-funcionales* [Tesis Doctoral], Universidad Autónoma De Madrid. RIS. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/101592/1/harinas%20de%20leguminosas%20deshidratadas.pdf>
- Aguirre, M., Kiegle, E., Leo, G. y Ezquer, I. (2018). Carbohydrate reserves and seed development: An overview. *Plant Reproduction*, 31(3), 263–290. <https://doi.org/10.1007/s00497-018-0336-3>
- Aguirre-Mancia, C. L. (2023). Composición químico-proximal de la harina no desgrasada y desgrasada de la harina de semilla de parota (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq. Griseb.). *Revista Jóvenes en la Ciencia*. <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/10282>
- Al-Muhtaseb, A. H., McMinn, W., Megahey, E., Neill, G., Magee, R. y Rashid, U. (2012). Textural Characteristics of Microwave-Baked and Convective-Baked Madeira Cake. *Journal of Food Processing & Technology*, 04(02). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000209>
- Anderson, H. E. (2021). ¿Qué dieta seleccionar en el tratamiento de la obesidad? *Anales Venezolanos De Nutrición*, 33(1). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0798-07522020000100041
- Apráez Guerrero, J. E. (2020). *Análisis químico de alimentos para animales* (1ª ed.). Universidad de Nariño.
- Arcanjo, M., Rimá de Oliveira, K. Á., Dantas, A., Chantelle, L., Araújo de Vasconcelos, M. H. y de Lima Brito, I. (2020). Development and characterization of cocoa brownie added of passion fruit albedo flour (*Passiflora edulis* Sims). *Research, Society and Development*, 9(8), e45985245-e45985245. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5245>
- Avoseh, O. N., Akinpelu, Z. M., Osifeko, O. L., Arubuola, F. T., Mtunzi, F. M. y Ogunwande, I. A. (2021). Investigational Medicinal Chemistry and Pharmacology Journal/Investigational Medicinal Chemistry and Pharmacology/Vol. 4 No. 2 (2021)/Articles Open Access. *Investigational Medicinal Chemistry & Pharmacology*, 4(2). <https://www.ajol.info/index.php/imcp/article/view/224538>
- Barrientos, L., Segura, M., López-Dellamary, F., Vargas, J., Navarro, F., Zamora, F. y Santerre, A. (2007). Chemical composition and nutritional evaluation of *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (Fabaceae-Mimosoideae) seeds from Jalisco and Nayarit, México. *Scientia-Cucba*, 9(1), Artículo 5, 39–45. http://www.ibugana.cucba.udg.mx/sites/default/files/publicaciones1/page_scientia_cucba/scientia_9_1.pdf#page=43
- Calderón, B. y Mejía, L. (2017). La dieta sin gluten debe administrarse solo a niños con diagnóstico de enfermedad asociada al trigo. *Bol Clin Hosp Infant Edo Son*, 34(2), 99–108.

- Calvo, F. y Cutler, E. (2022). ¿Por Qué Deberíamos Reorientar el Apoyo Agrícola hacia Infraestructura basada en la Naturaleza? *International Institute for Sustainable Development*. <https://www.iisd.org/es/node/16551>
- Cañas Z., Restrepo Molina, D. A. y Cortés Rodríguez, M. (2011). Revisión: Productos Vegetales como Fuente de Fibra Dietaria en la Industria de Alimentos. *Revista Facultad Nacional De Agronomía* -, 61(1), 6024–6035. <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179922364025.pdf>
- Casado, I. Y. (2020). *Hidratos de carbono: salud y medioambiente* [Tesis], Universidad de La Laguna, España. [riull.ull.es. https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/20261](https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/20261)
- Choquevilca, Y. C. (2024). Obtención de fibra dietética de las cascarillas de Vicia faba L. cruda y tostada por método Enzimático-Gravimétrico. *Revista Q'euña*, 15(1), 7–14. <https://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/rq/article/view/1442>
- Crocker, B. (1990). *Betty Crocker's Baking classics* (1st trade ed.). Random House.
- Cutipa-Hinostroza, T. (2022). *Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum aestivium L.) por harina de cushuro (Nostoc sphaericum) en el volumen y características organolépticas del pan francés* [Tesis], Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, Perú. [repositorio.unsch.edu.pe. https://repositorio.unsch.edu.pe/items/fc8c5cab-4320-431f-936d-d2c5edf51f6d](https://repositorio.unsch.edu.pe)
- Ekanem, N. J., Inyang, U. A. y Ikwunze, K. (2022). Chemical composition, secondary metabolites and nutritive value of elephant-ear tree (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb): A review. *Nigerian Journal of Animal Production*, 49(2), 277–286. <https://doi.org/10.51791/njap.v49i2.3489>
- Escudero Álvarez, E. y González Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21(2), 61–72. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309226709007>
- Fernández, J. E. (2024). *Harina de arroz (Oryza sativa), Garbanzo (Cicer arietinum), Sorgo (Sorghum vulgare) como sustitutos de trigo en la industria panificadora* [Tesis], Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador. [dspace.utb.edu.ec. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16286](http://dspace.utb.edu.ec)
- Finney, K. F. y Barmore, M. A. (1948). *Leaf volume and protein content of hard winter and spring wheats*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19491600918>
- Gallo, R. T., Verbel, R. O., Ruiz, Y. P., Iburguen, C. M. y Navarro, D. L. (2018). Sensorial Evaluation of a Spreadable Paste based on Orejero Seeds (*Enterolobium cyclocarpum*) and its Physicochemical, Microbiological and Textural Characterization. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 16(SPL), 287–291. <https://doi.org/10.19026/ajfst.16.5969>
- García, E., Fernández, I. y Fuentes, A. (2017). *Aplicación de la determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con una base fuerte* [Tesis], Univesitat Politècnica de València, España. [riunet.upv.es. https://riunet.upv.es/handle/10251/29832](https://riunet.upv.es/handle/10251/29832)

- García, M. (2018). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum) por harina de pituca (Colocasia esculenta) en la calidad del pan francés* [Tesis], Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Perú. repositorio.unsch.edu.pe. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/80dc756d-ca18-4c38-9d48-edede525a97>
- Garmendia, G. y Méndez, S. V. (2015). *Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas*. https://www.researchgate.net/profile/silvana-vero/publication/28282408_metodos_para_la_desinfeccion_de_frutas_y_hortalizas
- Gómez, A. M., Miniet Castillo, A. E., Anaya González, J. L., Arcos Montenegro, M. E. y Morán Prado, K. M. (2022). Uso de harina de quinua en la elaboración de brownies como alternativa alimentaria. *La Ciencia al Servicio de la Salud y la Nutrición*, 13(1), 4–12. <https://doi.org/10.47244/cssn.Vol13.Iss1.666>
- Gómez, R. (2019). *Potencial de prácticas y sistemas silvopastoriles para las acciones nacionales apropiadas de mitigación (NAMA) para el sector ganadero de Honduras* [Tesis de Posgrado], Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza. repositorio.catie.ac.cr. <http://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9028>
- Idrogo, A. (2018). *Biomoléculas orgánicas: Proteínas* [Tesis], Universidad Nacional de Trujillo, Perú. dspace.unitru.edu.pe. <https://dspace.unitru.edu.pe/items/05245799-30cf-41ef-b3cc-bcd104b687e0>
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (2018). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica* (Tercera edición). Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, INCAP.
- Inuasti, S. G. y López, V. L. (2021). *Efecto de la adición de harina de pulpa de café (Coffea arabica) en las características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales de brownies* [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/7d6ecc72-a372-43c5-8278-50f967611507/content>
- Jafar, M. E. (2014). Estimation of carotenoid contents of selected mediterranean legumes by HPLC. *World Journal of Medical Sciences*, 10(1), 89–93.
- Kemp, S., Hollowood, T. y Hort, J. (2011). *Sensory Evaluation: A Practical Handbook*. Wiley.
- Keskin, S. O., Ali, T. M., Ahmed, J., Shaikh, M., Siddiq, M. y Uebersax, M. A. (2022). Physico-chemical and functional properties of legume protein, starch, and dietary fiber—A review. *Legume Science*, 4(1), Artículo e117. <https://doi.org/10.1002/leg3.117>
- Kinfe Bekele, E. (2020). *Lipid Oxidative Stability, Antioxidant Capacity, and Protein Quality of Direct-Expanded Chickpea-Sorghum Snacks* [Tesis], University of Saskatchewan, Canadá. RIS. <https://harvest.usask.ca/bitstream/10388/13229/1/bekele-dissertation-2020.pdf>

- López-Torres, L. P. y López-Alcaraz, F. (2022). Los productos ultra-procesados: Implicancias sobre su consumo, avances y retos en América Latina para la salud pública en adultos. *Revista Chilena De Nutrición*, 49(5), 637–643. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182022000600637>
- Machuca-Flores, M. L. y Meyhuay-Soto, F. J. (2017). *Evaluación nutricional de galletas dulces con sustitución parcial por harina de arroz (Oryza sativa) y harina de lenteja (Lens culinaris)* [Tesis], Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú. [repositorio.uncp.edu.pe. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4775/Machuca%20Flores%20-%20Meyhuay%20Soto.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4775/Machuca%20Flores%20-%20Meyhuay%20Soto.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Martínez, J. (2021). *Por un sistema agroalimentario sostenible: Se incrementa el consumo de proteína de origen vegetal*. AINIA. <https://www.ainia.com/ainia-news/sistema-agroalimentario-sostenible-consumo-proteina-origen-vegetal/>
- Martínez-Rosales, A. F., Trujillo-Tapia, N. y Ramirez-Fuentes, E. (2023). Toxicidad del malatión en la germinación del Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*). *Ciencia Y Mar*, 27(79). https://www.researchgate.net/profile/andres-martinez-rosales/publication/370833415_toxicidad_del_malation_en_la_germinacion_del_guanacaste_enterolobium_cyclocarpum
- Mathias-Rettig, K. y Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42(2), 57–66. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>
- McManus, K. (2024). *What is a plant-based diet and why should you try it*. Harvard Health Publishing. <https://www.health.harvard.edu/blog/what-is-a-plant-based-diet-and-why-should-you-try-it-2018092614760>
- Mendoza-García, D. A., Rodríguez-Núñez, J. R., Guzmán-Maldonado, S. H., Raya-Pérez, J. C., Gutierrez-Benicio, G. M. y Aguirre Mancilla, C. L. (2023). Composición químico-proximal de la harina no desgrasada y desgrasada de la harina de semilla de parota (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq. Griseb.). *Jóvenes en la ciencia*, 24, 1–4. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4194>
- Modgil, R., Tanwar, B., Goyal, A. y Kumar, V. (2021). *Oilseeds: Health Attributes and Food Applications*. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-4194-0_1
https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_1
- Montoya-López, J., Giraldo-Giraldo, G. y Lucas-Aguirre, J. (2022). Determinación del índice de blancura en harina de trigo comercial. *Vitae*, 19. <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914130.pdf>
- Nielsen, S. S. (2010). *Food Analysis* (4ª ed.). Springer.
- Ortiz, M. D., González, J. M. y Bressani, R. (1989). Valor Nutricional del Fruto del Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) en Bovinos jóvenes. *Catie*, 39(2), 209–214.

<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10679#:~:text=La%20semilla%20conten%C3%ADa%2021.10%20por,15.60%20por%20ciento%20de%20fibra.>

Pacheco-Aguilar, R. (2022). *Lípidos: grasas y aceites en los alimentos*. Centro de Investigación y Desarrollo de Alimentos CIAD. [https://www.ciad.mx/lipidos-grasas-y-aceites-en-los-alimentos/#:~:text=Los%20%C3%ADpidos%20son%20un%20grupo,hidro%C3%B3bicos%20\(repelen%20el%20agua\).](https://www.ciad.mx/lipidos-grasas-y-aceites-en-los-alimentos/#:~:text=Los%20%C3%ADpidos%20son%20un%20grupo,hidro%C3%B3bicos%20(repelen%20el%20agua).)

Paz, H. J., Agudelo Beltrán, A. Y., Plata Pastor, D. A., Pacheco Valderrama, M. M., Salazar Beleño, A. M. y Murillo Méndez, C. J. (2021). Extracto de taninos del fruto piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*) como curtiente para piel de conejo común (*Oryctolagus cuniculus*). *Bioteología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 19(1), 180–190. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(19\)180-190](https://doi.org/10.18684/bsaa(19)180-190)

Paz-Díaz, H. J., Agudelo Beltrán, A. Y., Plata Pastor, D. A., Pacheco Valderrama, M. M., Salazar Beleño, A. M. y Murillo Méndez, C. J. (2020). Extracto de taninos del fruto piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*) como curtiente para piel de conejo común (*Oryctolagus cuniculus*). *Bioteología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 19(1). [https://doi.org/10.18684/BSAA\(19\)180-190](https://doi.org/10.18684/BSAA(19)180-190)

Peralta, R. G. (2020). *Guía para uso de cloro en desinfección de frutas y hortalizas de consumo fresco, equipos y superficies en establecimientos*. <https://www.oirsa.org/contenido/2020/Guia%20para%20uso%20de%20cloro%20como%20desinfectante%20en%20establecimientos%2023.06.2020.pdf>

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>

Ponce-Fernández, N. E., Polloreña-López, G., Rosas-Domínguez, C., López-Peñuelas, V. M. y Osuna-Izaguirre, S. C. (2019). Composición química, características funcionales y capacidad antioxidante de formulaciones de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) Blanco de Sinaloa 92. *Agrociencia*, 53(1), 35–44. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1749>

Reales-Moreno, M., Tonini, P., Escorihuela, R. M., Solanas, M., Fernández-Barrés, S., Romaguera, D. y Contreras-Rodríguez, O. (2022). *Ultra-Processed Foods and Drinks Consumption Is Associated with Psychosocial Functioning in Adolescents*. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España. <https://www.mdpi.com/2072-6643/14/22/4831>

RTCA 67.01.60:23. Etiquetado Nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad. (2014). <https://sde.gob.hn/wp-content/uploads/2024/03/RTCA-Etiq.-Nutricional-CPI.pdf>

- RTCA 67.01.15:07. Harinas. Harina de trigo fortificada. Especificaciones (2007). <https://cbm.export.com.gt/sites/default/files/normativas/RTCA%20Harina%20de%20Trigo%20Fortificada.%20Especificaciones.pdf>
- Rodríguez-Villagómez, S. (2022). *Desarrollo, caracterización fisicoquímica y nutracéutica de un explotado tipo palomita utilizando frijol compun (Phaseolus vulgaris L.) variedad reventón* [Tesis]. Universidad Autónoma de Querétaro, México. <https://ring.uaq.mx/bitstream/123456789/3716/1/RI006739.pdf>
- Saavedra, E. R. y Vélez Solórzano, N. A. (2022). *Efecto del tratamiento térmico sobre la humedad y características microbiológicas de la harina de plátano (Musa paradisiaca)*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador. [https://www.ciad.mx/lipidos-grasas-y-aceites-en-los-alimentos/#:~:text=Los%20lipidos%20son%20un%20grupo,hidrofo%C3%B3bicos%20repelen%20el%20agua\).](https://www.ciad.mx/lipidos-grasas-y-aceites-en-los-alimentos/#:~:text=Los%20lipidos%20son%20un%20grupo,hidrofo%C3%B3bicos%20repelen%20el%20agua).)
- Sacón, E. F., Rivadeneira Vera, G. F., Dueñas Rivadeneira, A. A., Alcivar Cedeño, U. E., Zambrano Rueda, J. F. y López Bello, N. (2016). Evaluación de las propiedades elásticas y mecánicas de una masa de pan con sustitución de harina de camote (ipomoea batata). *Revista Centro Azúcar*, 43. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s2223-48612016000400005&script=sci_arttext
- Salazar-López, N. J., González- Aguilar, G., Rouzaud- Sáñez, O. y Robles- Sánchez, M. (2018). Technologies applied to sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench): changes in phenolic compounds and antioxidant capacity. *Food Science and Technology*, 38(3), 369–382. <https://doi.org/10.1590/fst.16017>
- Salgado, R. (2019). *Caloría unidad de energía en la alimentación*. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/la-ciencia-en-pocas-palabras/95-numero-12100/188-caloria-unidad-de-energia-en-la-alimentacion.html>
- Sánchez, P. (2019). *Factores que afectan la calidad nutricional de los alimentos a lo largo de la cadena agroalimentaria*. http://repositorio.conare.ac.cr:8080/bitstream/handle/20.500.12337/3378/factores%20que%20afectan%20la%20calidad%20nutricional%20de%20los%20alimentos%20a%20lo%20largo%20de%20la%20cadena%20%20agroalimentaria_sanchez%20trejos.pdf?sequence=1&isallowed=y
- Secretaría de Gobernación de México (2009). *Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba*. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009#gsc.tab=0

- Serratos-Arévalo, J. C., Carreón-Amaya, J., Castañeda-Vásquez, H., Garzón De la Mora, Pedro y García Estrada, J. (2008). Composición químico-nutricional y de factores antinutricionales en semillas de parota (*enterolobium cyclocarpum*). *Interciencia*, 33(11), 850–854. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008001100015
- Stone, H., Bleibaum, R. N. y Thomas, H. A. (2021). *Sensory evaluation practices* (Fifth edition). *Food science and technology*. Academic Press, an imprint of Elsevier.
- Stone, H. y Sidel, J. L. (2004). *Sensory evaluation practices. Food science and technology international series*. Elsevier Academic Press.
- Talens-Oliag, P. (2017). *Caracterización de las propiedades mecánicas de alimentos mediante análisis de perfil de textura* [Tesis], Universitat Politècnica de València, España. [riunet.upv.es. https://riunet.upv.es/handle/10251/83513](http://riunet.upv.es/handle/10251/83513)
- Vargas, J., Rosales Ramírez, R. y Barrientos Ramírez, L. (2021). Chemical Composition of seed *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb from Jalisco, México. *Acta Scientific Veterinary Sciences*, 3(4), 44–49. <https://doi.org/10.31080/ASVS.2021.03.0143>
- Veyna- Torres, J. I., Castañeda- Pérez, A. y Chávez- Murillo, C. E. (2016). Análisis fisicoquímico de harinas de leguminosas modificadas hidrotérmicamente. *Investigación Y Desarrollo En Ciencia Y Tecnología De Alimentos*, 1(2), 13–19. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/1/3.pdf>
- Villanueva-Suárez, M.-J., Pérez-Cózar, M.-L., Mateos-Aparicio, I. y Redondo-Cuenca, A. (2016). Potential fat-lowering and prebiotic effects of enzymatically treated okara in high-cholesterol-fed Wistar rats. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 67(7), 828–833. <https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1200016>
- Watts, B. M. (1992). *Métodos sensoriales básicos: Para la evaluación de alimentos*. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.
- Yang, Y., Ma, S., Wang, X. y Zheng, X. (2017). Modification and Application of Dietary Fiber in Foods. *Journal of Chemistry*, 2017, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2017/9340427>

Anexos

Anexo A

Hoja de evaluación sensorial de brownies con sustitución parcial de harina de guanacaste de la segunda fase.

HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE BROWNIES CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE GUANACASTE

Fecha: ___/___/___ Nacionalidad: _____ Edad: _____ Género: F __ M __

INSTRUCCIONES:

A continuación, se presentan 4 muestras codificadas de brownies con sustitución de harina de trigo por harina de guanacaste. Antes y después de degustar cada una de las muestras debe limpiar el paladar comiendo un trozo de galleta y tomando un sorbo de agua. Deberá probar cada una de las muestras de izquierda a derecha y calificar cada una en cuanto al agrado o desagrado de cada atributo utilizando el puntaje de la escala hedónica del cuadro 1.

Aceptabilidad:

Cuadro 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 poco	Ni me gusta ni disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta Extremadamente

Atributos para evaluar

Muestra #	Brillo	Color	Olor	Textura	Sabor	Sabor amargo	Aceptación general

Comentarios: _____

Preferencia:

Después de haber evaluado las muestras, ordene estas según su preferencia. Siendo la muestra número 1 su preferida y la número 4 la menos preferida.

Orden de preferencia	Código de la muestra
1 (Preferida)	
2	
3	
4 (Menos preferida)	

Justifique su elección: _____

¡Muchas gracias por su participación!

Anexo B

Tabla de prueba 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	68.0	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 C*Composición mineral de la harina de guanacaste (mg/ L).*

Composición	Unidad de medida	Media \pm D.E.	%C.V.
Potasio	(mg/ L)	1.85 \pm 0.02	1.26
Calcio	(mg/ L)	9.90 \pm 0.16	1.57
Sodio	(mg/ L)	0.18 \pm 0.03	18.98
Hierro	(mg/ L)	1.54 \pm 0.23	14.87

Nota. D.E.: Desviación estándar. %C.V.: Coeficiente de Variación. EE: Extracto Etéreo. mg: miligramos. L: Litros.