



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Estudios de Postgrado

Maestría en Artes en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

**DESARROLLO DE PRODUCTO DE PANIFICACIÓN TIPO BROWNIE CON SUSTITUCIÓN
PARCIAL DE HARINA DE TRIGO UTILIZANDO FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) VARIEDAD
ICTA CHORTÍ BIOFORTIFICADO**

Lcda. Julisa Mercedes González Samayoa

Asesorado por la Mtra. Inga. Karen Viviana Gomar Sierra

Guatemala, enero del 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE PRODUCTO DE PANIFICACIÓN TIPO BROWNIE CON SUSTITUCIÓN
PARCIAL DE HARINA DE TRIGO UTILIZANDO FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) VARIEDAD
ICTA CHORTÍ BIOFORTIFICADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LCDA. JULISA MERCEDES GONZÁLEZ SAMAYOA

ASESORADO POR LA MTRA. INGA. KAREN VIVIANA GOMAR SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRÍA EN ARTES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

GUATEMALA, ENERO DEL 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO AI.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO AI.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtra. Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
EXAMINADOR	Mtra. Licda. Blanca Azucena Méndez Cerna
SECRETARIO	Mtra. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DESARROLLO DE PRODUCTO DE PANIFICACIÓN TIPO BROWNIE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO UTILIZANDO FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) VARIEDAD ICTA CHORTÍ BIOFORTIFICADO

Tema que me fue asignado por la Dirección de la Escuela de Estudio de Postgrados, con fecha 29 de octubre del 2022.

Lcda. Julisa Mercedes González Samayoa

LNG.DECANATO.OI.040.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **DESARROLLO DE PRODUCTO DE PANIFICACIÓN TIPO BROWNIE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO UTILIZANDO FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) VARIEDAD ICTA CHORTÍ BIOFORTIFICADO**, presentado por: **Lcda. Julisa Mercedes González Samayoa**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ciencia y tecnología de alimentos después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, enero de 2024

JFGR/gaac



EEPM-1171-2023

Guatemala, 21 de julio de 2023

Profesional

Julisa Mercedes González Samayoa

Carné: null

Ciencia Y Tecnologia De Los Alimentos

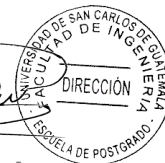
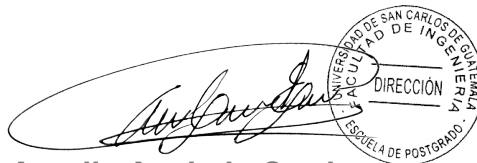
Distinguido(a) Profesional González Samayoa

De manera atenta hago constar que de acuerdo con la aprobación del coordinador de maestría y docente-revisor doy el aval a su Informe Final y Artículo Científico titulado: **"DESARROLLO DE PRODUCTO DE PANIFICACIÓN TIPO BROWNIE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO UTILIZANDO FRIJOL (PHASEOLUS VULGARIS) VARIEDAD ICTA CHORTÍ BIOFORTIFICADO"**.

Con base en la evaluación realizada hago constar la originalidad, calidad, coherencia según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobados por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Cumpliendo tanto en su estructura como en su contenido, **por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.**

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"



M.A. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Directora

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

Oficina Virtual





Guatemala, 21 de julio de 2023

M.A. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimada M.A. Inga. Cordova Estrada

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **DESARROLLO DE PRODUCTO DE PANIFICACIÓN TIPO BROWNIE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO UTILIZANDO FRIJOL (PHASEOLUS VULGARIS) VARIEDAD ICTA CHORTÍ BIOFORTIFICADO** del estudiante **Julisa Mercedes González Samayoa** quien se identifica con número de carné **null** del programa de Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.




Msc. Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
Coordinador
Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos
Escuela de Estudios de Postgrado

Oficina Virtual



Guatemala, 21 de julio de 2023

M.A. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrados
Presente

Estimada M.A. Inga. Cordova Estrada

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **"DESARROLLO DE PRODUCTO DE PANIFICACIÓN TIPO BROWNIE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO UTILIZANDO FRIJOL (PHASEOLUS VULGARIS) VARIEDAD ICTA CHORTÍ BIOFORTIFICADO"** del estudiante **Julisa Mercedes González Samayoa** del programa de **Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos** identificado(a) con número de carné null.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Msc. Ing. Karen Gomar
Ingeniera Agroindustrial
Colegiado No. 1895

Msc. Inga. Karen Viviana Gomar Sierra

Colegiado No. 1895

Asesora de Tesis

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por bendecirme con habilidades y perseverancia para culminar este triunfo, por estar siempre presente en mi vida y ayudarme en todo.
Mi mamá	Carmen María del Rosario Samayoa Cajas, por tu amor incondicional, tus esfuerzos incontables y por tu guianza en todo momento, mi eterno agradecimiento de todo corazón por tu apoyo para hacer realidad este sueño.
Mi hermana	Lucy González, por su cariño, constante apoyo y compañía durante mi vida.
Mi asesora	Ingeniera Karen Gomar, por haberme guiado en mi formación académica y compartido su conocimiento durante este proceso.
Mi familia y amigos	Por brindarme su compañía, consejos y amistad durante esta etapa.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el alma mater que me permitió nutrirme de conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación
Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA	Por haberme brindado la oportunidad de realizar esta investigación en sus instalaciones
Coordinador de programa - ICTA	Ing. Erick Aguilar quien bondadosamente me ayudó a lo largo de la investigación.
Lcda. Blanca Méndez	Por enseñarme constantemente y orientarme en los lineamientos durante este estudio.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
OBJETIVOS	XVII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. ANTECEDENTES.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Situación nutricional en Guatemala	5
2.1.1. Importancia del hierro como nutriente	6
2.1.2. Importancia del zinc como nutriente.....	6
2.2. Biofortificación	6
2.2.1. Biofortificación en Guatemala	7
2.2.1.1. Frijol ICTA Chorti ^{ACM}	8
2.2.2. Contenido de hierro y zinc	8
2.3. Legumbres.....	9
2.4. Consumo de frijol en Guatemala.....	10
2.5. Procesamiento de frijol	10
2.6. Proceso de panificación de Brownies	11
2.7. Análisis bromatológico.....	12
2.7.1. Estudio bromatológico del agua	12

2.7.2.	Estudio bromatológico de las proteínas	13
2.7.3.	Estudio bromatológico de los carbohidratos	13
2.7.4.	Estudio bromatológico de los lípidos	14
2.8.	Análisis de hierro y zinc.....	14
2.9.	Pruebas sensoriales.....	15
2.9.1.	Pruebas orientadas al consumidor	15
2.9.2.	Orientación a panelistas	15
2.9.3.	Presentación de muestras	16
2.9.4.	Prueba hedónica	16
2.10.	Ficha técnica de alimentos	16
3.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	17
3.1.	Fase 1: revisión documental.....	17
3.2.	Fase 2: formulaciones de tratamientos.....	18
3.3.	Fase 3: panel sensorial	18
3.4.	Fase 4: análisis bromatológico	19
3.5.	Fase 5: Ficha técnica	19
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	21
4.1.	Formulaciones de Brownie con diferentes porcentajes de frijol biofortificado (<i>Phaseolus vulgaris</i>) variedad ICTA Chortí	21
4.2.	Aceptabilidad sensorial del Brownie producido con frijol biofortificado (<i>Phaseolus vulgaris</i>) variedad ICTA Chortí con población general	24
4.3.	Valor nutritivo del Brownie con mayor nivel de aceptabilidad a través de un análisis bromatológico.	25
4.4.	Ficha técnica del Brownie con mayor nivel de aceptabilidad sensorial.	27

5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	33
5.1.	Formulaciones de Brownie con diferentes porcentajes de frijol biofortificado (<i>Phaseolus vulgaris</i>) variedad ICTA Chortí.	33
5.2.	Nivel de aceptabilidad sensorial del Brownie producido con frijol biofortificado (<i>Phaseolus vulgaris</i>) variedad ICTA Chortí con población general.	35
5.3.	Valor nutritivo del Brownie con mayor nivel de aceptabilidad a través de un análisis bromatológico.	36
5.4.	Ficha técnica del Brownie con mayor nivel de aceptabilidad sensorial.	37
	CONCLUSIONES	39
	RECOMENDACIONES.....	41
	REFERENCIAS	43
	APÉNDICES.....	51
	ANEXOS	54

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Brownies elaborados con harina de trigo y frijol	22
------------------	--	----

TABLAS

Tabla 1.	Porcentajes de harina de trigo y de frijol	XX
Tabla 2.	Operacionalización de variables	XX
Tabla 3.	Formulación de tratamientos	22
Tabla 4.	p valor para color y pérdida de peso	23
Tabla 5.	Color y pérdida de peso de los tratamientos	23
Tabla 6.	Valoraciones de los atributos sensoriales	24
Tabla 7.	p valor para variables del análisis de atributos sensoriales	25
Tabla 8.	Composición nutricional de los tratamientos en 100 gramos	25
Tabla 9.	Contenido de hierro y zinc en base húmeda	26
Tabla 10.	p valor para hierro y zinc.....	26
Tabla 11.	Ficha técnica del Brownie tratamiento Testigo.....	28
Tabla 12.	Ficha técnica del Brownie tratamiento T1	29
Tabla 13.	Ficha técnica del Brownie tratamiento T2	30
Tabla 14.	Ficha técnica del Brownie tratamiento T3	31

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
FC	Formulación control
F1	Formulación 1
F2	Formulación 2
F3	Formulación 3
g	Gramos
°C	Grados Celsius
Fe	Hierro
Kcal	Kilocaloría
Kg	Kilogramo
lb	Libra
L	Litro
K	Mil
M	Millones
mg	Miligramo
ml	Mililitro
ppm	Partes por millón
%	Porcentaje
Q	Quetzales
Zn	Zinc

GLOSARIO

Alimento funcional	Se refiere a alimentos que presentan beneficios adicionales a la salud o disminuyen el riesgo de contraer enfermedades.
Brownie	Bizcocho sabor chocolate que presenta una clase de masa y que se elaboran mezclando ingredientes como huevos, harina, cacao, azúcar, etc.
Biofortificación	Intervención agrícola que aumenta el contenido de nutrientes de los cultivos.
Características organolépticas	Características evaluadas en los alimentos mediante los sentidos del ser humano, como color, sabor, textura, aroma y temperatura.
Frijol Chortí^{ACM} ICTA	Frijol biofortificado con alto contenido de hierro y zinc.
Frijol	Grano comestible que pertenece a la familia de leguminosas.
Horneado	Proceso de cocción con calor mediante un horno.
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
Legumbre	Semillas comestibles de las plantas leguminosas.
Pan	Alimento básico preparado fundamentalmente de harina, agua y sal.

**Panelista no
entrenado**

Población que participa en evaluación de muestras de alimentos y no tiene agudeza sensorial.

Panificación

Proceso en el cual se produce pan.

RESUMEN

Se elaboraron cuatro tratamientos de Brownie sustituyendo parcialmente la harina de trigo por harina de frijol para evaluar el nivel de aceptabilidad, composición nutricional y posteriormente generar sus fichas técnicas.

Las cuatro formulaciones se realizaron con diferentes porcentajes de harina de trigo y de frijol. La formulación testigo 100:0, T1 75:25, T2 50:50 y T3 25:75 de harina de trigo – frijol, considerando los mismos porcentajes de los otros ingredientes que fueron azúcar, grasa, vainilla, cocoa, huevo y polvo para hornear. Dichos tratamientos no presentaron diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en relación al color, pérdida de peso, características organolépticas y aceptabilidad.

A través de un análisis bromatológico se pudieron obtener los valores de los macronutrientes y de micronutrientes como sodio, calcio, hierro y zinc. El T3 fue el tratamiento que mayor contenido de proteína, fibra, hierro y zinc presentó. Por último, se elaboraron cuatro fichas técnicas, una para cada tratamiento en la que se ilustra con una fotografía el brownie, se detallan los ingredientes, alérgenos, contenido nutricional, entre otros.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Guatemala la industrialización de productos de panadería se estima que es buena opción para generar ingresos y emprendimiento (Vivar, 2013). Sin embargo, el trigo es un alimento que mayoritariamente se importa al país por lo que se debería de aprovechar los cultivos propios de Guatemala para disminuir la importación y costos de los mismos.

En relación a lo antes mencionado, por el crecimiento de la demanda de nuevos productos de la industria panadera, es necesario el desarrollo de productos de panificación con un perfil nutricional mejorado incluyendo materia prima biofortificada para la obtención de mejores resultados.

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) distribuye semillas de frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí. Esta variedad de frijol contiene más nutrientes como hierro y zinc, los cuales son importantes para el desarrollo físico y mental de las personas. Asimismo, este grano fue mejorado por ICTA en colaboración con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Programa HarvestPlus (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas [ICTA], 2017).

Una alternativa para incluir legumbres en la panificación es desarrollando alimentos que sean agradables al paladar y que los ingredientes mantengan características visuales similares a la formulación original. Asimismo, incluirlas mejorarían el contenido de fibra y en proteína.

El desconocimiento de estas alternativas y de los cultivos biofortificados provoca que no se generen nuevas opciones de alimentos, como pueden ser los productos de panificación con mejor perfil nutricional y esto provoca que las industrias de alimentos continúen elaborando alimentos con formulaciones tradicionales.

¿Cómo aplicar el frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí para sustituir parcialmente la harina de trigo para la elaboración de un Brownie?

- ¿Qué formulaciones se pueden generar utilizando frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí para elaboración de Brownies?
- ¿Cuál de las formulaciones de Brownies es la que tiene mayor nivel de aceptabilidad sensorial?
- ¿Cuál es el valor nutricional del Brownie con frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí con mayor nivel de aceptabilidad?
- ¿Cuáles son las características de la formulación del Brownie que debe de llevar la ficha técnica tiene el producto final?

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la planta piloto de tecnología de alimentos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). El período de ejecución de la investigación fue del mes de octubre 2022 al mes de febrero 2023. Las instalaciones del ICTA fueron utilizadas según disponibilidad autorizada.

Debido a la disponibilidad de materia prima que se tiene de frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí y demás ingredientes es viable la realización de la investigación.

De realizarse la investigación se estaría innovando un alimento de panificación con mejor valor nutricional que a la formulación original y evaluando el nivel de aceptabilidad.

De no realizarse la investigación se estaría desaprovechando los beneficios nutricionales del frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un producto de panificación tipo Brownie con sustitución parcial de harina de trigo utilizando frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí.

Específicos

- Elaborar formulaciones de Brownie con diferentes porcentajes de frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí.
- Medir el nivel de aceptabilidad sensorial del Brownie producido con frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí con población general.
- Determinar el valor nutritivo del Brownie con mayor nivel de aceptabilidad a través de un análisis bromatológico.
- Realizar una ficha técnica del Brownie con mayor nivel de aceptabilidad sensorial.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

En esta sección se presenta la metodología de la investigación, en la cual se describe el enfoque, alcance, diseño, variables, indicadores, fases que se desarrollaron y resultados esperados.

El enfoque del estudio es mixto, ya que presentó variables numéricas por la composición del alimento y características físicas, asimismo contiene variables cualitativas por la prueba sensorial que se evaluó por medio de una prueba hedónica de 5 puntos.

El alcance es explicativo, ya que las variables de formulación dependen del investigador como las construya. Se llevó a cabo un análisis de varianza con cuatro diferentes muestras que se detallan en la Tabla 1, evaluadas por 100 panelistas no entrenados y se identificó la relación entre variables.

El diseño de la investigación fue de tipo experimental y se llevó a cabo los tratamientos en la planta piloto de alimentos donde se formularon 4 diferentes tratamientos del alimento. La operacionalización de variables se muestra en la Tabla 2.

Variables

Dependientes:

Sensoriales: olor, color, sabor, textura y aceptación,

Químicas: macronutrientes, calcio, sodio, hierro y zinc.

Físicas: humedad, color.

Independientes:

Tabla 1.

Porcentajes de harina de trigo y de frijol

Ingrediente	Formulación testigo	Formulación T1	Formulación T2	Formulación T3
Harina de trigo	100 %	75 %	50 %	25 %
Harina de frijol	0 %	25 %	50 %	75 %

Nota: formulación del contenido de harinas, elaboración propia.

Tabla 2.

Operacionalización de variables

Objetivo específico	Nombre de la variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica o Instrumento	Plan de Trabajo
Elaborar formulaciones de brownie con diferentes porcentajes de frijol biofortificado (<i>Phaseolus vulgaris</i>) variedad ICTA Chortí.	Formulaciones de los tratamientos	Cuantitativa	4 diferentes de formulaciones de Brownie utilizando harina de trigo y harina de frijol:	Horneado en horno convencional Instrumento de formulación	Tabla
Medir el nivel de aceptabilidad sensorial del brownie producido con frijol biofortificado (<i>Phaseolus vulgaris</i>) variedad ICTA Chortí con población general.	Panel sensorial por medio de prueba hedónica estadística Análisis de varianza	Cuantitativa	Olor Color Sabor Textura Aceptación	Prueba hedónica de 5 puntos dirigida a 100 personas	Tabla

Continuación de la Tabla 2.

Objetivo específico	Nombre de la variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica o Instrumento	Plan de Trabajo
Determinar el valor nutritivo del brownie con mayor nivel de aceptabilidad a través de un análisis bromatológico.	Análisis bromatológico: humedad, proteína, grasa, cenizas, carbohidratos, fibra, sodio, calcio, hierro y zinc.	Cuantitativa	En muestra de 100g: humedad (g), proteína (g), grasa (g), cenizas (g), carbohidratos (g), fibra (g), sodio (mg), calcio (mg), hierro (mg) y zinc (mg).	Análisis bromatológico Muestras de brownie	Tabla
Realizar una ficha técnica del brownie con mayor nivel de aceptabilidad sensorial.	Ficha técnica: Características técnicas	Cuantitativa y descriptiva.	Lugar de elaboración, presentación, sugerencias de consumo, alérgenos, características organolépticas, valor nutricional y parámetros microbiológicos	Datos de la descripción del producto	Tabla

Nota: descripción de variables, elaboración propia.

INTRODUCCIÓN

El trabajo presentó una innovación de producto de panificación tipo Brownie, que se elaboró con frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí^{ACM}, el cual es biofortificado con hierro y zinc. Su nombre es derivado a la colaboración del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA- y “ACM” (alto contenido de minerales)

En la actualidad se puede observar que en Guatemala se comercializan productos de panificación los cuales principalmente están formulados con trigo, sin embargo, en Guatemala se importa gran porcentaje de esta materia prima incrementando el costo del producto final, por lo que se desarrolló un alimento listo para consumo con un mejor perfil de valor nutricional utilizando granos biofortificados.

La biofortificación de los alimentos de consumo masivo, es un nuevo enfoque que actualmente está en consideración. Se ha visto que el mejoramiento biológico de las plantas para incrementar el contenido de micronutrientes de diferentes cereales, leguminosas y tubérculos ha tenido potencial.

La investigación fue factible debido a que se contó con los recursos económicos, equipo y materiales. El estudio requirió de revisión documental, se realizaron distintas formulaciones, se evaluaron las características organolépticas, se analizó el contenido nutricional y se especificó en una ficha técnica con las características finales del producto que se innovó.

Se obtuvo un producto de panificación tipo Brownie con un perfil nutricional mejorado y con aceptabilidad sensorial por panelistas no entrenados (consumidores). El innovar con productos utilizando como materia prima al frijol beneficia a la población que consume alimentos listos para comer, ya que el alimento que puede contener mayor concentración de hierro, zinc, fibra y proteína en comparación a un brownie tradicional.

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la planta piloto de tecnología de alimentos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). El período de ejecución de la investigación se realizó durante el mes de octubre 2022 al mes de febrero 2023.

El informe final de investigación se conformó por cinco capítulos los cuales se describen a continuación.

El capítulo I se encontrará el Marco referencial, el cual contiene los antecedentes del estudio, en el capítulo II se encuentra el Marco Teórico, en el cual se mencionaron las consideraciones teóricas que sustentan la investigación, así mismo se presentó el capítulo III que contiene el Desarrollo de la Investigación en el cual se menciona la metodología que se llevó a cabo, el capítulo IV, Presentación de Resultados, en donde se detallaron los datos obtenidos del estudio, Capítulo V Discusión de resultados y por último se encuentran las conclusiones y recomendaciones.

1. ANTECEDENTES

Se han realizado algunos estudios en los cuales se ha evaluado el uso de frijoles en formulaciones en la tecnología de alimentos de panificación. Actualmente, se busca mejorar el perfil nutricional de los alimentos y es por eso que se han utilizado legumbres, principalmente el frijol.

En un estudio realizado en la Universidad de Guanajuato, se elaboró un pan tipo brownie donde se utilizó un puré de frijoles y harina de maíz como ingredientes principales, como edulcorante se utilizó miel de abeja, como saborizante chocolate y vainilla. El brownie tuvo características organolépticas similares a un brownie comercial elaborado con harina de trigo. Este presentó aceptabilidad sensorial debido a la textura suave obtenida y así mismo los panelistas no percibieron el olor a frijol.

Es importante destacar que el valor nutricional fue mejor que el elaborado con harina 100 % trigo (Suarez, et. al., 2016). El aporte a la investigación es posible utilizar frijoles en la elaboración de brownie, presenta buena aceptación y se mejoran las características nutricionales.

Se realizó un estudio en el año 2019, el cual consistió en elaborar una harina de frijol para utilizarla en pasteles sustituyendo la harina de trigo al 10 %, 20 % y 30 %. Como materia prima se utilizó frijol INTA Rojo, el cual fue sometido a diferentes procedimientos, de los cuales se menciona el remojo en agua, seguido por un proceso de cocción, luego un horneado y por último por un proceso de molienda para la obtención de la harina,

De este producto, se calculó el tamaño de partícula, debido a que influye finamente en la textura del pan. Así mismo, se evaluó el volumen del pastel, y se observó que entre mayor porcentaje de harina de frijol menor volumen presentaba. El pastel con diferente porcentaje de harina de frijol fue evaluado sensorialmente por medio de una prueba de aceptación con 25 panelistas y la muestra al 10 % de harina de frijol fue la mejor evaluada, debido a que no afectó significativamente el color, olor, sabor y textura (Navarro y López, 2019).

Este estudio es un aporte importante a esta investigación, ya que es recomendable el uso de frijol en procesos de panificación. Este se puede utilizar en productos de panificación que no requieran mayor volumen y debido a que la aceptación está relacionada al color, se podría elaborar un pan que sea un color similar al del frijol para que sea desapercibido y posiblemente mejore su aceptabilidad, además de mejorar el perfil nutricional.

Se realizó un estudio en el cual se evaluaron cuatro formulaciones con diferentes porcentajes de harina de frijol en un pastel tipo pay con mermelada de chilacayote. Al que presentó mejores características visuales y de textura se le realizó un análisis proximal y se comparó con el de un pay comercial. De los resultados obtenidos se pudo destacar que la formulación con mejor aceptabilidad fue 75 % de harina de trigo y 25 % de harina de frijol, asimismo es importante mencionar que el contenido de proteína se duplicó y el contenido de fibra se triplicó en comparación al pay comercial (Alvarado, et.al., 2017).

Este estudio aporta en demostrar que se pueden generar alternativas en panificación utilizando frijol, así mismo, demuestra que mejorar el contenido proteico y de fibra.

Se realizó un estudio en el cual se elaboraron diferentes formulaciones de pasteles incluyendo harina de frijol y harina de trigo. Se evaluó la preparación de la harina considerando la calidad, el tiempo de remojo, su relación con el tiempo de cocción y los atributos que le proporcionó al producto final. Se observó que no afecta el tiempo de remojo en cuanto al rendimiento y que entre mayor porcentaje de harina de frijol menor será el alto del pan.

Se realizó un panel sensorial con estudiantes entre 17 y 30 años, en el cual todas las muestras presentaron buenos resultados en la evaluación de sus atributos siendo la muestra con mayor aceptabilidad la que contenía 10 % de harina de frijol (González, Larios y Velásquez, 2019).

Se realizó un estudio 2020, el cual consistió en analizar el contenido nutricional de un pan dulce, el cual contenía principalmente harina de frijol, trigo y nopal. El análisis proximal realizado se comparó con el de un pan comercial. Los resultados principales fue el aumento de proteína en comparación al pan tradicional, así mismo aumentó la capacidad antioxidante (Solís, et.al., 2020). Dicho estudio fortalecería a la presente investigación en que al elaborar este tipo de productos se aumenta el contenido proteico de un pan, asimismo se les da un valor agregado e innovador a productos elaborados con frijol.

Se realizó una investigación el cual consistió en elaborar brownies con leguminosas. Como ingrediente principal se utilizó frijol, garbanzo, lenteja y alubia. Las leguminosas utilizadas se sometieron a un remojo en agua por 12 horas, luego fueron cocidas en agua y se realizó la mezcla.

Se elaboraron 3 diferentes formulaciones y se procedió a hornear los brownies, a 180 °C por 15 a 20 minutos. Se evaluó la aceptabilidad sensorial por medio de una prueba de 5 puntos, utilizando la escala hedónica, la cual demostró

por medio de un análisis estadístico que la formulación en la que se utilizó lenteja presentó mayor aceptabilidad que las otras (Medina, Ramírez, Peraza, Rojas, 2018). El aporte a la presente investigación es el uso de la prueba hedónica utilizada de 5 puntos en la evaluación sensorial de brownies.

El estudio promueve el uso de legumbres por su valor nutricional importante, ya que la innovación de este tipo de productos promueve el consumo de alimentos con efectos beneficiosos para la salud.

2. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presenta el marco teórico de la presente investigación el cual contiene información sobre la situación nutricional de Guatemala, la importancia de los micronutrientes como el hierro y el zinc, los cuales influyen directamente en la salud de un ser humano.

Es importante mencionar que por medio de la biofortificación se puede mejorar el perfil de micronutrientes de los alimentos, ya que es una práctica que se ha implementado para seleccionar características de importancia y colocarla en los cultivos. Esta técnica se ha implementado en Guatemala por medio del ICTA, aplicándola en alimentos como el frijol, maíz y camote.

El frijol biofortificado se caracteriza por tener mayor contenido de hierro y de zinc en comparación del frijol común. Debido al elevado consumo de esta legumbre, se han desarrollado tecnologías para que este sea aprovechado e incluido en preparaciones de alimentos mejorados.

2.1. Situación nutricional en Guatemala

La situación que afronta Guatemala es complicada, debido a varios factores, uno de ellos es que presenta una tasa de desnutrición crónica en al alrededor del 50 % de los niños entre los 3 a 59 meses (Organización Mundial de la Salud, 2022).

2.1.1. Importancia del hierro como nutriente

Los micronutrientes se requieren en pequeñas cantidades, un ejemplo clave es el hierro, el cual juega un papel importante en procesos metabólicos relacionados al transporte del oxígeno en la sangre, composición del ADN entre otros procesos fundamentales para la vida.

La deficiencia de este micronutriente está relacionada efectos adversos para la salud, de los cuales se pueden mencionar anemia, inadecuado desarrollo cognitivo, baja capacidad para concentrarse en el trabajo y durante el embarazo se ha demostrado que el bebé puede tener mayor riesgo de mortalidad y bajo peso al nacer (Mazariegos, et. al., 2016).

2.1.2. Importancia del zinc como nutriente

El zinc es un micronutriente sumamente importante en la nutrición debido a que tiene diversas funciones en el proceso de división celular y el crecimiento. Así mismo, participa en el sistema inmunológico, por lo que ayuda a prevenir enfermedades. Debido a que interviene en la síntesis proteica y reparación del ADN es fundamental para los seres vivos, desde el embarazo hasta la vida adulta. Su deficiencia se ha relacionado con mayor riesgo y severidad de infecciones, menor crecimiento del feto, bajo peso al nacer y mortalidad neonatal (Mazariegos, et. al., 2016).

2.2. Biofortificación

La biofortificación se define como una “intervención agrícola” que aumenta el contenido de nutrientes de los cultivos. El fin principal de la biofortificación es

mejorar la nutrición de la población más vulnerable que ha sido afectada por la pobreza (Hummel, et. al., 2020).

Asimismo, es una “técnica de fitomejoramiento” ya que aumenta el contenido de nutrientes deseados en el alimento aplicando la tecnología. Asimismo, se puede realizar cruces de diferentes especies o variedades de plantas para obtener un alimento mejorado nutricionalmente. Es importante destacar que la biofortificación no se considera una intervención transgénica (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas [ICTA], 2016).

Este proceso puede aumentar micronutrientes o disminuir los antinutrientes de los alimentos con el fin de mejorar el perfil nutricional. Los expertos en biofortificación se enfocan en el código genético para mejorar la disponibilidad de los micronutrientes para reducir las deficiencias de estos en los países subdesarrollados, como lo es Guatemala (Acción contra el hambre, 2022).

2.2.1. Biofortificación en Guatemala

Uno de los primeros lanzamientos de alimentos biofortificados en Guatemala fue el frijol biofortificado ICTA Chortí, el cual fue lanzado a principios del año 2017 (Hummel, et. al., 2020).

En Guatemala el frijol biofortificado es principalmente utilizado a nivel doméstico, ya que los mismos agricultores lo utilizan para consumo propio, en comparación con Nicaragua que ya se ha incluido en la alimentación escolar. El maíz es otro alimento que ya se ha biofortificado y utilizado en Guatemala, Colombia, y otros países Centroamericanos (Beebe, 2020).

2.2.1.1. Frijol ICTA Chorti^{ACM}

Se ha observado que en Guatemala la dieta se basa en maíz y frijol, sin embargo, este último ha sido atacado por diferentes plagas, por lo que por el mejoramiento se ha logrado el grano ICTA Chorti^{ACM} el cual resiste precisamente a las plagas de roya, mancha angular, virus del mosaico dorado y condiciones climáticas como las sequías.

Es importante mencionar que esta variante de grano se ha visto que es ideal para sembrar en departamentos de Jutiapa, Jalapa y Chiquimula. De sus características principales se puede mencionar que presenta una altura de planta alrededor de 60 centímetros, el color de la flor es morado, el color de la vaina es crema, produce 15 vainas con 7 granos cada una, el color del grano es negro opaco, el rendimiento es de 30 quintales por manzana y se cosecha 78 días después de la siembra. (ICTA, 2017).

2.2.2. Contenido de hierro y zinc de frijol ICTA Chortí ^{ACM}

El contenido de hierro y de zinc es mayor en el Frijol ICTA Chorti^{ACM} en comparación a otros tipos de variedades de grano no biofortificados. El grano de frijol biofortificado presenta 99 partes por millón de hierro y 36 partes por millón de zinc (ICTA, 2017). El contenido promedio de estos dos micronutrientes importantes en el frijol negro es de 7.10 miligramos de hierro y 2.55 miligramos de zinc por 100g de alimento (OPS, 2012).

2.3. Legumbres

Las legumbres son las semillas secas que se producen por las plantas leguminosas las cuales se caracterizan por contener bajos porcentajes de grasa (Codex alimentario, 2007).

Son muchas las preparaciones que se pueden realizar a partir de las legumbres, entre ellas se puede mencionar harinas, purés y postres. Estas aportan nutricionalmente aminoácidos esenciales los cuales se pueden complementar con los presentes en los cereales. Así mismo, estas son fuente de carbohidratos, vitaminas y minerales, por lo contrario, aportan mínimas cantidades de grasas.

El consumo frecuente de estos alimentos se ha asociado a mantener niveles bajos del colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad por sus siglas en inglés) y así mismo por su contenido de fibra ayuda a reducir la presión arterial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2016).

Se ha estudiado la composición de las legumbres y se ha visto que son muy nutritivas. Asimismo, se ha asociado que el consumo de estas reduce la probabilidad de padecer enfermedades crónicas no transmisibles, como por ejemplo la obesidad, diabetes o enfermedades cardiovasculares.

Por lo general, el costo de las legumbres es bajo y por esa razón se consideraba que es un alimento para pobres, por lo que muchas personas no las consumen con frecuencia, sin embargo, otras no lo consumen porque requieren mucho tiempo para la cocción, porque les generan flatulencias, no les agrada la

idea que es un alimento “pasado de moda” y la falta de alimentos innovadores (León y Rosell, 2007).

2.4. Consumo de frijol en Guatemala

Una de las legumbres más consumidas en Guatemala es el frijol común (*P. vulgaris*) que en otros países recibe el nombre de judías, alubias, poroto, chícharo y habichuela. Además del frijol, se consume maíz y arroz, que forman parte de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en Guatemala (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2018). Es saludable y se ha facilitado para los agricultores la siembra debido a su producción sostenible (FAO, 2016).

En base a lo anterior mencionado, se estimó que en Guatemala se produjo alrededor de 5.5 millones de quintales de frijol, los cuales ayudan a la nutrición de los guatemaltecos (Ministerio de Agronomía, Ganadería y Alimentación [MAGA], 2017).

2.5. Procesamiento de frijol

Uno de los procesamientos de las legumbres es la elaboración de harinas. Estas pueden ser almacenadas fácilmente y son elaboradas sin mayor costo, así mismo mantienen su calidad nutricional (Álvarez, Ochoa, Nuñez, Rosas, y Gutiérrez, 2016).

En Chile se han procesado las legumbres generando harinas y mezclándolas junto a harinas de cereales. Estas son utilizadas en panificación con mezclas de trigo con frijol y trigo con lupino y son sometidas a evaluaciones de satisfacción (Fonseca, Márque, Ulloa, Ruíz, y Valdés, 2019).

2.6. Proceso de panificación de Brownies

Las mezclas utilizadas para panificación generalmente contienen ingredientes como huevo, harina y azúcar, algún agente impulsor, como por ejemplo la levadura química.

Existen masas con carga, que se refiere a una mezcla con cantidad abundante de alguna grasa, de las cuales se puede resaltar el uso de aceite o mantequilla. En el caso del procesamiento de brownies, que son comercializados en presentación de cuadrado plano, existen dos variedades generales, los “fudge brownies”, los cuales contienen mayor porcentaje de grasa y chocolate que le da la apariencia de húmedo o crudo, y los brownies estilo pastel los cuales presentan mayor esponjosidad (Adv, 2014).

Los Brownies son postres que su nombre proviene del vocablo en inglés “brown” que significa café en idioma español. Según algunos libros de cocina, se desarrolló por hornear pasteles con chocolate sin agregar impulsor o gasificante para el crecimiento de la masa, por lo que el resultado del horneado fue un pan con características diferentes, siendo más suave por dentro y la masa menos húmeda (Vabuena, 2019).

El proceso para elaborar este tipo de pan requiere de abundante azúcar y grasa, por lo que si son consumidos con mucha frecuencia pueden generar enfermedades crónicas no transmisibles. Los ingredientes utilizados para elaborar un pan comercial tipo brownie son harina de trigo, azúcar, cocoa en polvo, margarina, polvo para hornear, sal, vainilla, huevos, claras de huevo y agua.

Inicialmente se bate el azúcar con la grasa, se agregan los ingredientes húmedos y luego los secos y por último se incorporan las claras de huevos

batidas. La mezcla obtenida se hornea a 175° C por 45 minutos, dependiendo la cantidad a procesar (Rubio, et. al., 2012).

En el procesamiento de brownies con legumbres es una forma innovadora para las industrias de alimentos, debido a que estas brindan características nutricionales de alta calidad y a mejor costo (León y Rosell, 2007).

2.7. Análisis bromatológico

El ser humano siempre ha tenido la necesidad de la alimentación y cada vez hay más conocimientos y avances en el estudio de los alimentos. Etimológicamente la Bromatología significa “Ciencia de los alimentos”, la cual considera aspectos como la composición química, elaboración, conservación, comercialización y consumo de los alimentos (Bello, 2000).

2.7.1. Estudio bromatológico del agua

Las principales funciones del agua en los seres vivos son facilitar reacciones bioquímicas, proporcionar el medio de transporte de los nutrientes y participa en las reacciones de respiración celular. Asimismo, en los alimentos cumple con funciones importantes y dependiendo de la cantidad influye en la vida útil, las características organolépticas como la textura, olor y sabor, el crecimiento microbiano y las reacciones enzimáticas y de pardeamiento. El agua también cumple la función de ser el medio de difusión. La determinación de humedad determina la cantidad del agua presente en el alimento (Bello, 2000).

2.7.2. Estudio bromatológico de las proteínas

Las proteínas son importantes para los seres vivos y se encuentran principalmente en los músculos. Estas son polímeros de aminoácidos con enlaces peptídicos que forman cadenas con variadas secuencias. En la naturaleza existen 22 aminoácidos que en diferentes proporciones forman las estructuras proteicas. Se pueden clasificar según la fuente, en proteína de origen animal, como los huevos, carne, pollo y proteína de origen vegetal, como las legumbres, cereales, frutas y hortalizas. Es importante mencionar que las legumbres presentan entre un 10 a 23 % de contenido proteico (Bello, 2000).

La proteína de origen animal proporciona buenos índices nutricionales, a excepción de la gelatina, que carece de ciertos aminoácidos por lo que su aporte proteico es incompleto. En cambio, la proteína de origen vegetal es deficiente en aminoácidos esenciales, como la metionina, treonina, entre otros. Por eso se han complementado los cereales con las legumbres para tener una proteína completa (Bello, 2000).

2.7.3. Estudio bromatológico de los carbohidratos

Los carbohidratos son macronutrientes que principalmente aportan energía al organismo. Se encuentran principalmente en cereales, legumbres, verduras y frutas. Algunas de sus funciones tecnológicas son brindan textura, sabor y consistencia a los alimentos (Bello, 2000).

Las estructuras están constituidas con carbono, hidrógeno y oxígeno. Se pueden clasificar como monosacáridos, los cuales están conformados con cinco o seis átomos de carbono, como lo son los aldehídos o cetonas y existen los oligosacáridos, los cuales presentan de dos a diez cadenas de mono o

disacáridos. Por último, están los polisacáridos, los cuales presentan de 10 o más cadenas de monosacárido (Bello, 2000).

2.7.4. Estudio bromatológico de los lípidos

Los lípidos son reservas de energía en el ser humano. Las grasas proporcionan vitaminas liposolubles que provienen de la dieta. Estos son compuestos orgánicos que generalmente están formados por ácidos grasos y un alcohol. Las fuentes de los lípidos pueden ser de origen vegetal o animal. Así mismo, el organismo puede sintetizarlos a partir de los carbohidratos. Los aceites como el de coco, de soja, girasol o semillas, son ejemplos de grasas de origen vegetal y la mantequilla o manteca de cerdo son ejemplos de origen animal (Bello, 2000).

2.8. Análisis de hierro y zinc

El hierro y el zinc son micronutrientes importantes reacciones bioquímicas del organismo y ayudan a fortalecer el sistema inmune. Sus principales funciones es fortalecer el sistema inmune, formar parte de las proteínas y enzimas. Estos micronutrientes se obtienen a partir de la dieta y algunos ejemplos fuente de estos micronutrientes son frutas, verduras, cereales, carnes, pescados, mariscos y leguminosas. Las deficiencias aumentan la probabilidad de generar enfermedades o infecciones (Valenzuela, Letelier, Olivares, Arredondo, y Pizarro, 2008).

Se puede analizar el contenido de estos micronutrientes por medio de una muestra fresca, por espectrometría de absorción atómica y una previa digestión ácida (Valenzuela, Letelier, Olivares, Arredondo, y Pizarro, 2008).

2.9. Pruebas sensoriales

Las propiedades sensoriales de los alimentos se captan a través de los sentidos del ser humano. Los panelistas son personas que degustan las muestras, usan sus sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para evaluar y medir las características organolépticas. Pueden evaluar aceptabilidad, preferencia, diferenciar muestras entre otras.

El análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria que evalúa los atributos de los alimentos por medio de personas, quienes no se puede remplazar por equipo o instrumentos que tengan la capacidad de evaluar color, textura, olor o sabor, por lo que es importante realizase para cualquier estudio de alimentos por lo tanto (Watts, Ylimaki, Jeffery, y Elías, 1982).

2.9.1. Pruebas orientadas al consumidor

Las pruebas sensoriales tienen como propósito evaluar la percepción que tiene la persona hacia los alimentos. Existen pruebas que están orientadas a evaluar la preferencia de los consumidores. En estas pruebas se requieren de panelistas no entrenados, es decir población que no tiene agudeza sensorial. Idealmente deben de ser entre 100 a 500 panelistas de la población seleccionada para el estudio y se pueden llevar a cabo en lugares como mercado, escuela, centro comercial y hogares (Watts, Ylimaki, Jeffery, y Elías, 1982).

2.9.2. Orientación a panelistas

Las pruebas deben de realizarse en grupos no mayores de 10 personas y el encargado debe de brindar instrucciones claras para evaluar las muestras. Es importante que los panelistas no presenten perfumes, se abstengan de fumar

cigarros, consumo de alimentos y bebidas por al menos media hora antes del inicio a la prueba (Watts, Ylimaki, Jeffery, y Elías, 1982).

2.9.3. Presentación de muestras

Las muestras deben de ser de un tamaño representativo. En el caso de evaluar productos de panificación, debe de ser una muestra similar a la de todos los panelistas y no variar algunas con corteza en la orilla y otras sin esta (Watts, Ylimaki, Jeffery, y Elías, 1982).

2.9.4. Prueba hedónica

Para evaluar el agrado de un producto se realiza una prueba hedónica, la cual consiste en una escala de categoría de “me gusta muchísimo” hasta “me disgusta muchísimo” y el panelista debe de marcar según su apreciación del alimento (Watts, Ylimaki, Jeffery, y Elías, 1982).

2.10. Ficha técnica de alimentos

El contenido técnico que presentan los alimentos debe de reportarse en un documento formal, a este se le denomina ficha técnica (Portal de Inocuidad, 2017). Algunos ejemplos de ficha técnica que se han realizado incluyen descripción del producto, lugar de elaboración, formulación, composición nutricional, propiedades fisicoquímicas, entre otras (Betanzos, 2018).

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se detallan las fases del estudio, las cuales esta divididas en 5 partes.

La primera fase fue la revisión documental, en la cual se revisan referencias bibliográficas o material de apoyo documentado para tener un contexto del tema, posteriormente fue la fase 2, la cual contiene las formulaciones de los tratamientos que se realizaron, los cuales fueron tratamiento testigo, T1, T2 y T3 y cada uno de ellos con diferentes porcentajes de harina de trigo como de frijol.

Posteriormente, esta la fase 3, la cual consistió en un panel sensorial, el cual se desarrolló con 100 participantes de los cuales la totalidad eran panelistas no entrenados, luego esta la fase 4, la cual fue un estudio de bromatología, para analizar macronutrientes y algunos micronutrientes como el hierro y el zinc; y por último esta la fase número 5, la cual corresponde a la elaboración de una ficha técnica de alimento en la cual se incluyó ingredientes, alérgenos, valor nutricional, entre otros como lugar de elaboración.

3.1. Fase 1: revisión documental

En la fase inicial para que se tuviera un contexto de los antecedentes del tema se realizó una revisión de documentos relacionados al tema y se tuvo un mejor contexto de la metodología a utilizar y estudiar mejor las variables.

3.2. Fase 2: formulaciones de tratamientos

En esta fase se procedió a realizar las formulaciones con diferentes porcentajes de frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí utilizando un instrumento en el cual se detallaron los porcentajes de cada ingrediente.

- Tratamiento Testigo: se elaboró un brownie con ingredientes tradicionales, utilizado como harina únicamente la de trigo.
- Tratamiento T1: Brownie elaborado con mayor porcentaje de harina de trigo y menor porcentaje de frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí.
- Tratamiento T2: Brownie elaborado con el mismo porcentaje de harina de trigo y frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí.
- Tratamiento T3: Brownie elaborado con menor porcentaje de harina de trigo y mayor porcentaje de frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí.

3.3. Fase 3: panel sensorial

Se realizó un panel sensorial con población en general con consentimiento informado. El panel sensorial se llevó a cabo con 100 panelistas no entrenados (población general) y se evaluó la aceptabilidad del brownie, por medio de una prueba hedónica de cinco puntos (me gusta mucho, me gusta, no me gusta ni me

disgusta, no me gusta mucho, no me gusta nada) incluyendo las diferentes formulaciones de con frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí y una formulación de Brownie tradicional.

En el panel sensorial se consideró entregarles agua pura y simultáneamente los 4 tratamientos diferentes. El orden de las muestras fue aleatoriamente. Luego se tabularon los datos y se realizó un análisis de varianza.

3.4. Fase 4: análisis bromatológico

Se realizó un análisis bromatológico en el cual se evaluaron los macronutrientes, humedad, fibra, cenizas, sodio, calcio, hierro y zinc de los brownies.

3.5. Fase 5: Ficha técnica

Se realizó una ficha técnica de los tratamientos especificando las características del producto terminado. Las características que se considerarán fueron fotografía, lugar de elaboración, presentación, sugerencias de consumo, alérgenos, características organolépticas, valor nutricional y parámetros microbiológicos.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En esta sección del documento se presentan los resultados que se obtuvieron durante el trabajo de la investigación detallados según los objetivos específicos planteados.

En primer lugar, se realizaron 4 formulaciones de Brownie, posteriormente estos tratamientos fueron evaluados por 100 panelistas no entrenados, quienes no percibieron cambios en las características organolépticas siendo estadísticamente no significativo al olor, color, sabor y textura.

En ese mismo orden de ideas, se realizó un análisis bromatológico para evaluar la composición química de los cuatro tratamientos. Este análisis se realizó en el CENTA, el cual es un laboratorio ubicado en El Salvador. Con base a estos resultados se generó la ficha técnica en el cual se detallan los ingredientes, alérgenos, composición nutricional, entre otros.

4.1. **Formulaciones de Brownie con diferentes porcentajes de frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí**

Se puede apreciar en la Tabla 3 los resultados de las formulaciones realizadas. Las formulaciones se identificaron como Testigo (la muestra control) en la cual se utilizó 100 % harina de trigo y 0 % de frijol, T1 (tratamiento 1) 75-25 %, T2 (tratamiento 2) 50-50 % y T3 (tratamiento 3) 25-75 %, respectivamente.

Tabla 3.

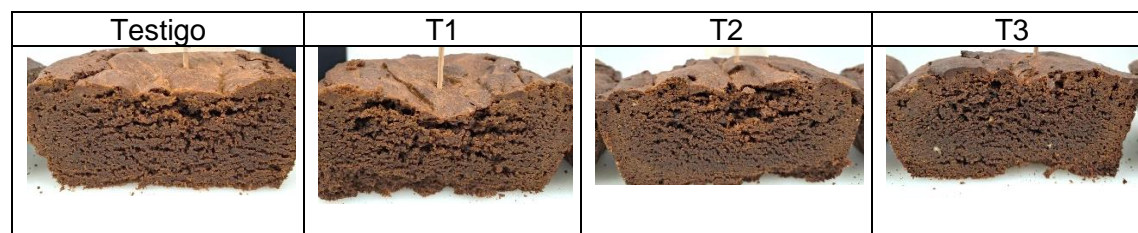
Formulación de tratamientos

Ingrediente	Testigo (%)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
Formulación (HT:HF)*	100:0	75:25	50:50	25:75
Harina de trigo	20.6	15.5	10.3	5.2
Harina de frijol	0.0	5.2	10.3	15.5
Azúcar	31.8	31.8	31.8	31.8
Aceite	20.8	20.8	20.8	20.8
Cocoa	6.4	6.4	6.4	6.4
Huevo	19.1	19.1	19.1	19.1
Polvo para hornear	0.8	0.8	0.8	0.8
Vainilla	0.6	0.6	0.6	0.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

Nota: descripción de la formulación del Brownie, elaboración propia. *% HT: HF porcentaje de harina de trigo: harina de frijol.

Figura 1.

Brownies elaborados con diferentes porcentajes de harina de trigo y frijol



Nota: fotografías de los tratamientos brownies obtenidos, elaboración propia.

Se puede apreciar en la Figura 1 fotografías tomadas de los cortes de los brownies elaborados con diferentes porcentajes de harina de trigo y de frijol, en la cual se puede apreciar visualmente que son similares.

Tabla 4.*p* valor para análisis de varianza del color y de la pérdida de peso

Característica	<i>p</i> valor	
	Corteza	Miga
L*	0.2503	0.4710
a*	0.3650	0.2101
b*	0.4725	0.4415
Pérdida de peso	0.5346	

Nota: análisis estadístico de las características de brownies, elaboración propia.

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el color (L*a*b*) y la pérdida de peso de los diferentes tratamientos. En la Tabla 4 presentada se aprecian los *p* valores (*p* <0.05), los cuales muestran que, tanto para el color como para la pérdida de peso no existió diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 5.*Color y pérdida de peso de los tratamientos*

Tratamiento	Pérdida de peso (%)	Color					
		Corteza			Miga		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Testigo	8.88	31.72	11.77	13.37	21.04	12.88	10.74
T1	9.28	23.97	9.30	9.19	22.52	10.37	9.87
T2	9.01	30.32	11.09	11.70	22.70	10.37	8.68
T3	9.27	29.30	11.13	10.74	23.91	12.51	10.42

Nota: descripción del color y pérdida de peso de los Brownies, elaboración propia.

En la Tabla 5 se muestran los resultados del porcentaje de agua que perdieron los tratamientos luego de su cocción. Asimismo, se pueden observar los valores L*a*b* obtenidos de la corteza y de la miga.

4.2. Aceptabilidad sensorial del Brownie producido con frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí con población general

Se realizó un panel sensorial considerando el consentimiento informado de las personas (Apéndice 1), por medio de una escala hedónica gráfica de 5 puntos, siendo 1 no me gusta nada y 5 me gusta mucho (Apéndice 2), evaluando el nivel de aceptabilidad de las diferentes formulaciones de tratamientos.

Tabla 6.

Valoraciones de los atributos sensoriales evaluados en los tratamientos

Tratamiento	Olor	Color	Sabor	Textura	Aceptación
Testigo	3.92	4.08	4.18	3.76	4.08
T1	4.21	4.32	4.26	4.00	4.37
T2	4.16	4.32	4.13	3.95	4.34
T3	3.95	4.21	4.03	3.87	4.16

Nota: descripción de los atributos de los brownies, elaboración propia.

En la Tabla 6 se muestran los atributos evaluados, asimismo, se analizó estadísticamente como se detalla en la Tabla 7. El panel sensorial (Apéndice 3) se realizó con 100 personas de población general. Las muestras se identificaron con códigos al azar y cada panelista recibió los cuatro tratamientos en orden aleatorio.

Tabla 7.

p valor para variables del análisis de varianza de atributos sensoriales

Atributo sensorial	p valor
Olor	0.2549
Color	0.2832
Sabor	0.6396
Textura	0.7366
Aceptación	0.3499

Nota: análisis estadístico de los brownies, elaboración propia.

Se realizó un análisis de varianza para los atributos sensoriales, el cual indicó que no existe diferencia estadísticamente significativa (p valor <0.05), en relación al olor, color, sabor, textura y aceptación.

4.3. Valor nutritivo del Brownie con mayor nivel de aceptabilidad a través de un análisis bromatológico

Debido a que no existe una diferencia significativa con relación a la aceptabilidad entre los tratamientos realizados, se puede apreciar en la Tabla 8 la composición nutricional de los cuatro tratamientos que se obtuvieron por medio de un análisis bromatológico.

Tabla 8.

Composición nutricional de los tratamientos en 100 gramos

Tratamiento	Calorías (Kcal)	Humedad (g)	Proteína (g)	Grasa (g)	Cenizas (g)	Carbohidratos (g)	Fibra (g)	Sodio (mg)	Calcio (mg)
Testigo	504	6.39	6.92	26.80	1.70	58.72	0.96	100	210
T1	499	6.79	7.30	26.40	1.37	58.14	1.21	110	290
T2	499	6.93	8.12	26.54	1.48	56.93	1.54	120	250
T3	499	6.23	8.56	26.17	1.62	57.42	1.55	150	250

Nota: descripción de los análisis bromatológicos de los brownies en muestra base húmeda en p/p en 100g, elaboración propia.

La composición del tratamiento Testigo obtuvo menor cantidad de gramos correspondientes a proteína y conforme se aumentó el contenido de harina de frijol, se puede apreciar que se incrementa la proteína y el contenido de fibra.

Tabla 9.

Contenido de hierro y zinc en base húmeda de los tratamientos

Tratamiento	Hierro (mg/100g)	Zinc (mg/100g)
T3	9.24a	4.76a
Testigo	8.38b	4.07a
T1	8.37b	5.15a
T2	7.75b	2.93b

Nota: descripción de los análisis de hierro y zinc, elaboración propia. La letra distinta en la misma columna de hierro o de zinc indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

En la Tabla 9 se puede apreciar el contenido de los micronutrientes de hierro y de zinc en muestra de base húmeda, asimismo demuestra que existe diferencia estadísticamente significativa en relación al contenido de hierro, siendo la T3 la de mayor contenido en comparación con el tratamiento Testigo, T1, y T2. En relación al zinc el tratamiento T1 es el que mayor contenido presentó siendo estadísticamente igual al compararlo con el T3 y Testigo.

Tabla 10.

p valor para variables del análisis de varianza para hierro y zinc

Micronutriente	p valor
Hierro	0.0198
Zinc	0.0282

Nota: descripción de los análisis de varianza del hierro y zinc, elaboración propia.


Se realizó un análisis de varianza como se detalla en la Tabla 10 para el contenido de micronutrientes del hierro y zinc, el cual demostró que existe diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$).

4.4. Ficha técnica del Brownie con mayor nivel de aceptabilidad sensorial

Debido a que no una existe diferencia significativa en la aceptación de los tratamientos realizados, se elaboró una ficha técnica por cada formulación de las cuales se muestran a continuación de la Tabla 11 a la 14, las cuales contienen las características de cada tratamiento.

Tabla 11.

Ficha técnica del Brownie tratamiento Testigo

Característica	Resultado																				
Nombre del producto:	Brownie de trigo																				
Fotografía:																					
Descripción:	Bizcocho a base de harina de trigo con sabor a chocolate.																				
Uso previsto:	Producto listo para consumir.																				
Consumidores previstos:	Población en general excepto para niños menores de 2 años.																				
Ingredientes:	Harina de trigo fortificada (con hierro, niacina, tiamina, riboflavina y ácido fólico), aceite, azúcar, cocoa, huevo, polvo para hornear y vainilla.																				
Alérgenos:	Contiene huevo y gluten																				
Propiedades organolépticas:	Color: café Olor: característico a chocolate. Sabor: intenso a chocolate Textura: suave y húmeda																				
Lugar de elaboración:	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA-, Chimaltenango, Guatemala.																				
Composición nutricional:	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">INFORMACIÓN NUTRICIONAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tamaño de porción:</td> <td>50 g (1 unidad)</td> </tr> <tr> <td>Porciones por envase:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cantidad por porción</td> </tr> <tr> <td>Energía (kJ):</td> <td>1050 (250 kcal)</td> </tr> <tr> <td>Grasa total (g)</td> <td>13.4</td> </tr> <tr> <td>Grasa saturada (g):</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Carbohidratos (g):</td> <td>29.36</td> </tr> <tr> <td>Sodio (mg):</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Proteína total (g):</td> <td>3.46</td> </tr> </tbody> </table>	INFORMACIÓN NUTRICIONAL		Tamaño de porción:	50 g (1 unidad)	Porciones por envase:	1		Cantidad por porción	Energía (kJ):	1050 (250 kcal)	Grasa total (g)	13.4	Grasa saturada (g):	0	Carbohidratos (g):	29.36	Sodio (mg):	50	Proteína total (g):	3.46
INFORMACIÓN NUTRICIONAL																					
Tamaño de porción:	50 g (1 unidad)																				
Porciones por envase:	1																				
	Cantidad por porción																				
Energía (kJ):	1050 (250 kcal)																				
Grasa total (g)	13.4																				
Grasa saturada (g):	0																				
Carbohidratos (g):	29.36																				
Sodio (mg):	50																				
Proteína total (g):	3.46																				
Parámetros microbiológicos:	<p>7.0 Grupo de Alimento: Pan y productos de panadería y pastelería. Incluye las categorías relativas al pan y los productos de panadería ordinaria y mezclas en polvo. Frescos o congelados y los productos de panadería fina dulces, salados y aromatizados.</p> <p>7.1 Subgrupo del alimento: Pan, productos de panadería ordinaria y mezclas en polvo. Frescos o congelados.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>Categoría</th> <th>Tipo de riesgo</th> <th>Límite máximo permitido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Escherichia coli</i></td> <td>6</td> <td>B</td> <td>< 3 NMP/g</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro	Categoría	Tipo de riesgo	Límite máximo permitido	<i>Escherichia coli</i>	6	B	< 3 NMP/g												
Parámetro	Categoría	Tipo de riesgo	Límite máximo permitido																		
<i>Escherichia coli</i>	6	B	< 3 NMP/g																		

Nota: descripción la ficha técnica del brownie del tratamiento testigo, elaboración propia.

En la ficha técnica se describen las características del producto alimenticio, asimismo, se muestra la fotografía del brownie.

Tabla 12.

Ficha técnica del Brownie tratamiento T1

Característica	Resultado																				
Nombre del producto:	Brownie de trigo y frijol																				
Fotografía:																					
Descripción:	Bizcocho a base de harina de trigo y frijol con sabor a chocolate.																				
Uso previsto:	Producto listo para consumir.																				
Consumidores previstos:	Población en general mayores de 2 años.																				
Ingredientes:	Harina de trigo fortificada (con hierro, niacina, tiamina, riboflavina y ácido fólico), harina de frijol, aceite, azúcar, cocoa, huevo, polvo para hornear y vainilla.																				
Alérgenos:	Contiene huevo y gluten Color: café																				
Propiedades organolépticas:	Olor: característico a chocolate. Sabor: intenso a chocolate Textura: suave y húmeda																				
Lugar de elaboración:	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-, Chimaltenango, Guatemala.																				
Composición nutricional:	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">INFORMACIÓN NUTRICIONAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tamaño de porción:</td> <td>50 g (1 unidad)</td> </tr> <tr> <td>Porciones por envase:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cantidad por porción</td> </tr> <tr> <td>Energía (kJ):</td> <td>1050 (250 kcal)</td> </tr> <tr> <td>Grasa total (g)</td> <td>13.2</td> </tr> <tr> <td>Grasa saturada (g):</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Carbohidratos (g):</td> <td>29.03</td> </tr> <tr> <td>Sodio (mg):</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>Proteína total (g):</td> <td>3.65</td> </tr> </tbody> </table>	INFORMACIÓN NUTRICIONAL		Tamaño de porción:	50 g (1 unidad)	Porciones por envase:	1		Cantidad por porción	Energía (kJ):	1050 (250 kcal)	Grasa total (g)	13.2	Grasa saturada (g):	0	Carbohidratos (g):	29.03	Sodio (mg):	55	Proteína total (g):	3.65
INFORMACIÓN NUTRICIONAL																					
Tamaño de porción:	50 g (1 unidad)																				
Porciones por envase:	1																				
	Cantidad por porción																				
Energía (kJ):	1050 (250 kcal)																				
Grasa total (g)	13.2																				
Grasa saturada (g):	0																				
Carbohidratos (g):	29.03																				
Sodio (mg):	55																				
Proteína total (g):	3.65																				
Parámetros microbiológicos:	<p>7.0 Grupo de Alimento: Pan y productos de panadería y pastelería. Incluye las categorías relativas al pan y los productos de panadería ordinaria y mezclas en polvo. Frescos o congelados y los productos de panadería fina dulces, salados y aromatizados.</p> <p>7.1 Subgrupo del alimento: Pan, productos de panadería ordinaria y mezclas en polvo. Frescos o congelados.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>Categoría</th> <th>Tipo de riesgo</th> <th>Límite máximo permitido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Escherichia coli</i></td> <td>6</td> <td>B</td> <td>< 3 NMP/g</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro	Categoría	Tipo de riesgo	Límite máximo permitido	<i>Escherichia coli</i>	6	B	< 3 NMP/g												
Parámetro	Categoría	Tipo de riesgo	Límite máximo permitido																		
<i>Escherichia coli</i>	6	B	< 3 NMP/g																		

Nota: descripción la ficha técnica del brownie del tratamiento T1, elaboración propia.

En la ficha técnica se describen las características del producto alimenticio, asimismo, se muestra la fotografía del brownie.

Tabla 13.

Ficha técnica del Brownie tratamiento T2


Característica	Resultado			
Nombre del producto:	Brownie de trigo y frijol			
Fotografía:				
Descripción:	Bizcocho a base de harina de trigo y frijol con sabor a chocolate.			
Uso previsto:	Producto listo para consumir.			
Consumidores previstos:	Población en general mayores de 2 años.			
Ingredientes:	Harina de trigo fortificada (con hierro, niacina, tiamina, riboflavina y ácido fólico), harina de frijol, aceite, azúcar, cocoa, huevo, polvo para hornear y vainilla.			
Alérgenos:	Contiene huevo y gluten Color: café			
Propiedades organolépticas:	Olor: característico a chocolate. Sabor: intenso a chocolate Textura: suave y húmeda			
Lugar de elaboración:	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-, Chimaltenango, Guatemala.			
Composición nutricional:	INFORMACIÓN NUTRICIONAL			
	Tamaño de porción:	50 g (1 unidad)		
	Porciones por envase:	1		
		Cantidad por porción		
	Energía (kJ):	1050 (250 kcal)		
	Grasa total (g)	13.3		
	Grasa saturada (g):	0		
	Carbohidratos (g):	28.5		
Sodio (mg):	60			
Proteína total (g):	4.1			
Parámetros microbiológicos:	<small>7.0 Grupo de Alimento: Pan y productos de panadería y pastelería. Incluye las categorías relativas al pan y los productos de panadería ordinaria y mezclas en polvo. Frescos o congelados y los productos de panadería fina dulces, salados y aromatizados.</small>			
	<small>7.1 Subgrupo del alimento: Pan, productos de panadería ordinaria y mezclas en polvo. Frescos o congelados.</small>			
	Parámetro	Categoría	Tipo de riesgo	Límite máximo permitido
<i>Escherichia coli</i>	6	B	< 3 NMP/g	

Nota: descripción la ficha técnica del brownie del tratamiento T2, elaboración propia.

En la ficha técnica se describen las características del producto alimenticio, asimismo, se muestra la fotografía del brownie.

Tabla 14.

Ficha técnica del Brownie tratamiento T3

Característica	Resultado
Nombre del producto:	Brownie de trigo y frijol
Fotografía:	
Descripción:	Bizcocho a base de harina de trigo y frijol con sabor a chocolate.
Uso previsto:	Producto listo para consumir.
Consumidores previstos:	Población en general mayores de 2 años.
Ingredientes:	Harina de frijol, harina de trigo fortificada (con hierro, niacina, tiamina, riboflavina y ácido fólico), aceite, azúcar, cocoa, huevo, polvo para hornear y vainilla.
Alérgenos:	Contiene huevo y gluten Color: café
Propiedades organolépticas:	Olor: característico a chocolate. Sabor: intenso a chocolate Textura: suave y húmeda
Lugar de elaboración:	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-, Chimaltenango, Guatemala.

Composición nutricional:

INFORMACIÓN NUTRICIONAL	
Tamaño de porción:	50 g (1 unidad)
Porciones por envase:	1
	Cantidad por porción
Energía (kJ):	1050 (250 kcal)
Grasa total (g)	13.1
Grasa saturada (g):	0
Carbohidratos (g):	28.7
Sodio (mg):	75
Proteína total (g):	4.3

Parámetros microbiológicos:

7.0 Grupo de Alimento: Pan y productos de panadería y pastelería. Incluye las categorías relativas al pan y los productos de panadería ordinaria y mezclas en polvo. Frescos o congelados y los productos de panadería fina dulces, salados y aromatizados.			
7.1 Subgrupo del alimento: Pan, productos de panadería ordinaria y mezclas en polvo. Frescos o congelados.			
Parámetro	Categoría	Tipo de riesgo	Límite máximo permitido
<i>Escherichia coli</i>	6	B	< 3 NMP/g

Nota: descripción la ficha técnica del brownie del tratamiento T3, elaboración propia.

En la ficha técnica se describen las características del producto alimenticio, asimismo, se muestra la fotografía del brownie.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se presenta la discusión de resultados con base a los objetivos específicos descritos. El diseño de la presente investigación permitió el desarrollo de un producto de panificación tipo Brownie con sustitución parcial de harina de trigo utilizando frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí, que según sus características fisiológicas pertenece al reino plantae y división magnoliophyta (Tofiño, et.al, 2019).

Se realizaron diferentes formulaciones para comparar resultados con un Brownie de receta tradicional. Los diferentes tratamientos de Brownie elaborados presentaron características similares y cambios no perceptibles por la población como el color, sabor, textura y olor. Sin embargo, presentaron cambios en la composición del alimento, ya que, al aumentar el porcentaje de la haina de frijol en la formulación, se incrementó el contenido de fibra y proteína. Estos datos son importantes por lo que se incluyeron en el contenido de la ficha técnica del alimento.

5.1. **Formulaciones de Brownie con diferentes porcentajes de frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí**

Los brownies son bizcochos de chocolate, compactos, dulces y de color café. Una de sus características es que son suaves por dentro y con superficie ligeramente tostada. En Guatemala existen varias panaderías y restaurantes especializados donde se destacan por su elaboración (Samayoa, s.f.).

Asimismo, se puede destacar que en Guatemala la industrialización de estos productos se proyecta como una buena opción para generar empresas (Vivar, 2013), sin embargo, en el año 2021, Guatemala importó \$181M en trigo y exportó \$4,59k (Observatorio de Complejidad Económica -OEC-, 2021), por lo que es importante mejorar la calidad e innovar productos alimenticios aceptados por la población utilizando cultivos autóctonos y así coadyuvar a la soberanía y seguridad alimentaria del país, asimismo, produciendo productos a menor costo y mejorando su composición nutricional.

Se elaboraron cuatro formulaciones de brownie como se puede apreciar en la Figura 1, con diferentes porcentajes de harina de trigo y de frijol como se detalla en la Tabla 3. El tratamiento Testigo se mantuvo un porcentaje de 100 % de harina de trigo y 0 % de frijol, con el fin que al panelista se le permitiera evaluar sensorialmente la formulación tradicional y las formulaciones con diferentes porcentajes de harina de frijol.

Se utilizó el mismo porcentaje de ingredientes de azúcar, grasa, vainilla, cocoa, huevo y polvo para hornear debido a que se elaboró un producto alimenticio similar al tradicional, con la diferencia de sustituir en parte la harina de trigo por una de frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí, con el propósito de innovar productos con características organolépticas similares y con beneficios adicionales para la salud.

Incorporar legumbres a la dieta favorece la operatividad digestiva debido al contenido de fibra, proporcionan el doble de proteína que los cereales (como el trigo) y asimismo brindan micronutrientes importantes como el hierro, zinc y vitaminas para el organismo (FAO, 2016).

Se utilizó el frijol biofortificado ICTA Chortí debido a que este contiene el 90 % más de hierro y el 29 % más de zinc que las variedades de frijol no biofortificados (ICTA, 2022).

Como se observa en la Tabla 4, no existe diferencia estadísticamente significativa en relación al color y a la pérdida de peso, por lo que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol mantiene el color característico de un brownie tradicional, el cual es el primer atributo que se juzga por los consumidores y se ha comprobado que en pruebas sensoriales cuando se ve alterado, sin cambiar textura, olor, sabor y otros, tiende a generar rechazo al producto alimenticio (Baudi, 2006).

En la Tabla 5, se pueden observar los valores $L^*a^*b^*$ de la corteza y de la miga. Es importante la evaluación previa del color de los alimentos naturales o procesados, ya que es identificado inicialmente por los consumidores, por lo que es un indicador de calidad y es determinante por la asociación que existe entre el color y la aceptación de sabor (Espinoza, 2007).

5.2. Nivel de aceptabilidad sensorial del Brownie producido con frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí con población general

La calidad de un alimento es subjetiva y objetiva a la vez, por lo que depende de varios factores, siendo uno de ellos las características organolépticas como el color, olor, sabor, textura e incluso el sonido que genera en la boca al masticar, influyen directamente en su aceptación (Badui, 2006).

En la Tabla 6, se muestran los resultados obtenidos según los atributos de los cuatro tratamientos de los brownies evaluados por escala hedónica por 100 panelistas no entrenados. Este tipo de prueba es afectiva y se realiza con personas no seleccionadas ni entrenadas, lo que permite conocer la aceptación o rechazo del producto (Espinoza, 2007).

La evaluación de las propiedades sensoriales con distintos porcentajes de sustitución de harina de trigo por frijol, demuestra que el color, olor, sabor, textura y aceptación, no son afectados y las personas no perciben los cambios, es decir que mantienen el mismo nivel de aceptabilidad al compararlo con un brownie tradicional, ya que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los cuatro tratamientos, como se puede apreciar en la Tabla 7. La población tuvo la misma aceptación de los brownies elaborados con la harina de trigo y harina de frijol (HT: HF) utilizando las proporciones 100:0 %, 75:25 %, 50:50 % y 25:75 %.

5.3. Valor nutritivo del Brownie con mayor nivel de aceptabilidad a través de un análisis bromatológico

En la Tabla 8 se puede apreciar la composición nutricional de los tratamientos, en la cual se muestra que principalmente el contenido calórico, de humedad y grasas se mantuvo en referencia al tratamiento testigo.

El contenido de proteína y fibra fue incrementando conforme mayor porcentaje de harina de frijol tuviera, siendo el tratamiento T3 el brownie que mayor presentó, lo que puede explicarse por la composición de la leguminosa, la cual está conformada por mayor contenido proteico y de fibra que en comparación con el trigo (INCAP/OPS, 2012). Este podría formar parte de nuevos

productos en el mercado, con tendencia a postres mejorados en el contenido de proteína y fibra dietética.

Según la Tabla 9, el tratamiento con mayor contenido de hierro fue el T3, existiendo una diferencia significativa comparado con el Testigo, T1 y T2. El T3 fue el que tenía mayor contenido de harina de frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí, el cual presenta hasta 99 ppm de este mineral (ICTA, 2017).

En relación al zinc, se puede apreciar que los tratamientos T3, Testigo y T1, fueron los que mayor contenido presentaron según se muestra en la Tabla 10, siendo diferentes estadísticamente con la formulación del tratamiento T2. Por lo que, considerando el valor nutritivo y la aceptabilidad sensorial, el tratamiento T3 es un producto con mejores características nutritivas en relación a proteína, fibra, hierro y zinc.

5.4. Ficha técnica del Brownie con mayor nivel de aceptabilidad sensorial

Las fichas técnicas son documentos que exponen características principales y que sirven para conocer el producto (Berdejo, 2020). En las Tablas de la 11 a la 14 se pueden observar las fichas técnicas de los cuatro tratamientos. Las características que incluyen son: nombre del producto, uso previsto, consumidores previstos, ingredientes, alérgenos, propiedades organolépticas, lugar de elaboración, composición nutricional y parámetros microbiológicos, asimismo, permite facilitar la verificación de la calidad de los tratamientos y establecer por escrito el correcto entendimiento del producto (Duque, 2013).

Es importante reportar en la ficha técnica los ingredientes que conforman los Brownies, así como declarar los alérgenos, ya que según el Codex Alimentarius adoptado el año 2020, categoriza a ocho alimentos que generan reacciones alérgicas, los cuales son cereales que contengan gluten, crustáceos, huevo, pescado, leche, maní, soja y nueces de árbol (Codex Alimentarius, 2020) en el caso de los tratamientos de los Brownies, Testigo, T1, T2 y T3 contienen gluten y huevo.

Es importante reportar el contenido nutricional. El valor calórico que representa una porción de 50g de los tratamientos equivale a 250kcal, lo que aporta a un niño promedio de 7 a 10 años aproximadamente el 12 % de las necesidades promedio diarias de energía (kcal), así como el 11 % para un adulto promedio (FAO, OMS, ONU, 1985).

Mejorar el perfil nutricional de los alimentos debería ser el principal objetivo de la innovación de productos alimenticios en la industria panadera, de igual manera al incluir biofortificados se incrementa el contenido de micronutrientes como el hierro o el zinc.

El ICTA conjuntamente con el MAGA, promueve cultivos como el frijol, camote y maíz, por lo que se podría elaborar alimentos como pan tradicional con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote, galletas saladas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz, pastelitos empacados elaborados con harina de camote, o incluso mejor la formulación del Brownie de frijol biofortificado con algún sustituto de azúcar y/o grasa y de esa manera coadyuvar a la seguridad alimentaria y nutricional de la población.

CONCLUSIONES

1. Se elaboraron cuatro formulaciones de Brownie con diferentes porcentajes de harina de trigo y de frijol biofortificado de los cuales las proporciones utilizadas fueron: Testigo 100 % harina de trigo y 0 % de frijol, T1 75-25 %, T2 50-50 % y T3 25-75 % y no presentaron diferencia significativa en relación a la pérdida de peso y el color.
2. Se midió la aceptabilidad de los tratamientos por medio de un panel sensorial, el cual demostró que los cuatro tratamientos tienen el mismo nivel de aceptabilidad, en relación a: olor, color, sabor y textura.
3. Se realizó un análisis bromatológico a cada tratamiento. Al compararlos, el que presentó mayor contenido de proteína, fibra, hierro y zinc fue el tratamiento T3, asimismo, aporta a un niño promedio de 7 a 10 años aproximadamente el 12 % de las necesidades promedio diarias de energía, así como el 11% para un adulto promedio.
4. Se realizaron cuatro fichas técnicas, una para cada tratamiento, en las cuales se reportan características como ingredientes, formulación, alérgenos, valor nutricional entre otros datos técnicos que permiten identificar el objeto del alimento.

RECOMENDACIONES

A continuación, se muestran las recomendaciones dirigidas a estudiantes investigadores sobre productos de innovación:

1. Formular otros productos de panificación utilizando alimentos biofortificados como maíz y tubérculos, los cuales son promovidos por el ICTA y MAGA, utilizando sustitutos de grasa y azúcar para disminuir el contenido calórico.
2. Realizar diferentes tipos de pruebas sensoriales con panelistas entrenados para analizar atributos de los productos formulados y permitir productos innovadores mejorados.
3. Realizar un análisis bromatológico de energía y otros micronutrientes como fósforo y potasio para completar la composición nutricional.
4. Realizar una ficha técnica de la harina de frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICTA Chortí para informar sobre sus características propias.

REFERENCIAS

- Acción contra el hambre. (2022). *Biofortificación. Recomendaciones operativas de acción contra el hambre*. Recuperado de: <https://www.actioncontrelafaim.org/wp-content/uploads/2022/01/Biofortification-Recommandations-operationelles-ES-VF.pdf>
- Adv, M. (2014). *Repostería II*. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. México. Primavera.
- Alvarado, E. M. Z., García, M. J., Medina, J. M., Ontiveros, M. A., y Maldonado, A. L. (2017). *Desarrollo de un pay de harina de frijol negro San Luis con mermelada de chilacayote de altas propiedades nutricionales*. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, (71), 27-33.
- Álvarez, M., Ochoa, M., Nuñez, M., Rosas, B., y Gutiérrez, E. (2016). *Emple de harina de frijol blanco en panificación*. Ciencia y Tecnología de Alimentos, 26(1), 22-27.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. México: Pearson Educación, 4ta edición.
- Beebe, S. (2020). *Biofortification of common bean for higher iron concentration*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 573449.

Bello, J. (2000). *CIENCIA BROMATOLÓGICA Principios generales de los alimentos*. Madrid, España. Días de Santos.

Berdejo, P. (2020). *Cómo diseñar correctamente fichas técnicas de producto*. Integra. Recuperado de: <https://www.integratecnologia.es/la-innovacion-necesaria/como-disenar-correctamente-fichas-tecnicas-de-producto/>

Betanzos, M. (2018). *Alimentos de la Gama V a base de frijol negro (Phaseolus vulgaris) cultivado en el estado de Chiapas*. México: Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Codex alimentarius. (2007). *Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales*. Organización Mundial de la Salud y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Codex alimentarius. (2020). *Código de prácticas sobre la gestión de los alérgenos alimentarios por parte de los operadores de empresas de alimentos*. Organización Mundial de la Salud y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B80-2020%252FCXC_080s.pdf

Douque, C. (2013). *Elaboración de la ficha técnica de los productos de la empresa G.M.P PRODUCTOS QUIMICOS S.A*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de: <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1033/1/Elaboracion>

Espinoza, J. (2007). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Cuba: editorial universitaria.

FAO (Organización de las Naciones Unidas por la Alimentación y Agricultura). 2016. *Legumbres semillas nutritivas para un futuro sostenible*. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/i5528s/i5528s.pdf>

FAO/OMS/ONU. (1985). *Necesidades energéticas y proteínas*. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/am401s/am401s03.pdf>

Fonseca, V., Márque, C., Ulloa, N., Ruíz, M., y Valdés, E. (2019). Preferencia y grado de satisfacción de productos panaderos con una mezcla cereal-leguminosa en adultos de Chile. *ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN*, 69(2), 107-112.

González, A. Larios, X. y Velásquez A. (2019). *Evaluación de sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijoles Phaseolus vulgaris L. en la formulación de pasteles, a escala de laboratorio, en UNI RUACS, Estelí – Nicaragua*. Trabajo monográfico para licenciatura. Universidad Nacional De Ingeniería

Hummel, M., Talsma, E. F., Taleon, V., Londoño, L., Brychkova, G., Gallego, S., y Spillane, C. (2020). *Iron, zinc and phytic acid retention of biofortified, low phytic acid, and conventional bean varieties when preparing common household recipes*. *Nutrients*, 12(3), 658.

ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas). 2016. *Cultivos biofortificados una oportunidad para combatir la desnutrición*. Guatemala

ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas). 2017. *ICTA Chortí^{ACM} Variedad de frijol arbustivo Biofortificada con hierro y zinc*. Guatemala.

ICTA -Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas-. (2022). *Importancia de la biofortificación de cultivos en la nutrición*. Guatemala. Recuperado de: <https://icta.gob.gt/publicaciones%202022/boletines/Bolet%C3%ADn%20enero%202022%20UDIV%20.pdf>

INCAP –Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá-, OPS -Organización Panamericana de la Salud-. (2012). *Tabla de composición de alimentos*. Guatemala: Serviprensa, S.A.

INE (Instituto Nacional de Estadística). (2018). *Encuesta nacional agropecuaria de granos básicos (maíz, frijol y arroz) año agrícola 2017-2018*. Guatemala. Recuperado de: <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2019/01/29/20190129112819t0K8vdPBkGZYjIhvSXRqTgPE0PsoxC9R.pdf>

León, A., y Rosell, C. (2007). *De tales harinas, tales panes*. Argentina: Editorial lit. II.

MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). 2017. *Planteamiento Informe de situación de Frijol*. Guatemala. Recuperado de: <https://www.maga.gob.gt/sitios/diplan/download/%20a%C3%ADz%20ci%C3%B3n%20n%20del%20sector/informes%20de%20situaci%C3%B3n%20de%20maiz%20y%20frijol/2017/12%20Informe%20Situaci%C3%B3n%20Del%20Frijol%20Negro%20Diciembre%202017.pdf>

Mazariegos, M., Martínez, C., Mazariegos, D., Humberto, M., Román, A., Palmieri, M., y Tomás, V. (2016). *Análisis de la situación y tendencias de los micronutrientes clave en Guatemala, con un llamado a la acción desde las políticas públicas*. Guatemala: INCAP - Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. FANTA III: food and nutrition technical assistance.

Medina, J. J. R., Ramírez, K., Rangel-Peraza, J. G., y Aguayo-Rojas, J. (2018). *Incremento del valor nutrimental, actividad antioxidante y potencial inhibitorio de α -glucosida en brownies a base de leguminosas cocidas*. Arch. Latinoam. Nutr, 68.

Navarro, S. L. B. y López, X. J. L. (2019). *Evaluación de sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol Phaseolus Vulgaris en la formulación de tortas*. Revista Ciencia y Tecnología El Higo, 9(1), 35-44.

-OMS- Organización Mundial de la Salud. (2017). *Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes*. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255541/9789243594019-spa.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (2022). *Fondo para los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de: <https://www.sdqfund.org/es/estudio-de-caso/guatemala-seguridad-alimentaria-y-nutrici%C3%B3n-en-el-departamento-de-san-marcos#:~:text=SITUACI%C3%93N,de%20edad%20sufren%20desnutrici%C3%B3n%20cr%C3%B3nica>

OEC -Observatorio de Complejidad Económica- (2021). *Trigo en Guatemala*.

Recuperado de: <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/wheat/reporter/gtm#:~:text=Exportaciones%3A%20En%202021%2C%20Guatemala%20export%C3%B3,970%20m%C3%A1s%20exportado%20en%20Guatemala>

-OPS- Organización Panamericana de la Salud. (2012). *Tabla de Composición de alimentos de Centroamérica*. Guatemala: Serviprensa, S.A.

Porta de Inocuidad. (2017). Recuperado de: <https://www.portaldeinocuidad.com/web/como-realizar-una-especificacion-tecnica/>

Rubio, A., Hernández, A., Calderón, A., Ballesteros, M., Granados, M., & Vasquéz, F. (2012). *Formulación y elaboración de pastelillos tipo brownies con más fibra y menos calorías que los convencionales*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 2, 185-191. Retrieved from http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222012000200013

Tofiño, A., Cordero, C., Rozo, Y. y Tamayo. (2019). *Frijol biofortificado Corpoica Rojo 39: proceso de obtención varietal y sistema productivo para el Caribe seco*. Colección Nuevo Conocimiento Agropecuario. Colombia: Agrosavia.


Samayoa, C. (s.f.). *Lugares para comer brownies en Guatemala*. Recuperado de: <https://www.guatemala.com/comida/postres/lugares-para-comer-brownies-en-guatemala/>

- Solís, S., Juárez, M., Mendoza, S., Ávila, M., Ramírez, F. y Mancillas, J. 2020. *Evaluación proximal y antioxidante de un pan tipo coyota a partir de harinas de trigo, frijol y nopal con mermelada de higo*. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 5(1) 727-732
- Suarez B., Caballero M., Delgado J., Lázaro V., y Sosa E. 2016. *Una nueva alternativa del procesamiento de frijol negro (Phaseolus vulgaris L.) en un producto de panificación tipo brownie dulce*. Universidad de Guanajuato. 1(2) 59-63.
- Vabuena, J. (2019). *Elaboración de una pre-mezcla para la obtención de brownies mediante microondas a base de polvo de cacao*.(Tesis de pegrado). Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Valenzuela, C., Letelier, M., Olivares, M., Arredondo, M., & Pizarro, F. (2008). *Revista Chilena de Nutrición*, 35(2). Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46911546008>
- Vivar, L. (2013). *Proyecto de graduación: Plan de negocios Pastry Shop*. Guatemala: Universidad del Istmo. Recuperado de: <https://glifos.unis.edu.gt/digital/tesis/2013/50111.pdf>
- Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L., & Elías, L. (1982). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Canadá: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.

APÉNDICES

Apéndice 1.



























Consentimiento informado para participar en el estudio

<p>Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de estudios de postgrado Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos No. ____</p>	
CONSENTIMIENTO INFORMADO	
<p>La prueba orientada al consumidor que se le presentará es parte del trabajo de tesis, elaborada por Julisa González.</p>	
<p>El objetivo principal es desarrollar un producto de panificación tipo Brownie al cual se evaluará la aceptabilidad. El proceso será confidencial, así mismo la participación es voluntaria. El estudio no conlleva ningún riesgo ni recibe ningún beneficio. Usted puede cambiar de idea y dejar de participar aun cuando haya aceptado previamente.</p>	
<p>Además, se le solicita su autorización para que se le fotografíe cuando estén evaluando las muestras, esto con el objetivo de colocar las fotografías en el informe final del estudio. Toda información será utilizada con fines académicos.</p>	
<p>F. _____</p>	

Nota: elaboración propia.

Apéndice 2.

Ficha de evaluación sensorial

Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de estudios de postgrado Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos		
Género: F ___ M ___		
Instrucciones: inicie probando las muestras de izquierda a derecha y anote el código de la muestra. Marque con una "X" según sea cada característica. Después de probar cada muestra tome un poco de agua.		
Muestra: _____		
Olor	    	
	No me gusta nada No me gusta mucho No me gusta ni me disgusta Me gusta Me gusta mucho	
Color	    	
	No me gusta nada No me gusta mucho No me gusta ni me disgusta Me gusta Me gusta mucho	
Sabor	    	
	No me gusta nada No me gusta mucho No me gusta ni me disgusta Me gusta Me gusta mucho	
Textura	    	
	No me gusta nada No me gusta mucho No me gusta ni me disgusta Me gusta Me gusta mucho	
Aceptación	    	
	No me gusta nada No me gusta mucho No me gusta ni me disgusta Me gusta Me gusta mucho	

Nota: ficha para evaluación sensorial, elaboración propia.

Apéndice 3.

Panel sensorial de prueba hedónica de brownies



Nota. [fotografías de la Lcda. Julisa González] (Evaluación sensorial de los tratamientos realizados en Chimaltenango y Suchitepéquez, Guatemala) Colección particular, Guatemala 2022.

ANEXOS

Anexo 1.

Resultados de análisis bromatológico

	MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA	CENTA <small>CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL "ENRIQUE ÁLVAREZ CÓDOVA"</small>	
LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA <small>labquimica@centa.gob.sv / gracia.henriquez@centa.gob.sv</small>			
San Andrés, 30 de marzo de 2023.			
DATOS GENERALES			
Nombre del Solicitante:	ICTA - Guatemala		
Responsables:	Ing. Erick Ricardo Aguilar Castillo		
Muestra:	Brownies		
Fecha de Recibidas:	20/02/2023		
RESULTADOS (BASE HÚMEDA)			
No. Lab.	ID Muestra	Hierro (Fe) ppm	Zinc (Zn) ppm
85P	T1 R1	83.90	51.82
86P	T1 R2	84.07	57.53
87P	T1 R3	83.01	44.90
88P	T2 R1	82.95	24.34
89P	T2 R2	73.42	25.72
90P	T2 R3	76.16	37.73
91P	T3 R1	90.22	41.60
92P	T3 R2	98.89	53.05
93P	T3 R3	88.20	48.00
94P	Testigo R1	83.47	30.68
95P	Testigo R2	79.53	41.44
96P	Testigo R3	88.37	49.84
METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS: <i>Métodos Oficiales de la A.O.A.C 15ª edición 1990</i>			
Químicos Analistas: Lic. de Ramón, Lic. de Arévalo, Lic. Quijada, Ing. de Chávez			
		 Inga Gracia Henríquez de Chávez Jefa del Laboratorio de Química Agrícola	
			
<small>Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA) km. 23 N, Carretera a Santa Ana, San Andrés, La Libertad, El Salvador, Centroamérica. Teléfonos: (503) 2397-2200 ext. 309 www.centa.gob.sv</small>			

Continuación del Anexo 1.

 GOBIERNO DE EL SALVADOR	MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA	 CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL "ENRIQUE ÁLVAREZ CÓDOVA"	
LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA labquimica@centa.gob.sv / grecia.henriquez@centa.gob.sv			
<p>San Andrés, 30 de marzo de 2023.</p> <p>DATOS GENERALES</p> <p>Nombre del Solicitante: ICTA - Guatemala</p> <p>Responsables: Ing. Erick Ricardo Aguilar Castillo</p> <p>Muestra: Mezcla de Brownies Testigo R1 - Testigo R2 - Testigo R3</p> <p>Fecha de Recibidas: 20/02/2023</p> <p>No. de análisis: 100P</p>			
RESULTADOS			
ANÁLISIS	BASE HÚMEDA P/P	UNIDADES	Metodología
Humedad	6.39	g/100g de muestra	Método de Secado a 105°C
Proteína Cruda	6.92	g/100g de muestra	Método Kjeldahl
Grasa (Extracto Etéreo)	26.80	g/100g de muestra	Método Soxhlet
Cenizas	1.17	g/100g de muestra	Incineración a 600°C
Carbohidratos	58.72	g/100g de muestra	Diferencia
Fibra Cruda	0.96	g/100g de muestra	Digestión Ácido Base
Sodio (Na)	0.10	g/100g de muestra	Espectrofotometría VIS
Calcio (Ca)	0.21	g/100g de muestra	Absorción Atómica ¹
			¹ Métodos Oficiales de la A.O.A.C 15ª edición 1990.
<p>Este informe de análisis se basa en una muestra de producto recibido por el laboratorio, el proceso de muestreo ha sido responsabilidad del interesado.</p> <p>Químico Analista: Ing. Grecia de Chávez</p>			
			 Inga. Grecia Henríquez de Chávez Jefa del Laboratorio de Química Agrícola
			
<p>Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA) km. 33 ½ Carretera a Santa Ana, San Andrés, La Libertad, El Salvador, Centroamérica. Teléfonos: (503) 2397-2200 ext. 269 www.centa.gob.sv</p>			

Continuación del Anexo 1.

 GOBIERNO DE EL SALVADOR	MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA	CENTA CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL "ENRIQUE ÁLVAREZ CÓDOVA"
---	--	---

LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA
labquimica@centa.gob.sv / greCIA.henriquez@centa.gob.sv

San Andrés, 30 de marzo de 2023.

DATOS GENERALES

Nombre del Solicitante: **ICTA - Guatemala**
Responsables: **Ing. Erick Ricardo Aguilar Castillo**
Muestra: **Mezcla de Brownies T3R1-T3R2-T3R3**
Fecha de Recibidas: **20/02/2023**

No. de análisis: **99P**

RESULTADOS

ANÁLISIS	BASE HÚMEDA P/P	UNIDADES	Metodología
Humedad	6.23	g/100g de muestra	Método de Secado a 105°C
Proteína Cruda	8.56	g/100g de muestra	Método Kjeldahl
Grasa (Extracto Etéreo)	26.17	g/100g de muestra	Método Soxhlet
Cenizas	1.62	g/100g de muestra	Incineración a 600°C
Carbohidratos	57.42	g/100g de muestra	Diferencia
Fibra Cruda	1.55	g/100g de muestra	Digestión Ácido Base
Sodio (Na)	0.15	g/100g de muestra	Espectrofotometría VIS
Calcio (Ca)	0.25	g/100g de muestra	Absorción Atómica ²

²Métodos Oficiales de la A.O.A.C 15ª edición 1990.

Este informe de análisis se basa en una muestra de producto recibido por el laboratorio, el proceso de muestreo ha sido responsabilidad del interesado.

Químico Analista: Lic. Diana Isabel Quijada


Inga. Grecia Henríquez de Chávez
Jefa del Laboratorio de Química Agrícola



Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA)
km. 33 ½ Carretera a Santa Ana, San Andrés, La Libertad, El Salvador, Centroamérica.
Teléfonos: (503) 2397-2200 ext. 269
www.centa.gob.sv

Continuación del Anexo 1.



MINISTERIO
DE AGRICULTURA
Y GANADERÍA

CENTA
CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL
"ENRIQUE ÁLVAREZ CÓDOVA"

LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA

labquimica@centa.gob.sv / greCIA.henriquez@centa.gob.sv

San Andrés, 30 de marzo de 2023.

DATOS GENERALES

Nombre del Solicitante: **ICTA - Guatemala**
Responsables: **Ing. Erick Ricardo Aguilar Castillo**
Muestra: **Mezcla de Brownies T2R1-T2R2-T2R3**
Fecha de Recibidas: **20/02/2023**

No. de análisis: **98P**

RESULTADOS

ANÁLISIS	BASE HÚMEDA P/P	UNIDADES	Metodología
<i>Humedad</i>	6.93	<i>g/100g de muestra</i>	<i>Método de Secado a 105°C</i>
<i>Proteína Cruda</i>	8.12	<i>g/100g de muestra</i>	<i>Método Kjeldahl</i>
<i>Grasa (Extracto Etéreo)</i>	26.54	<i>g/100g de muestra</i>	<i>Método Soxhlet</i>
<i>Cenizas</i>	1.48	<i>g/100g de muestra</i>	<i>Incineración a 600°C</i>
<i>Carbohidratos</i>	56.93	<i>g/100g de muestra</i>	<i>Diferencia</i>
<i>Fibra Cruda</i>	1.54	<i>g/100g de muestra</i>	<i>Digestión Ácido Base</i>
<i>Sodio (Na)</i>	0.12	<i>g/100g de muestra</i>	<i>Espectrofotometría VIS</i>
<i>Calcio (Ca)</i>	0.25	<i>g/100g de muestra</i>	<i>Absorción Atómica ¹</i>

¹Métodos Oficiales de la A.O.A.C 15ª edición 1990.

Este informe de análisis se basa en una muestra de producto recibido por el laboratorio, el proceso de muestreo ha sido responsabilidad del interesado.

Químico Analista: Lic. Elizabeth Rosales de Ramón



Inga. Grecia Henríquez de Chávez
Jefa del Laboratorio de Química Agrícola

Continuación del Anexo 1.

 GOBIERNO DE EL SALVADOR	MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA	 CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL "ENRIQUE ÁLVAREZ CÓRDOVA"
---	---	--

LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA
 labquimica@centa.gob.sv / grecia.henriquez@centa.gob.sv

San Andrés, 30 de marzo de 2023.

DATOS GENERALES

Nombre del Solicitante: **ICTA - Guatemala**
 Responsables: **Ing. Erick Ricardo Aguilar Castillo**
 Muestra: **Mezcla de Brownies T1R1-T1R2-T1R3**
 Fecha de Recibidas: **20/02/2023**

No. de análisis: **97P**

RESULTADOS

ANÁLISIS	BASE HÚMEDA P/P	UNIDADES	Metodología
Humedad	6.79	g/100g de muestra	Método de Secado a 105°C
Proteína Cruda	7.30	g/100g de muestra	Método Kjeldahl
Grasa (Extracto Etéreo)	26.40	g/100g de muestra	Método Soxhlet
Cenizas	1.37	g/100g de muestra	Incineración a 600°C
Carbohidratos	58.14	g/100g de muestra	Diferencia
Fibra Cruda	1.21	g/100g de muestra	Digestión Ácido Base
Sodio (Na)	0.11	g/100g de muestra	Espectrofotometría VIS
Calcio (Ca)	0.29	g/100g de muestra	Absorción Atómica ¹

¹Métodos Oficiales de la A.O.A.C 15ª edición 1990.

Este informe de análisis se basa en una muestra de producto recibido por el laboratorio, el proceso de muestreo ha sido responsabilidad del interesado.

Químico Analista: Lic. Amanda de Arévalo


 Inga. Grecia Henríquez de Chávez
 Jefa del Laboratorio de Química Agrícola



Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA)
 km. 33 ½ Carretera a Santa Ana, San Andrés, La Libertad, El Salvador, Centroamérica.
 Teléfonos: (503) 2397-2200 ext. 269
 www.centa.gob.sv

Nota. Datos del laboratorio Centro Nacional de Tecnología agropecuaria y forestal "Enrique Alvares Córdova" del Ministerio de Agricultura y Ganadería, -CENTA- El Salvador, 2022.