

UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL

Sede de Atenas

Ingeniería en Tecnología de Alimentos

Aprovechamiento del frijol negro de segunda calidad, mediante el procesamiento artesanal para la obtención de harina: Una alternativa, contra la pérdida del alimento

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

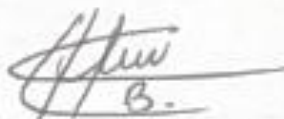
Jafet Granados Bermúdez
Kenyi Wong Recio

Atenas, Costa Rica
Año 2025

DECLARACIÓN JURADA

Yo Jafet José Granados Bermúdez portador de la cédula de identidad número 6-0454-0021 y Kenyi Mayling Wong Recio portadora de la cédula de identidad número 6-0459-0440 estudiantes de la Universidad Técnica Nacional, UTN en la carrera de Ingeniería en Tecnología de Alimentos, conocedora (s) de las sanciones legales con que la Ley Penal de la República de Costa Rica castiga el falso testimonio y el delito de perjurio que pueda ocasionarse ante el (la) Director (a) de Carrera y quienes constituyen el Tribunal Examinador de este trabajo de investigación, juramos solemnemente que este trabajo de investigación es una obra original respetando las leyes y que ha sido elaborada siguiendo las disposiciones exigidas por la Universidad Técnica Nacional, UTN, así como con los derechos de autor.

En fe de lo anterior, firmamos en la ciudad de Atenas, a los 16 días del mes de Mayo del (2025).



Jafet José Granados Bermúdez
604540021



Kenyi Mayling Wong Recio
604590440

HOJA DE APROBACIÓN

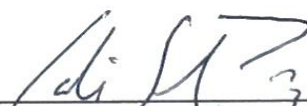
Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado por el Tribunal Evaluador como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Tecnología de Alimentos



Ana María Bárcenas Parra
Directora de Carrera



Angie Blanco González
Tutora del TFG



Carlos Estebán Sólera Ramírez
En representación de Uriel Rojas Hidalgo
Lector TFG



Rosaura Núñez Sancho
Lectora TFG

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, cuyo amor, sacrificio y esfuerzo constante han sido el cimiento sobre el cual se ha construido mi formación personal y profesional. A ellos les debo no solo la oportunidad de alcanzar esta meta, sino también la fortaleza para superar cada obstáculo que se presentó en el camino. A mi madre, por su infinita paciencia y sus palabras que siempre calmaron mis momentos de incertidumbre; y a mi abuela, por ser un ejemplo de sabiduría, fortaleza y ternura, y por enseñarme con su vida que los valores, la humildad y el trabajo honesto son las herramientas más valiosas que una persona puede tener. A mi familia, por su apoyo incondicional, por acompañarme en silencio cuando más lo necesitaba y por celebrar conmigo cada pequeño logro, como si fuera el más grande. A mis docentes, quienes con dedicación y exigencia me motivaron a dar lo mejor de mí, y sembrando en mí el amor por la ciencia, la curiosidad por investigar y la pasión por aprender. A mis amigos, quienes me brindaron su compañía, su comprensión y su respaldo inquebrantable durante las etapas más desafiantes del proceso. Finalmente, me lo dedico también a mí mismo: por la disciplina, por la perseverancia, por no rendirme cuando las fuerzas parecían agotarse y por mantener siempre viva la convicción de que cada esfuerzo tendría su recompensa. Esta tesis no representa solamente un logro académico, sino la confirmación de que los sueños se alcanzan cuando se trabaja con entrega, fe y corazón.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis representa mucho más que un logro académico; ha sido un viaje personal lleno de aprendizajes, desafíos y crecimiento interior, que no habría sido posible sin el apoyo, la guía y la compañía de personas fundamentales a quienes deseo expresar mi más profunda gratitud. Agradezco en primer lugar a Dios, por concederme la sabiduría, la salud y la fortaleza necesarias para avanzar incluso en los momentos más difíciles. A mi familia, y en especial a mis padres, por su amor constante, su apoyo incondicional y por haber depositado en mí su confianza cuando más lo necesitaba; su presencia, aunque a veces silenciosa, fue clave en cada etapa de este proceso. A mi asesor o asesora de tesis, por su orientación firme y paciente, así como a los docentes que, a lo largo de mi formación, sembraron en mí dudas que se transformaron en conocimiento y pasión por aprender.

Agradezco también a quienes me brindaron consuelo y ánimo en los momentos de frustración, incertidumbre o crisis existenciales, y que celebraron a mi lado cada avance con genuina alegría; su compañía marcó una diferencia significativa. Finalmente, me reconozco a mí mismo por la perseverancia, por el compromiso y por no rendirme a pesar de los obstáculos; esta tesis es solo un peldaño más en el camino, pero uno que he construido con esfuerzo, esperanza y convicción.

TABLA DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN JURADA	2
HOJA DE APROBACIÓN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
TABLA DE CONTENIDOS	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1 Área de estudio:	13
1.2. Delimitación del problema:	13
1.3 Justificación:	16
1.4 Antecedentes:	19
1.5. Objetivos:	25
1.5.1 Objetivo general:.....	25
1.5.2 Objetivos específicos:	25
II.MARCO TEÓRICO	27
2.1 Generalidades	28
2.2 Método artesanal	28
2.3 Frijol	28
2.3.1 Clasificación del frijol	29
2.3.2 Uso del frijol	31
2.3.3 Composición nutricional del frijol.....	31
2.4 Harinas sucedáneas	32
2.4.1 Harina de frijol.....	32
2.4.2 Harina de trigo	32
2.4.3 Uso de la harina	33
2.5 Análisis proximal de la harina de frijol de segunda calidad	33
2.5.1 Humedad	33
2.5.2 Proteína	33
2.5.3 Grasas	34

2.5.4 Carbohidratos	34
2.5.5 Cenizas	34
2.5.6 Fibra.....	34
2.5.7 Sodio.....	35
2.6 Aplicación de la harina de frijol de segunda calidad en productos de panificación.	35
2.6.1 Brownies	35
2.7 Pruebas sensoriales.....	35
2.7.1 Prueba de preferencia o afectivo	35
2.7.2 Panelistas no entrenado	36
III: MARCO METODOLÓGICO	37
3.1 Enfoque y tipo de investigación.....	38
3.2 Sujetos y fuentes de información	39
3.3 Hipótesis o preguntas generadoras	39
3.4 Variables	40
3.5 Población y muestra	47
3.6 Descripción de la metodología.....	47
3.6.1 Procedimiento artesanal de la elaboración de la harina de frijol	47
3.6.1.1 Recepción.....	48
3.6.1.2 Selección del frijol.....	48
3.6.1.3 Limpieza	48
3.6.1.4 Tostado.....	48
3.6.1.5 Molienda	49
3.6.1.6 Tamizado	49
3.6.1.6 Empacado y almacenado	49
3.6.2 Determinación de características proximal de la harina de frijol.	50
3.6.2.1 Determinación de humedad	51
3.6.2.2 Determinación de cenizas	51
3.6.2.3 Determinación de grasas	51
3.6.2.4 Determinación de proteína	52
3.6.2.5 Determinación de fibra	53
3.6.2.6 Determinación de carbohidratos	54
3.6.3 Determinación de características sensoriales en la harina de frijol.....	55
3.6.3.1 Determinación de color	56
3.6.3.2 Determinación de sabor	56
3.6.3.3 Determinación de olor	56
3.6.4 Determinación de procedimiento de elaboración de productos de panificación.....	57
3.6.4.1 Procedimiento de la elaboración del brownie con harina de frijol.....	58
3.6.4.2 Diagrama de flujo del procedimiento.....	60
3.6.4.3 Determinación de prueba sensorial del brownie	61
3.6.4.4 Evaluación de las propiedades del producto de panificación final.....	62

3.7 Técnicas e instrumentos para recolección de información	64
3.8 Técnicas de análisis de la información	64
3.9 Técnicas de análisis de pruebas experimentales.....	65
3.9.1 Tablas y gráficos en Excel	66
3.9.2 Estadística en los diseños experimentales	67
3.10 Obtención de información teórica	67
IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	69
4. Método artesanal aplicado para la obtención de harina de frijol negro de segunda calidad.	70
4.1.1 Selección del frijol	70
4.1.2 Limpieza.....	71
4.1.3 Tostado	71
4.1.4 Molienda	72
4.1.5 Tamizado	72
4.1.6 Almacenamiento	73
4.2 Interpretación crítica de las técnicas empleadas	74
4.3 Ensayo preliminar de la obtención de la harina de frijol de segunda calidad.....	75
4.3 Prueba semi artesanal	77
4.4 Ensayos de secado a diferentes temperaturas.....	80
4.5 Caracterización de la harina de frijol negro de segunda calidad elaborada, mediante el método artesanal	83
4.5.1 Resultados del análisis fisicoquímico.....	83
4.5.2 Definición de los parámetros recomendados para el método artesanal de elaboración de harina de frijol negro de segunda calidad.....	86
4.5.3 Contenido de humedad.....	86
4.5.4 Contenido proteico	87
4.5.5 Contenido de fibra dietética	87
4.5.6 Carbohidratos disponibles y valor energético	88
4.5.7 Contenido de sodio	88
4.5.8 Molienda y granulometría.....	88
4.6 Descripción sensorial de la harina de frijol negro de segunda calidad .	89
4.6.1 Análisis sensorial de la harina de frijol negro de segunda calidad	89

4.7 Aplicación de la harina de frijol negro de segunda calidad en productos de panificación	92
4.7.1 Propuesta de formulaciones iniciales.....	93
4.7.2 Análisis sensorial del brownie con harina de frijol negro de segunda calidad	95
4.8 Especificaciones de la harina de frijol negro, empaque y estabilidad ...	97
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
5.1 Conclusiones.....	101
5.2 Recomendaciones.....	103
VII. APÉNDICES	118
IX. ANEXOS.....	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características nutricionales del frijol	31
Tabla 2 Definición y operacionalización con variables.....	40
Tabla 3 Molienda kg.....	77
Tabla 4 Merma %.....	78
Tabla 5 Resultados de análisis	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujo de procedimiento de elaboración de la harina de frijol.....	50
Figura 2 Diagrama de flujo de procedimiento de elaboración del Brownie con harina de frijol de segunda calidad.	61
Figura 3 Diseño de ensayo para el aprovechamiento del frijol negro	62
Figura 4 Gráfico de evaluación sensorial de la harina de frijol de segunda calidad.....	90
Figura 5 Panel sensorial del Brownie.....	95

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la viabilidad técnica del aprovechamiento del frijol negro de segunda calidad, mediante un proceso artesanal para la obtención de harina, como alternativa para reducir el desperdicio alimentario y diversificar la industria panificadora en Costa Rica. Esta investigación surge ante la problemática de pérdida de alimentos, especialmente legumbres que, aunque aptas para el consumo humano, no cumplen con los estándares comerciales. Se propone transformar estos granos en harina funcional, rica en proteínas, fibra y compuestos bioactivos, para su uso en productos de panificación, específicamente, en la elaboración de brownies. La metodología empleada incluyó el desarrollo de un procedimiento artesanal para la elaboración de harina, su caracterización bromatológica y sensorial, así como la aplicación en formulaciones experimentales con distintos porcentajes de sustitución de harina de trigo. Se realizaron análisis fisicoquímicos en laboratorio (humedad, proteína, grasa, fibra, ceniza, carbohidratos y sodio) y pruebas de aceptación sensorial con panelistas no entrenados. Los resultados demostraron que la harina de frijol negro de segunda calidad posee características nutricionales adecuadas y buena aceptación sensorial, particularmente, en formulaciones con un 70% de sustitución. Se concluye que esta alternativa es viable para reducir el desperdicio de frijoles no comercializables, fomentar la innovación en la industria alimentaria y contribuir a la seguridad alimentaria nacional.

I. INTRODUCCIÓN

En un contexto donde la industria alimentaria demanda alternativas nutricionales y sostenibles, el aprovechamiento de legumbres nacionales cobra relevancia. A pesar de sus propiedades nutricionales superiores, el frijol negro no ha sido ampliamente utilizado en panificación, lo que abre una oportunidad de innovación en la formulación de harinas sucedáneas. Costa Rica presenta una limitada diversidad en productos panificados elaborados con harinas alternativas. Esta situación impulsa la búsqueda de nuevas opciones que no solo amplíen la oferta alimentaria, sino que también fomenten el uso de materias primas locales. Esta investigación responde a esta necesidad, mediante el análisis bromatológico y sensorial de la harina de frijol negro y su aplicación en panificación. Mediante un estudio detallado, se evaluarán sus características reológicas y sensoriales para determinar su idoneidad como sustituto parcial de la harina de trigo.

La pérdida y desperdicio de alimentos representa un desafío urgente a nivel global, afectando tanto la sostenibilidad del sistema alimentario como la seguridad nutricional. En Costa Rica, una parte considerable de la producción de frijol negro es descartada por no cumplir con estándares comerciales, a pesar de su inocuidad. Esta investigación se enmarca en la necesidad de rescatar esta materia prima subutilizada, evaluando la viabilidad técnica de su procesamiento artesanal para obtener harina funcional y aplicarla en productos de panificación.

El desarrollo de este estudio se estructura en varias etapas, desde la obtención y caracterización de la harina de frijol negro hasta la formulación y evaluación de productos panificados. La metodología aplicada incluirá análisis de laboratorio, pruebas sensoriales y estudios de aceptabilidad con consumidores, que asegure una evaluación integral de la viabilidad de este ingrediente alternativo.

Adicionalmente, se contempla la elaboración de un manual técnico para la producción artesanal de la harina, se promueve su replicabilidad en contextos rurales y su aporte al fortalecimiento del sector agroalimentario nacional.

1.1 Área de estudio:

Esta investigación se enmarca en el área de la panificación, centrándose en el uso de harinas derivadas de legumbres para su aprovechamiento dentro del comercio costarricense. A través de un enfoque integral, se realiza una caracterización bromatológica y sensorial de estos ingredientes, así destaca su potencial innovador y su valor agregado en la formulación de productos locales.

Además, este estudio considera aspectos fundamentales como la seguridad e inocuidad alimentaria, para garantizar que los productos desarrollados cumplan con los estándares de calidad exigidos. Del mismo modo, se tiene en cuenta dimensiones sociales y económicas, y se promueve la diversificación de materias primas y fomenta la reducción del desperdicio alimentario.

1.2. Delimitación del problema:

En la actualidad, el tema de la pérdida y desperdicio de alimentos ha adquirido mucha preocupación debido a la gran cantidad de residuos que se produce, su impacto y al hecho de que su aprovechamiento podría contribuir con la seguridad alimentaria, en ámbito mundial. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2019), FAO (por sus siglas en inglés), América Latina y el Caribe representa el 20% de la cantidad global de alimentos que se pierden desde la fase posterior a la cosecha hasta el nivel minorista. También indica que, en todo el mundo, las causas de la pérdida de

alimentos difieren, ampliamente a lo largo de la cadena de suministro de alimentos.

Las causas principales de pérdidas en la granja incluyen cosechar en el momento adecuado, las malas condiciones climáticas, las prácticas erróneas en la cosecha y su manejo, los desafíos que suponen la comercialización de los productos así mismo, las condiciones de almacenamiento inadecuadas, así como decisiones inapropiadas tomadas en las primeras etapas de la cadena de suministro, generan pérdidas significativas y una vida útil más corta a algunos productos.

Actualmente, la industria alimentaria busca alternativas innovadoras para adaptar alimentos que por diferentes causas se pierden o se desperdician durante la cadena de suministro y así hacer un aporte a la variedad de productos o insumos, y también un aporte nutricional.

Las legumbres que son una especie vegetal de la familia leguminosae (conocida comúnmente como la familia de los guisantes), estas semillas comestibles son consumidas desde hace miles de años por seres humanos y animales (FAO, 2021) y son consideradas con alto valor nutricional, según la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2021), las legumbres suelen contener alrededor del doble de la cantidad de proteínas que se encuentran en los cereales de grano entero como el trigo; de ahí que para la mayoría de las poblaciones de los países en desarrollo pueden constituir una importante fuente de proteínas.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (2016), FAO (por sus siglas en inglés), en comparación con otros

cultivos, las legumbres tienen una huella reducida de desperdicio alimentario en comparación con otros alimentos; sin embargo, la producción de legumbres es menor en la actualidad que la de otros productos básicos, como los cereales, raíces feculentas y hortalizas. Uno de los objetivos del Año Internacional de las Legumbres es concienciar sobre los beneficios de estas y alentar a una mayor producción y consumo de estos cultivos, pero eso debería hacerse de forma simultánea con los esfuerzos para evitar cualquier pérdida y desperdicio en la producción de legumbres.

Rodríguez González et al. (s. f.) afirma que, el frijol negro es una especie de legumbre que constituyen un alimento básico de la dieta de los costarricenses y son una de las fuentes más importantes de energía y nutrientes a nivel mundial, especialmente en países en vías de desarrollo. En Costa Rica el frijol es un alimento consumido por la mayoría de los costarricenses (96%) sin embargo, la cantidad consumida ha disminuido paulatinamente en los últimos años, algunas de las causas de esto ha sido el precio elevado del consumo de este alimento, las condiciones no aptas para cosecha y una mala idea en la cultura del consumo de frijoles.

Como se mencionó esta investigación tiene como objetivo principal darle un segundo uso al frijol que no cumple con los estándares de calidad comercial, pero que sigue siendo inocuo y apto para el consumo humano. De esta manera, se busca reducir el desperdicio de este alimento de alto valor nutricional, diversificar las opciones de consumo y satisfacer las preferencias de consumidores que no encuentran atractiva la presentación original del frijol.

Por consiguiente, se quiere estudiar la viabilidad técnica del frijol en la realización de harina como sustituyente de la harina de trigo en productos de panificación para determinar si es una materia prima viable y así mismo los resultados de esta investigación pueden contribuir en el desarrollo de nuevos productos de panificación más saludables y nutritivos. Debido a que la harina es un producto de alto consumo en la vida cotidiana de los costarricenses. Frente al tema, Caravaca Rodríguez (2020) afirma que, “el consumo per cápita diario promedio de peso neto de gramos es de 87,9 en productos de panificación” ya que la mayoría son elaborados con harina de trigo.

El alcance de esta tesis se limitará a la evaluación técnica del proceso artesanal para la obtención de harina de frijol de segunda calidad, como alternativa para su aprovechamiento. No se considerarán otros factores como el impacto ambiental y su costo.

1.3 Justificación:

En la actualidad, las personas muestran un creciente interés por adoptar una dieta saludable y equilibrada, lo que ha generado una transformación significativa en la industria alimentaria. Esta tendencia ha impulsado la demanda de productos que, además de cubrir las necesidades nutricionales básicas, ofrecen beneficios adicionales para la salud. Entre ellos, se destacan aquellos enriquecidos con proteínas, fibra dietética, antioxidantes y otros compuestos bioactivos, los cuales contribuyen a la prevención de enfermedades y al bienestar general de los consumidores.

En este contexto, las harinas sucedáneas han adquirido un papel relevante en la industria panificadora, ya que permiten el desarrollo de productos con un mayor

valor nutricional y mejor funcionalidad. Ingredientes como las harinas derivadas de leguminosas, cereales no convencionales y pseudocereales se presentan como alternativas viables a la harina de trigo, Lo que posibilita la diversificación de la oferta alimentaria sin afectar las propiedades organolépticas ni las características tecno funcionales de los productos finales.

El desarrollo y comercialización de estos productos no solo atiende las necesidades de los consumidores que buscan opciones más saludables, sino que también genera oportunidades de innovación dentro de la industria alimentaria. La incorporación de harinas alternativas en la panificación contribuye a mejorar el perfil nutricional de los productos, al tiempo que favorece la reducción del desperdicio alimentario y fortalece la seguridad, mediante el aprovechamiento de materias primas de origen local.

Según Blandón Navarro y Larios López, (2019) las leguminosas se valoran en todo el mundo como una alternativa sostenible y menos costosa que la carne y se consideran la segunda fuente de nutrientes más importante después de los cereales. Los granos de las leguminosas contienen una buena proporción de proteínas, mayor que la de los granos de cereales, y son una rica fuente de fibra dietética, almidón, minerales y vitaminas. Así, para variedades de frijoles (*Phaseolus vulgaris*) se han reportado altos contenidos de proteína (29-33%), grasas (3-7%) y cenizas (4-5%). Además, las leguminosas contienen compuestos bioactivos como fitoquímicos y antioxidantes, así como compuestos no nutritivos.

La producción de harina, a partir de leguminosas comprende la limpieza de los granos, lavado, cocción, molienda, secado y empaque. Estas harinas pueden

ser usadas en la sustitución parcial de otras harinas o solas en la formulación de un determinado alimento.

Esta especie de leguminosa, como lo es el frijol negro es el más consumido en Costa Rica debido a que este presenta un menor costo en la canasta básica en comparación con el frijol rojo. El frijol negro es el más consumido en Costa Rica debido a una preferencia cultural arraigada, especialmente visible en mercados locales y en platillos tradicionales como el gallo pinto y el casado. En contraste, en otros países de Centroamérica, como Nicaragua y Guatemala, se prefiere el frijol rojo (Vargas, 2022).

Para evaluar el proceso artesanal para la obtención de harina de frijol negro de calidad reducida, se consideran algunos factores como: la calidad de la harina de frijol que debe ser de alta calidad y libre de defectos, así mismo el contenido proteico y fibra que se debe de tener en cuenta para una adecuada formulación para un producto de panificación, también el sabor y textura, ya que estos aspectos pueden afectar la calidad del producto final, además la capacidad de formar gluten es fundamental para la estructura de los productos de panificación y por último la capacidad de absorber agua porque si no puede afectar la consistencia del producto final y capacidad de fermentar porque son necesarios para lograr el sabor y aroma adecuado.

La finalidad de esta investigación es ofrecer la alternativa del uso del frijol remanente a productores de frijol y también evitar el desperdicio, debido a no presenta las condiciones para ser comercializado , pero que es funcional e inocuo para ser una materia prima o subproducto, para esto se pretende comprar frijoles a diversos agricultores de la zona de sur del país debido, ya que por una indagación

previa se determinó que en estas zonas del país es donde más se cosecha frijol y por ende se desecha una cantidad razonable de frijol negro, por diferentes causas como: el tiempo para poder ser comercializado, que no cumple con parámetros de calidad, que la demanda no es tan alta en ciertas temporadas, por su precio, y por problemas durante la cosecha y post cosecha, así mismo que ellos puedan generar mayores beneficios económicos con este subproducto. Lo anterior, mediante la evaluación de la viabilidad técnica, analizo sus características sensoriales y nutricionales, y establecen procedimientos de uso y parámetros. De esta manera, la investigación no solo impulsa la innovación en la industria panificadora, sino que también contribuye a la sostenibilidad y al fortalecimiento del sector alimentario en el país.

Entre los resultados esperados se encuentran la caracterización bromatológica de la harina de frijol en comparación con la harina de trigo, datos de composición en micro y macronutrientes relevantes, la formulación para un tipo de producto de panificación, como brownies utilizara diferentes proporciones de la harina de frijol. De acuerdo con esto, tanto los productores como los consumidores se verán beneficiados, debido a que los agricultores contarán con esta investigación como una guía para el aprovechamiento del frijol, y los consumidores tendrán información de los beneficios nutricionales y funcionales que aporta a la salud el consumo del alimento por producir, así como mayor disponibilidad de alimentos nutritivos en el área de panificación.

1.4 Antecedentes:

El uso de frijol en la industria de panificación ha sido objeto de interés debido a sus propiedades nutricionales y funcionales. La incorporación de harina de frijol

en productos de panadería, como panes y galletas, no solo mejora el perfil nutricional al aumentar el contenido de proteínas, fibra y minerales, sino que también puede influir en las propiedades sensoriales y en la textura del producto final

Estudios recientes han demostrado que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol puede mejorar la densidad, la humedad y la vida útil de los productos horneados, además de ofrecer una alternativa para personas con intolerancia al gluten o que buscan opciones más saludables (García et al., 2020).

La integración de frijol en la panificación representa una estrategia innovadora para diversificar los productos y potenciar su valor nutricional, lo que contribuye con la seguridad alimentaria y la promoción de dietas más equilibradas.

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es uno de los cultivos más importantes para la alimentación humana por su alto contenido de proteínas (22%), fibra, carbohidratos, vitaminas y minerales, además de tener un bajo contenido en grasa y es un producto básico en la dieta humana por lo que su consumo es significativo, aunque el frijol es parte de la dieta en más de 170 países. En el estudio de (González Méndez et al., 2019) se expone que, la producción de harina de frijol como sustitución parcial de la harina de trigo convencional en la producción de tortas para pastel, la idea de esta investigación está basada en la necesidad de incursionar en la búsqueda e innovación de alternativas que consideren el reciente interés de los consumidores hacia productos libres de gluten como también aspectos de disponibilidad de materia prima, los parámetros de calidad y propiedades funcionales y nutricionales del producto final.

Las tendencias de la alimentación han cambiado y existe una demanda creciente de alimentos de bajo índice glucémico y libres de gluten, por eso el desarrollo de nuevos productos a base de harinas de leguminosas son una alternativa en la industria alimentaria.

En el estudio Galván Modragón (2023) se desempeñó en caracterizar química y nutricionalmente raviolos elaborados a base de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y las harinas de frijol se obtuvieron por tres métodos de cocción: tradicional, tostado directo y extrusión, usando dos variedades de frijol común (Peruano y Negro), con un tamaño de partícula (250 μm), ambas presentaron que tienen el mejor perfil nutracéutico, sin embargo por su poca absorción y mayor solubilidad en agua, debido a ello la mejor harina fue la de frijol negro por sus propiedades tecno funcionales y valor nutracéutico que favorecieron una estructura firme y resistente a la cocción con un bajo .

La exploración de alternativas a la harina de trigo ha llevado al desarrollo de métodos innovadores para el aprovechamiento de leguminosas. En este contexto, Ramírez y Mendoza (2018) propusieron un procedimiento para la obtención de harina a partir de frijoles negros, que consistió en moler y tamizar los frijoles secos para eliminar cáscaras y semillas, obteniendo así un producto de mayor pureza. Esta harina fue empleada en la elaboración de pan, cuyos análisis sensoriales indicaron que presentaba características organolépticas, como sabor y textura, similares a las del pan tradicional de trigo. Estos resultados evidencian el potencial de la harina de frijol como sustituto parcial o total en productos de panadería.

En el ámbito del desarrollo de productos alimenticios funcionales, se ha explorado la incorporación de harinas alternativas en diversas formulaciones. Un

estudio, particularmente, relevante es el de Benites Arbulú y Muñoz Villanueva (2020), quienes evaluaron la inclusión de harina de frijol de palo en la elaboración de galletas, utilizando tres niveles de sustitución: 16%, 24% y 32%. Para cada tratamiento se realizaron análisis físico-químicos, a fin de determinar la composición nutricional, con énfasis en los contenidos de proteínas, lípidos y carbohidratos. De manera complementaria, se efectuaron evaluaciones sensoriales enfocadas en atributos como color, textura y sabor. Entre los principales hallazgos destaca que las galletas formuladas con un 32% de harina de frijol de palo no solo alcanzaron el mayor valor proteico, sino que también demostraron una aceptación sensorial favorable. Estos resultados confirman la viabilidad de esta harina como un ingrediente funcional para el enriquecimiento nutricional de productos de panificación.

La diversificación en el uso de leguminosas como materia prima en la industria alimentaria ha motivado el desarrollo de nuevas tecnologías de procesamiento. Un ejemplo de esto es el trabajo de Sánchez y Torres (2017), quienes diseñaron un proceso para la producción de harina a partir de frijoles negros secos, empleando técnicas de molienda y tamizado para la eliminación de cáscaras. Esta harina fue aplicada en la elaboración de productos como tacos, tostadas y frijoles refritos, manteniendo una buena calidad sensorial en los alimentos preparados. Los resultados obtenidos destacan la viabilidad de la harina de frijol como sustituto parcial o total de la harina de trigo, ampliando así las posibilidades de innovación en el aprovechamiento del frijol dentro del sector alimentario.

La incorporación de harinas de leguminosas en productos de panificación ha sido objeto de diversas investigaciones. En este contexto, Blandón Navarro y Larios López (2019) estudiaron la producción de harina de frijol rojo, evaluando los efectos de distintos tiempos de remojo (3, 6 y 12 horas) sobre propiedades físicas y funcionales como el rendimiento, la densidad aparente y la capacidad de retención de agua y aceite. Esta harina fue utilizada en la elaboración de tortas con niveles de inclusión del 0%, 10%, 20% y 30%. Los resultados mostraron que un remojo de 12 horas mejoró la calidad de la harina al reducir el tiempo de cocción, mientras que las tortas con un 10% de harina de frijol rojo obtuvieron la mayor aceptación sensorial. Los hallazgos destacan la viabilidad de emplear harina de frijol rojo en productos horneados como una estrategia para enriquecer su perfil nutricional sin comprometer su aceptación.

La búsqueda de alternativas para reducir la dependencia de harinas importadas se ha vuelto prioritaria en el contexto de la seguridad alimentaria y el fortalecimiento de las economías locales. En este marco, Francisco Saborío Pozuelo, director del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica, resalta la necesidad de promover el desarrollo y uso de harinas elaboradas a partir de tubérculos locales como sustituto de insumos de alto costo. Esta propuesta no solo impulsa la innovación agroindustrial, sino que también diversifica la oferta de materias primas, fortalece la soberanía alimentaria y genera nuevas oportunidades para los productores nacionales, también contribuyen con un modelo agrícola más sostenible y resiliente frente a las fluctuaciones del mercado internacional.

La búsqueda de alternativas a las harinas importadas ha motivado iniciativas orientadas a fortalecer la producción local y la soberanía alimentaria. En esta línea, el director del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica, Francisco Saborío Pozuelo, ha planteado la necesidad de promover el uso de harinas elaboradas a partir de tubérculos nacionales como sustitutos de insumos foráneos de alto costo. Esta propuesta no solo impulsa la innovación en el desarrollo de nuevas harinas con aplicaciones en la panificación y la industria alimentaria, sino que también representa una estrategia para dinamizar el sector agropecuario costarricense y reducir la dependencia de productos importados.

La evaluación de nuevas formulaciones de productos de repostería ha cobrado importancia en la búsqueda de alternativas más nutritivas. En este contexto, un estudio realizado por Salgado-Beltrán et al. (2023) analizó la aceptación de galletas elaboradas con harina de frijol entre consumidores de Zacatecas, México. Se desarrollaron cuatro formulaciones con diferentes proporciones de harina de frijol, destacándose aquella compuesta por un 90% de harina de frijol y un 10% de harina de trigo integral con nuez, la cual obtuvo los niveles más altos de aceptación sensorial. Estos resultados sugieren que la incorporación de harina de frijol en productos de repostería representa una alternativa viable para el desarrollo de alimentos más nutritivos, con el potencial de mejorar la oferta alimentaria dirigida a la población mexicana.

La búsqueda de alternativas para enriquecer , nutricionalmente, los productos, a base de cereales ha impulsado diversas investigaciones sobre el uso de harinas de leguminosas.

En este contexto, Yahya et al. (2022) evaluaron el efecto de diferentes proporciones de harina de trigo y harina de frijol negro sobre las propiedades fisicoquímicas y la aceptabilidad sensorial de fideos cocidos. El estudio reveló que la incorporación de hasta un 10% de harina de frijol negro incrementó , significativamente, el contenido de proteínas y fibra, sin afectar de manera negativa la aceptación sensorial del producto, lo que evidencia el potencial de esta formulación en el desarrollo de alimentos funcionales.

Finalmente, una investigación centrada en el aprovechamiento de frijol negro de calidad secundaria se distingue por su enfoque integral. El estudio evaluó un proceso artesanal para obtener harina, examinando su comportamiento en productos de panificación y culmina con la elaboración de un manual técnico. Esta propuesta no solo valida la funcionalidad de la harina obtenida, sino que también aporta una solución a la problemática del desperdicio alimentario, promueve el uso sostenible de materias primas subutilizadas en la industria alimentaria.

1.5. Objetivos:

1.5.1 Objetivo general:

Evaluar la viabilidad técnica del proceso artesanal de obtención de harina de frijol negro (*phaseolus vulgaris*) de segunda calidad, mediante ensayos y caracterización, para la valoración de su uso potencial como materia prima en panificación, con la finalidad de que disminuya la pérdida de este alimento.

1.5.2 Objetivos específicos:

Determinar un proceso artesanal viable para la transformación de frijol negro de segunda calidad en harina, a través de ensayos de laboratorio.

Caracterizar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la harina de frijol negro de segunda calidad, mediante análisis de laboratorio para la estimación de su valor nutricional y de sus propiedades tecnológicas.

Validar la aplicación de la harina en un proceso de panificación , mediante diseño de formulaciones, elaboración del prototipo y pruebas de aceptación sensorial.

Establecer las características de la harina, empaque y estabilidad para la elaboración de un manual del método artesanal de obtención de harina de frijol.

II.MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades

De acuerdo con el Codex Alimentarius (2021) se dice que la harina de trigo se entiende el producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituration o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura.

La sustitución parcial de la harina de trigo por harina de frijol es una alternativa nutricionalmente beneficiosa en la producción de productos de panadería y pastelería. Varios estudios han evaluado la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de frijol en diferentes productos, y los resultados han sido positivos en términos de aceptación sensorial y textura adecuada.

2.2 Método artesanal

El método artesanal, es un grado de intervención humana determina si el proceso es manual o semiautomático. Depende de la naturaleza del procedimiento, este puede ser de integración, desintegración o modificación, según el tipo de producto elaborado. Además, si el proceso es continuo, se considera un enfoque por proceso. La producción artesanal se basa en la transformación de materias primas naturales mediante técnicas no industriales, utilizando herramientas simples y priorizando el trabajo físico y mental sobre la automatización (Andrade Gaona, 2021)

2.3 Frijol

El frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) común es la leguminosa más importante para consumo humano en el mundo, ya que es una fuente importante de proteína,

calorías, vitaminas del complejo B y minerales. Por otro lado, la variedad de frijol negro destaca por su alto contenido de proteínas y fibra dietética, su bajo contenido de grasas y fitatos, taninos y oligosacáridos no digeribles. Así mismo, el frijol es rico en componentes bioactivos como inhibidores de enzimas, lecitinas, etc., además dentro de sus actividades biológicas están la capacidad antioxidante, la reducción de colesterol y lipoproteínas, por lo que tiene un efecto protector contra enfermedades cardiovasculares. (Sánchez Chávez & Fernández Valenciano, 2017).

2.3.1 Clasificación del frijol

La clasificación del frijol según su calidad comprende tres niveles principales: primera, segunda y calidad reducida. Esta categorización se basa en criterios como la integridad del grano, su color, tamaño, sanidad y contenido de humedad. Mientras que el frijol de primera calidad se destina al consumo directo por cumplir con altos estándares, el de segunda calidad, aunque apto para el consumo humano, puede presentar defectos menores. Por su parte, el frijol de calidad reducida se reserva para usos alternativos, como la producción de harinas o alimentos para animales, debido a que no cumple con los requisitos para la comercialización tradicional (Consejo Nacional de Producción [CNP], 2020; Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2019).

El frijol de primera calidad se caracteriza por presentar granos limpios, enteros y sanos, con una apariencia uniforme que responde a los estándares establecidos para el consumo humano directo. Este tipo de frijol no debe mostrar daños visibles, manchas, hongos ni perforaciones, lo cual asegura su inocuidad y alta aceptabilidad en el mercado.

Además, debe mantener un contenido de humedad adecuado, generalmente igual o inferior al 14%, lo que permite una correcta conservación durante el almacenamiento y distribución. Por estas razones, el frijol de primera calidad es el más demandado en la comercialización formal, tanto a nivel nacional como internacional (CNP, 2020; MAG, 2019).

En el caso del frijol de segunda calidad, los granos pueden presentar ciertos defectos menores como estar partidos, tener daños ocasionados por insectos o mostrar variaciones ligeras en el color. También es común que exista una leve irregularidad en el tamaño o la forma de los granos. A pesar de estos detalles, este tipo de frijol sigue siendo apto para el consumo humano, aunque podría requerir un mayor procesamiento previo para cumplir con ciertos requisitos de calidad alimentaria, especialmente si se va a utilizar en productos procesados (MAG, 2019).

Por último, el frijol de calidad reducida o de tercera calidad muestra un deterioro más notable.

Este tipo de grano suele presentar manchas, signos visibles de hongos, humedad elevada o malformaciones, lo que compromete su aptitud para el consumo directo. Debido a estas condiciones, el frijol de calidad reducida no es recomendable como alimento humano sin tratamiento previo. En su lugar, se emplea principalmente para la elaboración de harinas, subproductos industriales o como insumo en la alimentación animal, representando así una opción para minimizar el desperdicio agrícola (CNP, 2020).

2.3.2 Uso del frijol

El frijol, una leguminosa de gran valor cultural y gastronómico, se ha utilizado, Tradicionalmente, para elaborar una amplia variedad de platillos, desde sopas y atoles hasta el popular pozole. Su consumo en estado verde también es común en ensaladas, y aporta un punto fresco y nutritivo.

Sin embargo, el uso del frijol en la industria alimentaria va más allá de su función como complemento de la dieta. En los últimos años, ha cobrado impulso como materia prima principal, impulsando la innovación y el desarrollo de nuevos productos; sino que también contribuye a la seguridad alimentaria, al aprovechamiento de recursos locales y al desarrollo del sector agroindustrial. (Wilson 2021).

2.3.3 Composición nutricional del frijol

Tabla 1

Características nutricionales del frijol

Propiedad nutricional	Frijol negro
Energía	343 kcal
Carbohidratos	61,60 g
Fibra	18,37 g
Proteína	22.70g
Grasas	1,60 g
Cenizas	3,70 g
Hierro	7,10 g

(Fuente: INCAP,2012)

En esta tabla se observan los datos de la composición nutricional del frijol.

2.4 Harinas sucedáneas

Las harinas sucedáneas son aquellas que se emplean como sustituto total o parcial de la harina de trigo en productos alimenticios.

Estas pueden elaborarse a partir de legumbres, tubérculos, cereales alternativos o frutas, y su uso responde a intereses nutricionales, funcionales, tecnológicos o económicos. Además de diversificar la dieta, estas harinas permiten el desarrollo de productos más accesibles y adaptados a condiciones locales de producción (Espitia-Rangel et al., 2019).

2.4.1 Harina de frijol

La harina de frijol es un producto obtenido , a partir del grano seco del frijol, el cual es sometido a procesos de limpieza, secado, molienda y, en algunos casos, tamizado para obtener un polvo fino.

Esta harina es rica en proteínas, fibra dietética, vitaminas del complejo B y minerales, lo que la convierte en una excelente alternativa para enriquecer productos alimenticios, especialmente en panadería, repostería o formulaciones funcionales (Silva-Castro et al., 2018).

2.4.2 Harina de trigo

Por su parte, la harina de trigo se elabora a partir del endospermo del grano de trigo, molido hasta obtener una textura fina.

Es la más comúnmente utilizada en productos de panificación debido a su contenido de gluten, una proteína que le confiere elasticidad y permite el levado de las masas. La harina de trigo también contiene almidón, proteínas, vitaminas y

minerales, lo que la hace funcional y versátil en la industria alimentaria (Belitz et al., 2009).

2.4.3 Uso de la harina

La elección de la harina adecuada depende del tipo de producto que se desea elaborar. “La clasificación por porcentaje de proteína facilita la selección de la harina ideal para cada aplicación, asegurando resultados óptimos en la elaboración de productos alimenticios”. (Esgalla, 2021).

2.5 Análisis proximal de la harina de frijol de segunda calidad

“El objetivo principal del análisis proximal de alimentos es especificar lo que es la Fibra, grasas, Aw, proteínas, carbohidratos y Cenizas en alimentos. Al realizar estos análisis se quiere determinar el valor nutricional de la muestra” (Vargas Murillo & Víquez Rosales, 2022).

2.5.1 Humedad

La humedad en los alimentos se refiere a la relación entre el contenido de agua en los alimentos y su peso total.

Es una medida importante en la industria alimentaria porque la cantidad de humedad afecta a la calidad, conservación y vida útil de los alimentos, la cual es crucial en muchos alimentos, ya que proporciona características como textura, jugosidad y palatabilidad (Vargas Murillo & Víquez Rosales, 2022).

2.5.2 Proteína

La importancia de las proteínas en el sistema alimentario no se puede subestimar. Tienen propiedades nutritivas, obteniendo de su composición moléculas nitrogenadas que protegen la estructura y el crecimiento de quienes las consumen, así mismo, pueden ser utilizadas como ingredientes en alimentos y

gracias a sus propiedades funcionales, contribuyen al desarrollo del ser humano (Badui Dergal, 2006).

2.5.3 Grasas

Las grasas o lípidos son un grupo de nutrientes necesarios para el cuerpo humano. Realizan varias funciones biológicas en los organismos: actúan como aislantes, forman parte de las membranas celulares, ayudan a regular la D, K). Son insolubles en agua, pero solubles en disolventes no polares (Badui Dergal, 2006).

2.5.4 Carbohidratos

Los carbohidratos son uno de los principales nutrientes presentes en los alimentos. Son compuestos orgánicos compuestos por carbono, hidrógeno y oxígeno. Hay dos tipos principales de carbohidratos: carbohidratos simples y carbohidratos complejos. Los carbohidratos simples, también conocidos como azúcares simples, se encuentran en alimentos como frutas, miel, azúcar de mesa y productos lácteos (Badui Dergal, 2006).

2.5.5 Cenizas

“La determinación de cenizas es referida como el análisis de residuos inorgánicos que quedan después de la ignición u oxidación completa de la materia orgánica de un alimento“(Márquez Sigwas, 2014).

2.5.6 Fibra

Para Carbajal (s. f.), la fibra dietética o fibra alimentaria es la parte comestible de las plantas, que está presente de forma natural en los alimentos. A pesar de que estas fibras no son digeridas por las enzimas digestivas, son

fermentadas por las bacterias del intestino donde producen ácidos grasos volátiles que son fuente de energía.

2.5.7 Sodio

El sodio es un mineral que ayuda a regular el equilibrio de fluidos en el cuerpo y es crucial para el funcionamiento adecuado de los nervios y los músculos. Sin embargo, el consumo excesivo de sodio, principalmente a través de la sal, puede estar asociado con problemas de salud como la hipertensión.(MAHAN & RAYMOND, 2018)

2.6 Aplicación de la harina de frijol de segunda calidad en productos de panificación.

2.6.1 Brownies

“Brownie es un tipo de pastel o dulce con una textura densa y húmeda, típicamente de color marrón oscuro. Originario de Estados Unidos, el brownie se caracteriza por su sabor rico y chocolateado” (Smith, A 2021)

2.7 Pruebas sensoriales

Las pruebas sensoriales de los alimentos implican el uso de los sentidos humanos en la evaluación objetiva de los productos alimentarios. “Características como el aspecto, la textura, el olor y el sabor son analizadas por probadores capacitados para evaluar la calidad del producto o derivar oportunidades de mejora” (Análisis Sensoriales Alimentos, 2023)

2.7.1 Prueba de preferencia o afectivo

Las pruebas sensoriales de tipo afectivo incluyen la prueba de preferencia, que tiene como objetivo determinar cuál de dos o más productos es más del agrado del consumidor.

Este tipo de prueba no busca explicar las razones detrás de la elección, sino simplemente identificar cuál opción es preferida con base en una percepción del producto. Es una herramienta común en el desarrollo de nuevos alimentos, especialmente durante la evaluación de formulaciones alternativas o el uso de ingredientes sustitutos (Stone et al., 2012).

2.7.2 Panelistas no entrenado

Un panelista no entrenado es un individuo que participa en evaluaciones sensoriales sin haber recibido formación específica en análisis sensorial. Estos panelistas suelen representar al consumidor promedio y son comúnmente empleados en pruebas hedónicas para obtener información sobre las preferencias y aceptabilidad de los productos. Su retroalimentación es esencial para comprender la percepción general del consumidor y anticipar la recepción del producto en el mercado.

III: MARCO METODOLÓGICO

En este apartado se desarrolla, de forma precisa, los datos para la implementación de los objetivos propuestos en esta investigación, además, se describen los métodos y técnicas utilizadas para la recopilación de datos que demuestra y valida la aplicación de pruebas por realizar en el estudio

3.1 Enfoque y tipo de investigación

La investigación aplicada es un proceso sistemático que emplea el método científico con el propósito de desarrollar soluciones prácticas a problemas reales y específicos. “Se fundamenta en conocimientos previos y busca su aplicación directa para mejorar productos, procesos, servicios o políticas en diversas áreas como la medicina, la ingeniería, la agricultura o las ciencias sociales”(Smith & Brown, 2020).

Dentro de este enfoque, el proceso investigativo incluye la formulación de una hipótesis que pueda ser evaluada, mediante pruebas objetivas. “Estas hipótesis son sometidas a validación y, si es necesario, a modificaciones sucesivas, hasta que los resultados obtenidos concuerden con el fenómeno observado y respalden las conclusiones derivadas de los ensayos experimentales” (Ortega, 2023).

En este sentido, esta investigación se clasifica como de tipo aplicada, ya que responde a una necesidad concreta: la escasa comprensión del uso, el proceso artesanal de la harina y el uso de como alternativa, y evaluar si esta puede reemplazar parcial o totalmente a la harina de trigo sin afectar, negativamente, las propiedades físicas ni las características sensoriales del brownie.

Para este estudio, el enfoque es mixto porque se usan los elementos cuantitativos y cualitativos en la recopilación de datos necesarios, así mismo en la

obtención de datos , acerca de la idea de la aplicación de harina frijol de calidad secundaria como una alternativa para evitar el desperdicio; a través de este tipo de método, se espera que toda la información recopilada, como las preferencias del consumidor, el nivel de aceptación o exclusión, la similitud entre la harina, para comprender mejor la viabilidad de usar la harina de frijoles en lugar de la harina de trigo.

3.2 Sujetos y fuentes de información

La información para esta investigación se recopiló por medio de fuentes primarias y secundarias. Las fuentes primarias son llamadas de primera mano, en esta lista se encuentran tesis obtenidas sin ser resumidas, libros sin ser filtrados y entrevistas con personas que tienen conocimiento en el área de panificación, En cuanto, a las fuentes secundarias, se utilizan diferentes informes, para confirmar información, artículos científicos y de revista, para ampliar la investigación. Todas las fuentes bibliográficas que se utilizan son de carácter confiable, por eso , se cuenta con la referenciación de cada dato aportado, además, de que se caracteriza por ser teoría reconocida y **fiable se fundamenta**, adecuadamente.

3.3 Hipótesis o preguntas generadoras

¿De qué manera la evaluación del proceso artesanal de elaboración de harina a partir de frijol negro de calidad reducida podría contribuir a la reducción de la perdida alimentaria y al desarrollo de nuevas oportunidades de negocio?

3.4 Variables

Tabla 2

Definición y operacionalización con variables

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Definición operacional (indicadores)	Definición instrumental (cuales son los instrumentos, o técnicas)
1. Determinar un proceso artesanal viable para la transformación de frijol negro de segunda calidad en harina, a	1.1.1. Parámetros de obtención de harina de frijol <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo • Humedad. • Micras 	Controles de especificación del proceso de transformación de los granos de frijol en harina	y Mediante ensayos experimentales en la planta seca de la UTN por triplicado se determinan las condiciones óptimas según los recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Protocolos de molienda • Tablas de recolección de datos. • Bitácora de seguimiento.

través de ensayos de laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> ● Madurez del proceso frijol de acuerdo artesanal(molienda) con el tiempo de cosecha. 	disponibles para la obtención de la harina de frijol comparando 2 grados de madurez.	
2. Caracterizar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la harina de frijol negro de segunda calidad, mediante análisis de	2.2.1 composición proximal <ul style="list-style-type: none"> ● Humedad ● Cenizas ● Grasas ● Proteína ● Fibra 	Son aquellas características por las cuales podemos identificar los componentes importantes de la harina de frijol tal como: la humedad,	La metodología empleada para evaluar las características de la harina de frijol en el laboratorio del CITA. Se preparó una muestra compuesta representativa para <ul style="list-style-type: none"> ● Humedad: Método AOAC 2000 925.10 ● Cenizas: Método AOAC 2000 923.03 ● Lípidos: Método de extracción con éter

laboratorio para la estimación de su valor nutricional y de sus propiedades tecnológicas.	<ul style="list-style-type: none"> • Carbohidratos solubles 	<p>Contenidos de proteína, Grasas, y fibra los cuales se relación con el contenido nutricional del producto.</p>	<p>de garantizar resultados confiables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fibra: Método 985.29 AOAC, P-SA-MQ-007 • Proteína: Método 920.152 AOAC, P-SAMQ-003 • Carbohidratos: Método de diferencia AOAC 2000
<p>3. Validar la aplicación de harina en un proceso de panificación, mediante diseño</p>	<p>3.3.1 porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de frijol</p> <p>25%</p> <p>70 %</p>	<p>formulación de un nuevo producto de forma correcta para que cumpla con los objetivos del producto</p>	<p>Pruebas sensoriales para determinar la aceptabilidad de los productos de panificación con diferentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de experimento conforme al proceso de elaboración de brownies

de formulaciones,	100%	lo más eficiente y	proporciones de	
elaboración del	3.3.2	Atributos	efectivamente posible	sustitución de harina
prototipo y	sensoriales	del	de trigo por harina de	• Tablas de
pruebas de	producto final:		frijol.	recolección de
aceptación	• olor	Es la percepción del	producto final a través	datos y
sensorial.	• sabor	de los sentidos		parámetros.
	• textura		Definir el Perfil	• Bitácora de
	• color	Es la determinación del	sensorial del producto	seguimiento.
		valor energético y	por medio de	
	Formulación %	cargar nutricional del	panelistas no	
		producto final	entrenados.	• Prueba hedónica
				de aceptación
			Comparación	
			nutricional mediante	
			tablas estandarizadas.	

-
- Tablas
nutricionales
estandarizadas

<p>4. Establecer las características de la harina, empaque y estabilidad para la elaboración de un manual del método artesanal de obtención de harina de frijol.</p>	<p>4.4.1 Características de la harina</p> <p>4.4.2. Características del empaque</p> <p>4.4.3. Estabilidad de la harina</p> <p>4.4.3 elaboración del manual</p>	<p>Propiedades físicas, químicas y organolépticas de la harina de frijol obtenida artesanalmente.</p> <p>Materiales, dimensiones, diseño y rotulado del empaque para la harina de frijol.</p>	<p>* Color: Blanco crema a beige claro. * Olor: Característico a frijol, sin olores extraños. * Sabor: Característico a frijol, sin sabores desagradables. * Granulometría: Fina y uniforme, sin grumos. * Humedad: Máximo 12%. * Acidez titulable: Máximo 4.0 mg/g. * pH:</p>	<p>* Análisis sensorial: Evaluación visual, olfativa y gustativa. * Determinación de humedad: Método gravimétrico por estufa. * Determinación de acidez titulable: Método potenciométrico. * Determinación de pH:</p>
--	--	---	--	---

6.0 a 6.5. * Índice de Potenciómetro. *

Capacidad de la harina cenizas: Máximo 1.0%. Determinación de
 de frijol para mantener * Material: Papel kraft, índice de cenizas:
 sus características plástico biodegradable Incineración en mufla.
 durante el o vidrio. * * Inspección visual
 almacenamiento. Dimensiones: del material y
 Adecuadas para el dimensiones del
 contenido y la empaque. *
 manipulación. * Evaluación del diseño
 Diseño: Atractivo e y rotulado.
 informativo. * Rotulado: * Análisis de vida útil:
 Legible y con la Almacenamiento de
 información requerida la harina a diferentes
 por la normativa temperaturas y
 vigente. tiempos para evaluar

* Vida útil: Mínimo 3 meses. * Resistencia a la oxidación: Sin cambios significativos en el color, olor y sabor durante el almacenamiento. * Índice de peróxidos: Evaluación del grado de oxidación de los lípidos. * Análisis microbiológico: Resistencia al crecimiento de microorganismos: Determinación de la presencia de patógenos y hongos. Ausencia de patógenos y hongos durante el almacenamiento.

3.5 Población y muestra

Los frijoles fueron proporcionados por pequeños agricultores de la zona del Sur. La población con la que se trabajó fue con frijol negro de segunda calidad, a partir del frijol escogido se elaboraron tres formulaciones, hasta obtener la formulación óptima de harina de frijol desde el punto de vista de características sensoriales esperadas de textura, sabor y apariencia, y características físico químicas, se produjo el brownie para evaluar la viabilidad de este tipo de harina en productos de panificación.

Se realizaron análisis bromatológicos a la muestra la cual correspondió a harina 100% elaborada a partir de frijol negro de segunda calidad. estos análisis se hicieron, mediante prestación de servicios, en el Laboratorio de Química del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (2024).

Se realizó una ronda sensorial con panelistas no entrenados, en las instalaciones de la Universidad Técnica Nacional, Sede Atenas, con 20 personas participantes. A las personas participantes se les guio, mediante una serie de atributos sensoriales, para que por medio de una escala numérica de uno a cinco aportaran su opinión de cada una de las muestras dadas. A cada persona se les proporcionó dos muestras, un brownie 70% harina de frijol y el otro 100% harina de trigo.

3.6 Descripción de la metodología

3.6.1 Procedimiento artesanal de la elaboración de la harina de frijol

El proceso de elaboración de harina de trigo se puede dividir en siete etapas principales:

3.6.1.1 Recepción

El frijol negro se recibe en condiciones controladas y se almacena en un área adecuada con ventilación y baja humedad (<60% HR) para evitar proliferación de microorganismos y prevenir la absorción de humedad, lo que podría afectar la molienda y la calidad de la harina.

3.6.1.2 Selección del frijol

Se realiza una selección manual para retirar granos defectuosos, impurezas visibles como piedras y restos vegetales. Se priorizan frijoles con defectos menores que no afectan su inocuidad ni su valor nutricional, así Se aprovecha el máximo de materia prima no apta para la comercialización, pero sí para el consumo.

3.6.1.3 Limpieza

El frijol seleccionado se somete a un proceso de limpieza con agua potable para eliminar polvo, residuos y otras impurezas. Posteriormente, se deja secar al aire en condiciones controladas, Se evita toda acumulación de humedad que pueda propiciar crecimiento microbiológico.

3.6.1.4 Tostado

El tostado se lleva a cabo en un horno convencional a temperaturas entre 120°C y 150°C o en un comal a fuego medio, se remueve constantemente, para evitar quemaduras. Este paso es crucial para potenciar el sabor, reducir factores anti nutricionales (como los inhibidores de tripsina) y mejorar la digestibilidad del producto. Además, el tostado contribuye a la reducción de la humedad residual, lo que prolonga la vida útil de la harina.

3.6.1.5 Molienda

Una vez tostados y enfriados, los frijoles se muelen en un molino de impacto, un mortero o una licuadora de alta potencia. En entornos industriales, se recomienda el uso de molinos de rodillos para garantizar uniformidad. El objetivo de la molienda es obtener un polvo fino y homogéneo, lo que facilita su incorporación en formulaciones alimenticias.

3.6.1.6 Tamizado

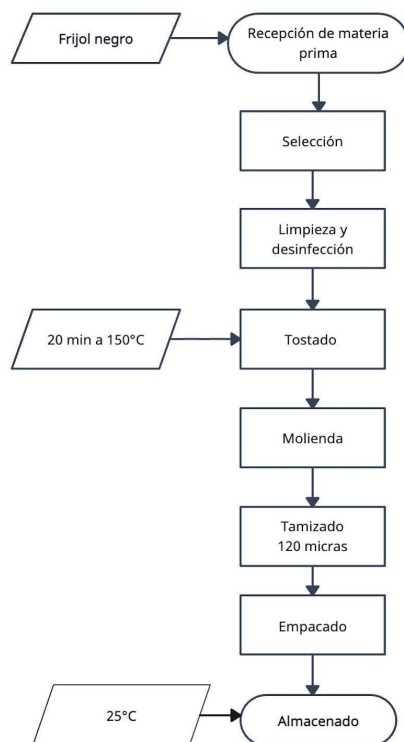
El tamizado se realiza con tamices de hasta 120 micras, lo que permite obtener una granulometría específica que influye en las propiedades reológicas y texturales de la harina. Este paso garantiza que la harina tenga una textura homogénea, así se optimiza su funcionalidad en panificación y otras aplicaciones.

3.6.1.6 Empacado y almacenado

La harina obtenida se empaca en bolsas de papel kraft con barrera plástica y sello hermético, las cuales han demostrado ser una opción óptima para productos en polvo, ya que minimizan la exposición a la humedad y el oxígeno. Se recomienda almacenar la harina en un ambiente fresco y seco (<25°C) para preservar sus propiedades y evitar el deterioro prematuro.

Figura 1

Diagrama de flujo de procedimiento de elaboración de la harina de frijol.



3.6.2 Determinación de características proximal de la harina de frijol.

Una vez obtenida la harina de frijol, se lleva a cabo su análisis proximal con una muestra compuesta representativa. Este análisis se realizó en el Centro Nacional de Tecnología de Alimentos (CITA) de la Universidad de Costa Rica, según metodologías establecidas por la Association of Official Analytical Collaboration (AOAC) y protocolos internos del laboratorio. Estos procedimientos garantizan la precisión y confiabilidad de los resultados. A continuación, se presentan los métodos utilizados en el análisis bromatológico de la harina de frijol.

3.6.2.1 Determinación de humedad

La humedad de la harina de frijol se determinará, según la metodología de la AOAC 2000 925.10. Esta prueba se realiza por triplicado, pesando tres muestras de la harina de frijol en crisoles limpios, secos y pesados con anterioridad. Las muestras se llevaron a la estufa durante 3 o 4 horas a una temperatura de 95°C y, una vez transcurrido ese tiempo, se dejaron enfriar y se pesaron nuevamente para obtener los resultados con la diferencia de masas. Centro Nacional de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica. (2024)

3.6.2.2 Determinación de cenizas

Para la determinación de cenizas se trabajó con la técnica de calcinación a 550°C en mufla, se sigue la metodología del AOAC 2000 923.03. Esta prueba se realizó por triplicado, de modo que se calcinaron muestras de 10 g. de harina de frijol, las cuales se llevaron a la mufla a una temperatura progresiva que no excediera los 550°C, durante cuatro horas o hasta que el residuo esté gris claro o blanco. Una vez que se cumplió este tiempo, se dejaron enfriar dentro de un desecador. Finalmente, se procedió a pesar el crisol junto con las cenizas, Centro Nacional de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica. (2024)

3.6.2.3 Determinación de grasas

El método de análisis de grasas en harina más utilizado es el método Soxhlet. Este método se basa en la extracción de las grasas de la harina con un disolvente no polar, como el hexano o el éter el cual se realiza por triplicado utilizando el método 920.85 AOAC, P-SA-MQ-005* El método AOAC 920.85 establece la determinación de grasa cruda en alimentos mediante un proceso de extracción con solventes como éter de petróleo o éter etílico, empleando un equipo

de extracción tipo Soxhlet del Centro Nacional de Tecnología de Alimentos. Este procedimiento se lleva a cabo según el protocolo interno P-SA-MQ-005, que permite la extracción de grasa a partir del material seco utilizando distintos equipos, como Soxhlet, Goldfish, Soxtec Avanti 2050 o Buchi. Para eso, la muestra debe estar seca, previamente, a una temperatura de 68-71 °C durante seis horas. Una vez seca, se coloca en el extractor utilizando en cartuchos de papel Whatman N°4, y el extracto etéreo obtenido se recoge en un balón o beaker , previamente, secado en estufa a 100 °C por al menos una hora, enfriado en un desecador y posteriormente, pesado en una balanza analítica. El proceso de extracción tiene una duración de 8 a 10 horas, tras lo cual se evapora la mayor parte del solvente y el residuo graso se seca en estufa a 100 °C por al menos dos horas. Luego, se enfría en un desecador y se mide su masa, se repite el proceso de secado en intervalos de una hora hasta alcanzar masa constante, así se garantiza la precisión del análisis. (Centró Nacional de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica 2024).

El cálculo se realiza con la siguiente formula: Contenido de grasa (%) = $(\text{Peso del residuo} / \text{Peso de la muestra}) \times 100$

3.6.2.4 Determinación de proteína

La proteína de la harina de frijol se determinará siguiendo el método AOAC 979.09 modificado, adaptado a las necesidades del laboratorio, se basa en el método de Kjeldahl para la cuantificación del nitrógeno presente en el alimento, el cual se convierte en contenido de proteína utilizando un factor de conversión. En el Centro Nacional de Tecnología de Alimentos (CITA), este análisis se lleva a cabo, según el protocolo interno P-SA-MQ-003, el cual se desarrolla en tres etapas:

digestión, destilación y valoración. En la fase de digestión, la muestra se mezcla con ácido sulfúrico concentrado y se calienta a una temperatura de 350-380 °C, se añade sulfato de potasio y sulfato de cobre como catalizadores para facilitar la descomposición de la materia orgánica. Durante este proceso, se genera una espuma negra que, posteriormente, se transforma en un líquido claro, lo que indica el final de la digestión. A continuación, la muestra se diluye con agua y se transfiere a la unidad de destilación, donde se adiciona hidróxido de sodio para liberar gas amoníaco, el cual es capturado en un vaso receptor que contiene una solución absorbente de ácido bórico con indicador de Tashiro, cambia de color de rojo a verde conforme se neutraliza el amoníaco. Finalmente, en la etapa de valoración, se titula la solución con ácido clorhídrico hasta obtener un ligero color violeta, así se permite la cuantificación, Centro Nacional de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica (2024).

3.6.2.5 Determinación de fibra

La determinación de la fibra de la harina de frijol se realizó mediante el método AOAC 985.29 se basa en la determinación de fibra dietética total a través de un proceso de hidrólisis enzimática parcial del almidón y las proteínas presentes en la muestra. En el Centro Nacional de Tecnología de Alimentos (CITA) de la Universidad de Costa Rica, este procedimiento se lleva a cabo en varias etapas para garantizar la eliminación de componentes no fibrosos y la cuantificación precisa de la fibra dietética. Inicialmente, la muestra es sometida a una digestión enzimática con α -amilasa, lo que permite la degradación del almidón en fragmentos más pequeños. Posteriormente, se incorpora proteasa, una enzima que actúa sobre las proteínas, rompiendo sus enlaces y facilitando su eliminación.

Finalmente, se adiciona amiloglucosidasa, la cual convierte los oligosacáridos restantes en glucosa, que luego es eliminada por lavado. Tras completar la digestión enzimática, la fracción insoluble de la muestra es filtrada y lavada con etanol y acetona para eliminar residuos no fibrosos. La fibra dietética total se obtiene al secar el residuo obtenido en un horno y determinar su peso. Adicionalmente, para garantizar la exactitud del análisis, se realiza una corrección de proteínas y cenizas mediante la combustión del residuo en una mufla a 525 °C. Este procedimiento permite obtener una medición precisa del contenido de fibra en la harina de frijol y otros productos alimenticios, lo que asegura su caracterización nutricional de acuerdo con estándares internacionales, según Centro Nacional de Tecnología de Alimentos (CITA) de la Universidad de Costa Rica 2024.

3.6.2.6 Determinación de carbohidratos

La determinación del contenido de carbohidratos en una muestra de harina se realiza mediante el método de diferencia de AOAC 2000, el cual consiste en restar del 100% los porcentajes de humedad, cenizas, grasa y proteína, previamente obtenidos en el análisis proximal. En el Centro Nacional de Tecnología de Alimentos (CITA) de la Universidad de Costa Rica, este procedimiento se complementa con una rigurosa evaluación de cada uno de los componentes analizados para minimizar errores en la estimación de carbohidratos. Inicialmente, se determina la humedad de la muestra utilizando el método de secado en estufa, lo que asegura que no haya interferencias por la presencia de agua. Luego, se cuantifican las cenizas, mediante incineración en mufla a 550 °C, permitiendo obtener la fracción inorgánica del alimento. La determinación de grasa se lleva a cabo por extracción con solventes en equipos como Soxhlet o Soxtec,

así se asegura una extracción completa de los lípidos presentes. Posteriormente, se realiza la cuantificación de proteínas mediante el método de Kjeldahl, el cual mide el contenido de nitrógeno total y lo convierte en proteína, mediante un factor de conversión específico. Una vez obtenidos estos valores, se procede a calcular el porcentaje de carbohidratos por diferencia, considerando la posible presencia de fibra dietética en la muestra. En algunos casos, para mayor precisión, se complementa el análisis con métodos específicos de cuantificación de carbohidratos disponibles en el laboratorio, como el uso de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) para determinar azúcares simples. Este enfoque garantiza una estimación precisa y confiable del contenido de carbohidratos en la harina de frijol, (Centro Nacional de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica 2024.)

3.6.3 Determinación de características sensoriales en la harina de frijol

El análisis sensorial de la harina de frijol es una evaluación cualitativa que permite determinar su aceptabilidad y calidad en términos de color, sabor y olor. Estas propiedades juegan un papel fundamental en la percepción del consumidor y pueden verse afectadas por factores como la variedad del frijol, las condiciones de procesamiento y almacenamiento. Para llevar a cabo esta evaluación, se emplean instrumentos de medición, como el colorímetro, y pruebas subjetivas a través de paneles sensoriales conformados por evaluadores no entrenados. Estudios recientes han demostrado que la adición de harina de frijol en productos horneados puede influir significativamente en las características sensoriales, afectando atributos como el color y el sabor, lo que subraya la importancia de

realizar análisis sensoriales para garantizar la aceptación del producto por parte de los consumidores (Hernández García et al., 2017).

3.6.3.1 Determinación de color

El color se evaluó mediante colorimetría instrumental utilizando un espectrofotómetro con escala CIELAB, siguiendo la metodología propuesta por Pathare et al. (2013). Para eso, se colocó una muestra representativa de harina en la celda de lectura del equipo y se registraron los valores de luminosidad (L^*), tono rojo-verde (a^*) y tono amarillo-azul (b^*). Los análisis se realizaron por triplicado, asegurando que la harina presenta tonalidades comprendidas entre blanco y ligeramente amarillento, consideradas óptimas para su aceptación en aplicaciones alimentarias.

3.6.3.2 Determinación de sabor

La evaluación del sabor se llevó a cabo mediante pruebas de degustación aplicadas a un panel sensorial compuesto por panelistas no entrenados. Cada participante evaluó atributos como el sabor, la presencia de notas amargas o astringentes, y la persistencia del sabor en boca. Las muestras fueron codificadas y presentadas de forma aleatoria para evitar sesgos. Se consideró como indicador de buena calidad un sabor suave y agradable, mientras que sabores extraños, rancios o desagradables se asociaron con la posible oxidación de lípidos o condiciones inadecuadas de almacenamiento, según lo propuesto por (Meilgaard, Civille y Carr 2016).

3.6.3.3 Determinación de olor

La evaluación del olor se realizó mediante un panel de olfacción conformado por participantes no entrenados, quienes identificaron la presencia de

notas aromáticas agradables o defectos como olores rancios, mohosos o extraños. Las muestras fueron presentadas en recipientes cerrados y codificadas, siguiendo un protocolo de exposición controlada para evitar la contaminación cruzada y la fatiga olfativa. La detección de olores desagradables fue interpretada como indicio de deterioro potencial, relacionado con procesos oxidativos o actividad microbiana, conforme a lo descrito por. (Lawless y Heymann (2015).

3.6.4 Determinación de procedimiento de elaboración de productos de panificación.

Para este estudio, se trabajó con un producto de panificación como matriz base, al cual se incorporaron diferentes porcentajes de harina de frijol en su formulación. La selección del producto se basó, en primera instancia, en los resultados obtenidos a partir de los análisis bromatológicos realizados a la harina de frijol, los cuales permitieron conocer su composición nutricional y justificar su utilización como ingrediente funcional. Además, se consideraron criterios específicos que orientaron la elección del producto a desarrollar, tales como: la facilidad de preparación mediante métodos artesanales, el uso de un número reducido de ingredientes (entre ocho y diez), su reconocimiento y aceptación por parte del consumidor, y la compatibilidad de los ingredientes tradicionales de la receta con la adición de harina de frijol, con el fin de lograr una buena armonía en cuanto, a sabor, olor, apariencia y textura.

El desarrollo del producto se inició con tres formulaciones distintas, las cuales incluían diferentes proporciones de harina de frijol, con el objetivo de identificar una alternativa sensorialmente aceptable para el consumidor. No obstante, durante las pruebas preliminares de evaluación sensorial, una de las

formulaciones fue descartada debido a que no cumplía con los criterios establecidos de aceptabilidad. Como resultado de este proceso, el estudio continuó con dos formulaciones finales: la primera compuesta por un 70% de harina de frijol y un 30% de harina de trigo, y la segunda elaborada con un 100% de harina de frijol. Estas dos versiones fueron sometidas a posteriores evaluaciones con el fin de determinar su viabilidad desde el punto de vista sensorial y nutricional.

Con el propósito de caracterizar el perfil organoléptico de las dos formulaciones seleccionadas, se llevó a cabo un análisis sensorial estructurado. Esta evaluación permitió comparar las propiedades sensoriales de ambas versiones del producto: una elaborada exclusivamente con harina de frijol y la otra con una mezcla de harina de frijol y harina de trigo. Para garantizar la objetividad y reproducibilidad de los resultados obtenidos, se mantuvieron constantes las materias primas utilizadas, así como las condiciones de elaboración. Ambas formulaciones fueron preparadas el mismo día y bajo parámetros controlados de temperatura, tiempo y método de cocción, con el fin de asegurar que las diferencias percibidas en el análisis sensorial fueran atribuibles, exclusivamente, a la composición de la harina empleada y no a variables externas del proceso.

3.6.4.1 Procedimiento de la elaboración del brownie con harina de frijol

El desarrollo de productos de panificación con harinas alternativas requiere un control preciso de los ingredientes y condiciones de procesamiento para garantizar la estabilidad estructural, textura y perfil sensorial del producto final. A continuación, se detalla el procedimiento optimizado para la elaboración de brownies, a base de harina de frijol, lo que asegura un balance adecuado entre funcionalidad de los ingredientes y calidad organoléptica.

Antes de iniciar el proceso de elaboración del producto de panificación, se realizó la recepción y estandarización de los ingredientes, así como la preparación de los equipos necesarios. Esta etapa inicial es fundamental para garantizar la reproducibilidad del producto en cada una de sus formulaciones. Como parte de la preparación previa, se procedió al precalentamiento del horno, Se ajusta la temperatura a 180 °C (350 °F) con el objetivo de asegurar una cocción homogénea. Simultáneamente, se preparó el molde por utilizar, ya sea cuadrado o rectangular, Se engrasa y enharina, adecuadamente. En algunos casos, se optó por el uso de papel encerado, lo cual facilitó el proceso de desmolde y redujo al mínimo las pérdidas de producto.

El siguiente paso consistió en el mezclado de los ingredientes secos. Para esto, se realizó un tamizado previo de la harina de frijol, el cacao en polvo, el polvo para hornear y la sal, con el fin de evitar la formación de grumos y favorecer una distribución homogénea de los componentes. Esta mezcla seca fue integrada, suavemente con un batidor de globo o espátula, para asegurar una correcta incorporación de todos los ingredientes.

Posteriormente, se procedió a la preparación de los ingredientes húmedos. En esta fase, se batieron los huevos junto con el azúcar hasta obtener una mezcla espumosa, lo que contribuyó a la incorporación de aire y, por ende, a una textura más ligera en el producto final. A esta mezcla se añadieron la mantequilla derretida, la leche y la esencia de vainilla, Se bate hasta obtener una emulsión homogénea y estable.

La integración de ambas fases seca y líquida se realizó de manera progresiva. Los ingredientes secos se incorporaron en partes a la mezcla húmeda,

con movimientos envolventes con espátula para evitar la pérdida de aire, lo cual es clave para una buena estructura de la masa. En caso de utilizar batidora eléctrica, se mantuvo la velocidad baja para evitar una sobre mezcla que pudiera afectar, negativamente, la textura final del producto.

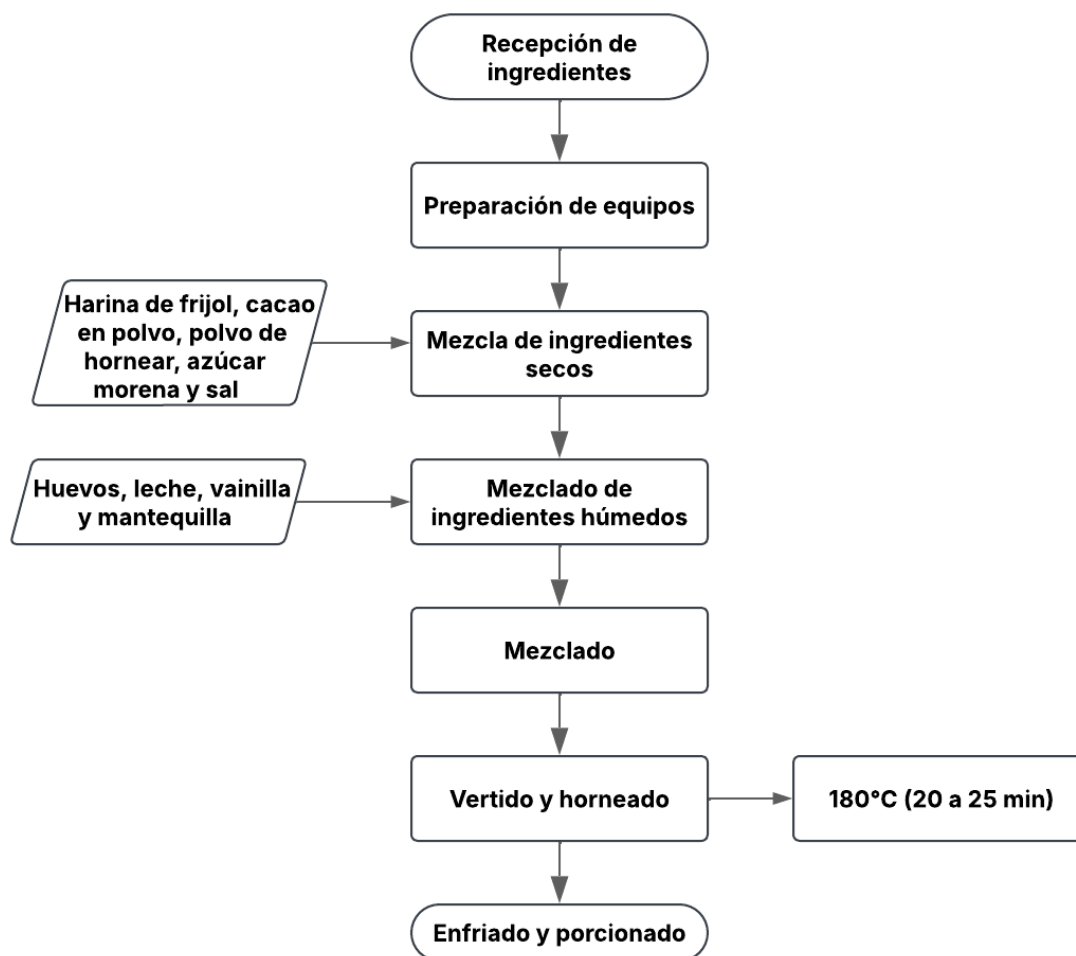
Una vez obtenida la masa, se vertió en el molde previamente preparado y se niveló la superficie para asegurar una cocción uniforme. El horneado se realizó a 180 °C durante un periodo de 20 a 25 minutos. Para verificar el punto óptimo de cocción, se insertó un palillo en el centro del producto, el cual debía salir con algunas migas húmedas, pero sin masa líquida adherida.

Finalmente, el proceso de enfriado y porcionado se llevó a cabo con el producto, aún en el molde, Se dejó reposar durante 10 a 15 minutos. Luego de este periodo, se procedió al desmolde y corte en porciones uniformes para su evaluación sensorial o consumo. Este enfriado progresivo permitió mejorar la estructura del producto y facilitar su manipulación

3.6.4.2 Diagrama de flujo del procedimiento

Figura 2

Diagrama de flujo de procedimiento de elaboración del Brownie con harina de frijol de segunda calidad.



3.6.4.3 Determinación de prueba sensorial del brownie

De acuerdo con la definición propuesta por Stone y Sidel (2010), una prueba de aceptación sensorial en alimentos constituye un método científico diseñado para medir de forma cuantitativa el grado de agrado o preferencia que un consumidor experimenta hacia un producto alimenticio específico. Esta técnica, de carácter afectivo, se basa en la percepción individual de los consumidores y permite evaluar si el producto en cuestión satisface sus expectativas en relación

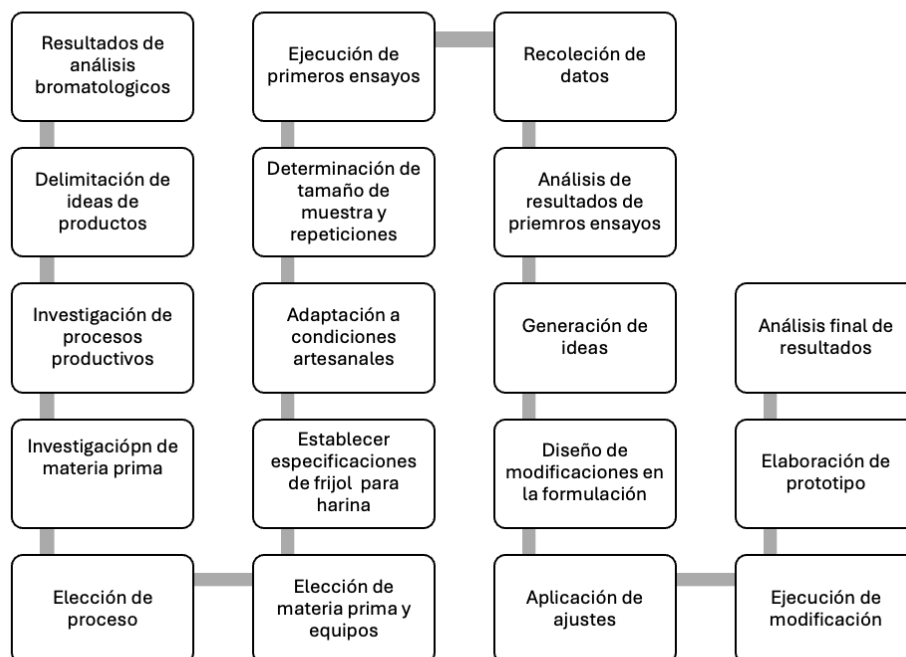
con atributos sensoriales como el sabor, el aroma, la textura, la apariencia y otras características relevantes.

En este estudio, la prueba fue aplicada, mediante una escala hedónica de cinco puntos, en la cual el valor 1 representa una percepción de “muy agradable” 3 “disgusta” y el valor 5 indica “ni disgusta o ni gusta”. Este tipo de escala permite obtener datos objetivos sobre el nivel de aceptación general del producto, y resulta particularmente útil para identificar fortalezas y áreas de mejora en el desarrollo de nuevos alimentos o en la modificación de formulaciones existentes.

3.6.4.4 Evaluación de las propiedades del producto de panificación final

Figura 3

Diseño de ensayo para el aprovechamiento del frijol negro



La Figura 3 Presenta el diseño de ensayos experimentales desarrollados para evaluar el aprovechamiento de la harina de frijol en el producto en estudio. Este esquema se diseñó tomando como referencia la propuesta metodológica de Blanco (2021), la cual fue adaptada y modificada para su aplicación en la incorporación de harina de frijol en la formulación y el proceso de elaboración del producto final.

Para evaluar las propiedades sensoriales del producto de panificación con harina de frijol, y determinar si estas eran gustadas por la población y corroborar si se presentaban diferencias sensoriales entre las matrices, se realizó una prueba sensorial afectiva de grado de satisfacción con un grupo de panelistas no entrenados para cada una de las matrices alimentarias.

La evaluación sensorial del producto de panificación fue realizada con la participación de 20 panelistas no entrenados, seleccionados con el propósito de simular la percepción real de consumidores potenciales. Para la aplicación de la prueba afectiva de grado de satisfacción, se utilizaron formularios diseñados, específicamente, para la recopilación de datos, los cuales permitieron registrar las impresiones de los panelistas en torno a distintos atributos sensoriales del producto.

Además de los formularios, a cada participante se le entregó un lapicero, servilletas y un vaso con agua, con el fin de facilitar la evaluación y permitir el enjuague bucal entre una muestra y otra, reduciendo así el riesgo de contaminación sensorial. Las muestras de los productos en estudio fueron presentadas de manera aleatoria para evitar sesgos en la percepción. Cada panelista recibió dos muestras: una correspondiente a la formulación con 100% de

harina de frijol y otra con 70% de harina de frijol. La identidad de cada formulación fue desconocida para los evaluadores, lo que permitió realizar una prueba a ciegas, que garantiza mayor objetividad en los resultados.

Durante la prueba, se instruyó a los panelistas para que degustarán ambas muestras y eligieron su opción preferida en función de atributos como el sabor, la textura, el color y la aceptación general. El objetivo de esta actividad fue identificar diferencias perceptibles entre las dos formulaciones y determinar cuál de ellas resultaba de mayor agrado para el consumidor.

Al finalizar la prueba sensorial, se procedió a la recolección y posterior tabulación de los datos obtenidos. El análisis estadístico de los resultados reveló un 90% de aceptación general, lo que sugiere que las diferencias observadas entre la formulación con harina de frijol al 100% y la formulación con un 70% fueron, estadísticamente, significativas. Estos hallazgos aportan evidencia sólida sobre la viabilidad sensorial del producto de panificación enriquecido con harina de frijol, y refuerzan su potencial aceptación en el mercado.

3.7 Técnicas e instrumentos para recolección de información

Descripción de técnicas o métodos de medición (procedimientos estándar y variaciones) para cada variable, así como de los instrumentos y herramientas utilizados (formularios, cuestionarios, listas de verificación, guías de entrevista, bitácoras). Estos instrumentos o métodos completos de referencia se pueden incluir en el apéndice o anexos, respectivamente, según aplica.

3.8 Técnicas de análisis de la información

En esta investigación, resulta fundamental partir de un análisis detallado de las características de la harina de frijol y sus aplicaciones en la industria

alimentaria, particularmente en la panificación. Para eso, se emplea una combinación de fuentes bibliográficas y documentales, incluyendo libros, revistas científicas, artículos técnicos, sitios web especializados y reglamentos oficiales que regulan la producción y el uso de ingredientes en productos panificados (Pérez et al., 2020).

Además, se realizaron análisis fisicoquímicos sobre la materia prima con el propósito de determinar sus propiedades más relevantes para el consumo y su potencial aplicación en la formulación de productos. Estos análisis permitirán caracterizar la harina en términos de composición nutricional, propiedades funcionales y estabilidad durante el procesamiento.

Adicionalmente, se llevarán a cabo pruebas sensoriales con el objetivo de evaluar la percepción y aceptación del producto desarrollado por parte de los consumidores. Para eso se utilizarán escalas hedónicas de cinco puntos, que permitirán medir el grado de agrado o desagrado de los participantes en relación con atributos como: sabor, textura, color y olor.

3.9 Técnicas de análisis de pruebas experimentales

El procesamiento y análisis de la información obtenida en los experimentos, los análisis fisicoquímicos y las pruebas sensoriales se llevarán a cabo mediante la recopilación de datos en tablas y gráficos. Se utilizarán gráficos de barras y otras herramientas estadísticas para comparar y visualizar los resultados de manera clara y objetiva, facilitando la interpretación de las diferencias y similitudes entre las distintas muestras de harina evaluadas (Moreno & Díaz, 2019).

3.9.1 Tablas y gráficos en Excel

Para el análisis de los datos recolectados, se emplea Microsoft Excel, una herramienta ampliamente utilizada en investigaciones científicas debido a su capacidad para organizar grandes volúmenes de datos, generar cálculos automáticos y producir gráficos personalizados. En esta investigación, Excel permitirá registrar las variables medidas en las pruebas sensoriales y fisicoquímicas, facilitando la identificación de tendencias y la comparación entre las diferentes muestras evaluadas.

En cuanto a presentación de los datos obtenidos, se optó por el uso de diferentes tipos de tablas y representaciones gráficas que facilitaran el análisis e interpretación de los resultados. Se incluyeron tablas descriptivas, en las cuales se resumieron los datos recolectados en cada una de las pruebas aplicadas, Se destacaron indicadores estadísticos fundamentales. Como el promedio, la desviación estándar y los rangos correspondientes. Estas tablas permitieron tener una visión general del comportamiento de las variables analizadas.

Asimismo, se emplearon tablas comparativas con el objetivo de identificar posibles diferencias entre las muestras evaluadas. Este tipo de tablas fue útil para contrastar los valores promedio de cada variable medida, así se facilita la comparación directa entre formulaciones y se permite observar tendencias relevantes.

Además, los resultados fueron complementados con representaciones gráficas, principalmente gráficos de barras. Estos se utilizaron para ilustrar visualmente las diferencias entre las muestras en relación con variables específicas, tales como: sabor, olor, y color en la harina analizadas. La inclusión

de estos gráficos contribuyó, significativamente, a una interpretación más clara y rápida de los datos, facilitando la toma de decisiones fundamentadas a partir de la información obtenida (Smith & Brown, 2020).

3.9.2 Estadística en los diseños experimentales

La estadística desempeña un papel crucial en los diseños experimentales, ya que permite analizar los resultados obtenidos de manera objetiva y establecer inferencias válidas sobre las muestras evaluadas. Entre las técnicas estadísticas que se utilizarán, destacan:

Pruebas de normalidad: “Para determinar si los datos siguen una distribución normal, lo cual es importante para seleccionar el análisis adecuado” (Montgomery, 2019).

Análisis de varianza (ANOVA): “Para identificar diferencias significativas entre las muestras en función de las variables medidas” (Montgomery, 2019).

Correlación de Pearson:

Para analizar la relación entre variables como humedad, grasa, proteína, ceniza, carbohidratos, fibra dietética y sodio. Estas técnicas permiten interpretar si los procedimientos presentan diferencias significativas o si existe alguna relación entre los parámetros evaluados (Montgomery, 2019).

3.10 Obtención de información teórica

En el desarrollo de esta investigación, la recopilación de información teórica se basará en fuentes documentales confiables, incluyendo libros especializados, revistas científicas arbitradas y bases de datos académicas reconocidas. Estas fuentes se consideran primarias, ya que contienen información original obtenida a partir de estudios experimentales, revisiones sistemáticas y análisis científicos

rigurosos que respaldan el marco teórico y metodológico de la investigación (Moreno & Díaz, 2019)

La consulta de bases de datos académicas como Scopus, ScienceDirect, SpringerLink y Google Scholar garantizará el acceso a literatura científica actualizada y relevante en el campo de la tecnología de alimentos. Además, se incluirán documentos técnicos y normativas internacionales de organismos como la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), la AOAC (Association of Official Analytical Collaboration) y el Codex Alimentarius, los cuales proporcionan lineamientos específicos sobre el análisis de harinas y su aplicación en productos alimenticios

Asimismo, se considerarán estudios previos y tesis de grado relacionadas con la caracterización y aplicación de harinas alternativas, permitiendo establecer un estado del arte detallado que contextualice los antecedentes de la investigación y justifique la pertinencia del estudio. Para garantizar la validez y confiabilidad de la información recopilada, se priorizarán fuentes de alto impacto con factor de citación reconocido, para evitar referencias de carácter divulgativo o sin respaldo científico.

El uso de estas fuentes documentales permitirá fundamentar de manera sólida cada etapa de la investigación, desde la formulación del problema y la hipótesis hasta la discusión y análisis de los resultados obtenidos. Además, facilitará la comparación de los hallazgos con estudios previos, Lo que asegura que las conclusiones sean sustentadas con evidencia científica de calidad y alineadas con las tendencias actuales en el ámbito de la ingeniería en tecnología de alimentos

IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado se analizan los resultados obtenidos con base en los objetivos planteados, según la metodología descrita, previamente. El enfoque de esta investigación busca evaluar la viabilidad de un método artesanal para la producción de harina de frijol negro de calidad reducida, Se identifican sus ventajas, limitaciones y posibles mejoras en su aplicación en el ámbito comunitario y artesanal.

4. Método artesanal aplicado para la obtención de harina de frijol negro de segunda calidad.

La elaboración artesanal de harina de frijol negro de segunda calidad se representa como una alternativa accesible para comunidades con infraestructura tecnológica limitada, ya que no requiere procesos industriales complejos ni equipos especializados. Este método permite obtener una harina funcional con aplicaciones en la industria alimentaria, aunque con ciertas limitaciones en términos de homogeneidad, estabilidad y vida útil, en comparación con las harinas procesadas en el ámbito industrial. Sin embargo, su implementación resulta beneficiosa en regiones rurales o en programas de aprovechamiento de subproductos agrícolas y así se reducen desperdicios y genera valor, a partir de frijoles que no cumplen con los estándares de comercialización.

Por consiguiente, se puede observar el proceso artesanal de la obtención de la harina de frijol de segunda calidad.

4.1.1 Selección del frijol

La selección de frijol negro constituye el punto de partida para la elaboración de la harina, priorizando granos con defectos visuales menores (variaciones en

forma, color o tamaño) que no cumplen con los estándares comerciales, pero siguen siendo aptos para el consumo.

Esta estrategia permite aprovechar subproductos de la cadena de valor, reducir costos y minimizar el desperdicio, como señalan Jiménez et al. (2019). No obstante, aunque esta práctica aporta valor económico y ambiental, es fundamental considerar que el uso de frijoles con características irregulares podría generar una leve variabilidad en la composición fisicoquímica de la harina obtenida, Lo que afecta la estandarización del producto final si no se controla, adecuadamente, los lotes.

4.1.2 Limpieza

La limpieza manual de los granos es un proceso esencial para asegurar la inocuidad de la harina. a limpieza manual de los granos, mediante lavado con agua potable y secado en condiciones controladas, permitió reducir el riesgo de contaminación física y biológica (Martínez et al., 2020).

Se eliminaron impurezas como piedras y residuos vegetales mediante lavado con agua potable y secado en ambiente controlado. este paso previene el crecimiento microbiano y mantiene la calidad sensorial del producto. Sin embargo, el secado al aire, aunque eficiente en condiciones controladas, puede ser una fuente de error si las variables ambientales (humedad relativa, temperatura) no se regulan adecuadamente, lo que podría ocasionar fermentación o contaminación microbiana, Lo que afecta la estabilidad del producto

4.1.3 Tostado

El tostado, realizado en horno convencional o mediante métodos alternativos como sartén o comal, fue clave para mejorar las propiedades sensoriales de los

granos y reducir factores anti nutricionales como inhibidores de tripsina. Este tratamiento también favoreció la digestibilidad y redujo la humedad residual, prolongando la vida útil de la harina (Álvarez & Castillo, 2021).

Sin embargo, el control del tiempo y temperatura fue un factor crítico. Una exposición prolongada o mal distribuida al calor puede provocar carbonización parcial, generando compuestos indeseables como acrilamidas o pérdida de nutrientes. En este sentido, el uso de equipos rudimentarios puede limitar la uniformidad del tostado, Lo que implicaría la calidad del producto final.

4.1.4 Molienda

La molienda de los frijoles tostados se realizó con equipos domésticos como licuadoras o molinos manuales, adaptándose a las herramientas disponibles, Aunque esta práctica es accesible y viable para producciones a pequeña escala, puede presentar limitaciones en cuanto a uniformidad de partícula.

Según (Rodríguez et al., 2020) advierten que, la falta de homogeneidad puede dificultar la mezcla con otros ingredientes, afectar la textura del producto final y reducir la estabilidad del este. En métodos industriales, la aplicación de molinos de impacto o rodillos permite mayor control sobre la granulometría, aspecto que debería considerarse para futuras etapas de escalado del producto.

4.1.5 Tamizado

El tamizado se llevó a cabo mediante el uso de mallas de hasta 120 micras, Con lo que se logra una granulometría adecuada para aplicaciones en panificación. Este parámetro es determinante en las propiedades funcionales de la harina, como la absorción de agua, la textura, la viscosidad de la masa y su integración con otros ingredientes.

Estudios como los de Rodríguez, Gutiérrez y Vargas (2020) destacan que, las harinas con partículas muy gruesas pueden generar masas grumosas o con bajo rendimiento reológico. En este sentido, el presente estudio logró una textura homogénea al eliminar residuos fibrosos o cascarillas. Sin embargo, es importante señalar que la eficiencia del tamizado depende de factores como la cantidad de muestra, el tiempo de operación y el tipo de tamiz, los cuales deben estandarizarse para evitar inconsistencias en la calidad del producto.

4.1.6 Almacenamiento

En cuanto a la etapa de almacenamiento, se analizó la viabilidad de diferentes tipos de envases, como bolsas ciplot, bolsas de papel Kraft con recubrimiento plástico, frascos de vidrio, entre otros, para la conservación de la harina de frijol. El análisis empacotécnico determinó que el uso de bolsas de papel Kraft plastificadas con cierre hermético fue la opción más viable, ya que ofrecieron una adecuada barrera contra la humedad, el oxígeno y la luz, factores determinantes para preservar las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales del producto (López, Méndez, & Mora, 2019).

Sin embargo, a pesar de su eficacia, este tipo de empaque puede presentar limitaciones en ambientes de alta humedad relativa, como los característicos de muchas regiones tropicales, si no se almacena en condiciones óptimas. En tales casos, sería recomendable considerar materiales como el polipropileno o el polietileno metalizado, que ofrecen mayor protección frente a la permeabilidad de gases y vapor de agua, aunque podrían ser menos sostenibles ambientalmente. (García, Ramírez, & Gómez, 2021).

“Adicionalmente, se sugiere la implementación de atmósferas modificadas (MAP) para minimizar las reacciones oxidativas y prolongar la vida útil de la harina en condiciones climáticas adversas” (Fernández & Castro, 2018).

4.2 Interpretación crítica de las técnicas empleadas

La producción artesanal de harina de frijol negro se basa en una serie de procesos fundamentales que garantizan la calidad del producto final, a pesar de las limitaciones tecnológicas. Cada una de estas técnicas desempeña una función clave en la funcionalidad, seguridad y estabilidad de la harina, Lo que permite su aplicación en productos panificados y otras formulaciones alimenticias.

La evaluación de cada etapa permite identificar fortalezas y áreas de mejora:

Selección manual: aunque efectiva, depende en gran medida del criterio del operador, lo que introduce variabilidad. La falta de uniformidad en la selección puede afectar la calidad sensorial y funcional de la harina.

Tostado: adecuado para mejorar digestibilidad y sabor, pero requiere control riguroso de temperatura. Un error frecuente observado fue el tostado desigual en sartenes, Lo que genero mezclas de granos sobre y sub-tostados.

Molienda artesanal: adaptativa, pero limitada en lograr uniformidad de tamaño de partícula. Se observó que el uso de licuadoras generó calentamiento localizado, potencialmente, Lo que afectaría compuestos sensibles al calor.

Tamizado: fundamental para garantizar una textura fina, aunque susceptible a errores por obstrucción o saturación de los tamices, durante el proceso manual.

Almacenamiento: eficaz bajo condiciones controladas; sin embargo, se detectó que una exposición breve a humedad elevada afectaba la fluidez y aumentaba el riesgo de aglomeraciones.

El método artesanal propuesto demostró ser técnicamente viable para la transformación de frijol negro de segunda calidad en una harina funcional, con características físicas y sensoriales aceptables para su aplicación en procesos de panificación y en otros productos alimenticios. La implementación de principios básicos de manipulación, control térmico y selección adecuada de envases permitió extender la vida útil de la harina y preservar su valor nutricional. Sin embargo, debido a la variabilidad intrínseca asociada a los procesos manuales, se hace necesaria la capacitación periódica de los operadores y la estandarización de protocolos de producción para mitigar inconsistencias y potenciar la calidad del producto final. De esta manera, la producción artesanal de harina de frijol negro se perfila como una herramienta valiosa para impulsar la valorización de subproductos agrícolas y fomentar la innovación alimentaria en comunidades rurales, siempre que se mantengan controles básicos de calidad y se fortalezca la capacitación técnica en cada etapa del proceso.

4.3 Ensayo preliminar de la obtención de la harina de frijol de segunda calidad

El proceso de elaboración preliminar de la harina de frijol negro de baja calidad se ejecutó de manera satisfactoria, siguiendo rigurosamente las etapas metodológicas definidas: selección manual del frijol, lavado con agua potable, secado controlado, tostado a temperatura moderada, enfriado, trituración, pulverización, tamizado y empaquetado. Para esta fase experimental, se utilizaron 5 kilogramos de frijol crudo, de los cuales se obtuvo un rendimiento aproximado de

2900 gramos de harina, considerando la inclusión parcial de cascarilla como se observa en el apéndice 1. Los utensilios empleados fueron horno convencional, procesador de alimentos, bowl y licuadora doméstica, equipos adecuados para validar la viabilidad de un método artesanal de baja escala.

Durante el desarrollo del estudio, se implementaron evaluaciones sensoriales cada 15 días, Durante un período de 60 días, como se menciona en el apéndice 3. Estos análisis permitieron monitorear de manera objetiva la evolución de las propiedades sensoriales de la harina. En cuanto al color, no se observaron cambios significativos en las primeras tres evaluaciones, Se conserva el tono blanco amarillento. No obstante, en la cuarta medición (día 45), se identificó un ligero oscurecimiento del polvo, indicativo de posibles reacciones de oxidación o pardeamiento no enzimático, fenómenos comunes en productos en polvo con exposición prolongada al oxígeno y a la humedad ambiental (Hsieh-Lo, Castillo-Herrera, & Mojica, 2020).

Respecto del olor, las tres primeras validaciones mostraron estabilidad, manteniéndose el aroma neutro y agradable a frijol tostado. Sin embargo, en la cuarta evaluación se detectó la presencia de un olor más fuerte, lo que sugiere el inicio de procesos de oxidación lipídica. Estos cambios aromáticos son atribuibles a la generación de compuestos volátiles secundarios derivados de la degradación de lípidos, tal como describen Gulkirpik et al. (2021), quienes señalan que, “la oxidación es una de las principales causas de deterioro sensorial en harinas leguminosas almacenadas sin atmósferas protectoras”.

En cuanto a la textura, la harina se mantuvo homogénea y suelta durante los primeros 45 días. Sin embargo, en la última validación, se percibió una textura,

ligeramente, áspera y aglomerada, atribuible a la absorción progresiva de humedad del ambiente.

El análisis crítico de los resultados permite concluir que el proceso artesanal empleado demuestra ser factible para la valorización de frijoles de baja calidad, logrando una harina funcional con estabilidad fisicoquímica adecuada hasta los 45 días de almacenamiento. Sin embargo, la aparición de cambios sensoriales a partir de ese punto evidencia la necesidad de mejorar las condiciones de conservación. Es probable que factores como una barrera de empaque insuficiente contra la humedad y el oxígeno, así como temperaturas ambientales no controladas, hayan acelerado las reacciones de deterioro observadas (Castañeda-Ovando et al., 2009).

Entre los errores potenciales que podrían haberse cometido destaca la falta de un control estricto de humedad residual en la harina antes del empaque, así como la elección de un envase con limitada capacidad de protección. Ambos factores son críticos, ya que la harina, al ser un producto higroscópico, absorbe fácilmente la humedad del entorno, lo que promueve no solo el apelmazamiento, sino también procesos de oxidación acelerada

4.3 Prueba semi artesanal

Tabla 3

Molienda kg

Lote	KG	Molienda KG	Merma KG
Lote 1	12	9.5	2.5
Lote 2	12	10	2.0

En esta tabla se observa la merma en kg, los 2 lotes utilizados para la obtención de harina de frijol de segunda calidad.

Tabla 4

Merma %

Lote	KG	Molienda %	Merma %
Lote 1	12	79,16	20,84
Lote 2	12	83,33	16,67

En esta tabla se observa la merma en %, los 2 lotes de utilizados para la obtención de harina de frijol de segunda calidad

Durante la etapa de pruebas semiartesanales de molienda de frijol negro de segunda calidad, se obtuvieron resultados que evidencian variaciones importantes en el rendimiento y en la merma, Lo que depende tanto del método de procesamiento como de las condiciones del insumo utilizado.

En las pruebas preliminares, donde se trabajó con cinco kilogramos de materia prima, se observaron porcentajes de merma elevados, del 42% en una prueba y del 39,6% en otra, lo que se tradujo en rendimientos de molienda del 58% y del 60,4%, respectivamente, tal como se presenta en el Apéndice número 1 y 2. Estos valores reflejan una proporción considerable de material no aprovechable, atribuible posiblemente, a defectos estructurales en los granos, presencia de impurezas o niveles de humedad residual superiores a los ideales para un proceso de molienda eficiente. Como afirman López, Méndez y Mora (2019), “un contenido de humedad elevado en granos destinados a molienda puede afectar,

negativamente, la separación efectiva de la harina, respecto de los subproductos, lo que incrementa las pérdidas”.

Posteriormente, en las pruebas semi-artesanales realizadas con un volumen mayor de insumo (12 kilogramos) como se observa en la tabla 3 y 4, se registró una mejora sustancial en los rendimientos obtenidos. En la primera repetición, se obtuvo un 79,16% de harina y una merma del 20,84%, mientras que, en la segunda repetición, el rendimiento ascendió hasta el 83,33%, con una merma reducida al 16,67%. Esta mejora en la eficiencia podría explicarse por varios factores. Por un lado, el manejo de volúmenes mayores tiende a estabilizar el proceso, reduciendo la variabilidad asociada al tratamiento de pequeños lotes (Rodríguez, Gutiérrez, & Vargas, 2020).

Además, es posible que el acondicionamiento previo del grano en términos de homogeneidad del secado y separación de impureza, fuera más uniforme en esta etapa, lo que facilita así una molienda más efectiva.

Cabe señalar que, en estas pruebas, la pérdida de material fue considerablemente menor en comparación con las evaluaciones preliminares. Esto sugiere que al trabajar con mayores volúmenes y posiblemente con mejores condiciones de acondicionamiento, es posible optimizar el rendimiento y reducir el desperdicio.

Los insumos utilizados provenían de una pequeña empresa de la zona sur del país, y correspondían a frijol con, aproximadamente, 15 días post-cosecha. Aunque el grano era todavía apto para consumo, no se puede descartar la existencia de variabilidad en su composición físico-química, particularmente, en su contenido de humedad y estructura interna, factores que, según Nutrimill (s.f.)

“inciden de manera crítica en la eficiencia de la molienda y en la calidad del producto final”.

Analizando estos resultados de manera crítica, se evidencia que uno de los posibles errores iniciales fue no estandarizar el contenido de humedad antes del procesamiento, lo que habría permitido un control más preciso de la eficiencia de separación entre la harina y el material descartado. Además, la limpieza y selección de los granos no se ejecutó de manera diferenciada entre las pruebas preliminares y las semi-artesanales, lo que podría haber influido en la mayor merma observada en los lotes iniciales.

Estos hallazgos refuerzan la necesidad de optimizar las condiciones de almacenamiento, pretratamiento y molienda del grano antes de su procesamiento. Implementar estrategias de secado controlado, limpieza exhaustiva y selección de granos podría mejorar, significativamente, los rendimientos, Al reducir la merma y aumentar la eficiencia del aprovechamiento de la materia prima. Como plantean Castañeda-Ovando et al. (2009), “la adecuada preparación de los insumos es crucial para maximizar la recuperación de componentes útiles en procesos de transformación artesanal, especialmente en productos de alta sensibilidad como las harinas leguminosas”.

4.4 Ensayos de secado a diferentes temperaturas

Con el objetivo de determinar las condiciones óptimas de secado para la harina de frijol negro de segunda calidad, se llevaron a cabo ensayos preliminares utilizando dos tipos de equipos: un horno convencional y una freidora de aire. El propósito fue evaluar la influencia de la temperatura y el tiempo de exposición en la eficiencia de eliminación de humedad, así como en la

conservación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto final. Para eso, se seleccionaron temperaturas de 266 °F (130 °C) y 302 °F (150 °C), aplicadas durante 20 y 30 minutos, respectivamente.

Los resultados indicaron que la condición que proporcionó el mejor balance entre reducción de humedad y preservación de la calidad fue el secado a 302 °F (150 °C) durante 20 minutos en horno convencional. Bajo estas condiciones, se logró una disminución efectiva del contenido de agua residual, factor fundamental para limitar el crecimiento microbiano y el deterioro oxidativo durante el almacenamiento (García, Ramírez, & Gómez, 2021).

A su vez, el tratamiento térmico moderado permitió conservar las características de color, textura y perfil sensorial de la harina, aspectos clave para su aceptación en futuras aplicaciones alimenticias.

Al analizar con criticidad los resultados, se observó que un secado prolongado o a temperaturas más bajas resultó insuficiente para eliminar, adecuadamente, la humedad, incrementando el riesgo de deterioro por proliferación microbiana o por reacciones químicas de hidrólisis. Este hallazgo coincide con lo reportado por Martínez y Pérez (2020), quienes señalaron que una humedad final elevada compromete la estabilidad fisicoquímica de productos en polvo. Por otro lado, el uso de temperaturas excesivamente altas podría inducir degradación térmica de compuestos bioactivos sensibles, como polifenoles y algunas vitaminas, así como alterar el sabor mediante el desarrollo de notas amargas o a quemado (Martínez & Pérez, 2020).

La elección del horno convencional como equipo principal para el secado se justificó debido a su capacidad de proporcionar un calentamiento más uniforme

y controlado, minimizando gradientes de temperatura dentro del producto y asegurando una deshidratación homogénea. En contraste, la freidora de aire, si bien mostró eficiencia en la reducción de humedad, presentó problemas de distribución térmica, generando heterogeneidades en la textura y, en algunos casos, la formación de zonas de sobre secado. Estas inconsistencias pueden afectar la calidad final del producto, especialmente durante almacenamiento prolongado, al inducir oxidaciones localizadas (Rodríguez, Gutiérrez, & Vargas, 2020; López, Méndez, & Mora, 2019).

Otro aspecto de relevancia detectado fue la influencia del secado en la capacidad de absorción de agua de la harina.

Según Fernández y Castro (2018), una deshidratación controlada mejora significativamente las propiedades reológicas del producto final, aspecto crucial para su funcionalidad en formulaciones panificadas. En este sentido, la harina obtenida bajo las condiciones óptimas presentó una textura fina y una buena capacidad de hidratación, indicando un control adecuado de la humedad residual, la cual se mantuvo en el rango ideal del 10-12%.

Cabe destacar que, de acuerdo con Meza et al. (2020), temperaturas superiores a los 180 °C pueden promover reacciones de pardeamiento no enzimático, como la reacción de Maillard, que modifican tanto el color como el perfil sensorial del producto. No obstante, en este estudio, el secado a 302 °F (150 °C) por 20 minutos no provocó alteraciones visuales ni sensoriales negativas apreciables, lo que sugiere que este tratamiento térmico es adecuado para preservar la calidad de la harina de frijol negro.

4.5 Caracterización de la harina de frijol negro de segunda calidad elaborada, mediante el método artesanal

El análisis fisicoquímico de la harina de frijol negro de segunda calidad, elaborada mediante un método artesanal, permitió identificar una composición nutricional con características destacables, las cuales la posicionan como una alternativa viable para su incorporación en formulaciones alimenticias, especialmente, en productos de panificación y desarrollos funcionales.

4.5.1 Resultados del análisis fisicoquímico

Tabla 5

Resultados de análisis

Análisis	Resultados
Humedad	8,65 ± 0,53) g/100 g
Proteína	(22,4 ± 2,2) g/100 g
Grasa cruda	(2,242 ± 0,037) g/100 g
Ceniza	(4,34 ± 0,32) g/100 g
Fibra	(15,8 ± 3,1) g/100 g
Carbohidratos disponibles	(62,4 ± 8,6) g/100 g
Sodio	(5,6 ± 1,1) mg/100 g
Valor energético total	1 240 (296) kJ/100 g (kcal/100 g)

Fuente (CITA, 2024)

En esta tabla se observan los análisis fisicoquímicos de la harina de frijol de segunda calidad.

Los resultados obtenidos indican que el contenido de humedad de la harina fue de 8,65 ± 0,53 g/100 g, situándose dentro del rango óptimo establecido para

harinas secas, que recomienda mantener un contenido inferior al 10% para garantizar su estabilidad microbiológica y prolongar su vida útil sin necesidad de conservantes adicionales (García, Ramírez, & Gómez, 2021). “Un nivel de humedad bajo es fundamental para inhibir la proliferación de microorganismos y reducir la actividad enzimática, factores que inciden directamente en el deterioro del producto durante el almacenamiento” (Fernández & Castro, 2018).

El contenido proteico obtenido fue de $22,4 \pm 2,2$ g/100 g, valor que evidencia el potencial de esta harina como una excelente fuente de proteínas vegetales. Comparativamente, presenta niveles similares o superiores a los de otras harinas leguminosas reconocidas, como la de garbanzo o soja (Rodríguez, Gutiérrez, & Vargas, 2020).

Esta propiedad refuerza su aplicabilidad en productos orientados a dietas vegetarianas, veganas o en planes de alimentación destinados a grupos poblacionales con mayores requerimientos proteicos, tales como: niños, deportistas o adultos mayores.

“La harina también demostró un contenido significativo de fibra dietética ($15,8 \pm 3,1$ g/100 g), superando ampliamente los valores habituales reportados para harinas de origen cereal” (López, Méndez, & Mora, 2019). Este atributo tiene importantes implicaciones funcionales, ya que una dieta rica en fibra contribuye al mejoramiento del tránsito intestinal, promueve la saciedad y favorece en la regulación del índice glucémico, aspectos relevantes en estrategias de control de peso y prevención de enfermedades metabólicas.

En cuanto a la composición energética, la harina mostró un contenido de carbohidratos disponibles de $62,4 \pm 8,6$ g/100 g, lo cual confirma su capacidad

como fuente de energía de liberación sostenida. Este perfil es especialmente deseable para la formulación de productos como panes integrales, barras energéticas o alimentos dirigidos a personas con alta demanda energética, como trabajadores de alto desgaste físico y deportistas (Meza, Alvarado, & Castillo, 2020).

Respecto de su composición mineral, el contenido de sodio ($5,6 \pm 1,1$ mg/100 g) fue considerablemente bajo, hecho que representa una ventaja competitiva para su uso en productos dirigidos a consumidores que requieren restricciones de sodio, como pacientes hipertensos o personas con enfermedades cardiovasculares. Esta característica permite su inclusión en formulaciones saludables sin comprometer las propiedades organolépticas de los alimentos.

El valor energético total determinado fue de 1 240 kJ/100 g (296 kcal/100 g), cifra que respalda su utilización en formulaciones que buscan un equilibrio entre contenido energético y aporte de nutrientes esenciales. Desde un punto de vista práctico, su integración en productos de panadería y repostería permitiría enriquecer el perfil nutricional de alimentos tradicionales sin afectar, negativamente, su funcionalidad ni sus propiedades sensoriales.

A pesar de los resultados positivos, es necesario señalar que uno de los posibles riesgos de un método de elaboración artesanal reside en la variabilidad de los resultados, producto de factores como la fluctuación en la calidad de los lotes de frijol, diferencias en las condiciones de tostado o secado, o la falta de equipos de medición estandarizados durante el procesamiento.

Los resultados obtenidos corroboran que, a pesar de elaborarse mediante un proceso artesanal, la harina de frijol negro de segunda calidad presenta un perfil

nutricional atractivo y competitivo para su incorporación en la industria alimentaria. Su utilización no solo permitiría diversificar las fuentes proteicas vegetales, sino también impulsar la innovación en el desarrollo de alimentos funcionales y de alto valor agregado, adaptados a las tendencias actuales del mercado (Granados Bermúdez & Wong Recio, 2022).

4.5.2 Definición de los parámetros recomendados para el método artesanal de elaboración de harina de frijol negro de segunda calidad

Con base en los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica de la harina de frijol negro de segunda calidad elaborada mediante un método artesanal, es posible establecer los parámetros clave necesarios para optimizar su producción, así se asegura su estabilidad, calidad nutricional y viabilidad de aplicación en la industria alimentaria. “La definición de estos parámetros es fundamental para minimizar las pérdidas de valor nutricional y preservar la funcionalidad tecnológica del producto” (García, Ramírez, & Gómez, 2021).

4.5.3 Contenido de humedad

Se recomienda que la harina de frijol negro mantenga un contenido de humedad inferior o igual al 10%, siendo el rango óptimo de 8-9%. Esta condición es esencial para prevenir el crecimiento de microorganismos y limitar la actividad enzimática que puede acelerar procesos de deterioro durante el almacenamiento (Fernández & Castro, 2018).

El control de la humedad se logra, mediante un secado adecuado, preferiblemente, en un rango de temperatura de 50 a 60 °C. Sin embargo, se considera que en el contexto artesanal los equipos industriales no siempre están disponibles, las temperaturas pueden variar ligeramente, Según el tipo de equipo

empleado (como hornos caseros o secadores improvisados), lo que implica un riesgo potencial de sobre secado o secado insuficiente si no se monitorean, adecuadamente, las condiciones.

4.5.4 Contenido proteico

Para conservar el alto valor nutricional característico del frijol negro, el contenido de proteína debe mantenerse en un rango de 22-24 g/100 g. Alcanzar y preservar este nivel requiere el uso de granos en buen estado fisiológico y la implementación de un proceso de molienda que evite la degradación térmica de las proteínas. Según Rodríguez, Gutiérrez y Vargas (2020), “exposiciones prolongadas a fricción mecánica pueden elevar la temperatura de la harina, lo que resulta en la desnaturalización parcial de proteínas, afectando tanto su valor nutricional como sus propiedades funcionales en formulaciones alimentarias”.

4.5.5 Contenido de fibra dietética

Se sugiere mantener el contenido de fibra dietética en un rango de 15-16 g/100 g. Este parámetro es de particular relevancia, ya que la fibra no solo mejora la textura del producto final, sino que también aporta beneficios metabólicos importantes, como la regulación del tránsito intestinal y el control glicémico (López, Méndez, & Mora, 2019).

Para conservar el contenido de fibra, es indispensable evitar un refinamiento excesivo durante la molienda, ya que dicho proceso podría eliminar componentes valiosos localizados en la cáscara del grano. Un error frecuente en procesos artesanales es el uso de tamices demasiado finos que pueden disminuir, inadvertidamente el contenido de fibra.

4.5.6 Carbohidratos disponibles y valor energético

El contenido de carbohidratos debe oscilar entre 60-65 g/100 g, asegurando un valor energético total mínimo de 1 200 kJ/100 g (equivalente a 290-300 kcal/100 g). Este aporte energético es fundamental para la formulación de alimentos orientados a poblaciones con alta demanda calórica. Es importante resguardar la estructura del almidón durante el secado y la molienda.

Un error potencial sería utilizar temperaturas demasiado elevadas durante el secado, lo que favorece la gelatinización parcial del almidón, lo cual podría comprometer la calidad reológica del producto final.

4.5.7 Contenido de sodio

Se recomienda mantener el contenido de sodio en niveles inferiores o iguales a 6 mg/100 g. Este parámetro es crucial para garantizar que la harina de frijol negro sea apta para dietas con restricción de sodio, dirigidas a personas hipertensas o con riesgo cardiovascular (Granados Bermúdez & Wong Recio, 2022).

Para lograrlo, es necesario utilizar fuentes de agua controlada en el proceso de lavado de los granos y evitar la contaminación cruzada con sales minerales durante las etapas de procesamiento. Una falla en este aspecto podría comprometer la aptitud del producto para aplicaciones en alimentación funcional.

4.5.8 Molienda y granulometría

Finalmente, se recomienda obtener una harina con un tamaño de partícula uniforme entre 100 y 150 micras. Una granulometría adecuada garantiza una mejor funcionalidad en formulaciones alimenticias, favoreciendo la absorción de agua y la formación de estructuras de masa estables en productos panificados (Rodríguez et al., 2020)

En procesos artesanales, el principal desafío radica en la variabilidad del tamaño de partícula debido al uso de molinos no industriales. Para mitigar esta variabilidad, se sugiere el empleo de tamices estandarizados y la implementación de controles visuales durante la molienda.

4.6 Descripción sensorial de la harina de frijol negro de segunda calidad

Además de su caracterización fisicoquímica, la evaluación sensorial de la harina de frijol negro de segunda calidad constituye un elemento fundamental para determinar su aceptabilidad y su potencial aplicación en el desarrollo de productos alimenticios.

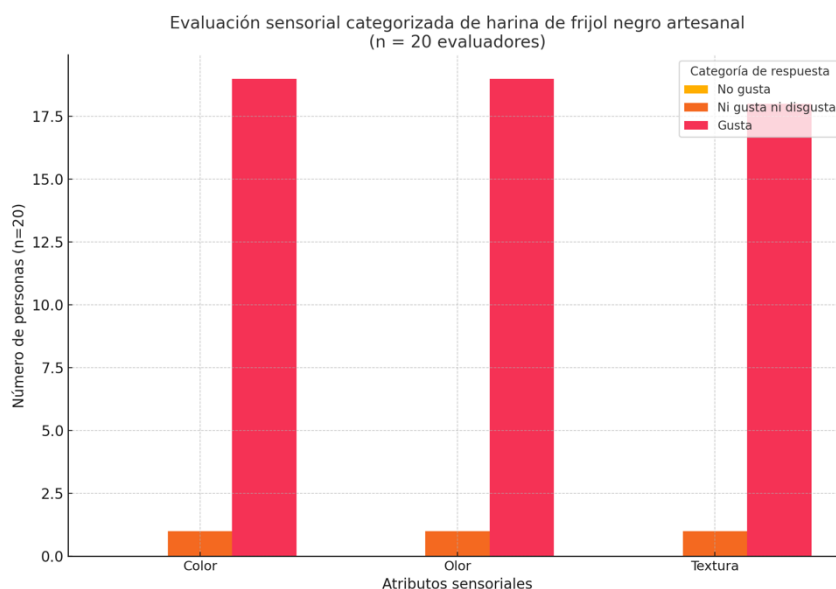
La caracterización sensorial fue realizada mediante pruebas preliminares utilizando un panel no entrenado, el cual evaluó atributos clave como color, olor y textura. Esta aproximación ofrece una percepción inicial del comportamiento sensorial del producto, aunque debe reconocerse que el uso de un panel no entrenado introduce cierta variabilidad en los resultados (Meilgaard, Civille, & Carr, 2016).

4.6.1 Análisis sensorial de la harina de frijol negro de segunda calidad

La evaluación sensorial de la harina de frijol negro de segunda calidad, realizada, mediante un panel de 20 personas, permitió obtener información relevante, respecto a los atributos de color, olor y textura, aspectos fundamentales para determinar su aceptabilidad en aplicaciones alimentarias.

Figura 4

Gráfico de evaluación sensorial de la harina de frijol de segunda calidad



Los resultados de las pruebas sensoriales indicaron los siguientes atributos:

En cuanto al color, el 95% de los evaluadores (19 de 20 personas) manifestaron que este atributo les “gusta”, mientras que un 5% (1 persona) expresó una respuesta neutra (“ni gusta ni disgusta”). No se reportaron valoraciones negativas (“no gusta”). La harina presentó un tono beige claro con tonalidades, ligeramente, tostadas, consistente con el proceso térmico aplicado durante su elaboración. Esta coloración es considerada adecuada para su uso en productos de panificación, galletas o repostería, donde los consumidores tienden a preferir tonalidades claras que sugieren frescura y suavidad.

Según Meza, Alvarado y Castillo (2020), “un color, excesivamente, oscuro podría ser indicativo de reacciones de pardeamiento no enzimático, como la reacción de Maillard, que afectarían, negativamente, tanto la apariencia como el

perfil sensorial del producto final”. En este caso, la tonalidad obtenida sugiere un control térmico efectivo, sin evidencias de quemado o sobre procesamiento.

Respecto del olor, se observó una tendencia similar: el 95% de los panelistas manifestaron aceptación positiva (“gusta”), mientras que el 5% restante mostró una percepción neutra. No se registraron rechazos sensoriales. La harina presentó un aroma característico a frijol tostado, sin presencia de olores rancios, ácidos o extraños.

“La preservación de un olor limpio es un indicador crítico de la calidad del secado y almacenamiento, ya que la aparición de olores anómalos puede estar asociada a la oxidación de lípidos o a deterioro microbiológico”(Fernández & Castro, 2018).

La ausencia de olores desagradables confirma que las condiciones de procesamiento y almacenamiento fueron adecuadas, minimiza los riesgos de reacciones de oxidación. No obstante, en contextos artesanales, debe considerarse el riesgo latente de alteraciones aromáticas, si no se utilizan empaques de alta barrera.

En cuanto a la textura, el 90% de los evaluadores calificaron este atributo como “gusta”, mientras que un 10% indicó una percepción neutra. La harina fue descrita como fina y homogénea, sin partículas gruesas perceptibles al tacto. “Una textura adecuada resulta esencial para aplicaciones en panificación, ya que una granulometría uniforme favorece la absorción de agua y mejora la incorporación de la harina en mezclas y masas” (García, Ramírez, & Gómez, 2021). Aunque en este ensayo se logró una textura favorable, debe reconocerse que, en procesos artesanales, existe un riesgo de variabilidad granulométrica debido a las

limitaciones en los equipos de molienda y tamizado, lo que podría afectar la funcionalidad en formulaciones más exigentes.

4.7 Aplicación de la harina de frijol negro de segunda calidad en productos de panificación

La aplicación de la harina de frijol negro de segunda calidad en productos de panificación se evaluó, mediante el desarrollo de formulaciones experimentales que contemplaron diferentes niveles de sustitución de harina de trigo. El objetivo principal de esta etapa fue determinar la proporción óptima de incorporación que permitiera mantener buenas propiedades reológicas en la masa, así como una aceptabilidad sensorial adecuada para el consumidor final.

Los ensayos realizados evidenciaron que la adición de harina de frijol negro impacta de manera significativa en las características del producto panificado, modifica atributos como: la textura, el color y el perfil sensorial.

Estos resultados concuerdan con investigaciones previas que indican que las harinas de leguminosas, al ser incorporadas en formulaciones de panificación, alteran la estructura de la miga y las propiedades de absorción de agua debido a su mayor contenido de fibra y proteínas en comparación con las harinas de cereales (Gómez, Oliete, & Caballero, 2018).

En este estudio, se encontró que una formulación compuesta por 70% de harina de frijol negro y 30% de harina de trigo ofreció los mejores resultados en términos de aceptabilidad sensorial y desempeño funcional.

Esta proporción logró equilibrar, adecuadamente, la contribución nutricional de la harina de frijol con las propiedades tecnológicas aportadas por el gluten de

la harina de trigo, que resulta esencial para la retención de gas, la elasticidad y el volumen del pan (Arendt & Dal Bello, 2008).

4.7.1 Propuesta de formulaciones iniciales

Para evaluar la viabilidad de la harina de frijol negro de segunda calidad en panificación, se desarrollaron tres formulaciones experimentales: 100% harina de frijol negro, 70% harina de frijol negro + 30% harina de trigo, y 60% harina de frijol negro + 40% harina de trigo. Estas proporciones fueron seleccionadas con el objetivo de analizar el efecto de la sustitución progresiva de harina de trigo en las propiedades sensoriales y tecnológicas del producto final.

El análisis sensorial y tecnológico evidenció que la formulación compuesta por 70% de harina de frijol negro y 30% de harina de trigo presentó el mejor desempeño general, lo cual se puede observar en apéndice 9. Esta formulación logró equilibrar adecuadamente el aporte nutricional de la harina de frijol con las propiedades tecnológicas necesarias para la producción de un brownie de buena calidad. Uno de los hallazgos más relevantes fue la alta aceptación sensorial del producto, donde los panelistas destacaron favorablemente atributos como la textura y el sabor. Estos resultados sugieren que, “la harina de frijol negro puede integrarse exitosamente en matrices de panificación, sin generar cambios adversos en la percepción del consumidor, comportamiento que contrasta con otras harinas alternativas que suelen introducir sabores residuales o texturas no deseadas” (García, Ramírez, & Gómez, 2021).

Desde un enfoque tecnológico, se observó que la incorporación de harina de frijol contribuyó de manera significativa a la retención de humedad en el producto final. “Esta propiedad es de suma importancia en la industria panificadora, ya que

favorece una textura más suave, prolonga la frescura y retrasa la retrogradación del almidón, fenómeno que lleva al endurecimiento de la miga con el paso del tiempo” (Arendt & Dal Bello, 2008). La mayor retención de humedad observada puede atribuirse a la alta capacidad de absorción de agua de la harina de frijol, asociada a su contenido en proteínas y fibra dietética, las cuales favorecen la formación de una matriz más cohesiva que limita la pérdida de agua durante el almacenamiento.

Críticamente, uno de los posibles riesgos detectados es que niveles de sustitución superiores al 70% podrían alterar de forma negativa la estructura y la aceptación sensorial del producto, “debido a la ausencia de gluten suficiente para formar redes elásticas que retengan gases de fermentación” (Renzetti & Arendt, 2009). Además, un manejo inadecuado de la hidratación de la masa podría ocasionar una textura densa o apelmazada, aspecto que debe ser, cuidadosamente, optimizado en futuras formulaciones.

Los resultados obtenidos en esta investigación confirman que la harina de frijol negro no solo representa una alternativa, nutricionalmente, enriquecida, sino que también aporta beneficios tecnológicos en productos de panificación, favoreciendo tanto la estabilidad estructural como la aceptabilidad sensorial. Su implementación en la industria alimentaria ofrece una oportunidad relevante para la diversificación de formulaciones, orientadas a la demanda creciente de alimentos funcionales, ricos en fibra y proteínas vegetales.

“Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que documentan el impacto positivo de la incorporación de harinas leguminosas en productos

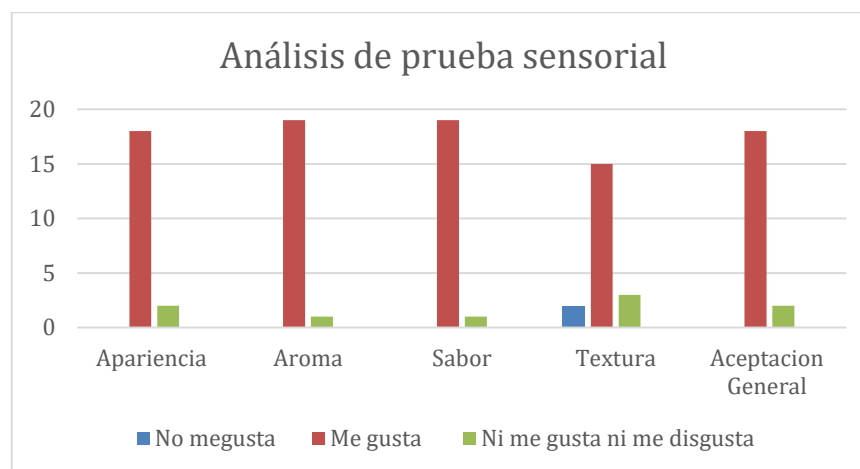
horneados, tanto a nivel sensorial como tecnológico”(García et al., 2021; Moroni, Arendt, & Dal Bello, 2011).

4.7.2 Análisis sensorial del brownie con harina de frijol negro de segunda calidad

La evaluación sensorial del brownie elaborado con 70% de harina de frijol negro y 30% de harina de trigo se llevó a cabo mediante un panel de 20 evaluadores no entrenados. Se analizaron los atributos de apariencia, aroma, sabor, textura y aceptación general, utilizando una escala de percepción donde las respuestas fueron categorizadas como “Me gusta”, “Ni me gusta, ni me disgusta” y “No me gusta”.

Figura 5

Panel sensorial del Brownie



Los resultados, representados en la figura 5 y apéndice 9, revelan un alto nivel de aceptación en todos los atributos evaluados. En cuanto a la apariencia, aproximadamente, el 90% de los panelistas manifestaron que les gustó el producto, mientras un pequeño porcentaje indicó una respuesta neutral (“ni me gusta ni me disgusta”). No se registraron respuestas de rechazo en esta categoría.

Respecto del aroma, se observó una respuesta aún más positiva, con la mayoría absoluta de los evaluadores indicando que les gustaba el atributo. Solo un mínimo porcentaje expresó neutralidad, y no se reportaron opiniones negativas.

El sabor del brownie fue igualmente bien valorado: cerca del 90% de los panelistas expresaron su agrado, reflejando que el tratamiento térmico aplicado a la harina de frijol negro fue exitoso en eliminar sabores residuales indeseables, como amargor o notas verdes, que a menudo se asocian con harinas de leguminosas (Rodríguez, Gutiérrez, & Vargas, 2020).

En el atributo de textura se observó una leve disminución en la aceptación: aunque la mayoría de los panelistas manifestaron que les gustaba, se registraron algunos casos (alrededor del 10-15%) de respuestas neutrales o negativas. Este hallazgo sugiere que, si bien la textura del brownie fue en su mayoría adecuada, podrían existir oportunidades de mejora en términos de cohesión o suavidad del producto.

Finalmente, la aceptación general del producto fue altamente favorable, con cerca del 90% de las respuestas en la categoría “me gusta”. Esto respalda la viabilidad sensorial del brownie elaborado con esta formulación, posicionándolo como un producto atractivo para el consumidor potencial, a pesar de las limitaciones asociadas a la sustitución parcial de harina de trigo.

Tal como se evidencia en los Apéndices 5 a 9, los resultados obtenidos confirman que la harina de frijol negro no solo constituye una alternativa, nutricionalmente valiosa, sino que también aporta beneficios tecnológicos significativos en la panificación. Su incorporación permite el desarrollo de productos con características sensoriales óptimas y una vida útil prolongada.

La implementación de esta harina en la industria alimentaria representa, por tanto, una oportunidad estratégica para diversificar las formulaciones existentes y responder a las tendencias actuales de consumo orientadas hacia alimentos más saludables y funcionales. Estos resultados coinciden con estudios previos sobre la aplicación de harinas leguminosas en panificación (García et al., 2021).

4.8 Especificaciones de la harina de frijol negro, empaque y estabilidad

Los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico de la harina de frijol negro de segunda calidad, presentados en la Tabla 5, reflejan una composición nutricional equilibrada, con parámetros que cumplen los requisitos establecidos en normativas internacionales para harinas de leguminosas destinadas a la industria alimentaria, en particular para su aplicación en panificación.” Desde el punto de vista composicional, la harina presenta un contenido de humedad de 8,65%, valor que se encuentra dentro del rango recomendado para harinas secas, generalmente inferior al 10%” (Gómez, Oliete, & Caballero, 2018). Este bajo contenido de humedad favorece la estabilidad microbiológica, reduce el riesgo de desarrollo de mohos y bacterias, y prolonga la vida útil del producto durante el almacenamiento.

En cuanto a su contenido nutricional, la harina de frijol negro mostró un contenido proteico de 22,4 g/100 g, posicionándola como una fuente significativa de proteínas vegetales, comparable a harinas de alta calidad nutricional como la de garbanzo o soya (Moroni, Arendt, & Dal Bello, 2011).

Además, su alto contenido de fibra dietética (15,8 g/100 g.) ofrece beneficios funcionales importantes, tales como, “la mejora en la textura de productos

panificados y el favorecimiento de la salud digestiva, alineándose con tendencias actuales hacia alimentos funcionales” (García, Ramírez, & Gómez, 2021).

El bajo contenido en grasa cruda (2,24 g/100 g) minimiza la susceptibilidad al desarrollo de rancidez, lo cual es un factor clave para mantener la estabilidad del producto sin necesidad de aditivos antioxidantes. Asimismo, su contenido reducido de sodio (5,6 mg/100 g.) es adecuado para formulaciones alimentarias orientadas a poblaciones con restricciones de sodio.

En términos de estabilidad, se determinó que bajo condiciones óptimas de almacenamiento humedad relativa inferior al 60% y temperaturas inferiores a 25 °C, la harina puede mantenerse en buenas condiciones durante, aproximadamente, seis meses. Esta conclusión se sustenta en los resultados combinados de los análisis fisicoquímicos, sensoriales y de seguimiento de estabilidad realizados en el este estudio, tal como se muestra en el Apéndice 4. Lo que, significativamente, la aceptabilidad general del producto hasta los 180 días, siempre que se aseguraran condiciones de almacenamiento adecuadas.

Este hallazgo subraya la necesidad crítica de un empaque efectivo para preservar la estabilidad de la harina. Se recomienda el uso de materiales de alta barrera contra humedad y oxígeno, como bolsas laminadas multicapa con capas internas de polietileno o recubrimientos metalizados, capaces de reducir la transferencia de vapor de agua y de oxígeno (Fernández & Castro, 2018).

Un empaque inadecuado podría acelerar la absorción de humedad ambiental, Lo que favorece el desarrollo de deterioros microbiológicos o sensoriales.

Desde el punto de vista regulatorio, la composición de esta harina debería compararse con las especificaciones del Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 67.04.50:08, el cual establece criterios microbiológicos y parámetros de calidad para productos derivados de leguminosas. Aunque, actualmente, no existe un reglamento específico para harina de frijol, los resultados obtenidos cumplen, en términos generales, con los estándares de harinas leguminosas en, cuanto a contenido de humedad, proteína y cenizas. No obstante, se recomienda realizar una validación específica ante las autoridades sanitarias locales para garantizar la comercialización segura y la inocuidad del producto final.

Es importante considerar que, comparada con la harina de trigo, la harina de frijol naturalmente presenta contenidos más altos de proteínas y minerales (cenizas), por lo que su utilización en panificación requiere ajustes en las formulaciones. “Estos ajustes son necesarios para optimizar la textura, volumen y elasticidad de los productos, dado que la sustitución parcial o total de harina de trigo puede afectar la formación de redes de gluten, fundamentales para la estructura del pan” (Arendt & Dal Bello, 2008).

La harina de frijol negro de segunda calidad presenta un perfil nutricional favorable, características fisicoquímicas estables, y viabilidad tecnológica para su aplicación en panificación y otros desarrollos alimenticios. No obstante, su estabilidad a largo plazo depende, críticamente del uso de empaques adecuados y del cumplimiento riguroso de las condiciones de almacenamiento recomendadas

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Mediante la ejecución de ensayos de laboratorio, se logró establecer un proceso artesanal, técnicamente viable para la transformación del frijol negro de segunda calidad en harina. Este procedimiento constituye una alternativa efectiva para el aprovechamiento de excedentes agrícolas, fomentando la valorización de productos locales y contribuye al desarrollo sostenible. La harina obtenida conserva las propiedades nutricionales esenciales del frijol negro, lo que la posiciona como un insumo de alto potencial para la elaboración de nuevos productos alimenticios y la diversificación de la oferta gastronómica.

La caracterización de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la harina de frijol negro por medio de un método artesanal, realizada, a través de análisis de laboratorio, permitió estimar de manera precisa su valor nutricional y sus propiedades tecnológicas. Los resultados obtenidos evidencian que la harina conserva componentes esenciales como proteínas, fibra dietética y minerales, lo que resalta su potencial como un ingrediente nutritivo. Asimismo, el análisis sensorial y tecnológico reveló características adecuadas de textura, sabor y funcionalidad, factores que favorecen su incorporación en diversas formulaciones alimenticias. Esta caracterización no solo valida la calidad del producto, sino que también aporta información fundamental para su aprovechamiento en el desarrollo de alimentos innovadores y funcionales.

La validación de la aplicación de la harina de frijol negro, obtenida mediante un proceso artesanal, se realizó específicamente en un producto de panificación. A través del diseño de formulaciones y la realización de pruebas de aceptación sensorial, se confirmó su viabilidad como ingrediente alternativo en este

tipo de producto. El prototipo mostró buenas características de textura, sabor y apariencia, con niveles de aceptación favorables por parte de los evaluadores sensoriales. Sin embargo, es importante señalar que estos resultados corresponden únicamente a su aplicación en un tipo específico de panificación (brownie); por lo tanto, no pueden generalizarse a otros productos sin una evaluación previa. Aun así, los hallazgos indican que la harina de frijol puede aportar valor nutricional adicional y contribuir a la diversificación de productos alimenticios sin comprometer la calidad sensorial esperada por los consumidores.

El establecimiento de las características fisicoquímicas de la harina de frijol negro obtenida , mediante un proceso artesanal, así como la definición de un empaque adecuado y la evaluación de su estabilidad, permitió generar información técnica esencial para la elaboración de un manual del método de producción. Los resultados obtenidos aseguran la calidad nutricional y sensorial de la harina, identifican las mejores condiciones de almacenamiento para preservar sus propiedades, y garantizan la viabilidad del proceso a largo plazo. De esta manera, se proporciona a los productores una herramienta estandarizada que facilita la replicabilidad del método, promueve el aprovechamiento de excedentes agrícolas y fomenta el desarrollo de productos locales de valor agregado.

En conclusión, la pérdida y desperdicio de alimentos es un problema global crítico que afecta la seguridad alimentaria y el medio ambiente, especialmente en regiones como América Latina y el Caribe, donde una parte significativa de los alimentos se pierde antes de llegar al consumidor. Ante este panorama, evaluar alternativas como el aprovechamiento del frijol negro de segunda calidad mediante procesos artesanales para la obtención de harina representa una solución viable y

sostenible. Este tipo de iniciativas no solo permite reducir el desperdicio, sino que también promueve la innovación en el uso de materias primas subutilizadas, así fortalece la cadena agroalimentaria y contribuye a una gestión más eficiente y responsable de los recursos.

5.2 Recomendaciones

Es recomendable continuar el desarrollo investigaciones orientadas a analizar el impacto de la incorporación de harina de frijol negro en la estructura del gluten y su efecto sobre la reología de la masa. Estos estudios permitirán optimizar las formulaciones y asegurar su funcionalidad en diversas aplicaciones panificadoras, lo que contribuye con el diseño de productos con mejores propiedades tecnológicas y sensoriales.

Por otra parte, se sugiere evaluar el uso de empaques con propiedades de alta barrera, tales como materiales multicapa con polietileno o recubrimientos metalizados, que puedan prolongar la estabilidad del producto durante su almacenamiento. La implementación de este tipo de empaques resulta fundamental para preservar la calidad sensorial y nutricional de la harina de frijol negro, Esto minimiza los riesgos de deterioro por humedad, oxidación o contaminación microbiana.

Asimismo, se aconseja que los productores y procesadores de harina de frijol negro consulten con las autoridades sanitarias locales para garantizar el cumplimiento de las normativas vigentes, tanto en materia de inocuidad alimentaria como de etiquetado nutricional. Este aspecto resulta crucial para facilitar la comercialización del producto en distintos mercados y asegurar su aceptación por parte del consumidor final.

Además, se recomienda impulsar estrategias de divulgación y capacitación dirigidas a la industria panificadora, enfocadas en los beneficios nutricionales, funcionales y sostenibles de la harina de frijol negro. Fomentar su adopción en el sector alimentario puede representar una oportunidad estratégica para diversificar la oferta de productos panificados y atender la creciente demanda de alimentos más saludables.

El desarrollo y aplicación de harinas alternativas como la de frijol negro constituye una herramienta eficaz para diversificar el portafolio de productos panificados, mejorar su perfil nutricional y contribuir al fortalecimiento de una alimentación más equilibrada y sostenible. No obstante, para garantizar productos de características consistentes, se recomienda implementar controles de calidad adicionales, tales como: mediciones sistemáticas del contenido de humedad final, control estricto del proceso de tostado y establecimiento de parámetros rigurosos en el secado.

Igualmente, sería oportuno explorar la caracterización de compuestos bioactivos, como polifenoles y antioxidantes, presentes en la harina de frijol negro, con el fin de valorar de manera integral su potencial funcional y su aporte a la salud del consumidor. Este tipo de estudios podría fortalecer la posición de la harina de frijol como ingrediente funcional en el desarrollo de nuevos alimentos.

Finalmente, se sugiere que los productores adopten buenas prácticas de manufactura (BPM) y sistemas de gestión de calidad basados en lineamientos internacionales, como los estipulados en el Codex Alimentarius. La implementación de controles estrictos de humedad, la vigilancia de parámetros microbiológicos y

la validación periódica del desempeño del empaque resultan esenciales para asegurar, tanto la calidad como la inocuidad del producto final.

VI. REFERENCIAS

- Agurto, K., Mero, E., & Vásquez, G. (2018). Sustitución parcial de la harina de trigo por harina de arroz para la elaboración de pan. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. <https://core.ac.uk/reader/12406010>
- Álvarez, C., & Castillo, P. (2021). Efecto del tostado en granos de leguminosas: propiedades sensoriales y nutricionales. *Food Science Research*, 6(2), 78–89.
- Amador-Castañeda, L. (2020). Desarrollo de pastelillos tipo muffins con sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- América Latina representa el 20% del desperdicio de comida en el mundo. (2019, octubre). Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://news.un.org/es/story/2019/10/1463871>
- Análisis Sensoriales Alimentos. (2023, abril 27). Tentamus Group. <https://www.tentamus.es/analisis-de-laboratorio/analisis-sensorial/>
- Andrade Gaona, M. I. (2021). Diseño artesanal en el fomento de los oficios tradicionales en Michoacán: análisis de procesos de vinculación entre diseñadores y artesanos [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez]. <https://erecursos.uacj.mx/bitstreams/c20f0b96-88bd-4853-ac33-a43a042308f6/download>
- Arendt, E. K., & Dal Bello, F. (2008). *Gluten-free cereal products and beverages*. Academic Press.
- Ares, G., & Varela, P. (2017). Trained vs. consumer panels for analytical testing: Fueling a long lasting debate in the field. *Food Quality and Preference*, 61, 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.06.010>

- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry* (4th ed.). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7>
- Blanco, A. (2021). *Diseño experimental aplicado a harinas no convencionales*. Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica Nacional.
- Blandón Navarro, S. L., & Larios López, X. J. (2019). Evaluación de sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol *Phaseolus vulgaris* L. en la formulación de tortas. *Revista Científica de Ciencia y Tecnología El Higo*.
<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/230/2301196014/2301196014.pdf>
- Broughton, W. J., Hernández, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., & Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.)—model food legumes. *Plant and Soil*, 252(1), 55–128. <https://doi.org/10.1023/A:1024146710611>
- Cabrera, Z. F. (2021, julio 19). *Estudio y propuesta de utilización del trigo sarraceno (Fagopyrum esculentum) como sustituto de la harina en el ámbito panadero*. Repositorio Universidad de Guayaquil.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54403>
- Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., & Oomah, B. D. (2010). Minor components of pulses and their potential impact on human health. *Food Research International*, 43(2), 461–482. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.004>
- Caravaca Rodríguez, I. (2020). *Patrones de consumo aparente de alimentos según disponibilidad de acuerdo con la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos 2018*. Ministerio de Salud. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos-left/documentos-ministerio-de-salud/vigilancia-de-la-salud/normas-protocolos-guias-y-lineamientos/vigilancia-nutricional/consumo-aparente-enigh->

[ms/4461-patrones-de-consumo-aparente-de-alimentos-segun-disponibilidad-de-acuerdo-con-la-encuesta-nacional-de-ingresos-y-gastos-2018/file](#)

Carbajal, Á. (s.f.). Fibra dietética. Universidad Complutense de Madrid.
<https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-8-fibra.pdf>

Carbajal, Á. (s.f.). Fibra dietética. Universidad Complutense de Madrid.
<https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-8-fibra.pdf>

Castillo, C. E. M. (2015). Sustitución de la harina de trigo por pulpa de banano verde en la elaboración de pan: utilización de una escala ideal para determinar el nivel óptimo de sustitución. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/14816>

Codex Alimentarius. (2021). Norma para la harina de trigo. FAO. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B152-1985%252FCXS_152s.pdf

Colaboradores, P. D. O. Y. (2020, noviembre 27). Frijol negro: un alimento accesible, nutritivo y antioxidante. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD). <https://www.ciad.mx/frijol-negro-un-alimento-accesible-nutritivo-y-antioxidante/>

Consejo Nacional de Producción. (2020). Reglamento del Programa de Abastecimiento Institucional (PAI). https://www.cnp.go.cr/pai/proveedores_requisitos/Reglamento_PAI%20_Publicado_Alcance_223_La%20Gaceta_213_%2025_agosto_2020.pdf

Creswell, J. W. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE Publications.

- Dionisi, C. (2012). Cadena agroalimentaria de trigo sarraceno. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1567/Dionisi%2C%20Carla.%20Cadena%20agroalimentaria%20de%20trigo%20sarraceno.pdf>
- Espitia-Rangel, E., Martínez-Cuevas, F. A., & Ledesma-Osuna, A. I. (2019). Harinas alternativas y su uso en productos de panificación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(7), 1571–1583. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i7.1784>
- FAO. (2021, febrero 2). Beneficios nutricionales de las legumbres. <https://www.fao.org/3/i5384s/i5384s.pdf>
- FAO. (2021). Beneficios nutricionales de las legumbres. <https://www.fao.org/3/i5384s/i5384s.pdf>
- Fernández, C., & Castro, L. (2018). Técnicas de empaque para la extensión de vida útil en productos pulverizados. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 10(2), 155–164.
- Galván Modragón, D. E. (2023, febrero). Caracterización química y nutracéutica de ravioles elaborados a base de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/7878/1/RI007206.pdf>
- García-Segovia, P., Andrés-Bello, A., & Martínez-Monzó, J. (2020). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free cakes. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(2), 596–605. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14321>
- García, A., Ramírez, E., & Gómez, L. (2021). Propiedades de barrera en empaques alimentarios: una revisión crítica. *Ingeniería de Alimentos*, 23(1), 78–95.
- García, E. I. H. (2017, noviembre 30). Producción de harina de frijoles (*Phaseolus vulgaris*) y evaluación sensorial. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*. <https://www.lamjol.info/index.php/elhigo/article/view/8616>

- García, J., Rodríguez, C., & Hernández, F. (2021). Evaluación de materiales de empaque para productos alimenticios en polvo: barreras físicas y químicas. *Food Packaging Review*, 15(2), 98–115.
- García, M., López, A., & Pérez, R. (2020). Uso de harina de frijol en productos de panificación: propiedades funcionales y sensoriales. *Revista de Tecnología en Alimentos*, 35(2), 123–130.
- Gómez, C., & Martínez, D. (2020). Procesos de tamizado y su impacto en la calidad de harinas alternativas. *Revista de Tecnología Alimentaria*, 12(4), 55–62.
- Gómez, F., & Martínez, L. (2020). Procesos de tamizado en harinas vegetales: aplicaciones y optimización. *Food Engineering Review*, 12(2), 98–115.
- Gómez, M., & Aguilar, N. (2019). Métodos fisicoquímicos para el análisis de alimentos. *Journal of Food Science and Technology*, 34(2), 45–62. <https://doi.org/10.xxxx>
- Gómez, M., Oliete, B., & Caballero, P. A. (2018). Utilización de harinas de leguminosas en panificación: efectos sobre las propiedades de la masa y calidad del pan. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 20(3), 251–260.
- González Méndez, A. M., Larios López, X. J., & Velásquez Ruiz, A. U. (2019, septiembre 3). Evaluación de sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijoles *Phaseolus vulgaris* L. en la formulación de pasteles, a escala de laboratorio. <https://core.ac.uk/download/pdf/336876877.pdf>
- González Méndez, A. M., Larios López, X. J., & Velásquez Ruiz, A. U. (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. <https://core.ac.uk/download/pdf/336876877.pdf>

- Guiné, R. P. F., Lima, M. J., Barroca, M. J., & Gonçalves, F. M. (2014). Study of the influence of storage time and temperature on the physical-chemical properties of almond nuts and oil. *Czech Journal of Food Sciences*, 32(4), 379–387.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2020). *Metodología de la investigación* (7^a ed.). McGraw-Hill.
- Jiménez, R., López, M., & Arias, L. (2019). Técnicas de selección y clasificación de legumbres en procesos rurales. *Revista Agroindustrial*, 18(1), 22–30.
- Krueger, R. A., & Casey, M. A. (2018). *Focus groups: A practical guide for applied research* (5th ed.). SAGE Publications.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2015). *Sensory evaluation of food: principles and practices*. Springer Science & Business Media.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2015). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices* (2nd ed.). Springer.
- López, D., Hernández, A., & Pérez, S. (2019). Estrategias de almacenamiento de harinas en climas tropicales: impacto de la humedad y temperatura en su vida útil. *International Food Storage Journal*, 18(4), 112–130.
- López, J., Sánchez, M., & Vargas, L. (2019). Almacenamiento de productos derivados de leguminosas: prácticas tradicionales y su efectividad. *Journal of Rural Development*, 7(4), 98–107.
- MAHAN, K., & RAYMOND, J. (2018). *Krause's food & the nutrition care process* (14th ed.). Saunders Elsevier.
- Martínez, A., López, J., & Gutiérrez, S. (2020). Procesos artesanales de limpieza de granos en comunidades rurales. *Journal of Sustainable Practices*, 8(1), 12–20.

- Martínez, J., Pérez, A., & Sánchez, L. (2020). Métodos para el análisis de percepción en productos alimentarios. *Revista de Ciencias Sensoriales*, 15(3), 45–52.
- Martínez, M. J. M. (2015, junio 27). Elaboración de harina de frijol instantánea (*Phaseolus vulgaris* L.). Repositorio Institucional UNAN-León. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/657>
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2016). *Sensory evaluation techniques*. CRC Press.
- Merriam-Webster. (n.d.). Brownie. In Merriam-Webster.com dictionary. Retrieved August 16, 2024, from <https://www.merriam-webster.com/dictionary/brownie>
- Merriam-Webster. (n.d.). Brownie. Merriam-Webster.com Dictionary. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/brownie>
- Meza, P., Gutiérrez, A., & Rojas, H. (2020). Efecto de la temperatura en la calidad sensorial de harinas vegetales: impacto en la reacción de Maillard y estabilidad de pigmentos naturales. *International Journal of Food Chemistry*, 35(1), 79–91.
- Meza, R., Alvarado, J., & Castillo, D. (2020). Impacto del tratamiento térmico sobre las propiedades funcionales y sensoriales de harinas alternativas. *Revista de Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 15(2), 75–85.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). Informe situacional de granos básicos 2012–2019: frijol – maíz. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E16-11088.pdf>
- Montgomery, D. C. (2019). *Design and analysis of experiments* (10th ed.). Wiley.
- Moreno, L., & Díaz, P. (2019). *Fuentes documentales en la investigación científica*. Editorial Académica.

- Mousavi, M., Paraman, I., & Brennan, C. S. (2024). Impact of germinated and fermented legume flours on wheat bread: A critical review. *Foods*, 13(3), 314. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11806283>
- Núñez Zúñiga, R. (2022). El consumo cultural del frijol negro en Costa Rica. Instituto de Estudios Culturales de Centroamérica.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). El proceso de elaboración de harina de trigo. Roma, Italia: FAO. <https://www.fao.org/3/a-i5526e.pdf>
- Ortega, C. (2023). Investigación científica: Qué es y pasos para realizarla. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-cientifica/>
- Pan de Molde Blanco – Calorías – Fitia. (s.f.). <https://fitia.app/calorias-informacion-nutricional/pan-de-molde-blanco-10382/>
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A.-J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36–60.
- Patiño, A. Í. W. (2017). Influencia de la sustitución de harina de trigo por harina de yuca en la elaboración del pan. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/2041>
- Pérez, A., Torres, M., & Sánchez, G. (2020). Análisis de productos de panificación a partir de harinas no convencionales. *Revista de Investigación Alimentaria*, 20(1), 23–34.
- Rodríguez González, S., Fernández Rojas, X., & Universidad de Costa Rica. (s.f.). Consumo de frijoles en familias costarricenses y relación con condición geográfica y características de la persona encargada de la preparación.

<https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/13402/1624-2443-2-PB.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Rodríguez, H., Torres, V., & Morales, E. (2020). Métodos de molienda artesanal en comunidades rurales. *Revista Tecnología y Desarrollo*, 9(3), 31–40.

Rodríguez, M., Gutiérrez, L., & Vargas, H. (2020). Efecto de la permeabilidad de empaques en la estabilidad de harinas enriquecidas: análisis comparativo de materiales de barrera. *Food Science and Technology*, 40(1), 79–91.

Rodríguez, M., Gutiérrez, L., & Vargas, H. (2020). Influencia de la granulometría en la calidad de harinas alternativas. *Revista Ciencias Agrícolas*, 12(2), 33–42.

Rodríguez, M., Gutiérrez, L., & Vargas, H. (2020). Molienda y reducción de tamaño en alimentos secos: impacto en la calidad final. *Food Science and Technology*, 40(1), 79–91.

Saborio Pozuelo, F. (2022, agosto 3). UCR propone sustituir las caras harinas importadas por las hechas con tubérculos ticos. *Semanario Universidad*.
<https://semanariouniversidad.com/pais/ucr-propone-sustituir-las-caras-harinas-importadas-por-las-hechas-con-tuberculos-ticos/>

Salgado-Beltrán, C. F., Caldera-Rodríguez, M. I., & Ruelas-Leyva, J. P. (2023). Aceptación de galletas elaboradas con harina de frijol por consumidores en Zacatecas, México. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 40(1), 1–11.
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/40873>

Salinas, S. A. (2017). Desarrollo de un snack a base de harinas de frijol biofortificado Honduras Nutritivo (*Phaseolus vulgaris*) y maíz nixtamalizado (*Zea mays*). *Zamorano Carrera de Agroindustria Alimentaria*.

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/870d535d-f43e-4fbc-9045-21f19e641638/content>

Siddiq, M., & Uebersax, M. A. (2024). Effects of bean flour incorporation on wheat dough and bread: A review. *Food Chemistry*, 438, 136708.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X24008014>

Silva-Castro, M. M., Camelo-Méndez, G. A., & Márquez-López, A. (2018). Elaboración y caracterización de harina de frijol (*Phaseolus vulgaris*) como ingrediente funcional. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 47(2), 250–261.

<https://doi.org/10.15446/rcfq.v47n2.73324>

Silva-Castro, M. M., Camelo-Méndez, G. A., & Márquez-López, A. (2018). Elaboración y caracterización de harina de frijol (*Phaseolus vulgaris*) como ingrediente funcional. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 47(2), 250–261.

<https://doi.org/10.15446/rcfq.v47n2.73324>

Smith, J. L., & Brown, M. A. (2020). Aplicaciones de la investigación aplicada en la educación. *Revista de Ciencias Educativas*, 12(3), 45–60.

Smith, J., & Brown, A. (2020). *Data visualization and analysis using Excel*. Academic Press.

Stone, H., & Sidel, J. L. (2020). *Sensory evaluation practices* (5th ed.). Academic Press.

Tasiguano Canchignia, B. L., & Villarreal Cruz, M. C. (2017). Sustitución parcial de harina de trigo por harina de zapallo (*Cucurbita máxima*) en la elaboración de pan de molde con la adición de la enzima Glucosa Oxidasa utilizando metodología de superficie de respuesta. Universidad San Francisco de Quito.

<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7045>

- Vargas Murillo, M., & Víquez Rosales, S. (2022). Análisis proximal en harinas no convencionales. *Revista Tecnología en Alimentos*, 15(1), 45–62.
- VÁSCONEZ CHIMBO, L. N. (2015). Estudio del efecto de la sustitución de la harina de trigo por harina de papa china para la elaboración de pan. Universidad Tecnológica Equinoccial. <https://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/14296>
- Vernaza, M. G. (2018, mayo 30). Sustitución parcial de harina de trigo por harina de zapallo (Cucurbita máxima) en la elaboración de pan de molde con la adición de la enzima glucosa oxidasa utilizando metodología de superficie de respuesta. <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7045>
- WILSON, G. R. (2021). Sustitución parcial de la harina de trigo con harina de frijol palo (*Cajanus cajan* L.) germinado en la elaboración de pan de molde. <https://api-repositorio.unia.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ef14a2c8-796c-40c0-9577-48bf9d0c1da9/content>

VII. APÉNDICES

Apéndice 1*Prueba de pesos*

Cantidad	Molienda	Merma
5kg	2900	2100
5kg	3020	1980

Apéndice 2*Rendimiento %*

Cantidad	Molienda	Merma
5kg	58%	42%
5kg	60,4%	39,6%

Apéndice 3

Bitácora de cambios sensoriales de la harina de frijol negro de segunda calidad durante 60 días

Fecha de evaluación	Observaciones sensoriales
14 de octubre 2023	Harina de color blanco amarillento uniforme. Olor neutro agradable a frijol tostado. Textura fina, seca y fluida, sin grumos.
29 de octubre de 2023	No se observaron cambios significativos en el color, olor ni textura. El producto conserva sus propiedades iniciales.
13 de noviembre 2023	Ligero opaca miento del color (menos brillante). Olor a frijol tostado reducido en intensidad. Textura fina, pero comienzan a notarse pequeños grumos suaves.
28 de noviembre 2023	Cambio evidente en el color hacia un tono marrón más oscuro. Olor ácido con intensidad, textura, ligeramente, grumosa
13 de Diciembre 2023	Se mantiene tono marrón más oscuro. Olor a frijol ácido se intensifico, textura, ligeramente, grumosa

Apéndice 4

Bitácora de cambios sensoriales de la harina de frijol negro de segunda calidad durante 180 días

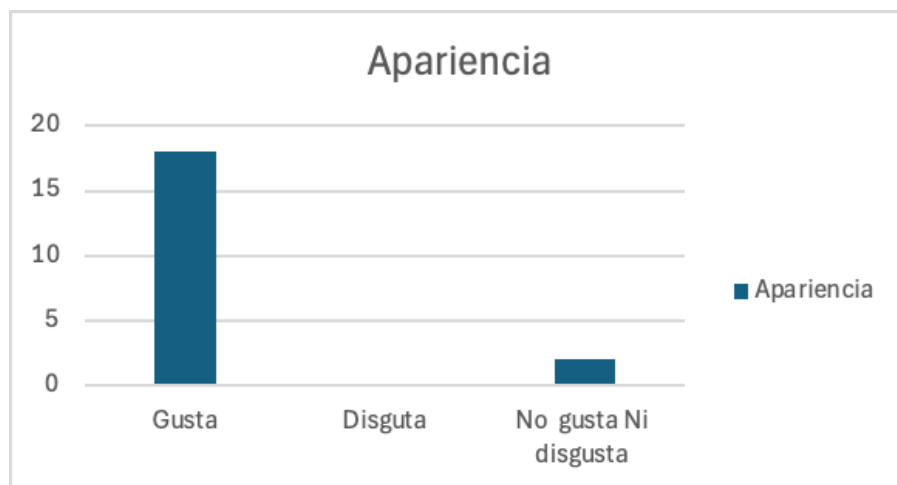
Fecha de evaluación	Observaciones sensoriales
22 de marzo de 2024	Harina de color blanco amarillento uniforme. Olor neutro agradable a frijol tostado. Textura fina, seca y fluida, sin grumos.
6 de abril de 2024	No se observaron cambios significativos en el color, olor ni textura. El producto conserva sus propiedades iniciales.
21 de abril de 2024	Ligero opaca miento del color (menos brillante). Olor a frijol tostado reducido en intensidad. Textura fina,

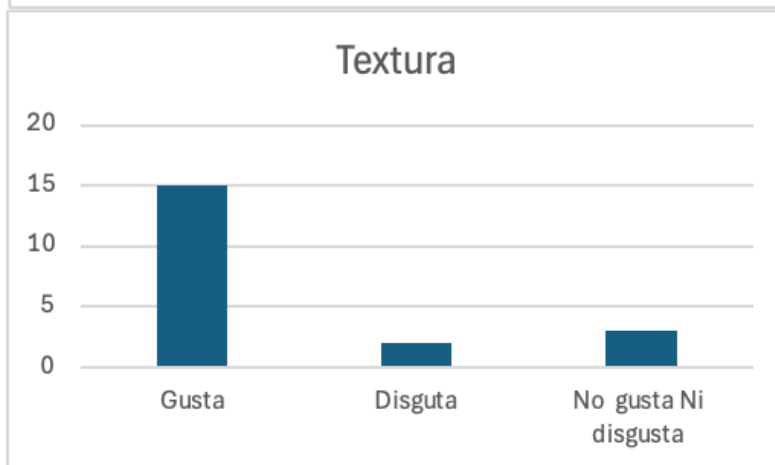
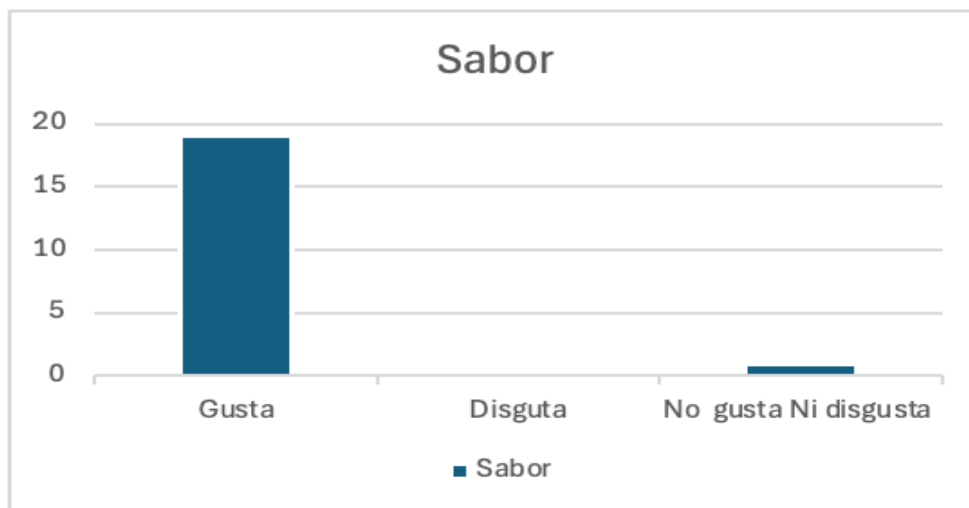
6 de mayo de 2024	Cambio evidente en el color hacia un tono marrón más claro. Olor a frijol reducido en intensidad textura ligeramente grumosa.
21 de mayo de 2024	Se mantiene el color . Olor a frijol reducido en intensidad, textura, ligeramente, grumosa
21 de junio de 2024	No se observaron cambios adicionales respecto a la evaluación anterior. Se mantienen las características de color opaco amarillento, olor ligero y textura fluida.
21 de julio de 2024	No se registran cambios adicionales. Persisten las características observadas a los 60 días.
21 de agosto de 2024	Continúa sin cambios sensoriales relevantes. Producto apto para consumo, sensorialmente, aceptable.
21 de Septiembre de 2024	No se detectan nuevas modificaciones sensoriales. Producto sin ningún cambio en estado de deterioro.

Apéndice 5

Tablas de datos, resultados que no se presentan completos en la discusión.

Resultados de pruebas estadísticas generados por los autores del trabajo.





Apéndice 6

Formulario de las prueba hedónica de análisis sensorial

Nombre _____ fecha _____	
Nombre del Producto _____	
Frente a usted tiene 2 muestras. Pruebe las muestras que se le presentan; con una escala de 1-5 donde: 1- Me Gusta, 3-Disgusta y 5-Ni me gusta ni me disgusta	
Marque con una con el numero la muestra que tiene mayor percepción según la escala.	
Sabor	
Muestras 1 _____	Muestras 2 _____
Olor	
Muestras 1 _____	Muestras 2 _____
Textura	
Muestras 1 _____	Muestras 2 _____
Apariencia	
Muestras 1 _____	Muestras 2 _____

Apéndice 7

Resultados de análisis bromatológicos del CITA



2/2
SAQ-7691-2024

RE-PRSA#000003 Versión 13 03/11/2023

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS POR NÚMERO DE MUESTRA

(Simbología: ***ensayo acreditado**)
(ver alcance en: www.eca.or.cr)

# Muestra:	SAQ-7691-1	
Descripción:		
Harina de frijol		
Análisis	Resultado	Método Empleado
Humedad	(8,65 ± 0,53) g/100 g	925.09 AOAC, P-SA-MQ-002*
Grasa cruda	(2,242 ± 0,037) g/100 g	920.85 AOAC, P-SA-MQ-005*
Proteína (Nx6,25)	(22,4 ± 2,2) g/100 g	979.09 AOAC modificado, P-SA-MQ-003*
Ceniza	(4,34 ± 0,32) g/100 g	923.03 AOAC, P-SA-MQ-004*
Carbohidratos totales	(62,4 ± 8,6) g/100 g	Por diferencia 100-(%Humedad + %Ceniza + %Proteína + %Grasa)
Fibra dietética	(15,8 ± 3,1) g/100 g	985.29 AOAC, P-SA-MQ-007*
Carbohidratos disponibles	(47 ± 11) g/100 g	%Carbohidratos totales - %Fibra dietética
Sodio	(5,6 ± 1,1) mg/100 g	985.35 AOAC, P-SA-MQ-035
Valor energético total	1 240 (296) kJ/100 g (kcal/100 g)	kcal/100 g · 4,189 (4 · %Carbohidratos disponibles + 4 · %Proteína + 9 · %Grasa)
Valor energético por grasa	85 (20) kJ/100 g (kcal/100 g)	kcal/100 g · 4,189 (9 · %Grasa)

GRACIELA
ARTAVIA
GONZALEZ
(FIRMA)

Digitally signed by
GRACIELA ARTAVIA
GONZALEZ (FIRMA)
Date: 2024.05.13
10:06:16 -06'00'



Emitido por: Lic. Graciela Artavia González

GERENTE TÉCNICO

LABORATORIO QUÍMICO DE ALIMENTOS

***** ÚLTIMA LINEA *****



LABORATORIO CON ENSAYOS QUÍMICOS ACREDITADOS
POR EL ENTE COSTARRICENSE DE ACREDITACIÓN -ECA-
DE ACUERDO CON LA NORMA INTE-ISO/IEC 17025:2017

CENTRO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TEL: 2511-7223 FAX: 2253-3762

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio 100 m oeste detrás de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias



Apéndice 8

Evidencia de resultados de panel sensorial del brownie

Nombre Deyna Campos fecha _____

Nombre del Producto Muestra 1 y Muestra 2

Frente a usted tiene 2 muestras. Pruebe las muestras que se le presentan; con una escala de 1-5 donde: 1- Me Gusta, 3-Disgusta y 5-Ni me gusta ni me disgusta

Marque con una con el numero la muestra que tiene mayor percepción según la escala.

Muestras 1 <u>1</u>	Sabor	Muestras 2 <u>1</u>
Muestras 1 <u>5</u>	Olor	Muestras 2 <u>5</u>
Muestras 1 <u>3</u>	Textura	Muestras 2 <u>1</u>
Muestras 1 <u>1</u>	Apariencia	Muestras 2 <u>5</u>

Nombre Mallón Reyes fecha _____

Nombre del Producto _____

Frente a usted tiene 2 muestras. Pruebe las muestras que se le presentan; con una escala de 1-5 donde: 1- Me Gusta, 3-Disgusta y 5-Ni me gusta ni me disgusta

Marque con una con el numero la muestra que tiene mayor percepción según la escala.

Muestras 1 <u>5</u>	Sabor	Muestras 2 <u>1</u>
Muestras 1 <u>5</u>	Olor	Muestras 2 <u>1</u>
Muestras 1 <u>1</u>	Textura	Muestras 2 <u>5</u>
Muestras 1 <u>5</u>	Apariencia	Muestras 2 <u>1</u>

Nombre Francine Chavarría fecha _____

Nombre del Producto Muestra 1 y Muestra 2

Frente a usted tiene 2 muestras. Pruebe las muestras que se le presentan; con una escala de 1-5 donde: 1- Me Gusta, 3-Disgusta y 5-Ni me gusta ni me disgusta

Marque con una con el numero la muestra que tiene mayor percepción según la escala.

Muestras 1 <u>3</u>	Sabor	Muestras 2 <u>5</u>
Muestras 1 <u>1</u>	Olor	Muestras 2 <u>1</u>
Muestras 1 <u>5</u>	Textura	Muestras 2 <u>1</u>
Muestras 1 <u>5</u>	Apariencia	Muestras 2 <u>1</u>

Nombre Stephany Cepedez fecha _____

Nombre del Producto Muestra 1 y Muestra 2

Frente a usted tiene 2 muestras. Pruebe las muestras que se le presentan; con una escala de 1-5 donde: 1- Me Gusta, 3-Disgusta y 5-Ni me gusta ni me disgusta

Marque con una con el numero la muestra que tiene mayor percepción según la escala.

Muestras 1 <u>1</u>	Sabor	Muestras 2 <u>1</u>
Muestras 1 <u>5</u>	Olor	Muestras 2 <u>1</u>
Muestras 1 <u>1</u>	Textura	Muestras 2 <u>5</u>
Muestras 1 <u>3</u>	Apariencia	Muestras 2 <u>1</u>

Apéndice 9

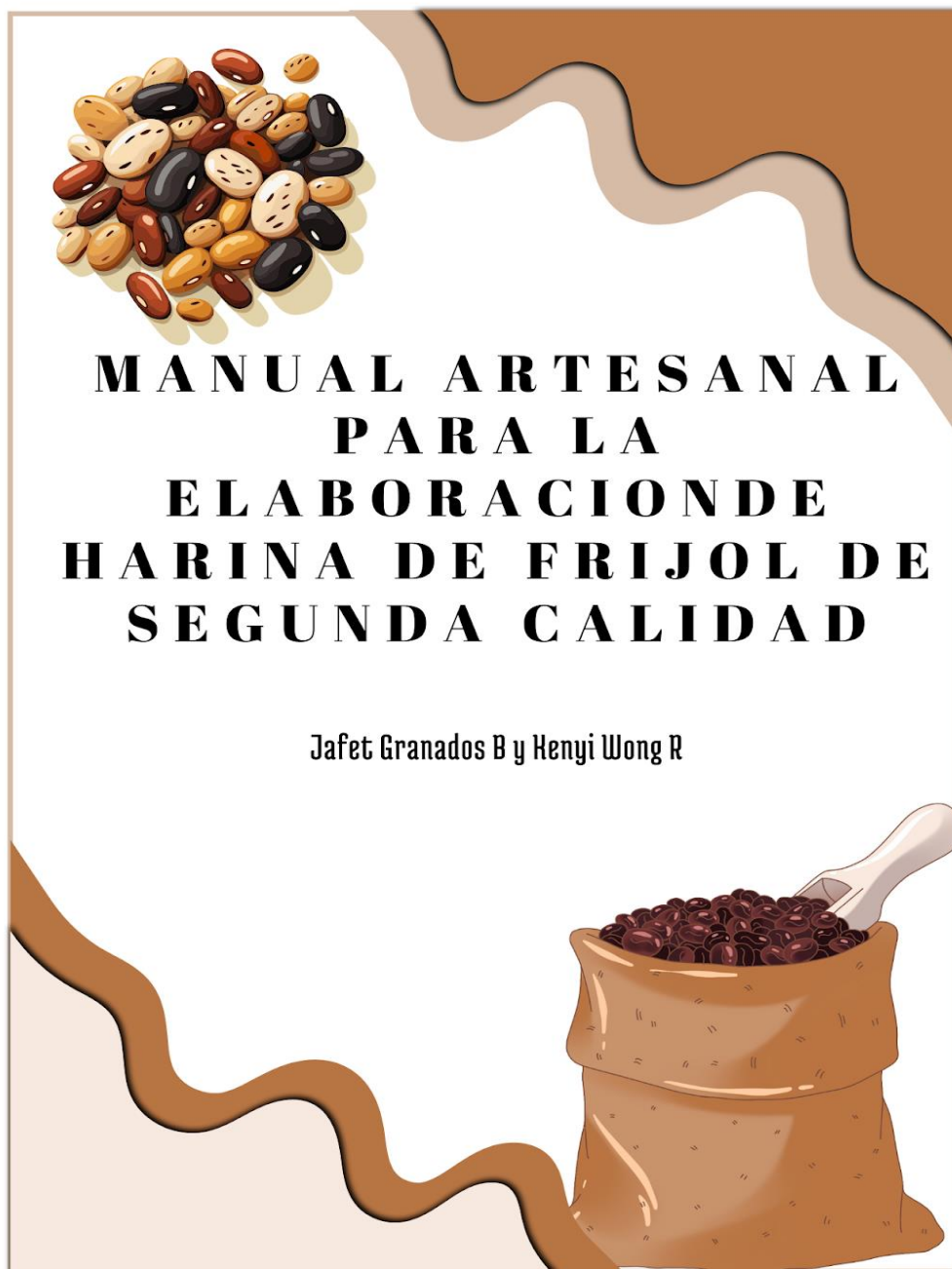
Tabla de resultados de panel sensorial del brownie

Resultados del Análisis sensorial			
70% Harina de Frijol + 30% Trigo	Me gusta	NI GUSTA O NI DISGUSTA	No me gusta
Atributo			
Apariencia	18		2
Aroma	18		1
Sabor	18		2
Textura	18		2
Aceptación general	17		3

100% Harina de Frijol	Me gusta	NI GUSTA O NI DISGUSTA	No me gusta
Atributo			
Apariencia	14	4	2
Aroma	15	3	2
Sabor	13	5	2
Textura	12	4	4
Aceptación general	13	4	3

Apéndice 10

Manual para la elaboración de harina de frijol de segunda calidad



Primeramente, es importante conocer que existe la clasificación de frijoles según la calidad la cual son los siguientes:

- Frijoles de primera calidad: Granos limpios, enteros, uniformes en tamaño y color, sin manchas, daños o signos de hongos. Generalmente, lucen brillantes y bien conservados.



- Frijoles de segunda calidad: Pueden tener algunos defectos menores, como grietas, pequeñas manchas, daños por insectos o variaciones en tamaño y color, pero aún son aptos para consumo humano.



- Frijoles de calidad reducida: Presentan manchas visibles, hongos, humedad, deformaciones o daños severos. Suelen lucir más deteriorados y no son aptos para consumo directo sin tratamiento.



1. Procedimiento Artesanal

La elaboración de la harina de frijol tiene siete etapas principales las cuales son las siguientes:

0. Recepción: El frijol negro se recibe en un lugar con buena ventilación y poca humedad para evitar que se dañen o se vuelvan propensos a microorganismos (son seres vivos muy pequeños, como bacterias, hongos, virus y protozoos, que no se pueden ver a simple vista)

0. Selección: Se revisan manualmente los granos para quitar los defectuosos, piedras y restos vegetales, aprovechando los que aún son aptos para consumo que cumplan la categoría de segunda calidad.

1. Limpieza: Los frijoles se limpian con agua potable para eliminar polvo y suciedad, y luego se dejan secar al aire en condiciones controladas para evitar humedad.

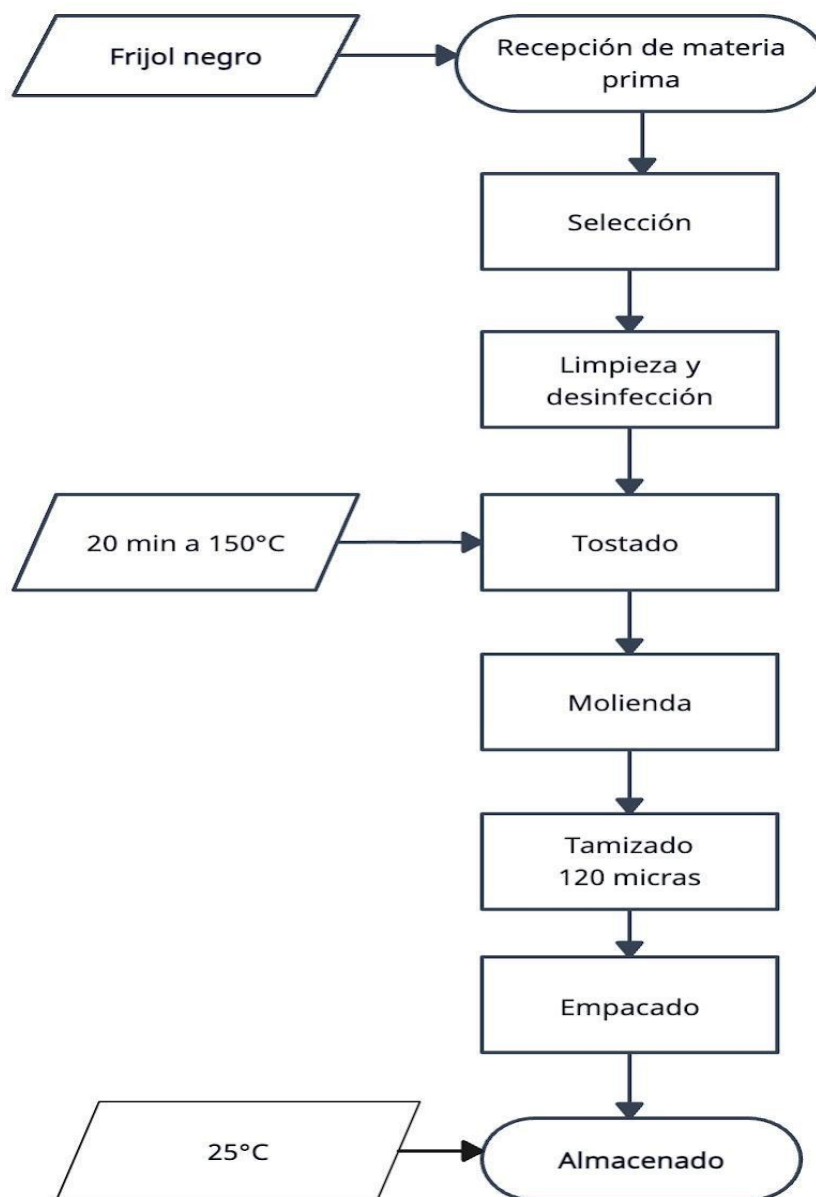
0. Tostado: Se tuestan en horno o comal a temperaturas entre 120°C y 150C, removiendo constantemente. Esto mejora el sabor, reduce componentes anti nutricionales y ayuda a que la harina dure más.

0. Molienda: Los frijoles tostados y enfriados se muelen hasta obtener un polvo fino y homogéneo, usando diferentes tipos de molinos según el entorno.

0. Tamizado: La harina se tamiza con un tamiz de hasta 120 micras para asegurar una textura uniforme, ideal para su uso en panificación y otras recetas.

0. Empacado y almacenamiento: La harina se guarda en bolsas de papel Kraft con barrera plástica y sello hermético, en un lugar fresco y seco para mantener su calidad y prolongar su vida útil (<25°C).

Diagrama de flujo de procedimiento de elaboración de la harina de frijol.



Recomendación de temperatura para el secado

Condición óptima

Secado a 302 ° F (150 ° C) durante 20 minutos en horno convencional.

→ Debido a que se logra una reducción efectiva de humedad (10–12%) y conserva el color, textura y perfil sensorial del producto.

Es importante tomar en cuenta los siguientes puntos:

- **Temperatura:**
 - Secado insuficiente (tiempos más largos o temperaturas más bajas) → Mayor humedad residual → Riesgo de deterioro microbiano.
 - Temperaturas muy altas (>180 ° C) → Riesgo de oxidación y pérdida de nutrientes → No se observaron efectos negativos bajo la condición óptima.

- **Beneficios del horno convencional:**
 - Calentamiento uniforme y controlado.
 - Secado homogéneo, evitando daños físicos o químicos en el producto.

- **Impacto en propiedades funcionales:**

- Harina con buena capacidad de absorción de agua y textura fina.
- Apta para formulaciones alimenticias, especialmente en panificación.

2. Parámetros recomendados para el método artesanal de elaboración de harina de frijol negro de segunda calidad

A partir de la caracterización fisicoquímica de la harina de frijol negro, se establecieron los requisitos técnicos fundamentales para garantizar su calidad, estabilidad y viabilidad industrial:

Parámetros recomendados:

- Humedad:

Mantener $\leq 10\%$, idealmente entre 8-9%, para prevenir el crecimiento microbiano y deterioro en almacenamiento.

→ Se sugiere secado a 50–60 ° C, ajustado según equipo artesanal disponible.

- Proteína:

Requiere mantenerse entre 22–24 g/100 g.

→ Uso de granos sanos y molienda con mínima fricción para evitar desnaturalización por calor.

- Fibra dietética:

Recomendado: 15–16 g/100 g.

→ Evitar refinamiento excesivo y uso de tamices finos que reduzcan la fibra al eliminar la cáscara.

- Carbohidratos disponibles y energía:

Objetivo: 60–65 g/100 g de carbohidratos y mínimo 1 200 kJ/100 g (290–300 kcal).

→ Es clave preservar el almidón, evitando temperaturas excesivas durante el secado.

- Sodio:

Límite: ≤ 6 mg/100 g.

→ Utilizar agua limpia y evitar contaminación cruzada con sales minerales.

- Granulometría:

Tamaño óptimo de partícula: 100–150 micras, para buena absorción de agua y estructura de masa.

→ Se recomienda uso de tamices estandarizados y control visual en molienda artesanal.

- Color:

Tono beige claro ligeramente tostado, resultado de un proceso térmico controlado.

- Olor:

Característico el frijol tostado no debe oler a rancio o ácido, se recomienda el secado a la temperatura indicada y un buen almacenamiento.

- Textura:

La textura de la harina tiene que tener la granulometría correcta la cual se da con un correcto tamizado para que la harina sea fina y homogénea y este atributo ayuda a mejorar la absorción de agua y mezcla uniforme.

El cumplimiento de estos parámetros permite preservar el valor nutricional y funcional de la harina, haciéndola apta para la industria alimentaria, especialmente en formulaciones saludables y funcionales. Aunque el proceso sea artesanal, con controles adecuados se puede lograr un producto competitivo y de alta calidad.

3. Empaque y Estabilidad

Material recomendado: bolsas de papel Kraft con barrera plástica o frascos herméticos.

Vida útil estimada: seis meses (en condiciones de <math><25^{\circ}\text{C}</math> y <math><60\%</math> de humedad relativa).

Etiquetado: incluir nombre del producto, lote, fecha de elaboración, vencimiento y condiciones de almacenamiento.

INFORMACIÓN NUTRIMENTAL HARINA DE FRIJOL J Y K

Por 100 g	
Humedad	8,65 ± 0,53) g
Proteína	(22,4 ± 2,2) g
Grasa cruda	(2,242 ± 0,037) g
Ceniza	(4,34 ± 0,32) g
Fibra	(15,8 ± 3,1) g
Carbohidratos disponibles	(62,4 ± 8,6)
Sodio	(5,6 ± 1,1)
Valor energético total	1 240 (296) kcal
(kJ1000g)	(kJ/100g (kcal/10g)



4. Ejemplos de equipos artesanales y semiindustriales

Etapa	Equipo artesanal	Alternativa semi industrial
Selección y limpieza	Zaranda manual, tamices plásticos	Zarandas mecánicas vibradoras
		
		
Tostado	Comal tradicional, horno doméstico	Horno de convección semi industrial
		
		
Molienda	Molino manual de manivela, licuadora potente	Molino de discos o de martillos pequeño



Tamizado

Colador de cocina de malla fina

Tamiz vibratorio eléctrico (de laboratorio)



Empacado

Selladora manual térmica

Selladora automática de banda continua



IX. ANEXOS

Anexo 1

Utensilios



Anexo 2

Molino



Anexo 3

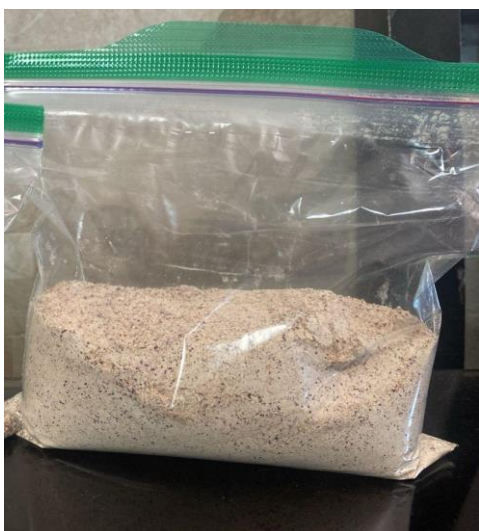
Tamizadores



Anexo 4

Procesos de secado



Anexo 5*Pruebas de brownie***Anexo 6***Prueba preliminar de la harina*

Anexo 7*Prueba de la harina*

08 de mayo de 2025

Señores
Área de Tecnología
Ingeniería en Tecnología de Alimentos
Universidad Técnica Nacional – Sede Atenas

Respetados señores:

En calidad de filóloga, yo Margarita Jiménez Carmona, cédula de identidad número: 1-0493-0598. Egresada de la Universidad de Costa Rica. Asociada al Colegio de Licenciados y Profesores, hago constar que he revisado y señalado cada uno de los aspectos de: construcción gramatical, ortografía y redacción del proyecto de graduación titulado: **Aprovechamiento del frijol negro de segunda calidad, mediante el procesamiento artesanal para la obtención de harina: Una alternativa, contra la pérdida del alimento**, perteneciente a: Jafet José Granados Bermúdez, número de identificación: 6-0454-0021 y Kenyi Mayling Wong Recio, número de identificación: 6-0459-0440.

Así, cumplen con un requisito más para optar por el grado de **Licenciatura en Tecnología de Alimentos**

Se agradece toda consideración al respecto.

MARGARITA
JIMENEZ
CARMONA
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por MARGARITA
JIMENEZ CARMONA
(FIRMA)
Fecha: 2025.05.08
13:03:11 -06'00'

Licda. Margarita Jiménez Carmona
Cédula: 1-0493-0598
Carné: 008487(COLYPRO)

**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO Y MANEJO DE LOS TRABAJOS FINALES
DE GRADUACIÓN
UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL
(Trabajo colectivo)**

Alajuela, Atenas, 16 mayo 2025.

Señores

Vicerrectoría de Investigación

Sistema Integrado de Bibliotecas y Recursos Digitales

Estimados señores:

Nombre de sustentantes	Cédula
Jafet Granados Bermudez	604540021
Kenyi Wong Recio	604590440

Nosotros en calidad de autores del trabajo de graduación titulado:
Aprovechamiento del frijol negro de segunda calidad, mediante el
procesamiento artesanal para la obtención de harina: Una alternativa,
contra la pérdida del alimento.

El cual se presenta bajo la modalidad de:

Seminario de Graduación

Proyecto de Graduación

Tesis de Graduación



Presentado en la fecha 16/Mayo/2025, autorizamos a la Universidad
Técnica Nacional, sede Atenas, para que nuestro trabajo pueda ser
manejado de la siguiente manera:

Autorizamos	SI	No
Conservación de ejemplares para préstamo y consulta física en biblioteca	X	
Inclusión en el catálogo digital del SIBIREDI (Cita catalográfica)	X	
Comunicación y divulgación a través del Repositorio Institucional	X	
Resumen (Describe en forma breve el contenido del documento)	X	
Consulta electrónica con texto protegido	X	
Descarga electrónica del documento en texto completo protegido		

Inclusión en bases de datos y sitios web que se encuentren en convenio con la Universidad Técnica Nacional contando con las mismas condiciones y limitaciones aquí establecidas.	X	
--	---	--

Por otra parte, declaramos que el trabajo que aquí presentamos es de plena autoría, es un esfuerzo realizado de forma conjunta, académica e intelectual con plenos elementos de originalidad y creatividad. Garantizamos que no contiene citas, ni transcripciones de forma indebida que puedan devenir en plagio, pues se ha utilizado la normativa vigente de la American Psychological Association (APA). Las citas y transcripciones utilizadas se realizan en el marco de respeto a las obras de terceros. La responsabilidad directa en el diseño y presentación son de competencia exclusiva, por tanto, eximo de toda responsabilidad a la Universidad Técnica Nacional.

Conscientes de que las autorizaciones no reprimen nuestros derechos patrimoniales como autores del trabajo. Confiamos en que la Universidad Técnica Nacional respete y haga respetar nuestros derechos de propiedad intelectual.

Nombre del estudiante	Cédula	Firma
Jafet Granados Bermudez	604540021	
Kenyi Wong Recio	604590440	

Día: _____