



Aprovechamiento de harinas de leguminosas andinas: haba, chocho, quinua y maíz en la formulación de un brownie funcional

Using Andean legume flours: broad bean, lupin, quinoa, and corn in the formulation of a functional brownie

Utilização de farinhas de leguminosas andinas: fava, tremoço, quinua e milho na formulação de um brownie funcional

Inés Mariana Marín-Parra ^I

imarin@esPOCH.edu.ec

<http://orcid.org/0000-0001-7371-1100>

Paúl Roberto Pino-Falconí ^{II}

paul.pino@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1255-8154>

Michael Roberth Villava-Guevara ^{III}

michael.villalva@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3670-0933>

Efraín Rodrigo Romero-Machado ^{IV}

eromero@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2985-618X>

Correspondencia: imarin@esPOCH.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 10 de mayo de 2025 * **Aceptado:** 28 de junio de 2025 * **Publicado:** 15 de julio de 2025

- I. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Salud Pública, Carrera de Gastronomía, Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Salud Pública, Carrera de Gastronomía, Ecuador.
- III. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Salud Pública, Carrera de Gastronomía, Ecuador.
- IV. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Salud Pública, Carrera de Gastronomía, Ecuador.

Resumen

La investigación tuvo como objetivo formular un brownie funcional sustituyendo tres porcentajes de harina mezcla de quinua, chocho, haba y maíz por harina de trigo, evaluando su composición nutricional y microbiológica. El diseño experimental constó de cuatro tratamientos con diferentes porcentajes de sustitución (33%, 66% y 100%) frente a un tratamiento control (0%) desarrollados en los laboratorios de la ESPOCH. Fueron evaluadas en las muestras de brownies características bromatológicas (proteína, grasa, fibra, humedad y cenizas) y microbiológicas (mohos, levaduras y *Escherichia coli*), utilizando el método AOAC (925.10; 923.03; 985.29; 920.85) y la norma NTE INEN ISO 20483:2013, los resultados se analizaron estadísticamente con diversas pruebas (ANOVA, Kruskal-Wallis, Tukey) para conocer diferencias significativas entre cada tratamiento. Los resultados indicaron que la sustitución de harina de trigo por las harinas andinas incrementó significativamente los niveles de proteína, grasa, fibra, humedad y cenizas, sin afectar la inocuidad microbiológica. Se concluye que el uso de harinas funcionales mejora el valor nutricional del brownie, estableciéndolos como productos aptos para dietas sin gluten y altos en proteínas y fibras.

Palabras clave: Harinas funcionales; Leguminosas andinas; Brownie nutritivo.

Abstract

The research aimed to formulate a functional brownie by replacing three percentages of a blend of quinoa, lupin, broad bean, and corn flour with wheat flour, evaluating its nutritional and microbiological composition. The experimental design consisted of four treatments with different substitution percentages (33%, 66%, and 100%) versus a control treatment (0%), developed in the ESPOCH laboratories. Bromatological (protein, fat, fiber, moisture, and ash) and microbiological (mold, yeast, and *Escherichia coli*) characteristics were evaluated in the brownie samples using the AOAC method (925.10; 923.03; 985.29; 920.85) and the NTE INEN ISO 20483:2013 standard. The results were statistically analyzed with various tests (ANOVA, Kruskal-Wallis, Tukey) to identify significant differences between each treatment. The results indicated that replacing wheat flour with Andean flours significantly increased protein, fat, fiber, moisture, and ash levels without affecting microbiological safety. It is concluded that the use of functional flours improves the nutritional value of the brownie, establishing them as products suitable for gluten-free diets and high in protein and fiber.

Keywords: Functional flours; Andean legumes; Nutritious brownie.

Resumo

A investigação teve como objetivo formular um brownie funcional substituindo três percentagens de uma mistura de quinoa, tremoço, fava e farinha de milho por farinha de trigo, avaliando a sua composição nutricional e microbiológica. O desenho experimental consistiu em quatro tratamentos com diferentes percentagens de substituição (33%, 66% e 100%) versus um tratamento testemunha (0%), desenvolvido nos laboratórios ESPOCH. As características bromatológicas (proteína, gordura, fibra, humidade e cinzas) e microbiológicas (bolor, levedura e *Escherichia coli*) foram avaliadas nas amostras de brownies através do método AOAC (925,10; 923,03; 985,29; 920,85) e da norma NTE INEN ISO 20483:2013. Os resultados foram analisados estatisticamente com vários testes (ANOVA, Kruskal-Wallis, Tukey) para identificar diferenças significativas entre cada tratamento. Os resultados indicaram que a substituição da farinha de trigo por farinhas andinas aumentou significativamente os níveis de proteína, gordura, fibra, humidade e cinzas, sem afetar a segurança microbiológica. Conclui-se que a utilização de farinhas funcionais melhora o valor nutricional do brownie, consolidando-o como um produto adequado para dietas isentas de glúten e rico em proteínas e fibras.

Palavras-chave: Farinhas funcionais; Leguminosas andinas; Brownie nutritivo.

Introducción

La harina es un polvo más o menos fino que se obtiene de la molienda de cereales, leguminosas y otros alimentos ricos en almidón, en general cuando se menciona a la harina se hace referencia a la harina de trigo, pero también se puede obtener de otros cereales, como centeno, cebada, avena, trigo, arroz como también de garbanzo, soja, mandioca, camote, etc.

Es importante identificar que las harinas tradicionales pueden contener gluten en su composición, pero al mismo tiempo harinas no convencionales no poseen esta proteína que afecta en especial a personas con enfermedad celíaca. (Pino-Falconi, Marín-Parra, Zambrano-Núñez, & Villalva-Guevara, 2024).

Son ingredientes vegetales usados con frecuencia en la cocina y en la industria alimentaria para la obtención de un sinfín de productos como pastas, panes, galletas, etc.; debido a su características

organolépticas y tecnológicas favorables, esto responde al contenido de gluten que posee, la esponjosidad y la elasticidad que la masa

Si bien es cierto, actualmente el uso de harinas en la industria alimentaria es un aspecto fundamental en la elaboración de productos panarios, pasteleros y otros procesados; sin embargo, en los últimos años se ha observado un creciente interés por harinas alternativas no convencionales o funcionales. La mayor demanda por harinas no convencionales o funcionales en términos de importaciones es liderada por Norteamérica y Europa. Francia, Países Bajos y Alemania encabezan el consumo. El mercado en Latinoamérica está muy por debajo, pero viene al alza producto de la tendencia de preferir alimentos saludables. Respecto de las harinas no convencionales, las de las leguminosas (arveja, garbanzo, poroto, lenteja) en el segmento de alimentos, representaron la mayor participación de mercado en 2016 debido a la creciente demanda de productos más saludables y sin gluten. La CAGR chilena se proyecta en 10.7% al 2026. (Pino, 2019)

Los productos de panadería (panes, galletas, tostadas, bizcochos, tortas, entre otros) acompañan a diario las principales comidas y refrigerios de consumidores de todas las edades. Asimismo, la tendencia a consumir alimentos menos calóricos y más nutritivos, la sensibilidad al gluten, las preferencias por harinas integrales, un mayor consumo de fibra dietaria y la reducción de la importación de trigo a nivel mundial vienen generando una gran oportunidad para la innovación en las recetas panaderas que tienen como base principal a la harina de trigo, que se puede sustituir parcialmente por otras harinas con cualidades más nutritivas como las que se presentan en nuestros granos y cereales andinos (Valencia et al., 2023, p. 5).

Respecto de las harinas no convencionales, de las leguminosas (arveja, garbanzo, poroto, lenteja) en el segmento de alimentos, representaron la mayor participación de mercado debido a la creciente demanda de productos más saludables y sin gluten. La demanda por ingredientes de este tipo crece porque la población preocupada por la salud también alienta a los fabricantes a reducir el gasto en sistemas de ingredientes caros y a desarrollar sistemas innovadores basados en harina, para un uso óptimo en productos alimenticios extraídos. Así, el alto perfil de proteínas de las legumbres y la demanda de productos alimenticios saludables han sido los principales impulsores que están contribuyendo al crecimiento del mercado (Pino, 2019). La harina de granos andinos es una fuente rica en proteínas y carbohidratos es por ello que pueden ser considerados como materias primas potenciales para la elaboración de alimentos nutritivos.

El aumento de los ingresos y los cambios en los hábitos alimentarios con una preferencia cada vez mayor por alimentos benéficos para la salud, dan un espacio a este nuevo tipo de harinas. Cambiar la preferencia de los consumidores de harina convencional basada en trigo por harina funcional (o no convencional) como harina de centeno, harina de quinua o por su valor nutricional, está ayudando. Además, la progresiva demanda de alimentos bajos en gluten o sin gluten (celiacos) está impulsando al mercado de harina funcional. El aumento de las alergias al gluten y el aumento de la conciencia de las ventajas para la salud de los granos combinados también están coadyuvando al crecimiento del mercado de la harina funcional en ciertas regiones. Particularmente aquellas de granos altos en proteínas y aminoácidos esenciales, generan expectativa. Las oportunidades se basan en la demanda y/o en la preferencia de los consumidores (Pino, 2019).

Los retos radican en desarrollar habilidades en cada etapa de la cadena de valor, desde el productor hasta la industria que procesa la harina. Las limitaciones de la producción y el consumo de legumbres incluyen fluctuaciones en el rendimiento, pérdidas de cultivos debido a factores de estrés como daños por insectos y condiciones climáticas adversas, baja rentabilidad, alergias, alto contenido de alcaloides, potencial de contaminación por aflatoxinas y un tiempo considerable de cocción. Las legumbres también contienen ciertos factores antinutricionales que pueden interferir con la digestibilidad de las proteínas, aunque estos se pueden reducir remojando, hirviendo y fermentando las legumbres. Las futuras innovaciones en el mejoramiento y la modificación genética podrían permitir a los productores de legumbres superar muchas de estas barreras mediante el desarrollo de cepas que generen mayor rendimiento y sean más resistentes a los factores de estrés (Semba et al., 2021).

Leguminosas Andinas

Son cultivos que tienen gran importancia económica, ecológica y social; tanto como grano seco, tierno, procesado o para la agroindustria. Su valor radica en su alto contenido proteico, su capacidad para fijar nitrógeno en el suelo y su importancia en la seguridad alimentaria.

Introducción a las harinas de leguminosas y pseudocereales

La harina de granos andinos son una fuente rica en proteínas y carbohidratos es por ello la importancia de ser caracterizados, algunos de estos granos andinos son el chocho, haba, quinua y maíz.

Chocho (*Lupinus mutabilis*)

El género *Lupinus* (familia Fabaceae) comprende alrededor de 267 especies, incluyendo legumbres que crecen desde el nivel del mar hasta la altura de los Andes. Las de mayor consumo son: lupino blanco (que corresponde a la especie *L. albus*), lupino azul (*L. angustifolius*), lupino amarillo (*L. luteus*) y lupino andino (*L. mutabilis*). Según estadísticas de la Organización para las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en el 2019 se produjeron 1.006.842 toneladas de lupinos a nivel mundial, inferior producción comparada con la de otras legumbres como la soja y el garbanzo. Su comercialización a gran escala se encuentra limitada por la presencia de alcaloides, compuestos amargos y tóxicos. Niveles de alcaloides superiores a 0,035 mg/kg de peso corporal/día se asocia con enfermedad hepática y bloqueo neuromuscular. La mayoría de estas sustancias son solubles en agua, por lo que el proceso tradicional de eliminación o “desamargado” incluye el remojo de las semillas, su cocción y lavado durante 5 días (Curti et al., 2022, p. 2)

Haba (*Vicia faba*)

Tiene gran importancia en el mundo por su contenido proteico (alrededor del 25 %), carbohidratos (58 %) y minerales como el calcio, siendo la cuarta leguminosa más cultivada. Por su adaptación a las alturas representa una buena opción para el mejoramiento de la fertilidad del suelo ya que el haba fija entre 150 a 200 kg de N/ha/año, lo que contrarresta el uso de fertilizantes nitrogenados y si se siembran asociados se reduce el nivel de incidencia de plagas. El haba es una legumbre que se puede consumir tanto fresca como seca. El valor nutritivo es similar, pero más concentrado en las habas secas. Contiene vitaminas del grupo B y minerales como el potasio, fósforo, calcio y hierro. El aporte de vitamina B1 es superior a muchos cereales y carnes, y destaca también el contenido en riboflavina y vitamina A. El contenido de proteína varía según sea el haba verde o seca (Basantes, 2015, p. 26 - 27).

Quinua (*Chenopodium quinoa*, Wild)

La quinua es un nutritivo pseudo cereal autóctono de los Andes, cuyo centro de origen se encuentra en alguno de los valles de la zona andina.

Tiene un excepcional valor nutritivo, con proteínas de alto valor biológico y excelente balance de aminoácidos esenciales, ubicados en el endosperma o núcleo del grano, a diferencia de otros cereales que los tienen en el exosperma o cáscara, como el arroz o el trigo. La quinua, ofrece la mayor cantidad de aminoácidos esenciales que cualquiera de los más importantes cereales del mundo, destacando la lisina que es uno de los más escasos en los alimentos de origen vegetal y que

está presente en el cerebro humano. La quinua, comparada con otros granos y hortalizas, es muy alta en proteínas, calcio y hierro. Un investigador ha dicho "mientras ningún alimento por sí solo puede suministrar todos los nutrientes esenciales para la vida, la Quinua es igual o más que muchos del reino vegetal y animal. Debido a su alto contenido de proteínas y la alta calidad de este complejo de proteínas, la quinua puede contribuir significativamente a la dieta de estas personas. El calcio, hierro y zinc son considerados minerales esenciales para la salud humana (Campos et al., 2022, p. 2)

Maíz (*Zea mays*)

El maíz constituye para muchas de nuestras culturas indígenas el origen mismo de su civilización. En torno de la domesticación de esta planta, se desarrollaron los procesos económicos que hicieron posible el asentamiento sobre territorios ancestrales que se extienden a lo largo de la costa del Pacífico, al interior del callejón interandino, e incluso más allá. El maíz suscitó el surgimiento de culturas e identidades propias, el nacimiento de naciones enteras. El grano del maíz simboliza también el tránsito que debieron pasar cientos, miles de viajeros de un extremo a otro del continente, en busca de más y mejores tierras, que les permitieran desarrollar y ampliar el comercio y mejorar sus condiciones de vida. Por eso el maíz se encuentra a lo largo y ancho de nuestra América, no sólo como un producto agrícola fundamental, sino como un símbolo de nuestras formas de entender la sociedad y el desarrollo histórico (Cantero, 2012, p. 11).

Procesamiento y obtención de harinas

Considerando las materias primas y sus propiedades nutricionales, es importante señalar que su aplicación abarca diversos productos dentro de la industria alimentaria. Entre ellos destacan la fabricación en panadería, repostería, pastas, entre otros, cuyo proceso de producción se enfoca en preservar al máximo las cualidades nutricionales.

Harinas de leguminosas

La molienda tiene como finalidad básica la obtención de harina a partir de los granos para la fabricación de pan, pastas alimenticias, galletas etc. A partir de la molienda y el tamizado, se obtiene el producto conocido bajo el nombre de harina; a partir de ellas, se elaboran diversos productos, presentes en diferentes campos de la industria.

Los pasos que se siguen para obtener la mayoría de las harinas según los autores (Valencia & Montoya, 2021) son:

- Recepción: Se recibe la materia prima dispuesta a procesarse.

- Selección: En esta etapa se eliminan las impurezas que acompañan a los granos, tales como residuos vegetales, partículas extrañas, piedras, pajas, granos picados o dañados.
- Lavado: En esta etapa se realiza la eliminación del material extraño por medio de agua y algún insumo de lavado (jabón o desinfectante) esto con el fin de lograr una reducción de la carga microbiana con la que ingresa el grano.
- Secado: Los granos se depositan sobre bandejas del horno secador, a temperatura y tiempo que se especifican de acuerdo a su uso.
- Molienda: en este proceso se realiza la reducción de tamaño de partícula por la aplicación de fuerzas de impacto, compresión y abrasión, usando un molino.
- 6. Tamizado: En esta operación se separan las partículas gruesas y semi gruesas que se restan de la cantidad de harina que se va a emplear, mediante esta operación se eliminan las partículas gruesas que disminuyen la calidad de la harina obtenida. Esta operación se realiza con el fin de obtener la granulometría deseada.
- Empaque: En esta etapa se deposita el producto obtenido en empaques aptos para sus características, principalmente con barrera a la humedad.
- Almacenamiento: En esta etapa se realiza el almacenamiento de los productos terminados a condiciones específicas, en espacios sin humedad o poca iluminación para prolongar su vida útil y dar un uso previsto.

Aplicaciones gastronómicas

- Harina para pan: Se elige en función de su contenido proteico, priorizando aquellas harinas con alto nivel y calidad de proteínas, ya que estas contribuyen a la formación del gluten, fundamental para obtener una textura elástica y aireada en el pan.
- Harina para galletas: Se prefieren harinas con un nivel moderado de proteínas, ya que no es necesario desarrollar tanta elasticidad en la masa. Esto permite obtener galletas con una textura más crujiente.
- Harina para repostería: Debe permitir la formación de estructuras esponjosas, por lo que es fundamental que el almidón en su composición esté bien inflado y que el proceso de molienda no haya afectado en exceso la integridad de los granos.
- Harina para sopas, cremas: Se emplean para aportar espesor, además de mejorar su valor nutricional al ser una fuente rica en proteínas y fibra.

Actualmente la demanda por este tipo de harinas alternativas ha crecido, debido a que la población a nivel mundial y local ha puesto más atención en la sostenibilidad, la necesidad de diversificar las fuentes de alimentación y la búsqueda de propiedades nutricionales. Países como México, Colombia, Perú, Bolivia o Ecuador se han caracterizado por el uso de harinas de leguminosas, tubérculos, granos incluso insectos o pseudocereales en preparaciones como sopas, potajes, entremeses, panes, tortillas, etc.

El alto perfil de proteínas de las legumbres y la demanda de productos alimenticios saludables han sido los principales impulsores que están contribuyendo al crecimiento del mercado. La harina no convencional (o llamada harina funcional) se obtiene de una combinación de harina de grano y harina no de grano, que tiene un menor contenido de gluten que la harina de grano que tradicionalmente se consume. El valor nutricional mejorado, junto con el bajo contenido de gluten, están buscando así satisfacer la demanda de harinas funcionales. (Pino, 2019).

EL propósito del presente estudio es formular un brownie funcional con harina compuesta de haba, chocho, quinua y maíz, para posteriormente analizar la composición nutricional y determinar la aceptabilidad sensorial.

Metodología

Localización

La investigación se desarrolló en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), en los Laboratorios de Cocina Experimental de la Carrera de Gastronomía de la Facultad de Salud Pública, la institución está ubicada en la Panamericana Sur Kilómetro 1½, parroquia Lizarzaburu, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, a una altitud de 2740 msnm, 78° 4' de longitud de Oeste y a una latitud de 1° 38' Sur. Los análisis de laboratorio fueron desarrollados en el Laboratorio de Análisis Químico TOX-CHEM de la ciudad de Riobamba.

Unidades experimentales

En la investigación se desarrollaron 4 tipos de brownies de chocolate que fueron los tratamientos, cada tratamiento tuvo 3 repeticiones, cada unidad experimental estuvo constituida por 2 Kg. de mezcla base para la elaboración del alimento.

Diseño experimental

Se diseñaron tres tratamientos, (T1= 33%, T2= 66%, T3= 99%) frente a un tratamiento testigo (T0 = 0.0%), con tres repeticiones por tratamiento, los tratamientos estuvieron constituidos por los

distintos porcentajes de extracto de harinas mezcla adicionados en la elaboración de brownies, y se ajustaron al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor del parámetro en determinación

μ = Efecto de la media por observación

α_i = Efecto de los tratamientos

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental.

Esquema del experimento

Porcentaje de Harina mezcla	Código	Número de repeticiones	TUE* (Kg)	Kg. / Tratamiento
0%	T0	3	2	6
33%	T1	3	2	6
66%	T2	3	2	6
99%	T3	3	2	6
Total				24

Tabla 1. Esquema del experimento

**TUE: Tamaño de la unidad experimental*

Fuente: Proyecto de Investigación, 2025

Formulaciones evaluadas

La harina mezcla que se empleó en reemplazo de la harina de trigo fue elaborada en base a 10% quinua, 10% maíz de Chazo, 60% chocho y 20% haba.

El tratamiento T0 (tratamiento control) estuvo constituido por una formulación estándar para brownies con 100% de harina de trigo, el tratamiento T1 estuvo constituido por 33% harina combinada y 67% harina de trigo, el tratamiento T2 estuvo constituido por 66% harina combinada y 34% harina de trigo y el tratamiento T3 estuvo constituido por 99% harina combinada y 1% harina de trigo.

Mediciones experimentales

A las muestras de brownies con distintos porcentajes de harina mezcla se realizaron análisis bromatológicos y análisis microbiológicos para conocer si la inclusión de harina mezcla modifica de manera favorable o desfavorables a alimentos.

Análisis bromatológicos

- Contenido de humedad, (%)
- Contenido de proteína, (%)
- Contenido de grasa, (%)
- Contenido de cenizas, (%)
- Contenido de fibra cruda, (%)

Análisis microbiológicos

- Mohos y levaduras, (NMP/g)
- Escherichia, (NMP/g)

Análisis estadísticos y prueba de significación

Los datos obtenidos de los análisis bromatológicos de las cuatro formulaciones de brownies fueron sometidos a un tratamiento estadístico para determinar si existían diferencias significativas entre las medias de cada componente.

Antes de aplicar las pruebas de comparación entre tratamientos, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad. La normalidad de los datos fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk. La homogeneidad de varianzas se comprobó mediante un análisis de varianza de los residuos absolutos con respecto a la media. Ambas pruebas se realizaron con un nivel de significancia del 5%. Cuando los datos cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se procedió a realizar un análisis de varianza de una vía (ANOVA) para cada variable bromatológica, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. En caso de obtener diferencias significativas, se aplicó una prueba post hoc de Tukey para identificar entre qué pares de tratamientos se producían dichas diferencias.

En los casos en los que no se cumplieron los supuestos mencionados, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, seguida de una comparación múltiple mediante el método de Dunn con corrección de Bonferroni, con el mismo nivel de significancia.

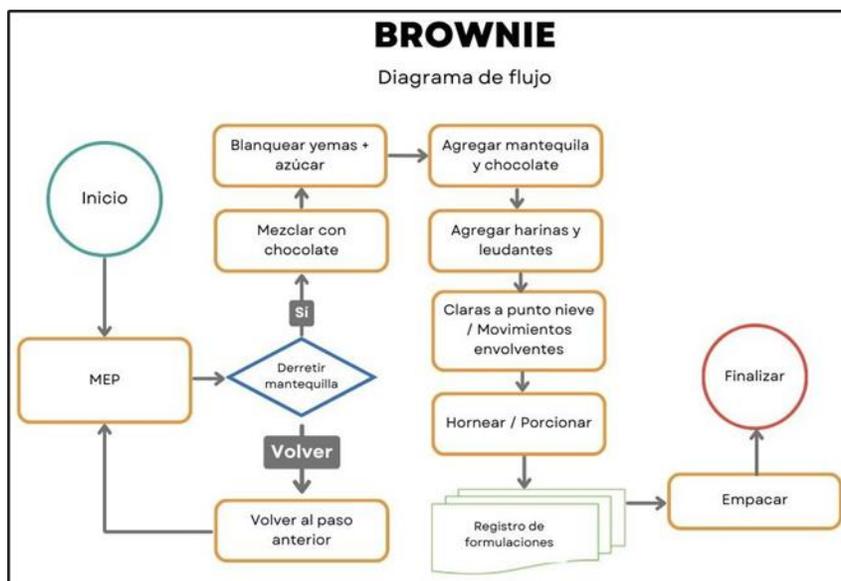
Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software INFOSTAT, y los resultados se expresaron como media \pm desviación estándar.

Formulación: Brownie con harina combinada a partir de chocho, haba, quinua y maíz.

CATEGORÍA:	PASTELERÍA							
NOMBRE DE RECETA:	BROWNIE							
FECHA DE PRODUCCIÓN:	20/01/2025							
NO. PORCIONES:	20							
Técnicas:	Blanquear Punto de nieve Movimientos envolventes							
#	PRODUCTO	UNIDAD	CANTIDAD	0%	33%	66%	99%	MISE EN PLACE
1	Mantequilla	gramos	525	262,5	262,5	262,5	262,5	Derretida
2	Chocolate negro 40-50%	gramos	450	225	225	225	225	Picado fino
3	Cocoa amarga	gramos	75	37,5	37,5	37,5	37,5	Tamizada
4	Huevos	unidades	9	4,5	4,5	4,5	4,5	Claras punto nieve - yemas reservar
5	Azúcar	gramos	450	225	225	225	225	
6	Polvo de hornear	gramos	6	3	3	3	3	
7	Harina pastelera Harina compuestas	gramos	375	187,5	251,25 Harina comp. 123,75	Harina trigo 127,50 Harina comp 247,50	Harina trigo 0,00 Harina comp 375	Tamizada
8	Nueces peladas	gramos	200	100	100	100	100	Troceadas
9	Bicarbonato de sodio	gramos	6	3	3	3	3	
10	Vainilla	c/n	c/n	c/n	c/n	c/n	c/n	
PREPARACIÓN								
Derretir la mantequilla y mezclar con el chocolate negro. Agregar cacao en polvo y reservar. Blanquear (batir) las yemas con azúcar. Agregar la mezcla de chocolate, harinas, leudantes y frutos secos. (SIN BATIR) Perfumar. Agregar claras a punto de nieve con movimientos envolventes. Colocar en moldes de 5 cm de grosor. Hornear a 180°C.								

Nota: La harina combinada es una mezcla de 10% quinua, 10% maíz de Chazo, 60% chocho y 20% haba.

Flujograma de procesos



Preparación de las muestras para análisis de laboratorio

Las muestras de brownies fueron almacenadas en temperatura de refrigeración de 4 °C en recipientes individuales hasta el traslado al laboratorio, los análisis se iniciaron inmediatamente luego de la recepción y las muestras no superaron las 24 horas de almacenamiento previo el comienzo de los diversos análisis en el laboratorio (Pascual, 2000).

Análisis bromatológicos de laboratorio

Análisis de humedad

El método AOAC 925.10 determina la humedad en alimentos por desecación en horno a temperatura controlada (100–105 °C). La muestra se pesa antes y después del secado hasta peso constante. La pérdida de peso representa el contenido de agua eliminado por evaporación. Este método es aplicable a una amplia gama de productos alimenticios, especialmente sólidos y semisólidos.

Análisis de cenizas

El método AOAC 923.03 determina el contenido de ceniza (residuo mineral) mediante la incineración de la muestra en una mufla a 550 °C. Durante el proceso, se queman todos los componentes orgánicos, y el residuo inorgánico restante representa las sales minerales totales del alimento. Es un indicador de la materia inorgánica total presente.

Análisis de proteínas

La norma NTE INEN ISO 20483:2013 establece el método Kjeldahl para la determinación del contenido de nitrógeno en cereales, legumbres y productos derivados, a partir del cual se calcula el contenido de proteínas mediante un factor de conversión específico. El método implica tres etapas principales: digestión (con ácido sulfúrico para convertir el nitrógeno orgánico en amonio), destilación (para liberar el amoníaco como gas) y valoración (para cuantificar el nitrógeno presente).

Análisis de fibra

El método AOAC 985.29 determina la fibra cruda mediante una digestión secuencial de la muestra con ácido sulfúrico diluido y hidróxido de sodio diluido, simulando el proceso digestivo en animales monogástricos. Esta digestión elimina componentes solubles como azúcares, almidones y proteínas, dejando un residuo que representa la fracción fibrosa insoluble (celulosa y lignina principalmente). El residuo se seca, calcina y se corrige por cenizas para obtener el contenido real de fibra cruda.

Análisis de grasa

El método AOAC 920.85 se basa en la extracción de grasa cruda de alimentos mediante solventes orgánicos como éter de petróleo o éter etílico. La muestra seca se somete a extracción continua utilizando un equipo tipo Soxhlet, en el que el disolvente disuelve la grasa presente. Luego, se evapora el solvente y se pesa el residuo graso para calcular el contenido de grasa total del alimento.

Análisis microbiológicos de laboratorio

Análisis de mohos y levaduras

El método AOAC 997.02 determina la presencia y cantidad de mohos y levaduras mediante la técnica de siembra en placa con medio agar dextrosa acidificado (PDA o DG18 con ácido). Se incuba la muestra a temperatura controlada (25–28 °C) durante 3 a 5 días. Las colonias desarrolladas se cuentan y se reportan como unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g). Es un método útil para evaluar la calidad microbiológica de alimentos, especialmente los propensos al deterioro fúngico.

Escherichia coli

El método AOAC 991.14 se basa en la detección y recuento de *Escherichia coli* mediante la técnica de filtración por membrana o siembra en placa en medios selectivos como m-Endo agar LES y agar

EC con MUG (4-metilumbeliferil- β -D-glucuronido). Las colonias de E. coli se identifican por su capacidad de fermentar lactosa y producir fluorescencia bajo luz UV debido a la actividad de la enzima β -glucuronidasa, específica de esta bacteria. Es un método confiable para evaluar la contaminación fecal en alimentos y agua.

Resultados y discusión

Fueron evaluados en laboratorio parámetros bromatológicos como porcentajes de proteína, grasa, fibra cruda, humedad y ceniza, adicional; para establecer la inocuidad de los alimentos elaborados fueron identificadas características microbiológicas como mohos y levaduras (NMP/g) y Escherichia coli (NMP/g).

Análisis bromatológicos de laboratorio

Análisis de proteína

Supuestos de normalidad y homogeneidad

- Test de Shapiro Wilks para normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Proteína	12	8,54	1,18	0,95	0,7668

- Análisis de varianza de las diferencias de residuos absolutos para homogeneidad

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Proteína	12	0,39	0,16	66,78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,20	3	0,07	1,69	0,2449
Tratamiento	0,20	3	0,07	1,69	0,2449
Error	0,31	8	0,04		
Total	0,51	11			

Donde p valor debe ser > a 0.05 para indicar que existe homogeneidad.

Interpretación: Previo al análisis comparativo entre tratamientos, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. La normalidad de los datos correspondientes a la variable proteína fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk, obteniéndose un valor de $p=0,7668$, lo cual indica que los datos no difieren significativamente de una distribución normal.

Por lo tanto, se asumió normalidad para esta variable y se consideró válida la aplicación de pruebas paramétricas.

Por otro lado, la homogeneidad de varianzas se comprobó mediante un análisis de varianza aplicado a los residuos absolutos de la variable proteína. El valor p obtenido fue de 0,2449, mayor al nivel de significancia de 0,05, lo que permite aceptar la hipótesis de igualdad de varianzas entre tratamientos. Con base en estos resultados, se determinó que se cumplían los supuestos necesarios para realizar un análisis de varianza (ANOVA) de una vía en las variables que presentaron simultáneamente normalidad y homogeneidad.

Análisis de varianza de una vía (ANOVA)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína	12	0,90	0,86	5,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13,70	3	4,57	23,62	0,0002
Tratamiento	13,70	3	4,57	23,62	0,0002
Error	1,55	8	0,19		
Total	15,24	11			

Interpretación: El análisis de varianza de una vía aplicado a los datos de proteína mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p = 0,0002$), lo cual indica que el contenido proteico varió en función del tipo de formulación utilizada. El coeficiente de determinación ajustado (R^2 Aj = 0,86) sugiere que un 86% de la variabilidad total en el contenido de proteína puede explicarse por el efecto del tratamiento, lo cual refuerza la solidez del modelo. Además, el coeficiente de variación ($CV = 5,15\%$) se encuentra dentro de un rango aceptable, lo que indica buena precisión experimental. Estos resultados confirman que la sustitución parcial de harina convencional por ingredientes alternativos en las formulaciones de brownies tuvo un impacto estadísticamente significativo sobre el nivel de proteínas en el producto final.

Test de Tukey

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,14948

Error: 0,1933 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T0	6,96	3	0,25	A
T1	8,21	3	0,25	B
T2	9,24	3	0,25	B C
T3	9,75	3	0,25	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Interpretación: La prueba de Tukey evidenció diferencias significativas en el contenido de proteína entre el tratamiento control (T0) y los tratamientos T1, T2 y T3. En particular, T0 (6,96%) presentó valores significativamente más bajos que el resto. T1 (8,21%) y T2 (9,24%) no difirieron entre sí, pero sí fueron distintos de T0. A su vez, T3 (9,75%) mostró diferencias significativas con T1, pero no con T2. Estos resultados indican que a partir del 33% de sustitución de harina mezcla, el contenido de proteína aumenta significativamente respecto al control.

Discusión: Los tres tratamientos con harina mezcla de quinua, haba, chocho y maíz mostraron incremento estadístico significativo del componente proteína frente al tratamiento control, algo similar a lo obtenido por González et al. (2015), donde un panqué elaborado con 80% de harina de frijol y 20% de trigo presentó un aumento significativo en proteína y fibra en comparación con productos comerciales.

Análisis de grasa

Supuestos de normalidad y homogeneidad

- Test de Shapiro Wilks para normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Grasa	12	23,56	2,41	0,78	0,0051

- Análisis de varianza de las diferencias de residuos absolutos para homogeneidad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Grasa	12	0,47	0,27	53,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,49	3	0,16	2,34	0,1491
Tratamiento	0,49	3	0,16	2,34	0,1491
Error	0,56	8	0,07		
Total	1,05	11			

Interpretación: Previo al análisis comparativo entre tratamientos, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. La normalidad de los datos correspondientes a la variable grasa fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk, obteniéndose un valor de $p=0,0051$, lo cual indica que los datos difieren significativamente de una distribución normal.

Por otro lado, la homogeneidad de varianzas se comprobó mediante un análisis de varianza aplicado a los residuos absolutos de la variable grasa. El valor p obtenido fue de 0,1491, mayor al

nivel de significancia de 0,05, lo que permite aceptar la hipótesis de igualdad de varianzas entre tratamientos. Con base en estos resultados, se determinó que es necesario aplicar prueba de Kruskal Wallis y Dunn para identificar diferencias estadísticas entre los tratamientos del alimento.

Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con comparación de medias

Prueba de Kruskal-Wallis

Prueba de Kruskal-Wallis

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Grasa	T0	3	21,40	0,73	21,71	8,33	0,0396
Grasa	T1	3	21,26	1,03	20,83		
Grasa	T2	3	25,72	0,57	25,55		
Grasa	T3	3	25,85	0,30	25,93		

Trat.	Medias	Ranks
T1	21,26	3,33 A
T0	21,40	3,67 A B
T2	25,72	9,33 B C
T3	25,85	9,67 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Interpretación:

Dado que no se cumplió el supuesto de normalidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar el contenido de grasa entre los tratamientos. El valor del estadístico H fue de 8,33 con un valor $p = 0,0396$, indicando diferencias significativas entre al menos dos tratamientos ($p < 0,05$). El análisis de rangos muestra que los tratamientos T2 (25,72%) y T3 (25,85%) presentaron valores significativamente más altos de grasa que los tratamientos T0 (21,40%) y T1 (21,26%). En particular, T3 y T2 formaron un grupo distinto (letra C) respecto a T0 y T1 (letras A y B), lo que sugiere que a partir del 33% de sustitución de harina mezcla en los brownies frente a la harina de trigo, se produce un aumento significativo en el contenido de grasa.

Discusión: El reemplazo de harinas mezcla puede incrementar el contenido lipídico de productos como los brownies al incorporarlo como sustituto parcial o total, tal como menciona en su estudio de Mosquera y Fabio (2009). En esta investigación, se elaboraron galletas con mezclas de harina de quinua y trigo en proporciones de hasta 50%. El análisis fisicoquímico de la harina de quinua mostró un contenido graso del 3,9%, mayor que el típico de la harina de trigo, lo cual justifica el incremento en grasa observado en los productos finales con mayor proporción de quinua (Mosquera & Fabio, 2009).

Análisis de fibra cruda

Supuestos de normalidad y homogeneidad

- Test de Shapiro Wilks para normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Fibra cruda	12	4,48	0,52	0,91	0,3683

- Análisis de varianza de las diferencias de residuos absolutos para homogeneidad

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Fibra cruda	12	0,44	0,22	60,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,08	3	0,03	2,06	0,1841
Tratamiento	0,08	3	0,03	2,06	0,1841
Error	0,10	8	0,01		
Total	0,18	11			

Interpretación: Previo al análisis comparativo entre tratamientos, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. La normalidad de los datos correspondientes a la variable proteína fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk, obteniéndose un valor de $p=0,3683$, lo cual indica que los datos no difieren significativamente de una distribución normal. Por lo tanto, se asumió normalidad para esta variable y se consideró válida la aplicación de pruebas paramétricas.

Por otro lado, la homogeneidad de varianzas se comprobó mediante un análisis de varianza aplicado a los residuos absolutos de la variable fibra cruda. El valor p obtenido fue de 0,1841, mayor al nivel de significancia de 0,05, lo que permite aceptar la hipótesis de igualdad de varianzas entre tratamientos. Con base en estos resultados, se determinó que se cumplían los supuestos necesarios para realizar un análisis de varianza (ANOVA) de una vía en las variables que presentaron simultáneamente normalidad y homogeneidad.

Análisis de varianza de una vía (ANOVA)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fibra cruda	12	0,80	0,72	6,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,33	3	0,78	10,41	0,0039
Tratamiento	2,33	3	0,78	10,41	0,0039
Error	0,60	8	0,07		
Total	2,93	11			

Interpretación: El análisis de varianza de una vía aplicado a los datos de fibra cruda mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p = 0,0039$), lo cual indica que el contenido de fibra cruda varió en función del tipo de formulación utilizada. El coeficiente de determinación ajustado (R^2 Aj = 0,72) sugiere que un 72% de la variabilidad total en el contenido de fibra puede explicarse por el efecto del tratamiento, lo cual refuerza la solidez del modelo. Además, el coeficiente de variación ($CV = 6,10\%$) se encuentra dentro de un rango aceptable, lo que indica buena precisión experimental. Estos resultados confirman que la sustitución parcial de harina convencional por ingredientes alternativos en las formulaciones de brownies tuvo un impacto estadísticamente significativo sobre el nivel de fibra cruda en el producto final.

Test de Tukey

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,71436

Error: 0,0746 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T0	3,79	3	0,16	A	
T1	4,42	3	0,16	A	B
T2	4,76	3	0,16		B
T3	4,94	3	0,16		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Interpretación: El test de Tukey evidenció diferencias estadísticas en el contenido de fibra cruda, el tratamiento control T0 y el tratamiento T1 son estadísticamente similares, mientras que los tratamientos T2 y T3 son estadísticamente similares pero distintos a los dos iniciales. A partir de la incorporación de 66% de harina mezcla el porcentaje de fibra cruda en los brownies aumentan significativamente el nutriente.

Discusión: El incremento en el componente fibra cruda estadísticamente se da en los tratamientos T2 y T3 debido a que se reemplazo la harina de trigo por porcentajes altos de alimentos vegetales, tal como menciona el trabajo de Padrón Pereira et al. (2009), el cual al sustituir parcialmente la harina de trigo por harinas de cladodios de cactus (*Opuntia boldinghii*) en porcentajes del 10%,

15% y 20% en postres tipo ponquecito, se produjo un aumento significativo en el contenido de fibra cruda. Este incremento fue proporcional al nivel de sustitución aplicado (Padrón Pereira et al., 2009).

Análisis de humedad

Supuestos de normalidad y homogeneidad

- Test de Shapiro Wilks para normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Humedad	12	15,09	0,87	0,91	0,3274

- Análisis de varianza de las diferencias de residuos absolutos para homogeneidad

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Humedad	12	0,14	0,00	65,56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,06	3	0,02	0,42	0,7442
Tratamiento	0,06	3	0,02	0,42	0,7442
Error	0,41	8	0,05		
Total	0,47	11			

Interpretación: Previo al análisis comparativo entre tratamientos, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. La normalidad de los datos correspondientes a la variable humedad fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk, obteniéndose un valor de $p=0,3274$, lo cual indica que los datos no difieren significativamente de una distribución normal. Por lo tanto, se asumió normalidad para esta variable y se consideró válida la aplicación de pruebas paramétricas.

Por otro lado, la homogeneidad de varianzas se comprobó mediante un análisis de varianza aplicado a los residuos absolutos de la variable humedad. El valor p obtenido fue de 0,7442, mayor al nivel de significancia de 0,05, lo que permite aceptar la hipótesis de igualdad de varianzas entre tratamientos. Con base en estos resultados, se determinó que se cumplían los supuestos necesarios para realizar un análisis de varianza (ANOVA) de una vía en las variables que presentaron simultáneamente normalidad y homogeneidad.

Análisis de varianza de una vía (ANOVA)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad	12	0,77	0,69	3,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,50	3	2,17	9,17	0,0057
Tratamiento	6,50	3	2,17	9,17	0,0057
Error	1,89	8	0,24		
Total	8,39	11			

Interpretación: El análisis de varianza de una vía aplicado a los datos de humedad mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p = 0,0057$), lo cual indica que el contenido de humedad varió en función del tipo de formulación utilizada. El coeficiente de determinación ajustado (R^2 Aj = 0,69) sugiere que un 69% de la variabilidad total en el contenido de humedad puede explicarse por el efecto del tratamiento, lo cual refuerza la solidez del modelo. Además, el coeficiente de variación ($CV = 3,22\%$) se encuentra dentro de un rango aceptable, lo que indica buena precisión experimental. Estos resultados confirman que la sustitución parcial de harina convencional por ingredientes alternativos en las formulaciones de brownies tuvo un impacto estadísticamente significativo sobre el nivel del contenido de agua en el producto final.

Test de Tukey

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,27078

Error: 0,2362 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T3	14,53	3	0,28	A
T1	14,62	3	0,28	A
T2	14,86	3	0,28	A
T0	16,35	3	0,28	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Interpretación: La prueba de Tukey evidenció diferencias significativas en el contenido de humedad, los tratamientos T0 (14,53%), T1 (14,62%) y T2 (14,86%) son similares estadísticamente, sin embargo, el tratamiento T3 (16,35%) es estadísticamente diferente al resto presentando un porcentaje más alto, por lo que podemos señalar que el incorporar 100% de harina mezcla en la elaboración de Brownies aumenta el contenido de humedad en el alimento.

Discusión: El incremento de la humedad en brownies es proporcional al incremento de harina mezcla, similar a lo que en su estudio menciona Padrón Pereira et al. (2009), la sustitución parcial de harina de trigo por harinas de cladodios de cactus (10%, 15% y 20%) en postres tipo ponquecito

resultó en un aumento significativo del contenido de humedad, entre otras mejoras fisicoquímicas del producto final (Padrón Pereira et al., 2009).

Análisis de cenizas

Supuestos de normalidad y homogeneidad

- Test de Shapiro Wilks para normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Ceniza	12	2,21	0,17	0,88	0,1732

- Análisis de varianza de las diferencias de residuos absolutos para homogeneidad

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Ceniza	12	0,31	0,05	70,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,0E-03	3	1,3E-03	1,18	0,3772
Tratamiento	4,0E-03	3	1,3E-03	1,18	0,3772
Error	0,01	8	1,1E-03		
Total	0,01	11			

Interpretación: Previo al análisis comparativo entre tratamientos, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. La normalidad de los datos correspondientes a la variable cenizas fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk, obteniéndose un valor de $p=0,1732$, lo cual indica que los datos no difieren significativamente de una distribución normal. Por lo tanto, se asumió normalidad para esta variable y se consideró válida la aplicación de pruebas paramétricas.

Por otro lado, la homogeneidad de varianzas se comprobó mediante un análisis de varianza aplicado a los residuos absolutos de la variable cenizas. El valor p obtenido fue de 0,3772, mayor al nivel de significancia de 0,05, lo que permite aceptar la hipótesis de igualdad de varianzas entre tratamientos. Con base en estos resultados, se determinó que se cumplían los supuestos necesarios para realizar un análisis de varianza (ANOVA) de una vía en las variables que presentaron simultáneamente normalidad y homogeneidad.

Análisis de varianza de una vía (ANOVA)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ceniza	12	0,88	0,83	3,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,29	3	0,10	19,36	0,0005
Tratamiento	0,29	3	0,10	19,36	0,0005
Error	0,04	8	0,01		
Total	0,33	11			

Interpretación: El análisis de varianza de una vía aplicado a los datos de cenizas mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p = 0,0005$), lo cual indica que el contenido proteico varió en función del tipo de formulación utilizada. El coeficiente de determinación ajustado (R^2 Aj = 0,83) sugiere que un 83% de la variabilidad total en el contenido de cenizas puede explicarse por el efecto del tratamiento, lo cual refuerza la solidez del modelo. Además, el coeficiente de variación ($CV = 3,22\%$) se encuentra dentro de un rango aceptable, lo que indica buena precisión experimental. Estos resultados confirman que la sustitución parcial de harina convencional por ingredientes alternativos en las formulaciones de brownies tuvo un impacto estadísticamente significativo sobre el nivel de cenizas en el producto final.

Test de Tukey

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,18581

Error: 0,0051 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T0	2,02	3	0,04	A
T1	2,08	3	0,04	A
T3	2,36	3	0,04	B
T2	2,37	3	0,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Interpretación: La prueba de Tukey evidenció diferencias significativas en el contenido de ceniza, los tratamientos T0 (2,02%) y T1 (2,08%) son similares estadísticamente, pero distintos a los tratamientos T2 (2,36%) y T3 (2,37%) los cuales también son similares estadísticamente entre ellos. El incorporar 66% y 100% de harina mezcla en la elaboración de brownies aumenta el contenido de ceniza.

Discusión: Los brownies presentan diferencias estadísticas en cenizas y el incremento en el parámetro es mayor en los tratamientos T2 y T3, de acuerdo al estudio de Sosa Lepe y María (2017), quienes desarrollaron galletas con mezclas de harina de trigo y semillas de chía (en proporciones del 5%, 10% y 15%), el contenido de cenizas mostró un aumento del 0.88% en

minerales (expresados como contenido de cenizas) en comparación con la galleta elaborada exclusivamente con harina de trigo (Sosa Lepe & María, 2017).

Análisis microbiológicos

Resultados de laboratorio de mohos y levaduras

MUESTRA	PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADO
Tratamiento T0 (0% de harina mezcla)	Mohos y levaduras	AOAC 997.02, Ed. 22, 2023	NMP/g	<1 Ausencia
Tratamiento T1 (33% de harina mezcla)	Mohos y levaduras	AOAC 997.02, Ed. 22, 2023	NMP/g	<1 Ausencia
Tratamiento T2 (66% de harina mezcla)	Mohos y levaduras	AOAC 997.02, Ed. 22, 2023	NMP/g	<1 Ausencia
Tratamiento T3 (99% de harina mezcla)	Mohos y levaduras	AOAC 997.02, Ed. 22, 2023	NMP/g	<1 Ausencia
Tratamiento T0 (0% de harina mezcla)	Escherichia coli Rep	AOAC 991.14, Ed. 22, 2023	NMP/g	<1 Ausencia
Tratamiento T1 (33% de harina mezcla)	Escherichia coli Rep	AOAC 991.14, Ed. 22, 2023	NMP/g	<1 Ausencia
Tratamiento T2 (66% de harina mezcla)	Escherichia coli Rep	AOAC 991.14, Ed. 22, 2023	NMP/g	<1 Ausencia
Tratamiento T3 (99% de harina mezcla)	Escherichia coli Rep	AOAC 991.14, Ed. 22, 2023	NMP/g	<1 Ausencia

Interpretación:

Los análisis microbiológicos realizados para la detección de mohos y levaduras (según AOAC 997.02, Ed. 22, 2023) y de Escherichia coli (según AOAC 991.14, Ed. 22, 2023) en las muestras evaluadas, arrojaron resultados reportados por el laboratorio como "<1 UFC/g" o "ausencia".

Esto indica que, en todas las muestras analizadas, los recuentos de mohos y levaduras fueron inferiores al límite de detección del método empleado (<1 unidad formadora de colonias por gramo

o mililitro de muestra), lo cual sugiere que no se encontraron niveles detectables de estos microorganismos.

De igual manera, la ausencia de *E. coli* también implica que no se evidenció contaminación fecal ni presencia de esta bacteria patógena en las condiciones de análisis, lo cual representa un indicador positivo de inocuidad microbiológica del producto.

Estos resultados demuestran que las condiciones higiénico-sanitarias durante la elaboración y manipulación de las muestras fueron adecuadas, cumpliendo con los requisitos establecidos por la normativa vigente para alimentos seguros.

Discusión: Los resultados microbiológicos de los brownies elaborados con harina mezcla se complementan con los mencionados en el estudio de Benavides De La Cruz (2015). En esta investigación, al elaborar galletas sustituyendo parcialmente la harina de trigo por harina de chía (5% a 30%), se observó que el producto final se mantuvo sin deterioro sensorial visible, incluyendo ausencia de crecimiento fúngico durante 2.5 meses a temperatura ambiente. Esto sugiere que las propiedades antioxidantes o higroscópicas de las harinas vegetales podrían estar relacionadas con una menor proliferación de mohos y levaduras en productos horneados (Benavides De La Cruz, 2015).

Conclusiones

1. La sustitución de harina de trigo por harinas andinas (chocho, haba, quinua y maíz) en la formulación de brownie aumentó significativamente el contenido de proteína, grasa, fibra, cenizas y humedad, demostrando que estos ingredientes aportan un valor nutricional superior.
2. El análisis microbiológico evidenció la ausencia de mohos, levaduras y *Escherichia coli* en todos los tratamientos, lo que ratifica la inocuidad del producto. Además, la formulación con harinas funcionales conservó una estructura y textura óptimas para su aplicación en este tipo de productos.
3. El estudio evidencia el potencial de las harinas de leguminosas andinas como alternativas sostenibles y saludables en la industria de alimentos, especialmente en productos dirigidos a consumidores con requerimientos nutricionales específicos (como celíacos). Se sugiere ampliar la investigación hacia estudios sensoriales y de conservación, así como evaluar su viabilidad comercial a mayor escala.

Referencias

1. AOAC International. (2023). Official Method 925.10 – Moisture in Foods. In Official Methods of Analysis of AOAC International (22nd ed.). AOAC International.
2. AOAC International. (2023). Official Method 923.03 – Ash of Flour. In Official Methods of Analysis of AOAC International (22nd ed.). AOAC International.
3. AOAC International. (2016). Official Method 985.29 – Crude Fiber in Animal Feed and Pet Food. In Official Methods of Analysis of AOAC International (20th ed.). AOAC International.
4. AOAC International. (2023). Official Method 920.85 – Crude Fat in Animal Feed: Ether Extraction. In Official Methods of Analysis of AOAC International (22nd ed.). AOAC International.
5. AOAC International. (2023). Official Method 997.02 – Yeasts and Molds in Foods: Plate Count Method. In Official Methods of Analysis of AOAC International (22nd ed.). AOAC International.
6. AOAC International. (2023). Official Method 991.14 – Escherichia coli in Foods: Plate Count Method. In Official Methods of Analysis of AOAC International (22nd ed.). AOAC International.
7. Basantes, E. (2015). Manejo de Cultivos Andinos del Ecuador. Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
8. Campos-Rodriguez, J., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Nutritional composition and bioactive. *Scientia Agropecuaria*, 209-2020.
9. Cantero, P. (2009). Sara Llakta. Quito: Universidad de Cuenca.
10. Curti, C., Lotufo-Haddad, A., Vinderola, G., & Ramón, A. (2023). Evaluación sensorial y propiedades fisicoquímicas de yogur firme. *MLS-HEALTH & NUTRITION RESEARCH*, 1-15.
11. De La Cruz, B., & Enrique, E. (2015). Efecto del porcentaje de sustitución de harina de trigo por semillas de chía (salvia hispánica), tiempo y temperatura de horneado en la aceptabilidad general y costos de una galleta.
12. González, J., Maldonado, S., & Hernández, M. (2015). ATRIBUTO NUTRICIONAL Y NUTRACÉUTICA DE PANQUÉ Y BARRITAS A BASE DE HARINA DE FRIJOL

(Phaseolus vulgaris L.)/ ATRIBUTO NUTRICIONAL Y NUTRACÉUTICA DEL HOGAR Y BARRAS DE HARINA DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.), 17, 9-14.
<https://doi.org/10.18633/BT.V17I3.231>.

13. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2013). NTE INEN ISO 20483:2013: Cereales y leguminosas. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteínas. Método Kjeldahl. Quito, Ecuador: INEN.
14. Lepe, S., & María, G. (2017). Formulación de una galleta a base de la mezcla de harina de trigo (*triticumsecale*) con semillas de chía (*salvia hispánica*), en la ciudad de Mazatenango, Suchitepéquez..
15. Mosquera, M. y Fabio, H. (2009). Efecto de la inclusión de harina de Quinua (*Chenopodium quinoa wild*) en la elaboración de galletas / Adding effect of quinua harina (*Chenopodium wild quinoa*) en la preparación de galletas.
16. Pereira, C., Oliveros, C. y Álvarez, M. (2009). Influencia de la Sustitución Parcial de Harina de Trigo con Harinas de Cladodios de Cactus (*Opuntia Boldinghii Britton & Rose*) Integral e Hidrolizada Enzimáticamente como Fuente de Fibra en Postres Tipo Ponquecito.
17. Pascual, A., Calderón, V., & Pascual. Microbiología alimentaria (2 Edición ed.). Madrid, España: Díaz de Santos. 2000.
18. Pino, M. T. (2019). El futuro de las harinas no convencionales. *Enfasis Alimentación*, 38-41.
19. Pino-Falconi, P. R., Marín-Parra, I. M., Zambrano-Núñez, T. M., & Villalva-Guevara, M. R. (2024). Chocho, quinua, haba y maíz como materias primas para la elaboración de harinas. *Polo del Conocimiento*, 147-174.
20. Repo de Carrasco, R., Encina-Zelada, C., Alcázar-Alay, S., Vidaurre-Ruiz, J., Cabezas, D., & Correa, M. (2023). Granos andinos para innovar en panificación nutritiva. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
21. Valencia, L., & Montoya, A. (2021). Harinas no convencionales con alto contenido proteico elaboradas a partir de legumbres y sus aplicaciones en la industria de alimentos: revisión bibliográfica. Cali: Universidad del Valle.

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).