

EFFECTO ANTIDIABÉTICO DE TALLARINES CON HARINA EXTRUIDA DE COTILEDONES DE FRIJOL EN UN MODELO *in vivo*

Raquel Karina Cruz Bravo
Mayra Denise Herrera
Claudia Araceli Reyes Estrada
Mayra Judith García Robles



**Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Zacatecas**

Calera de Víctor Rosales, Zacatecas.

Folleto Técnico Núm. 120

Diciembre 2023

ISBN: 978-607-37-1607-9

Registro de Derechos de Autor: 03-2023-120109214800-01



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

iniñap
Instituto Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agrícola

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

DR. VÍCTOR MANUEL VILLALOBOS ARÁMBULA

Secretario

ING. VÍCTOR SUÁREZ CARRERA

Subsecretario de Autosuficiencia Alimentaria

M.V.Z. ARTURO MACOSAY CÓRDOVA

Coordinador General de Ganadería

DR. SALVADOR FERNÁNDEZ RIVERA

Coordinador General de Desarrollo Rural

ING. SANTIAGO JOSÉ ARGÜELLO CAMPOS

Coordinador General de Agricultura

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

DR. LUIS ÁNGEL RODRÍGUEZ DEL BOSQUE

Encargado del Despacho de los Asuntos Correspondientes

a la Dirección General del INIFAP

DR. ALFREDO ZAMARRIPA COLMENERO

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

DR. LUIS ORTEGA REYES

Coordinador de Planeación y Desarrollo

LIC. JOSÉ HUMBERTO CORONA MERCADO

Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE-CENTRO

DR. JOSÉ ANTONIO CUETO WONG

Director Regional

DR. JUAN BAUTISTA RENTERÍA ANIMA

Director de Investigación

ING. RICARDO CARRILLO MONSIVÁIS

Director de Administración

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

DR. LUIS ROBERTO REVELES TORRES

Director de Coordinación y Vinculación

**EFFECTO ANTIDIABÉTICO DE TALLARINES CON
HARINA EXTRUIDA DE COTILEDONES DE FRIJOL EN
UN MODELO *in vivo***

Dra. Raquel Karina Cruz Bravo

Investigadora del Programa de Inocuidad de
Alimentos
Campo Experimental Zacatecas

M.C. Mayra Denise Herrera

Investigadora del Programa de Frijol
Campo Experimental Zacatecas

Dra. Claudia Araceli Reyes Estrada

Unidad Académica de Medicina Humana y Ciencias
de la Salud
Universidad Autónoma de Zacatecas

Dra. Mayra Judith García Robles

Ingeniería en Biotecnología
Universidad Politécnica de Zacatecas

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Zacatecas
Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México

Diciembre 2023

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina
Alcaldía Coyoacán, C. P. 04010 Ciudad de México.
Teléfono (55) 3871-8700

Derechos Reservados ©

Folleto Técnico Núm. 120

EFECTO ANTIDIABÉTICO DE TALLARINES CON
HARINA EXTRUIDA DE COTILEDONES DE FRIJOL EN
UN MODELO in vivo

ISBN: 978-607-37-1607-9
Registro de Derechos de Autor:
03-2023-120109214800-01

Primera Edición 2023

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Hecho en México

Contenido

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Introducción | 1 |
| 2. | Antecedentes | 2 |
| 3. | Procedimientos..... | 6 |
| 3.1 | Obtención y limpieza del material vegetal..... | 6 |
| 3.2 | Decorticación de los granos | 7 |
| 3.3 | Extrusión de la harina de cotiledones..... | 8 |
| 3.4 | Elaboración de los tallarines con harina de frijol . | 9 |
| 3.5 | Análisis proximal y fibra dietética..... | 11 |
| 3.6 | Estudio <i>in vivo</i> | 11 |
| 3.6.1 | material biológico | 11 |
| 3.6.2 | Diseño del estudio in vivo | 12 |
| 3.6.3 | Acondicionamiento de los roedores..... | 14 |
| 3.6.4 | Inducción de la Diabetes mellitus tipo 2..... | 14 |
| 3.6.5 | Tratamiento antidiabético..... | 16 |
| 3.6.6 | Administración de medicamento Metformina.... | 16 |
| 3.6.7 | Sacrificio de animales y determinación de la concentración de glucosa sérica | 17 |
| 3.8 | Análisis estadístico | 18 |
| 4. | Resultados..... | 18 |
| 4.1 | Composición química de tallarines | 18 |
| 4.2 | Contenido de fibra dietética y almidón resistente | 21 |
| 4.3 | Concentración de glucosa en suero | 23 |
| 5. | Conclusiones..... | 25 |
| 6. | Bibliografía..... | 26 |

Índice de Cuadros

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Formulación para elaborar pasta tipo tallarín con harina de trigo (HT) y harina extruida de cotiledones (HEC) de frijol..... | 9 |
| Cuadro 2. Grupos de experimentación con ratas inducidas con diabetes tipo 2..... | 13 |
| Cuadro 3. Composición proximal (%) de harinas de cotiledones de frijol y tallarines..... | 19 |
| Cuadro 4. Fibra dietética y almidón resistente (%) en las harinas de cotiledones de frijol y tallarines..... | 22 |
| Cuadro 4 | |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Frijol Negro San Luis. | 7 |
| Figura 2. Partes del grano de frijol | 8 |
| Figura 3. Rata (<i>Rattus norvegicus</i>) cepa Wistar..... | 12 |
| Figura 4. Concentración de glucosa al final del periodo de experimentación..... | 25 |

1. Introducción

El frijol es uno de los alimentos tradicionalmente más consumidos en la población mexicana y es el tercer cultivo de mayor importancia en México (CIMMYT, 2019). Sin embargo, su consumo y área de siembra ha ido en disminución en los últimos años (CIMMYT, 2019; Ramírez-Jaspeado *et al.*, 2020). Es por ello que se requiere de alternativas que permitan dar valor agregado al cultivo y, así, incrementar su competitividad en el mercado. En este folleto se describe una opción para transformar el grano de frijol a través de la elaboración de pasta tipo tallarín. Además, se presenta una alternativa saludable de consumo, ya que se ha demostrado que el frijol es una fuente importante de proteínas, vitaminas del complejo B, minerales como el hierro y fibra (Los *et al.*, 2018), y, particularmente, los frijoles de tipo negro aportan antocianinas, que son compuestos fenólicos con capacidad antioxidante y que ayudan a prevenir enfermedades crónico-degenerativas, tales como obesidad, diabetes y diversos tipos de cáncer (Damián-Medina *et al.*, 2022).

2. Antecedentes

El frijol es uno de los principales componentes de la alimentación de la población mexicana, siendo parte esencial de su gastronomía desde tiempos prehispánicos. Actualmente, se conocen más de 150 variedades de frijol, de las cuales, una tercera parte se encuentra en México, por ejemplo, el frijol Negro San Luis (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

En términos de superficie cultivada, el frijol ocupa el tercer lugar entre los cultivos más importantes del país. Su producción representa el 1.9 % del PIB agrícola nacional y es la leguminosa de consumo directo más importante a nivel mundial (CIMMYT, 2019). Sin embargo, su producción y consumo ha disminuido paulatinamente, por lo que es necesario llevar a cabo estrategias que impulsen la competitividad del cultivo (CIMMYT, 2019; Ramírez-Jaspeado *et al.*, 2020).

Respecto a su calidad nutricional, esta leguminosa contiene entre un 20 a 25 % de proteínas; sin embargo, son deficientes en algunos aminoácidos azufrados esenciales (metionina y cisteína), por lo que lo ideal es

complementar su consumo con cereales (Lara-Flores, 2015).

Además de las proteínas, el frijol es una buena fuente de minerales (Fe, Ca, Zn), y energía en forma de almidón (Los *et al.*, 2018). En cuanto a su potencial nutracéutico, el frijol contiene compuestos como la fibra dietética, compuestos fenólicos, biopéptidos y factores antinutricios que tienen propiedades antioxidantes, anticolesterolémicas, anticancerígenas y antidiabéticas (Los *et al.*, 2018).

Los cotiledones de frijol representan el 90 % de la materia seca del grano, los cuales contienen algunos compuestos antidiabéticos como la fibra, almidón resistente, galactooligosacáridos, así como antioxidantes en la forma de una variedad de compuestos fenólicos (Chávez-Mendoza *et al.*, 2019).

Por otra parte, las plantas, incluyendo el frijol, desarrollan mecanismos de defensa para protegerse de plagas, patógenos y condiciones ambientales adversas mediante la producción de compuestos llamados “metabolitos secundarios”, tales como los

inhibidores de tripsina, inhibidores de la amilasa, saponinas, lectinas, ácido fítico y algunos oligosacáridos, los cuales son considerados como factores antinutricios (Agarwal, 2016).

Estos compuestos pueden comprometer la biodisponibilidad de las proteínas, de minerales esenciales, y, en general, la calidad nutricional de las leguminosas (Marolt & Koralt, 2020). No obstante, se ha demostrado que los factores antinutricios pueden ejercer algunos efectos benéficos en la salud (anticolesterolémico, antioxidante, antiesclerótico, anticancerígeno) (Agarwal, 2016).

Dichos compuestos suelen mitigarse, en menor o mayor grado, a través de procesos como: el remojo, descascarillamiento del grano, molienda, cocción, tostado, germinación y fermentación (Agarwal, 2016).

Es por ello que, para disminuir su contenido en la harina de cotiledones de frijol utilizada en este estudio, se llevó a cabo la extrusión de la misma. Entendiendo por “extrusión” el moldeado o compresión de un material, forzando su paso a través de una matriz, con

la aplicación de fuerzas mecánicas, alta temperatura y humedad.

Además de los aspectos antinutricios de la testa de frijol que pueden afectar la biodisponibilidad de proteínas y minerales (Agarwal, 2016), se sabe que los compuestos fenólicos presentes en la misma pueden conferir un sabor astringente y amargo en el producto (Issaoui *et al.*, 2020), por lo que también esta fue una razón para usar los granos de frijol negro sin la testa (cotiledones).

Con base en lo anteriormente expuesto, en este folleto se propone la elaboración de tallarines con la mezcla de harina extruida de los cotiledones del frijol (HEC) y harina de trigo (HT), como una alternativa saludable de consumo con base en su composición química y el estudio antidiabético de este alimento en un modelo de roedores. Asimismo, se propone la elaboración de estos tallarines como un producto que contribuye a dar valor agregado y aumentar la competitividad del frijol.

3. Procedimientos

3.1 Obtención y limpieza del material vegetal

Se adquirió el grano de frijol, variedad Negro San Luis (Figura 1) de un productor local (Calera, Zacatecas). El material se transportó a la planta piloto del INIFAP Campo Experimental Zacatecas (22.90 N, -102.65 O), donde se procedió a eliminar manualmente el material extraño. Los granos se enjuagaron con agua purificada y se escurrió el agua. Posteriormente, se extendieron sobre charolas y se secaron a temperatura ambiente, protegidos del ambiente para evitar la caída de partículas contaminantes sobre el material. Una vez secos, el frijol se envasó en bolsas herméticas, protegidas de la luz para su decorticación.



Figura 1. Frijol Negro San Luis.

3.2 Decorticación de los granos

Con el objetivo de separar la testa de los cotiledones (Figura 2), los granos de frijol se procesaron en una decortadora o descascarilladora de granos, pasando dos veces la muestra por la máquina durante tres minutos cada vez. El material obtenido se tamizó con una malla de 5 mm y después con una malla de 3 mm para separar los cotiledones de la testa (cáscara del grano). Los cotiledones se molieron hasta obtener una harina fina, la cual se tamizó con una malla # 40 (425

μm) y se guardó herméticamente para su posterior extrusión. Las testas se reservaron en bolsas selladas y protegidas de la luz en refrigeración para otros objetivos no señalados en este folleto.

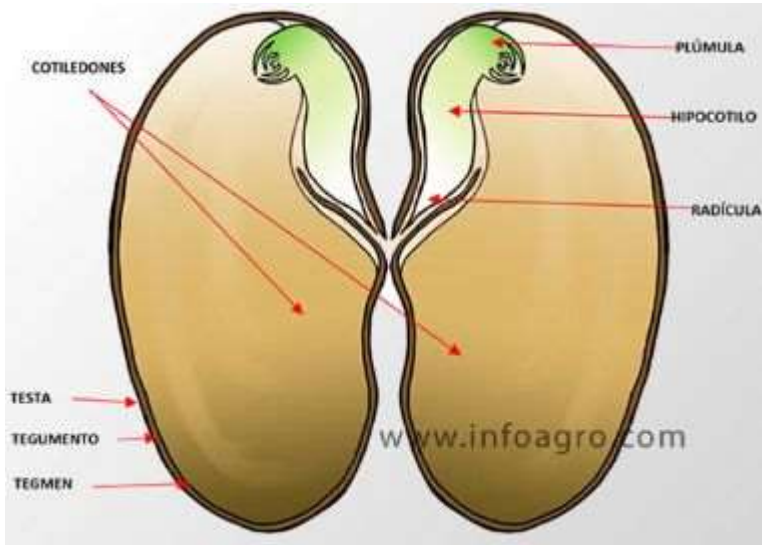


Figura 2. Partes del grano de frijol. Fuente: www.infoagro.com

3.3 Extrusión de la harina de cotiledones

Como se mencionó anteriormente, la extrusión es un proceso que puede usarse para mitigar los factores antinutricios en la harina de frijol, por lo que fue conveniente someter la harina de cotiledones del frijol a este proceso. Para la extrusión, primero se acondicionó la harina de cotiledones del frijol al 24 % de

humedad y luego se procesó la muestra en un extrusor de laboratorio (Brabender, modelo 815807) bajo las siguientes condiciones: tornillo 1:1, dado de salida con una abertura de 3 mm, temperatura de 120 °C en las cuatro zonas del barril, velocidad de alimentación de 30 g de harina por minuto y una velocidad de extrusión de 95 rpm. El extruido se secó en un horno de convección a 50 °C hasta sequedad y se molió hasta obtener una harina fina.

3.4 Elaboración de los tallarines con harina de frijol

Para elaborar los tallarines con harina extruida de frijol, se usó una proporción 70 % de sólidos, 25 % de agua y 5 % de huevo (Cuadro 1). Sin embargo, si se desea modificar la textura de la pasta, se puede incrementar la cantidad de huevo o adicionar algún ingrediente lipídico y disminuir el agua.

En cuanto a las harinas utilizadas, se definió una proporción de 75 % / 25 % (HT / HEC, respectivamente) del total de los sólidos, así como una pasta testigo de 100 % HT para fines comparativos.

Cuadro 1. Formulación para elaborar pasta tipo tallarín con harina de trigo (HT) y harina extruida de cotiledones (HEC) de frijol.

| Ingrediente | Cantidad |
|--------------------|-----------------|
| HT | 52.5 g |
| HEC | 17.5 g |
| Agua | 25 ml |
| Huevo | 5 g |

Como primer paso, se pesan todos los ingredientes. De ser necesario, se ciernen las harinas para evitar el paso de partículas de tamaño irregular y mejorar la presentación del producto.

Se coloca el huevo y el agua en un recipiente y se homogenizan. A continuación, se deposita la mezcla de harinas en un recipiente hondo y se le adiciona la mezcla del huevo con agua poco a poco, mientras se va amasando. Una vez que la masa está homogénea y suave, se extiende con un rodillo o con una máquina para pastas. Se puede enharinar la masa para facilitar su manejo.

Finalmente, se pasa la masa por la cortadora para obtener los tallarines, o se puede cortar manualmente con un cuchillo. Los tallarines resultantes se pueden secar para su almacenamiento y posterior uso. Si se

consume inmediatamente, la pasta fresca se cuece en agua hirviendo con sal por 2 minutos o al dente.

Esta es una receta base para la elaboración de tallarines. Sin embargo, se puede condimentar al gusto con otros ingredientes, tales como: aceite de oliva, cebolla, ajo, especias, etc.

3.5 Análisis proximal y fibra dietética

Se determinó la composición proximal de los tallarines de acuerdo a lo descrito por los métodos del AOAC (2005): humedad (método 925.23), cenizas (método 945.46), proteínas (método 920.105) y grasas (método 920.39). Los carbohidratos se calcularon por diferencia. Como parte de los compuestos nutraceuticos de los productos, se cuantificó la fibra dietética total (FDT) de acuerdo al método descrito por Prosky *et al.*, (1985). El almidón resistente (AR) se determinó de acuerdo a lo descrito por Saura-Calixto *et al.*, (1993).

3.6 Estudio *in vivo*

3.6.1 Material biológico

Se obtuvieron 60 ratas macho de la cepa Wistar (Figura 3) del bioterio de la Unidad Académica de Ciencias

Químicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas
Campus Siglo XXI.



Figura 3. Rata (*Rattus norvegicus*) cepa Wistar

3.6.2 Diseño del estudio *in vivo*

El experimento constó de 60 ratas macho que fueron divididas en seis grupos de diez individuos cada uno (n=10). La clasificación de cada grupo se realizó con base en su peso corporal y los niveles de glucosa sanguínea una semana después de la inducción química de la diabetes (Cuadro 1).

Cuadro 2. Grupos de experimentación con ratas inducidas con diabetes tipo 2

| Condición de los animales | Tipo de pasta adicionada a dieta | Tratamiento con metformina | Grupo |
|----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------|
| Sano (n=10) | - | - | Control negativo |
| Diabético (n=10) | - | - | Control positivo |
| Diabético (n=10) | - | X | Diabético + metformina |
| Diabético (n=10) | Pasta trigo | - | Diabético + PT |
| Diabético (n=10) | Pasta frijol | - | Diabético + PF |
| Diabético (n=10) | Pasta frijol | X | Diabético + PF + metformina |

PT: pasta elaborada con harina de trigo

PF: pasta elaborada con harina extruida de cotiledones de frijol

3.6.3 Acondicionamiento de los roedores: las ratas Wistar fueron sometidas a un ciclo de luz/oscuridad de 12/12 horas, a una temperatura de 25 °C y una humedad relativa de 12%.

Desde el destete, las ratas fueron alimentadas con alimento base para roedores: nutricubos de Agribrands Purina®, México.

El grupo control sano se alimentó únicamente con el alimento base pulverizado, mencionado anteriormente. Esta dieta se denominó “dieta estándar”.

Todos los animales experimentales, excepto los que conformaron el control negativo, fueron alimentados con una dieta alta en grasa durante seis semanas, para lo cual, se hizo una mezcla de la dieta estándar con grasa de puerco comercial al 32 %.

3.6.4 Inducción de la Diabetes mellitus tipo 2

Todos los animales fueron alimentados *ad libitum* (sin restricción) con el alimento estándar (nutricubo) para roedores hasta alcanzar un peso aproximado de 300 g. Una vez que las ratas llegaron al peso deseado, se comenzó la dieta alta en grasa (dieta estándar

pulverizada con 32 % de manteca de cerdo) por seis semanas.

Transcurrido el tiempo de dieta alta en grasa, se dejó en ayuno a los animales por 8 h y posteriormente se realizó la inducción química de la diabetes mediante la inyección vía intraperitoneal del fármaco estreptozotocina, el cual es un antibiótico utilizado en la quimioterapia del cáncer e induce diabetes tipo 2 (DM2) en roedores recién nacidos no predispuestos, mediante la destrucción de sus células β pancreáticas (Arias y Balibrea, 2007) en una dosis de 30 mg/Kg de peso corporal.

Después de una semana de la administración de la estreptozotocina, se midió los niveles de glucosa sérica en ayunas con tiras reactivas mediante el uso de un glucómetro (AccuCheck Instant, marca ROCHE), para identificar los animales enfermos. La toma de sangre se realizó mediante una incisión en la punta de la cola de las ratas con ayuda de un bisturí, para obtener sangre de la vena caudal del animal y llevar a cabo las lecturas.

Las ratas que tuvieron valores de glucosa sanguínea de al menos 150 mg/dL se consideraron como diabéticos, estos animales se agruparon de manera aleatoria en 5

grupos (n=10) procurando un promedio inicial similar entre grupos.

3.6.5 Tratamiento antidiabético

Durante las seis semanas posteriores a la inducción de la diabetes con estreptozotocina, se suministró una dieta alta en grasa a los animales que comprendían el control diabético. Los grupos de tratamiento con las pastas (tallarines) cocidas y liofilizadas recibieron dieta alta en grasa adicionada con pasta en una dosis que simula la ración diaria recomendada de pasta por un adulto normopeso en México. Adicionalmente, grupos de tratamiento con metformina, fueron alimentados con la misma dieta. Los animales fueron alimentados con esta dieta hasta el momento del sacrificio. El control negativo (ratas sanas) fue alimentado con la dieta estándar durante todo el experimento.

3.6.6 Administración de medicamento (Metformina)

La metformina es un fármaco antihiper glucemiante comúnmente recetado a pacientes que padecen diabetes tipo 2. Para comparar el efecto del fármaco con el de los tallarines con frijol, se administró diariamente, por vía oral, 1 mL de una solución de

metformina a los grupos Diabético + Metformina y Diabético + pasta con HEC + Metformina. La solución de metformina se preparó de manera específica para cada rata, con base en su peso corporal, en una dosis de 30 mg/kg, de acuerdo a lo indicado por Figueroa-Pérez *et al.*, (2015).

3.6.7 Sacrificio de animales y determinación de la concentración de glucosa sérica

Una vez pasado el periodo de experimentación con animales experimentales, estos fueron sacrificados según lo señalado en las NOM-033-ZOO-1995, NOM-051-ZOO-1995, la NOM-056-SSA1-1993 y la NOM -087 - ECOL -SSA1 -2002 sobre el manejo de RPBI.

Se llevó a cabo el registro en los niveles de glucosa post-sacrificio. Las muestras tomadas de suero se almacenaron a -70 °C en un ultracongelador en el INIFAP Zacatecas hasta su uso. Se determinó glucosa sérica empleando kits enzimáticos de laboratorios RANDOX®. Las muestras de suero se mezclaron con el reactivo del kit y la concentración de glucosa se midió espectrofotométricamente a 500 nm.

Cálculos:

Concentración de glucosa:

$$(\text{mg/dl}) = \frac{A_{\text{muestra}}}{A_{\text{estandar}}} \times [] \text{ de estándar (mg/dl)}$$

[] de estándar: 100

3.8 Análisis estadístico

Los resultados se analizaron con base en un diseño experimental completamente aleatorio con un factor (JMP® versión 10.1 del sistema de análisis estadístico (SAS)). La significancia de los valores medios se analizó por la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4. Resultados

4.1 Composición química de tallarines

La composición química de las harinas de cotiledones de frijol (HCC y HEC), la pasta elaborada con HEC y la pasta testigo de 100 % trigo (HT) se muestra en el Cuadro 3, donde puede observarse que el porcentaje de humedad fue similar en todos los casos, siendo mayor en la pasta testigo, debido a la capacidad de absorción de agua del trigo, lo que no solamente puede influir en la textura del producto, sino también

en su actividad de agua y vida de anaquel (Ribeiro *et al.*, 2021). Estos resultados son similares a los reportados por Gallegos-Infante *et al.*, (2010) quienes elaboraron spaghetti con frijol de grano entero.

Cuadro 3. Composición proximal (%) de harinas de cotiledones de frijol y tallarines

| Muestra | Humedad | Cenizas | Grasa | Proteínas | HCO |
|--------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| HCC | 3.35 ± 0.01 ^c | 3.85 ± 0.02 ^b | 2.06 ± 0.17 ^b | 21.55 ± 0.38 ^a | 69.17 ± 0.21 ^c |
| HEC | 3.79 ± 0.07 ^b | 4.56 ± 0.005 ^a | 2.03 ± 0.05 ^b | 22.4 ± 0.10 ^a | 67.21 ± 0.06 ^d |
| Tallarines con HEC | 3.43 ± 0.04 ^c | 1.4 ± 0.01 ^c | 2.63 ± 0.13 ^{ab} | 14.73 ± 0.15 ^b | 77.80 ± 0.32 ^b |
| Tallarines HT | 4.63 ± 0.07 ^a | 1.07 ± 0.005 ^d | 2.74 ± 0.05 ^a | 12.21 ± 0.04 ^c | 79.34 ± 0.07 ^a |

HCC: harina cruda de cotiledones. HEC: harina extruida de cotiledones. HT: harina de trigo. HCO: carbohidratos. Los resultados se presentan como la media el ± error estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa entre muestras. Prueba de Tukey $\alpha=0.05$.

Como era de esperarse, las harinas de frijol presentaron considerablemente mayor cantidad de cenizas, las cuales se relacionan con el contenido de minerales en los alimentos (Harris y Marshall, 2017), esto se ve reflejado en el mayor contenido de cenizas en los

tallarines con HEC en comparación al testigo, lo que influye en la calidad nutricional de la pasta.

Respecto a las proteínas, puede notarse que la adición de HEC influyó de manera positiva en el contenido de estos nutrimentos en la pasta elaborada con HEC (Cuadro 3), quien presentó una diferencia significativa en comparación con la harina testigo de 100 % trigo, lo que reafirma que el uso de la HEC aumenta la calidad nutricional de la pasta.

El contenido de grasa fue mayor en la pasta testigo respecto a la pasta con HEC (Cuadro 3); sin embargo, se encuentran en el rango generalmente reportado para pastas (Varela *et al.*, 2019).

Finalmente, se puede observar que el uso de trigo influye significativamente en el contenido de carbohidratos totales (Cuadro 3), ya que la pasta testigo presentó mayor porcentaje de este nutrimento, seguido por la pasta elaborada con HEC, y en menor grado, las harinas de cotiledones, lo cual puede ser beneficioso para quienes buscan consumir alternativas alimentarias con un menor contenido de carbohidratos. Estos resultados son comparables con lo reportado por Astaíza *et al.*, (2010), quienes observaron significativamente más carbohidratos en

pastas control elaboradas con trigo respecto a pastas funcionales enriquecidas con quinoa y zanahoria.

4.2 Contenido de fibra dietética y almidón resistente

En el cuadro 3 puede observarse que las harinas de cotiledones de frijol tienen significativamente más fibra dietética total (FDT), lo cual sugiere que esta harina es una excelente fuente de este componente si se utiliza como ingrediente o aditivo en el desarrollo de alimentos funcionales. En este sentido, se ha reportado que la fibra dietética del frijol promueve la salud del colon y ayuda a disminuir los niveles de glucosa, triglicéridos y colesterol séricos (Pérez-Ramírez *et al.*, 2018). Esta ventaja se puede observar, por consecuencia, en el contenido de FDT de los tallarines adicionados con HEC, el cual es 1.74 veces mayor respecto a la pasta testigo (100 % HT) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Fibra dietética y almidón resistente (%) en las harinas de cotiledones de frijol y tallarines

| Muestra | Fibra dietética total | Almidón resistente |
|--------------------|------------------------------|---------------------------|
| HCC | 25.47 ± 0.04 ^a | 3.75 ± 0.22 ^c |
| HEC | 21.73 ± 0.05 ^b | 3.88 ± 0 ^c |
| Tallarines con HEC | 11.26 ± 0.21 ^c | 7.07 ± 0.13 ^a |
| Tallarines HT | 6.45 ± 0.14 ^d | 5.64 ± 0.23 ^b |

HCC: harina cruda de cotiledones. HEC: harina extruida de cotiledones. HT: harina de trigo. Los resultados se presentan como la media el ± error estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa entre muestras. Prueba de Tukey, $\alpha=0.05$.

Respecto al contenido de almidón resistente (Cuadro 3), se observó una disminución del mismo en la HEC, posiblemente debido a la disminución de agua en la harina (Cuadro 2) durante el proceso de extrusión (Simons *et al.*, 2015). Asimismo, puede observarse que los tallarines con HEC presentaron significativamente mayor cantidad de almidón resistente que la pasta testigo. Este efecto también se ha reportado por Grajales-García *et al.*, (2012), quienes observaron un incremento significativo en el almidón resistente al adicionar harina de frijol a tortillas de maíz nixtamalizado, así como una disminución en el almidón disponible y el índice glicémico de dichas

tortillas, lo que confirma los beneficios del uso de harinas de frijol para mejorar el potencial nutracéutico de productos alimentarios.

4.3 Concentración de glucosa en suero

Como era de esperarse, al final del tratamiento con frijol se observó diferencia significativa entre los controles sano y diabético. El consumo prolongado de la dieta alta en grasa (control diabético) llevó a un incremento del 417.5 % en la concentración de glucosa respecto al control sano (CS) (Figura 4). Este tratamiento (CD) superó a todos los grupos en términos de concentración de glucosa.

Es importante señalar que no hubo diferencia significativa entre los de animales sanos y aquellos animales que recibieron una dieta alta en grasa junto con la pasta tipo tallarín con HEC (Figura 4). En el grupo diabético + pasta HEC + metformina (D+PF+MET) respecto al control sano se observó una diferencia del 20.12 %. Finalmente, el grupo diabético + pasta de trigo (D+PT) presentó la concentración de glucosa más alta de todos los tratamientos con pasta (Figura 4).

Estos resultados demuestran que la adición de frijol en la pasta (tallarines) ejerce un efecto positivo en la

glucemia postprandial (posterior a la ingesta de alimentos) debido a su bajo índice glucémico (Bielefeld *et al.*, 2020) y es independiente del efecto de la metformina (Figura 4). Estos beneficios observados se relacionan con lo reportado por diversos estudios, donde se ha demostrado que la ingesta regular de frijol ejerce efectos funcionales debido a su contenido de compuestos nutracéuticos, tales como la fibra dietética, inhibidores de α -amilasa, compuestos antioxidantes, entre otros (Suárez-Martínez *et al.*, 2016; Nchanji y Ageyo, 2021).

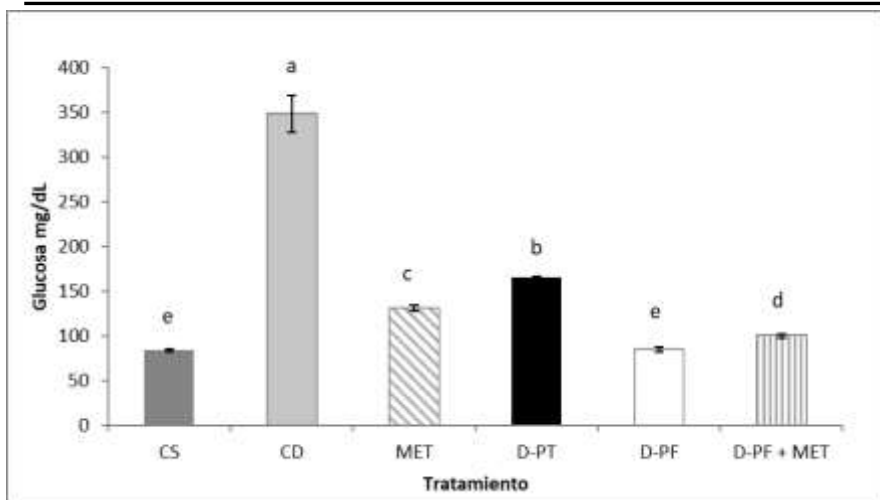


Figura 4. Concentración de glucosa al final del periodo de experimentación. Los datos se expresan como la media \pm EE. Letras diferentes entre barras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) con la prueba de Tukey.

CS: control sano. CD: control diabético. MET: diabético + metformina. D-PT: diabético + pasta trigo (control). D-PF: diabético + pasta frijol. D-PF + Met: diabético + pasta frijol + metformina.

5. Conclusiones

Con base en la estrategia experimental aplicada en este trabajo de investigación, se puede sugerir la adición de harinas provenientes del grano de frijol en la elaboración de pastas (tallarines) para mejorar la calidad nutricional, nutracéutica y funcional de los productos alimentarios, pues se ha observado un efecto positivo en los niveles de glucosa en suero de animales experimentales. Además de los beneficios

que puede implicar en la salud, el uso de harinas mixtas con frijol representa una opción para dar valor agregado al cultivo y diversificar los ingresos de los productores locales.

6. Bibliografía

- Agarwal, A. 2016. Duality of Anti-nutritional Factors in Pulses. *Journal of Nutritional Disorders & Therapy*. 6: 1.
- (AOAC) Association of Official Analytical Chemists. (2005). *Official methods of analysis*. 18th ed. Arlington, Va.: AOAC.
- Arias, J & Balibrea, J. 2007. Modelos animales de intolerancia a la glucosa y diabetes tipo 2. *Nutrición Hospitalaria*, 318, pp.160-168.
- Astaíza, M., Ruiz, L.P. & Elizalde, A. 2010. Elaboración de pastas alimenticias enriquecidas a partir de harina de quinua (*Chenopodium quinoa wild.*) y zanahoria (*Daucus carota*). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8, 43-53.
- Bielefeld, D., Grafenauer, S. & Rangan, A. 2020. The Effects of Legume Consumption on Markers of Glycaemic Control in Individuals with and without

Diabetes Mellitus: A Systematic Literature Review of Randomised Controlled Trials. *Nutrients*. 12, 2123.

Chávez-Mendoza, C., Hernández-Figueroa, K. I., & Sánchez, E. (2019). Antioxidant Capacity and Phytonutrient Content in the Seed Coat and Cotyledon of Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Various Regions in Mexico. *Antioxidants*. 8(1), 5.

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). “Frijol para México, plan estratégico que ya comienza a construirse”. Nota divulgativa. Diciembre de 2019. <https://idp.cimmyt.org/frijol-para-mexico-plan-estrategico-que-ya-comienza-a-construirse/>

Damián-Medina, K., Milenkovic, D., Salinas-Moreno, Y., Corral-Jara, K. F., Figueroa-Yáñez, L., Marino-Marmolejo, E. & Lugo-Cervantes, E. 2022. Anthocyanin-rich extract from black beans exerts anti-diabetic effects in rats through a multi-genomic mode of action in adipose tissue. *Frontiers in nutrition*, 9, 1019259.

Figueroa-Pérez, M. G., Gallegos-Corona, M. A., Ramos-Gomez, M. & Reynoso-Camacho, R. (2015). Salicylic acid elicitation during cultivation of the peppermint

plant improves anti-diabetic effects of its infusions. Food & Function. 6(6): 1865–1874.

Gallegos-Infante, J.A., Bello-Perez, L.A., Rocha-Guzman, N.E., Gonzalez-Laredo, R.F. & Avila-Ontiveros, M. (2010). Effect of the addition of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour on the *in vitro* digestibility of starch and undigestible carbohydrates in spaghetti. J Food Sci. 75(5), H151-H156.

Grajales-García, E. M., Osorio-Díaz, P., Goñi, I., Hervert-Hernández, D., Guzmán-Maldonado, S. H. & Bello-Pérez, L. A. (2012). Chemical composition, starch digestibility and antioxidant capacity of tortilla made with a blend of quality protein maize and black bean. Int J Mol Sci, 13(1), 286-301.

Harris, G.K. & Marshall, M.R. (2017). Ash Analysis. In: Nielsen, S.S. (eds) Food Analysis. Food Science Text Series. Springer, Cham.

Issaoui M., Delgado A.M., Caruso G., Micali M., Barbera M., Atrous H., Ouslati A. & Chammem N. (2020). Phenols, Flavors, and the Mediterranean Diet. J. AOAC Int. 103: 915-924.

Lara-Flores, M. 2015. El cultivo de frijol en México. Revista Digital Universitaria. 16 (2): 1-11.

- Los, F.G., Zielinski, A.A., Wojeicchowski, J.P., Nogueira, A. & Demiate, I.M. 2018. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): whole seeds with complex chemical composition. *Current Opinion in Food Science*, 19, 63-71.
- Marolt, G. & Kolar, M. (2020). Analytical Methods for Determination of Phytic Acid and Other Inositol Phosphates: A Review. *Molecules*. 26(1), 174.
- Nchanji, E. B. & Ageyo, O. C. 2021. Do Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Promote Good Health in Humans? A Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical and Randomized Controlled Trials. *Nutrients*, 13(11), 3701.
- Pérez-Ramírez, I. F., Becerril-Ocampo, L. J., Reynoso-Camacho, R., Herrera, M. D., Guzmán-Maldonado, S. H. & Cruz-Bravo, R. K. 2018. Cookies elaborated with oat and common bean flours improved serum markers in diabetic rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(3), 998–1007.
- Prosky, L., Asp, N.G., Schweizer, T.F., DeVries, J.W. & Furda, I. (1988). Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *J Assoc Off Anal Chem*. 71, 1017-1023.

- Ramírez-Jaspeado, R., Palacios-Rojas, N., Nutti, M. & Pérez, S. (2020). Estados potenciales en México para la producción y consumo de frijol biofortificado con hierro y zinc. *Fitotecnia*. 43: 11-23.
- Ribeiro, A.R., Botelho, G., Gaspar, A. & Costa, R. (2021). Storage Stability of Durum Wheat Pasta Enriched with Seaweeds Flours. *Foods*. 10, 2450.
- Saura-Calixto F, Goñi I, Bravo L. & Mañas, E. (1993). Resistant starch in foods: modified method for dietary fiber residues. *J. Food Sci.* 58: 642–643.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. La importancia del frijol en México. Nota divulgativa. Junio de 2019. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-importancia-del-frijol-en-mexico>
- Simons, C.W., Hall, C., Tulbek, M., Mendis, M., Heck, T. & Ogunyemi, S. (2015). Acceptability and characterization of extruded pinto, navy and black beans. *J Sci Food Agric*. 95(11):2287-2291.
- Suárez-Martínez, S. E., Ferriz-Martínez, R. A., Campos-Vega, R., Elton-Puente, J. E., de la Torre Carbot, K. & García-Gasca, T. 2016. Bean seeds: Leading nutraceutical source for human health. *CYTA - Journal of Food*, 14(1), 131–137.

Varela, C.N., Fajardo, M.A., Garrido, B.R., Alassia, F.R.,
Garrido, C.V., León, N.M. & Cian, R.E. (2019).
Composición química y calidad proteica de fideos
complementados con harina de *Porphyra
columbina*. *Diaeta*, 37(167), 08-17.

La cita correcta de este folleto es:

Cruz-Bravo, R.K., Herrera, M.D., Reyes-Estrada, C. y García-Robles, M.J. 2023. Efecto antidiabético de tallarines con harina extruida de cotiledones de frijol en un modelo *in vivo*. Folleto Técnico Núm. 120. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC, INIFAP. 32 pp.

Comité Editorial del CIRNOC

M.C. Yasmin Ileana Chew Madinaveitia
Dr. Esteban Salvador Osuna Ceja
Dr. José Ángel Sigala Rodríguez
Dr. Pedro Jurado Guerra
MC. Mayra Denise Herrera
M.C. María Gabriela Ramírez Valadez
Dr. Arturo Corrales Suastegui
M.C. Omar Castor Ponce García

Comité Editorial del CE Zacatecas

Presidente: M.C. Mayra Denise Herrera
Secretario: Dr. Luis Roberto Reveles Torres
Vocal: Dr. Miguel Servín Palestina
Vocal: Dr. Juan José Figueroa González
Vocal: Dra. Raquel Karina Cruz Bravo

Edición

Dra. Raquel Karina Cruz Bravo

Revisión Técnica

Dr. Juan José Figueroa González

Diseño y fotografía

Dra. Raquel Karina Cruz Bravo

Código INIFAP

MX-0-330914-15-02-11-09-120

El proceso editorial de esta publicación y el formato electrónico se terminó en diciembre de 2023, en el Campo Experimental Zacatecas, Kilometro 24.5 Carretera Zacatecas - Fresnillo. C.P. 98500, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas. México.

Tel: 55-38-71-87-00 ext. 82328

Publicación Electrónica disponible en
la biblioteca digital del INIFAP:

https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content
www.gob.mx/inifap



Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centros de Investigación y Campos Experimentales del INIFAP



Directorio del CE Zacatecas

Dr. Luis Roberto Reveles Torres
Director de Coordinación y Vinculación

| | | |
|------|---------------------------------|--|
| Dr. | Guillermo Medina García | Agrometeorología y Modelaje |
| Dra. | Nadiezhdá Y. Ramírez Cabral | Agrometeorología y Modelaje |
| MG. | José Israel Casas Flores | Agrometeorología y Modelaje |
| Dr. | Alfonso Serna Pérez | Fertilidad de suelos y nutrición vegetal |
| Dr. | Francisco G. Echavarría Cháirez | Fertilidad de suelos y nutrición vegetal |
| MC. | José Ángel Cid Ríos | Fríjol y Garbanzo |
| Dr. | Juan José Figueroa González | Fríjol y Garbanzo |
| MC. | Mayra Denise Herrera | Fríjol y Garbanzo |
| MC | Valentín Melero Meráz | Frutales |
| Ing. | Manuel Reveles Hernández | Hortalizas |
| Dr. | Miguel Servín Palestina | Ingeniería de Riego |
| Dra. | Raquel Cruz Bravo | Inocuidad de Alimentos |
| MC | Enrique Medina Martínez | Maíz |
| MC. | Francisco A. Rubio Aguirre | Pastizales y Cultivos Forrajeros |
| Dr. | Ramón Gutiérrez Luna | Pastizales y Cultivos Forrajeros |
| MC. | Ricardo A. Sánchez Gutiérrez | Pastizales y Cultivos Forrajeros |
| Dr. | Luis Roberto Reveles Torres | Recursos Genéticos: Forestales, Agrícolas, Pecuarios y Microbianos |
| Dr. | Jaime Mena Covarrubias | Sanidad Forestal y Agrícola |
| Dra. | Blanca I. Sánchez Toledano | Socioeconomía |



www.gob.mx/inifap

El frijol es parte de la dieta tradicional mexicana y el tercer cultivo de mayor importancia en México. Nutricionalmente, se le ha reconocido por ser fuente de proteínas, fibra, vitaminas del complejo B, hierro, calcio, potasio, fósforo, zinc, entre otros. Además, de tener efectos benéficos en la salud como: antidiabético, antioxidante, antihipertensivo y anticancerígeno. Sin embargo, su consumo ha ido disminuyendo constantemente en las últimas décadas. Es por ello, que en este folleto se propone el uso de harina de cotiledones del frijol para elaborar tallarines con efecto antidiabético en un modelo *in vivo*, de tal manera que se ofrezcan alternativas saludables y atractivas de consumo, así como coadyuvar en la agregación de valor del cultivo y la generación de recursos en beneficio de los productores de frijol.

