



# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTEPEC

## TESIS

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE HARINAS NO  
CONVENCIONALES PARA HOTCAKES LIBRES DE GLUTEN  
CON ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE”**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS**

## PRESENTA

**IBQ. DANIELA VELASCO CRISTOBAL**

## DIRECTOR

**DRA. IVET GALLEGOS MARÍN**

## CO-DIRECTOR

**DRA. CECILIA EUGENIA MARTÍNEZ SÁNCHEZ**

## CO-DIRECTOR EXTERNO

**DR. JUAN RAMÍREZ RODRÍGUEZ**



**Educación**

Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Tuxtepec  
División de Estudios Profesionales

**Autorización de Presentación Electrónica de Tesis**

San Juan Bautista Tuxtepec, Oax., 12/diciembre/2024

Oficio No. DEP/CT-5734

**C. DANIELA VELASCO CRISTÓBAL**  
**EGRESADO DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS**  
**CON NÚMERO DE CONTROL M15350069**  
**P R E S E N T E**

POR MEDIO DE LA PRESENTE ME PERMITO COMUNICARLE QUE EL COMITÉ TUTORIAL INTEGRADO POR LOS CC. IVET GALLEGOS MARÍN, CECILIA E. MARTÍNEZ SÁNCHEZ, JUAN RODRÍGUEZ RAMÍREZ, ERNESTINA PAZ GAMBOA Y JUAN GABRIEL TORRUCO UCO REVISÓ Y APROBÓ EN SU TOTALIDAD EL TRABAJO PROFESIONAL DENOMINADO "CARACTERIZACIÓN FISIQUÍMICA DE HARINAS NO CONVENCIONALES PARA HOTCAKES LIBRES DE GLUTEN CON ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE." PRESENTADO POR USTED COMO PRODUCTO DE TESIS DE ACUERDO AL LINEAMIENTO DE TITULACIÓN CORRESPONDIENTE, PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN ALIMENTOS. POR LO ANTERIOR Y DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS INSTITUCIONALES SE LE DA TRÁMITE LEGAL PARA QUE PROCEDA A LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO PROFESIONAL.

**ATENTAMENTE**  
*Excelencia en Educación Tecnológica  
Ciencia y Técnica Presentes al Futuro*

**JULIÁN KURI MAR**  
**SUBDIRECTOR ACADÉMICO**

ccp. Depto. Servicios Escolares  
Archivo  
M/HC/emh\*



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTEPEC**

**SUBDIRECCIÓN  
ACADÉMICA**



Calzada dr. Victor Bravo Ahuja, núm. 561. Col. Predio el Paraíso. C.P. 68350. Tuxtepec, Oax.  
Tel. 8751880 y 8751044 e-mail: division@tuxtepec.tecnm.mx | www.tuxtepec.tecnm.mx



**2024**  
**Felipe Carrillo**  
**PUERTO**

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE HARINAS NO CONVENCIONALES  
PARA HOTCAKES LIBRES DE GLUTEN CON ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE”**

Por:

**Daniela Velasco Cristóbal**

Tesis Propuesta al:

**Instituto Tecnológico de Tuxtepec**

Como requisito para obtener el grado de

**Maestra en Ciencias en Alimentos**

**Diciembre 2024**

**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO**

Yo, **C. Daniela Velasco Cristóbal** con Número de control: **M15350069**, RFC: **VECD910721AX0**, alumna de la Maestría en Ciencias en Alimentos, del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, autora de la Tesis titulada “**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE HARINAS NO CONVENCIONALES PARA HOTCAKES LIBRES DE GLUTEN CON ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE**”.

DECLARO QUÉ:

1. El presente trabajo de investigación y tema de la tesis presentada para la obtención del grado de Maestra en Ciencias en Alimentos es original y asignado por mi Director de tesis la **Dra. Ivet Gallegos Marín**, siendo resultado de mi trabajo experimental y escritura personal, el cual no he copiado de otro trabajo de investigación, ni utilizado ideas, fórmulas, ni citas completas, así como ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa). Caso contrario, menciono de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otro que tenga derechos de autor.
2. Declaro que el trabajo de investigación que pongo en consideración para evaluación no ha sido presentado anteriormente para obtener algún grado académico o título, ni ha sido publicado en sitio alguno.
3. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones administrativas y/o legales por parte del instituto, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en la tesis, así como de los derechos sobre la obra presentada. Asimismo, me hago responsable ante la Institución o terceros, de cualquier irregularidad o daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado. De identificarse falsificación, plagio, fraude, o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normativa vigente del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec.

IBQ Daniela Velasco Cristóbal

Nombre y firma

Tuxtepec Oaxaca a 10 de noviembre de 2024

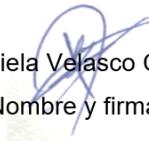
**CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, a 10 de Noviembre de 2024, la que suscribe **C. Daniela Velasco Cristobal** alumna del Programa de Maestría en Ciencias en Alimentos con número de control: **M15350069**, adscrita al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la **Dra. Ivet Gallegos Marín** y cede los derechos del trabajo titulado: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE HARINAS NO CONVENCIONALES PARA HOTCAKES LIBRES DE GLUTEN CON ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE”**. Al Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tuxtepec para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o de datos del trabajo sin el permiso expreso de la autora y/o directora del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a los correos: [dany.vc@hotmail.com](mailto:dany.vc@hotmail.com) y [ivetg18@hotmail.com](mailto:ivetg18@hotmail.com), si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente este.

IBQ Daniela Velasco Cristóbal

Nombre y firma



## DEDICATORIAS

Primero agradecer a **Dios** por darme fuerzas y guiarme en esta dirección para concluir esta etapa de mis estudios de posgrado, y seguir guiándome para nuevos proyectos, profesionales y académicos en mi vida.

Dedico esto a mis padres, mi madre **Dra. Celia Cristóbal Hernández** que me dio la vida, y siempre ha alentado para continuar en el mundo de la investigación y el conocimiento, porque siempre hay algo nuevo que aprender y la edad jamás es un impedimento; a mi difunto padre el contador **Rodolfo Velasco Carlín** que me enseñó a nunca rendirme y siempre luchar por lo que deseas, a mis hermanos **Lorena Velasco Cristóbal** y **Carlos Rodolfo Velasco Cristóbal**, que siempre han sido un ejemplo a seguir.

A mi hija **Sonia Julieta Martínez Velasco**, por ser el motor de mi vida, y siempre buscar mejorar como persona, profesionista y madre, sin ti esto no sería posible.

A mi pareja **Dr. Carlos Baruc Solís Hernández**, por su apoyo incondicional, y siempre tomar mi mano en toda esta trayectoria, ser paciente y entender todo lo que implicaba este posgrado para mí y mi trayectoria profesional.

A mis amistades, que, aunque quisiera escribir todos sus nombres, creo que no entrarían en una sola página, porque todos ellos que me animaron y apoyaron en toda esta travesía y aventura y también nunca me dejaron caer.

## RECONOCIMIENTOS

Mención a la **Dra. Ivet Gallegos Marín**, por la paciencia y sabiduría transmitida en este tiempo de trabajar bajo su tutela, gracias por ser mi maestra y amiga en mi formación.

Al **Instituto Tecnológico de Tuxtepec** y sus docentes, que todos ellos, gracias a sus observaciones pude mejorar en el ámbito profesional.

Al **Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT)** por otorgarme el apoyo económico, lo cual facilitó culminar el proyecto.

## RESUMEN

Tras la pandemia, en México se ha resaltado la importancia de mejorar los hábitos alimentarios para responder los nuevos desafíos de salud que podrían surgir en los próximos años. En este contexto el consumo de harina es habitual en nuestra dieta, ya que se encuentra presente en productos como tortillas, panes, galletas, bollería. La industria alimentaria ha explorado diversas alternativas para satisfacer estas necesidades sin afectar la calidad tecnológica de los productos de panificación y repostería, destacando entre ellas el uso de harinas no convencionales, que provienen de fuentes distintas al trigo y que no contengan gluten. Por lo que el objetivo de este proyecto fue la elaboración de hotcakes mediante la combinación de diferentes harinas no convencionales, como la harina de linaza (HL), harina de almendra (HA), y polvo de hoja de moringa (PHM) en formulaciones con un 1-5-10% (F1), 1.5-7.5-15% (F2) y 2-7.5-15% (F3) de cada ingrediente, sobre una base de arroz para que sea apta para celíacos. Las formulaciones se caracterizaron mediante un AQP, se le determinó el color, viscosidad y actividad antioxidante. Posteriormente se prepararon los hotcakes con una receta estándar que incluía huevo, leche y un tiempo de cocción de 10 min/200 °C resultando en las muestras (HF1), (HF2) y (HF3) correspondiente a cada formulación de harina. Los resultados mostraron que la F3 presentó el mayor contenido de fibra (6.15%) y grasa (11.45%) y el menor contenido de carbohidratos (60.44%), sin mostrar diferencia significativa en el contenido de proteína entre las formulaciones ( $p < 0.05$ ). En los hotcakes, HCF3 mostró mayor contenido de grasa (13.02%), proteína (18.50%) y fibra (4.14%). En cuanto a la viscosidad F1 alcanzó 17,831.3 mPas\*s a 200 rpm. En el perfil de textura HCF1 obtuvo los valores más altos en dureza, gomosidad y masticabilidad (28.38, 16.55 y 9.38 N, respectivamente). En relación con los compuestos fenólicos totales (CPT) y contenidos de flavonoides totales (CFT), F3 mostró los valores más altos (52.84 mg EAG/g extracto y 407.07 mg Q/g extracto, respectivamente). Los hotcakes HCF1 y HCF2 presentaron los mayores contenidos de CPT (12.06 y 12.10 mg EAG/g extracto, respectivamente), CFT fue mayor en HCF2 (262.51 mg Q/g extracto). La F2 presentó los valores más bajos de  $IC_{50}$  en DPPH<sup>+</sup> y ABTS<sup>+</sup> con 23.25 y 4.16 mg de extracto/mL, respectivamente mientras que en los

hotcakes los valores más bajos fueron para HCF2 y HCF3 (33.03 mg de extracto/mL para el radical DPPH<sup>+</sup> sin diferencias significativas en ABTS<sup>\*+</sup> entre las muestras. En la evaluación sensorial, los hotcakes HCF1 y HCF3 obtuvieron una calificación de 5, indicando aceptación general del público. Aunque las diferencias en las formulaciones son sutiles, se observaron variaciones significativas en las pruebas fisicoquímicas y organolépticas. En conclusión, la formulación F2 demostró ser la más óptima, tanto en su uso en harina como en hotcakes, ofreciendo una mezcla estable, con valores intermedios de viscosidad y perfil de textura, conservando los antioxidantes después de la cocción y siendo bien aceptada sensorialmente.

## ABSTRACT

After the pandemic, the importance of improving eating habits to respond to the new health challenges that could arise in the coming years has been highlighted in Mexico. In this context, the consumption of flour is common in our diet, as it is present in products such as tortillas, breads, cookies, and pastries. The food industry has explored various alternatives to meet these needs without affecting the technological quality of bakery and pastry products, highlighting among them the use of non-conventional flours, which come from sources other than wheat and do not contain gluten. Therefore, the objective of this project was to make hotcakes by combining different non-conventional flours, such as flaxseed flour (LF), almond flour (AF), and moringa leaf powder (MLP) in formulations with 1-5-10% (F1), 1.5-7.5-15% (F2), and 2-7.5-15% (F3) of each ingredient, on a rice base to make it suitable for celiacs. The formulations were characterized by an AQP, their color, viscosity and antioxidant activity were determined. The hotcakes were then prepared with a standard recipe that included egg, milk and a cooking time of 10 min/200 °C resulting in samples (HF1), (HF2) and (HF3) corresponding to each flour formulation. The results showed that F3 had the highest fiber (6.15%) and fat (11.45%) content and the lowest carbohydrate content (60.44%), with no significant difference in protein content between the formulations ( $p < 0.05$ ). In the hotcakes, HCF3 showed a higher fat content (13.02%), protein (18.50%) and fiber (4.14%). Regarding viscosity, F1 reached 17,831.3 mPas\*s at 200 rpm. In the texture profile HCF1 obtained the highest values in hardness, gumminess and chewiness (28.38, 16.55 and 9.38 N, respectively). In relation to total phenolic compounds (TPC) and total flavonoids (TFC) contents, F3 showed the highest values (52.84 mg EAG/g extract and 407.07 mg Q/g extract, respectively). HCF1 and HCF2 hotcakes presented the highest TPC contents (12.06 and 12.10 mg EAG/g extract, respectively), TFC was higher in HCF2 (262.51 mg Q/g extract). The F2 presented the lowest IC50 values in DPPH+ and ABTS.+ with 23.25 and 4.16 mg of extract/mL, respectively, while in the hotcakes the lowest values were for HCF2 and HCF3 (33.03 mg of extract/mL for the DPPH+ radical with no significant differences in ABTS\*+ between the samples. In the sensory evaluation, the HCF1 and HCF3

hotcakes obtained a score of 5, indicating general acceptance by the public. Although the differences in the formulations are subtle, significant variations were observed in the physicochemical and organoleptic tests. In conclusion, the F2 formulation proved to be the most optimal, both for use in flour and in hotcakes, offering a stable mixture, with intermediate viscosity values and texture profile, preserving the antioxidants after cooking and being well accepted sensorially.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
2.1 HARINAS.....	3
2.1.1 HARINAS CONVENCIONALES.....	3
2.1.2 HARINAS NO CONVENCIONALES.....	4
2.2 HARINA DE ARROZ.....	5
2.2.1. COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DEL ARROZ .....	6
2.3 HARINA DE ALMENDRA.....	7
2.3.1 COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DE LA ALMENDRA .....	8
2.4 HARINA DE LINAZA .....	10
2.4.1 COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DE LA LINAZA.....	10
2.5 POLVO DE HOJA DE MORINGA.....	12
2.5.1 COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DE LA HOJA DE MORINGA.....	13
2.6 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE .....	15
2.6.1 VITAMINA E.....	15
2.6.2 POLIFENOLES Y FLAVONOIDES.....	17
2.7 ENFERMEDAD CELIACA .....	19
2.7.1 PROBLEMAS NUTRIMENTALES DE LOS CELIACOS .....	20
2.8 HOTCAKES.....	21
2.8.1 CARACTERIZACIÓN .....	22
2.8.1.1 Perfil de Textura .....	22
III. ANTECEDENTES .....	24
IV. JUSTIFICACIÓN .....	27
V. OBJETIVOS .....	28
VI. MATERIALES Y MÉTODOS .....	29
6.1 FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HARINAS.....	29
6.1.1 OBTENCIÓN LOS POLVOS DE HOJAS DE MORINGA <i>Oleífera</i> .....	29

6.1.2 FORMULACIÓN DE LAS HARINAS .....	30
6.1.3 CARACTERIZACIÓN DE HARINAS .....	32
6.1.3.1 Humedad .....	32
6.1.3.2 Determinación de Cenizas .....	32
6.1.3.3 Determinación del Extracto Etéreo .....	33
6.1.3.4 Determinación de Proteínas.....	33
6.1.3.5 Determinación de Fibra .....	34
6.1.3.6 Determinación de Carbohidratos .....	35
6.1.3.7 Determinación de Viscosidad de las harinas .....	35
6.2 PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HOTCAKES .....	35
6.2.1 ELABORACIÓN DE HOTCAKES.....	35
6.2.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE COLOR .....	35
6.2.3 DETERMINACIÓN DE PERFIL DE TEXTURA DE LOS HOTCAKES .....	36
6.2.4 DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE .....	36
6.2.4.1 Obtención de los Extractos .....	36
6.2.4.2 Método 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH+) .....	37
6.2.4.3 Método 2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS+) .....	38
6.2.4.4 Contenido de Polifenoles Totales (CPT) .....	39
6.2.4.5 Contenido de Flavonoides Totales (CFT) .....	39
6.2.5 ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS HOTCAKES .....	39
6.2.5.1 Encuesta de Aceptación.....	39
6.2.5.2 Prueba Hedónica de 7 puntos .....	40
6.2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	40
VII RESULTADOS .....	41
7.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LAS HARINAS DE HOTCAKES .....	41
7.2 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LAS HARINAS DE HOTCAKES .....	44
7.3 PARÁMETROS DE COLOR.....	46
7.4 VISCOSIDAD .....	49
7.5 ANÁLISIS DE TEXTURA .....	50
7.6 EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES Y FLAVONOIDES TOTALES .....	52
7.7 EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE POR LOS MÉTODOS DPPH <sup>+</sup> Y ABTS <sup>+</sup> .....	53
VIII CONCLUSIONES .....	60
IX RECOMENDACIONES .....	62

X BIBLIOGRAFÍA.....	63
---------------------	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Grano de arroz (Olmos, 2007).....	5
<b>Figura 2.</b> Prunus dulci (Muñoz et al., 2015).....	8
<b>Figura 3.</b> Linum usitatissimum L. (Tenorio-Lezama, 2000).....	10
<b>Figura 4.</b> Árbol de moringa (Liñán-Tobias, 2010).....	13
<b>Figura 5.</b> Fórmulas de los tocoferoles (Badui-Dergal, 2013).....	16
<b>Figura 6.</b> Actividad antioxidante del $\alpha$ -Tocoferol (Erdman, et al., 2012).....	16
<b>Figura 7.</b> Estructura química de las cuatro principales clases de polifenoles (Castro Acosta, 2019).....	17
<b>Figura 8.</b> Ejemplo de texturómetro con compresión de pan blanco.....	23
<b>Figura 9.</b> Hojas de moringa secadas en un secador de lecho fluidizado.....	30
<b>Figura 10.</b> Diagrama de flujo de la elaboración de los hotcakes.....	31
<b>Figura 11.</b> Elaboración de extractos.....	37
<b>Figura 13.</b> Harinas formuladas.....	47
<b>Figura 14.</b> Paleta y código de color de las harinas.....	47
<b>Figura 15.-</b> Hotcakes formulados.....	48
<b>Figura 16.</b> Paleta y código de color de los hotcakes.....	48
<b>Figura 17.</b> Comportamiento de la viscosidad de las formulaciones.....	50
<b>Figura 18.</b> Actividad antioxidante mediante la inhibición del radical DPPH <sup>+</sup> a diferentes concentraciones de las harinas.....	54
<b>Figura 19.</b> Actividad antioxidante mediante la inhibición del radical ABTS <sup>+</sup> a diferentes concentraciones de las harinas.....	54
<b>Figura 20.</b> Actividad antioxidante mediante la inhibición del radical DPPH <sup>+</sup> a diferentes concentraciones de los hotcakes.....	56
<b>Figura 21.</b> Actividad antioxidante mediante la inhibición de radical ABTS <sup>+</sup> a diferentes concentraciones de los hotcakes.....	56
<b>Figura 22.</b> Evaluación sensorial de los hotcakes mediante una prueba hedónica de 7 puntos.....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b> Composición nutrimental del arroz.....	6
<b>Tabla 2.-</b> Composición nutricional de la almendra con base en una porción de 28g. ..	9
<b>Tabla 3.-</b> Composición de la semilla de linaza.....	11
<b>Tabla 4.-</b> Clasificación taxonómica de la <i>Moringa oleifera</i> .....	13

<b>Tabla 5.-</b> Composición de la hoja de moringa .....	14
<b>Tabla 6.-</b> Clasificación de polifenoles .....	18
<b>Tabla 7.-</b> Consecuencias clínicas de las deficiencias en diferentes micronutrientes.	20
<b>Tabla 8.-</b> Base para los hotcakes .....	29
<b>Tabla 9.-</b> Fórmulas de harinas para hotcakes .....	30
<b>Tabla 10.-</b> Composición química proximal de las materias primas, harinas formuladas y comerciales. ....	42
<b>Tabla 11.-</b> Composición química proximal de los hotcakes .....	45
<b>Tabla 12.-</b> Parámetros de color en las harinas .....	47
<b>Tabla 13.-</b> Parámetros de color en los hotcakes .....	48
<b>Tabla 14.-</b> Perfil de textura de los hotcakes .....	51
<b>Tabla 15.-</b> Contenido de polifenoles y flavonoides totales de harinas y hotcakes .....	53
<b>Tabla 16.-</b> IC <sub>50</sub> DPPH <sup>+</sup> y ABTS <sup>+</sup> de harinas formuladas .....	54
<b>Tabla 17.-</b> IC <sub>50</sub> del radical DPPH <sup>+</sup> y ABTS <sup>+</sup> de los hotcakes .....	56
<b>Tabla 18.-</b> Promedios de la prueba hedónica de 7 puntos .....	59