



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO
**INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE TUXTEPEC**

MAESTRIA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS

TESIS

**EFFECTO DE LA PELÍCULA DE MYLAR EMPLEANDO SECADO POR RW
SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y TECNOFUNCIONALES
DE PASTA DE HUITLACOCHÉ**

PRESENTA:

IBQ JANETH ANGÉLICA JIMÉNEZ ESTRADA

DIRECTOR:

DR. ERASMO HERMAN Y LARA

CO-DIRECTOR INTERNO:

DR. JESÚS RODRÍGUEZ MIRANDA

CO-DIRECTOR EXTERNO:

DR. EMMANUEL DE JESÚS RAMÍREZ RIVERA

TUXTEPEC, OAXACA

Agosto 2024

Oficio de autorización de presentación del trabajo

**EFFECTO DE LA PELÍCULA DE MYLAR EMPLEANDO SECADO POR RW
SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y TECNOLÓGICAS DE
PASTA DE HUITLACOCHÉ**

Por

JANETH ANGÉLICA JIMÉNEZ ESTRADA

Tesis propuesta al

Instituto Tecnológico de Tuxtepec

Como requerimiento para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Alimentos

Agosto 2024

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO

Yo, **Janeth Angélica Jiménez Estrada** con Número de control: M22350014, RFC: **JIEJ9910188N4**, alumno de la Maestría en Ciencias en Alimentos, del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, autor (a) de la Tesis titulada **"Efecto de la película de Mylar empleando secado por RW sobre las propiedades físicas, químicas y tecnofuncionales de pasta de huitlacoche"**

DECLARO QUÉ:

1. El presente trabajo de investigación y tema de la tesis presentada para la obtención del Título de Maestro en Ciencias en Alimentos es original y asignado por mi Director de tesis el **Dr. Erasmo Herman y Lara**, 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 otros que tengan 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 normatividad vigente del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec.

Tuxtepec, Oaxaca a 19 de junio del 2024.

Janeth Angélica Jiménez Estrada

Nombre y firma

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Tuxtepec el día 19 de junio del 2024, el que suscribe **Janeth Angélica Jiménez Estrada** alumna del Programa de Maestría en Ciencias en Alimentos con número de control: **M22350014**, adscrito al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, manifiesto que soy autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **Dr. Erasmo Herman y Lara** y cedo los derechos del trabajo titulado: **"Efecto de la película de Mylar empleando secado por RW sobre las propiedades físicas, químicas y tecnofuncionales de pasta de huitlacoche"**. 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 datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a los correos: janethjimeneze99@outlook.com y erasmo_hl@hotmail.com, si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente de este.


Janeth Angélica Jiménez Estrada
Nombre y firma

AGRADECIMIENTOS

Dedico éste trabajo a mis padres, quienes con su amor, paciencia y comprensión me han permitido llegar a cumplir un logro más, les agradezco por inculcar en mí, el ejemplo de esfuerzo y valentía y sobre todo por guiarme siempre por el buen camino, llenarme de consejos día a día y apoyarme incondicionalmente.

A mi hermano por ser mi mejor amigo, y siempre estar ahí para mí en todo momento, por darme su hombro para apoyarme de él, y subirme el ánimo siempre.

A mis abuelitos, porque con sus consejos y sus palabras de aliento me hicieron una mejor persona, gracias por siempre creer en mí, y acompañarme en todas mis metas y sueños, porque a pesar que físicamente ya no están, sé que siempre me guían y están conmigo.

A mi tío Gil, por ser siempre mi amigo, tratar de entenderme y apoyarme ante cualquier circunstancia, así como escucharme en cada momento que lo necesité.

A Roberto Carlos, por tu cariño y apoyo incondicional, gracias por motivarme a crecer y salir adelante ante cada obstáculo presentado y sobre todo gracias por comprenderme ininidad de veces.

A mi asesor Dr. Erasmo Herman y Lara, por ser un gran guía en este proceso, quien con su orientación, conocimiento y paciencia me ayudó en el desarrollo de éste trabajo y sobre todo a aprender mucho y sacarme siempre de dudas.

A mi hermano de maestría, que siempre me apoyó, Luis Andrés Van Vollenhoven , que durante éste periodo lo conocí y se volvió muy importante para mí, gracias por la bonita amistad que ahora tenemos, por escucharme y explicarme con tanta paciencia mis dudas.

Finalmente le doy gracias a Dios, por brindarme salud, fortaleza y capacidad, pero sobre todo por jamás dejarme sola en los momentos más difíciles

RESUMEN

Jiménez-Estrada, J. A., Tecnológico Nacional de México campus Tuxtepec. Agosto, 2024
“Efecto de la película de mylar empleando secado por RW sobre las propiedades físicas, químicas y tecnofuncionales de pasta de huitlacoche”. Director: Dr. Erasmo Herman y Lara, Co-Director: Dr. Jesús Rodríguez Miranda, Co-Director externo: Dr. Emmanuel de Jesús Ramírez Rivera.

El secado es un método utilizado en la industria de alimentos que ayuda a prolongar su vida de anaquel, sin embargo, requiere un exceso de energía y tiempo. Actualmente existen métodos de secado que mantienen la calidad del alimento como es el secado por ventana refractiva (RW), el cual utiliza una película plástica llamada Mylar que puede ser de diversos espesores, favoreciendo la transferencia de radiaciones infrarrojas a través del alimento por contacto con la película. Por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del espesor de la película de Mylar empleando secado por RW en lecho fijo en las propiedades físicas, químicas y tecnofuncionales de pasta de huitlacoche (*Ustilago maydis*). El huitlacoche fue adquirido de la ciudad de Puebla para posteriormente molerlo y obtener una pasta homogénea. Para las cinéticas de secado se utilizaron temperaturas de 70 °C sobre el alimento. Los tiempos de secado fueron de: 275 min para el RW con espesor de 0.025 y 0.036 mm y 300 min para el espesor de 0.114 mm y secado por charolas (SCh), donde el secado RW de menor espesor obtuvo el más bajo contenido de humedad (0.55 g agua/g ss). Los valores de A_w obtenidos fueron: 0.27 con RW 0.025 mm, 0.29 con RW 0.036 y 0.114 mm, y con charolas de 0.33. La eficiencia energética obtenida por el secado RW en los diferentes espesores promediaron 20.77% sin diferencias significativas entre ellos siendo 4 veces mayor que el obtenido con SCh (5.57%). Se realizó textura por corte al huitlacoche fresco

obteniéndose un corte de 7.67 N. El contenido de polifenoles totales (CPT) fue de 329.95 y 296.56 mg EAG/100 g extracto en huitlacoche fresco y RW 0.025 mm respectivamente, siendo este secado el que mayor CPT retuvo. En la actividad antioxidante por los métodos DPPH+ y ABTS•+ se obtuvieron % de inhibición de 64.09 y 66.45 para huitlacoche fresco y 58.93 y 63.01 para RW 0.025 mm respectivamente, siendo este secado el que obtuvo mayor % de inhibición. En capacidad de absorción de agua los valores más altos fueron en RW 0.025 mm con 6.35 g agua/g materia seca y capacidad de solubilidad de agua de 27.34%. Los resultados evaluados demostraron que el espesor de 0.025 mm de película de Mylar obtuvo los mejores valores para la retención de calidad en la mayoría de las propiedades físicas, químicas y tecnofuncionales.

ABSTRACT

Jiménez-Estrada, J. A., Tecnológico Nacional de México campus Tuxtepec. May, 2024
...idem

Drying is a method used in the food industry that helps prolong shelf life, however, it requires excess energy and time. Currently there are drying methods that maintain the quality of the food, such as refractive window (RW) drying, which uses a plastic film called Mylar that can be of various thicknesses, favoring the transfer of infrared radiation through the food. by contact with the film. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of the thickness of the Mylar film using fixed bed RW drying on the physical, chemical and techno-functional properties of huitlacoche (*Ustilago maydis*) paste. The huitlacoche was acquired from the city of Puebla to later grind it and obtain a homogeneous paste. For drying kinetics, temperatures of 70 °C were used on the food. The drying times were: 275 min for the RW with a thickness of 0.025 and 0.036 mm and 300 min for the thickness of 0.114 mm and drying by trays (SCh), where the RW drying with the smallest thickness obtained the lowest moisture content. (0.55 g water/g ss). The A_w values obtained were: 0.27 with RW 0.025 mm, 0.29 with RW 0.036 and 0.114 mm, and with trays of 0.33. The energy efficiency obtained by RW drying in the different thicknesses averaged 20.77% without significant differences between them, being 4 times higher than that obtained with SCh (5.57%). Texture was carried out by cutting the fresh huitlacoche, obtaining a cut of 7.67 N. The content of total polyphenols (CPT) was 329.95 and 296.56 mg EAG/100 g extract in fresh huitlacoche and RW 0.025 mm respectively, this drying being the one with the highest CPT retained. In the antioxidant activity by the DPPH⁺ and ABTS^{•+} methods, % inhibition of 64.09 and 66.45 were obtained for fresh huitlacoche and 58.93 and 63.01 for RW 0.025 mm respectively, this drying

being the one that obtained the highest % inhibition. In water absorption capacity, the highest values were in RW 0.025 mm with 6.35 g water/g dry matter and water solubility capacity of 27.34%. The evaluated results demonstrated that the 0.025 mm thickness of Mylar film obtained the best values for quality retention in most of the physical, chemical and techno-functional properties.

ÍNDICE

Contenido

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	14
2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 SECADO.....	15
2.2 SECADO POR VENTANA REFRACTIVA.....	18
2.3 PELÍCULA DE MYLAR.....	22
2.4 HUITLACOCHÉ (<i>Ustilago maydis</i>).....	23
2.4.1 CARACTERÍSTICAS NUTRITIVAS.....	24
2.5 PROPIEDADES FÍSICAS.....	25
2.5.1 TEXTURA.....	26
2.5.2 COLOR.....	27
2.5.3 CONTENIDO DE HUMEDAD.....	29
2.6 ACTIVIDAD DE AGUA (Aw).....	30
2.7 PROPIEDADES QUÍMICAS.....	31
2.7.1 CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES (CPT).....	31
2.7.2 CONTENIDO DE FLAVONOIDES TOTALES (CFT).....	32
2.7.3 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.....	32
2.7.4 MÉTODO ABTS ⁺ (2,2'-Azino-bis (3-etilenbenzotiazolino-6-ácido sulfónico).....	33
2.7.5 MÉTODO DPPH ⁺ (2,2-difenil-1-picrilhidracilo).....	34
2.8 PROPIEDADES TECNOLÓGICAS.....	34
2.8.1 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA (CAA).....	35
2.8.2 CAPACIDAD DE SOLUBILIDAD DE AGUA (CSA).....	35
2.8.3 PODER DE HINCHAMIENTO (PH).....	35
3. ANTECEDENTES.....	37
4. JUSTIFICACIÓN.....	39
5. OBJETIVOS.....	40
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	40
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	40
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
6.1 MATERIA PRIMA.....	41
6.2 SECADO POR RW.....	41

6.3 PROPIEDADES FÍSICAS.	41
6.3.1 DETERMINACIÓN DE COLOR.	41
6.3.2 ACTIVIDAD DE AGUA (Aw).	42
6.3.3 DETERMINACIÓN DE TEXTURA.	42
6.4 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL (AQP)	42
6.4.1 CONTENIDO DE HUMEDAD. (Método 934.01)	42
6.4.2 CONTENIDO DE GRASAS.	43
6.4.3 CENIZAS	43
6.5 PROPIEDADES QUÍMICAS.	44
6.5.1 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES.	44
6.5.2 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FLAVONOIDES TOTALES.	45
6.6.3 DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.	45
A) MÉTODO 2,2-DIFENIL-1-PICRILHIDRACILO (DPPH⁺).	45
B) MÉTODO ABTS⁺ (2,2. Azino -bis-(3-etilbenzo-tiazolina-6-sulfónico)).	46
6.7 PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES.	46
6.7.1 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA (CAA), CAPACIDAD DE SOLUBILIDAD DE AGUA (CSA).	46
6.7.2 PODER DE HINCHAMIENTO.	46
6.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	47
7. RESULTADOS Y DISCUSIONES.	47
7.1 CINÉTICAS DE SECADO.	47
7.2 PARAMETROS DE COLOR Y A_w.	50
7.3 ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA (ATP).	53
7.4 COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE HUITLACOCHÉ FRESCO Y SECO.	53
7.5 CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES (CPT).	55
7.6 CONTENIDO DE FLAVONOIDES TOTALES (CFT).	56
7.7 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO DPPH⁺.	58
7.8 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO ABTS⁺.	60
7.9 PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES.	62
7.9.1 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA (CAA) Y SOLUBILIDAD DE AGUA (CSA).	62
7.9.2 PODER DE HINCHAMIENTO (PH).	63
8. CONCLUSIONES	65
9. REFERENCIAS.	66

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	DESCRIPCIÓN	Pág.
1.	Mecanismo de transferencia de calor del baño de agua caliente al producto alimenticio en el secador RW.	17
2.	Representación del sistema Munsell.	24
3.	Coordenadas de color en el sistema Lab.	25
4.	Cinéticas de secado de huitlacoche con tres espesores diferentes de Película Mylar en RW y Secador Charolas (g agua/g s.s.).	45
5.	% Inhibición del huitlacoche DPPH ⁺ .	56
6.	% Inhibición del huitlacoche ABTS ^{•+} .	57

ÍNDICE DE TABLAS

No.	DESCRIPCIÓN	Pág.
1.	Información nutricional de huitlacoche.	21
2.	Parámetros del análisis del perfil de textura.	23
3.	Efecto del tiempo sobre los tipos de secado.	45
4.	Eficiencia energética general de secado por charolas y RW con tres espesores diferentes de Película Mylar.	47
5.	Efecto de tipo de secado sobre los parámetros de color y Aw.	49
6.	Análisis del perfil de textura del huitlacoche en fresco	50
7.	Composición química de huitlacoche fresco y seco.	52
8.	Efecto del secado sobre el contenido de polifenoles totales del huitlacoche.	53
9.	Efecto del secado sobre el contenido de flavonoides totales del huitlacoche.	55
10.	% Inhibición del método DPPH ⁺ .	56
11.	% Inhibición del método ABTS ^{•+} .	58

12.	Capacidad de absorción (CAA) y capacidad de solubilidad de agua (CSA).	59
13.	Poder de hichamiento.	60

1. INTRODUCCIÓN.

El secado es una operación unitaria muy importante para la industria alimentaria ya que su aplicación es uno de los procesos más utilizados en diversos tipos de alimentos, debido a que ayuda a prolongar la vida de anaquel, y es un método económico, sin embargo existe el riesgo de llegar a alterar la calidad del producto alimenticio, y generar más consumo energético y por lo tanto un costo más elevado, existen varios tipos de secado que se caracterizan por tener una rápida eficiencia tanto en tiempo como un bajo costo energético, uno de ellos es el secado por Ventana Refractiva (RW por sus siglas en inglés Refractance Windows), el cual es un secador que utiliza un baño de agua caliente con temperaturas muy elevadas desde 60-97 °C aprox. se utiliza como mecanismo de transferencia de calor a un alimento, el cual es colocado sobre una película de poliéster conocida como Mylar, en la cual la energía térmica del agua caliente se transfiere al producto.

El secado RW se caracteriza por poder emplear temperaturas bajas en un alimento así como con tiempos cortos durante el secado, presenta una mejor calidad al final del proceso en el producto alimenticio, y se considera un proceso de bajo costo energético siendo considerado un secador versátil con potencial para el procesamiento de productos alimenticios de diferentes características.

Es por ello que en éste trabajo se evaluó el tiempo y las cinéticas de secado con 3 espesores diferentes de la película de Mylar donde se analizó cual fue el más eficiente en un alimento con gran valor nutricional y muy popular en México como lo es el huitlacoche (*Ustilago maydis*), así como se determinó si existe diferencia en la calidad del alimento en sus diferentes propiedades como color, contenido de humedad, actividad de agua, actividad antioxidante, contenido de polifenoles y flavonoides totales, las cuales se evaluaron en la muestra fresca y seca; se analizaron las propiedades tecnofuncionales tales como: índice absorción de agua, índice de solubilidad de agua, y poder de hinchamiento, los cuales se evaluaron en la muestra seca a manera de determinar el aprovechamiento que se le puede dar a este alimento rico en diversos compuestos bioactivos.