



S.E. P. TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



## INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTEPEC

### MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS

EVALUACIÓN DEL SECADO POR VENTANA  
REFRACTIVA POR LECHO FIJO Y CONTINUO EN  
PARÁMETROS DE CALIDAD DE CHILE JALAPEÑO

PRESENTA:

**IBQ VAN VOLLENHOVEN HERNÁNDEZ LUIS ANDRÉS**

DIRECTOR:

**DR. HERMAN Y LARA ERASMO**

CO-DIRECTOR INTERNO:

**DR. RODRÍGUEZ MIRANDA JESÚS**

CO-DIRECTOR EXTERNO

**DR. JUÁREZ BARRIENTOS JOSÉ MANUEL**

**TUXTEPEC, OAXACA**

**JUNIO, 2023**

# Maestría en Ciencias en Alimentos TecNM Instituto Tecnológico de Tuxtepec



**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., **05/junio/2023**

Oficio No. DEP/CT-2391

**C. LUIS ANDRES VAN VOLLENHOVEN HERNÁNDEZ**  
**EGRESADO DE LA MAestrÍA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS**  
**CON NÚMERO DE CONTROL M16350072**  
**PRESENTE**

POR MEDIO DE LA PRESENTE ME PERMITO COMUNICARLE QUE EL COMITÉ TUTORIAL INTEGRADO POR LOS CC. ERASMO HERMAN Y LARA, JESÚS RODRÍGUEZ MIRANDA, JOSÉ MANUEL JUÁREZ BARRIENTOS, ROSELIS CARMONA GARCÍA Y CECILIA E. MARTÍNEZ SÁNCHEZ, REVISÓ Y APROBÓ EN SU TOTALIDAD EL TRABAJO PROFESIONAL DENOMINADO "EVALUACION DEL SECADO POR VENTANA REFRACTARIA POR LECHO FIJO Y CONTINUO EN PARÁMETROS DE CALIDAD DE CHILE JALAPEÑO." 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.*

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

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



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTEPEC**

**SUBDIRECCIÓN  
ACADÉMICA**



Av. Dr. Victor Bravo Ahuja Num. 561, Col. Predio el Paraiso, C.P.68350 Tuxtepec, Oaxaca  
Tel. (287) 8751044 y (287) 51880 e-mail: cyd\_tuxtepec@tecnm.mx | tuxtepec.tecnm.mx



**Maestría en Ciencias en Alimentos TecNM Instituto Tecnológico de  
Tuxtepec**

**“EVALUACIÓN DEL SECADO POR VENTANA REFRACTIVA  
POR LECHO FIJO Y CONTINUO EN PARÁMETROS DE  
CALIDAD DE CHILE JALAPEÑO”**

Por:

**IBQ Luis Andrés Van Vollenhoven Hernández**

Tesis propuesta al

**Instituto Tecnológico de Tuxtepec**

Como requisito para obtener el grado de:

**Maestro en Ciencias en Alimentos**

**Mayo 2023**

## CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la ciudad de Tuxtepec el día 03 de junio del 2023, el que escribe, C. Luis Andrés Van Vollenhoven Hernández, estudiante del programa de posgrado Maestría en Ciencias en Alimentos con número de control: M16350072, inscrito al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, manifiesto que soy autor intelectual de la presente investigación de Tesis bajo la dirección del **Dr. Erasmo Herman y Lara**, cedo los derechos del trabajo titulado: **“Evaluación del secado por ventana refractiva por lecho fijo y continuo en parámetros de calidad de chile jalapeño”** al 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: [vanvollenhoven4321@gmail.com](mailto:vanvollenhoven4321@gmail.com) y [erasmo.hy@tuxtepec.tecnm.mx](mailto:erasmo.hy@tuxtepec.tecnm.mx), si el permiso se otorga el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente al citar la fuente de este trabajo de investigación.

Tuxtepec, Oaxaca a 3 de junio del 2023.

  
IBQ. Luis Andrés Van Vollenhoven Hernández

Nombre y firma

**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO**

Yo, **Luis Andrés Van Vollenhoven Hernández** con número de control: **M16350072**, alumno de la Maestría en Ciencias en Alimentos, del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, autor (a) de la Tesis titulada **“Evaluación del secado por ventana refractiva por lecho fijo y continuo en parámetros de calidad de chile jalapeño”**.

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 artículo u otro tipo de trabajo de investigación. Caso contrario menciono de forma clara y exacta su origen y autor, tanto en el cuerpo del escrito, figuras, tablas u otros que tengan derecho de autor.
2. Declaro que el trabajo de investigación que pongo en consideración para ser evaluado fue presentado con anterioridad para la obtención de un grado académico o título, mucho menos ha sido publicado en alguna revista científica.
3. Mi persona es consciente de que el hecho de violar los derechos de autor y/o hacer plagio, es objeto de sanciones administrativas por parte del instituto, por lo que asumo la responsabilidad de lo que puede derivar de irregularidades en la tesis, así como los derechos sobre la obra presentada.

En base a lo anterior 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, fraude, plagio o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción deriven, sometiéndome a la normatividad vigente del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec.

Tuxtepec, Oaxaca a 3 de junio del 2023.

  
IBQ. Luis Andrés Van Vollenhoven Hernández

Nombre y firma



NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis Luis Andrees VVH Corregido.docx

RECUENTO DE PALABRAS

20486 Words

RECUENTO DE CARACTERES

108987 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

90 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.8MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 5, 2023 1:35 PM CST

FECHA DEL INFORME

Jun 5, 2023 1:39 PM CST

● **16% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 15% Base de datos de Internet
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

## **DEDICATORIA**

### **A la Dios.**

Por haberme permitido llegar a este punto de mi vida, dándome salud para lograr mis objetivos llenándome de sabiduría para la realización de mis estudios.

Fue un camino lleno de mucho trabajo y estrés, días sin dormir y demás, sin embargo, el sacrificio valió la pena, entre mucho esfuerzo y dificultad he culminado todo.

### **A mi madre.**

Por confiar en mi desde que comenzó el camino, por estar para mi cuando necesite de su ayuda, ha sido uno de los pilares mas importantes de mi vida y sin ella nada de esto hubiera sido posible, dedico este y gran parte de mis logros como profesionista, siempre orgullosa y feliz de mis éxitos espero seguir llenando su rostro con sonrisas.

### **A mi padre.**

Por siempre motivarme y preguntar como iba todo, por preocuparse por mi cuando pasaba horas de trabajo, siempre me motivó y a pesar de las diferencias que había siempre estuvo para mi en los momentos en los que necesite de su ayuda, desde pequeño estuvo para mi y siempre ha sido un apoyo para mi le dedico este y otros éxitos que puedan venir.

### **A mis abuelos.**

Por ser ese pilar de vida, sabiduría y ejemplos que me oriento por el camino, evitando equivocaciones innecesarias y teniendo respeto sobre las personas, le dedico a mis abuelas que estuvieron conmigo durante el proceso y a mis abuelos que están en otro plano por cuidarme y guiarme les dedico y les doy las gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mi familia por todo el apoyo que me brindaron, gracias por ser ese pilar de vida y ejemplos que una persona en formación necesita. Fue un camino difícil, pero con dedicación se ha logrado, esto es una parte de todo el esfuerzo de ustedes, a mi papá, mi mamá, mi hermano, mis abuelos siempre les estaré agradecido.

A mis amigos que siempre estuvieron ahí y confiaron en mí, desde consejos hasta felicitaciones siempre fueron un apoyo emocional para la realización de dicho proceso, gracias a mis compañeras de maestría, Jazmín, Jocelyn, Mónica y Mariana, por otro lado a mis mejores amigas Gabriela e Itzia por confiar en mí, gracias a mi hermana Katia por motivarme y estar para mí, a mi novia Edaly por todo el apoyo y confianza en mí, gracias a mis mejores amigos Roberto Carlos y Jesús Manuel por su amistad que hicieron ameno este proceso lleno de risas y aventuras juntos, gracias a mi club los Billabandi y a mis amigos Sergio y Milton por las tardes noches de diversión que siempre funcionaron para liberarme del estrés de la investigación.

Gracias a mi asesor el doctor Erasmo que a pesar de las diferencias que había siempre fue muy accesible y puso su confianza en mí para la realización de la investigación, a mis co-asesores el doctor Jesús y el doctor José M, que siempre confiaron en mí y me orientaron para la realización de un buen trabajo. Gracias a todas las personas que me apoyaron y confiaron en mí, esto es parte de ustedes.

## **RESUMEN**

Van Vollenhoven Hernández, Luis Andrés. Maestría en Ciencias en Alimentos. Instituto Tecnológico de Tuxtepec, junio del 2023. "Evaluación del secado por ventana refractiva por lecho fijo y continuo en parámetros de calidad de chile jalapeño". Director: Dr. Erasmo Herman y Lara, Co-director interno: Dr. Jesús Rodríguez Miranda, Co-director externo: Dr. José Manuel Juárez Barrientos.

El consumo de alimentos secos se ha incrementado debido a su larga vida de anaquel y algunos beneficios que aportan al organismo, principalmente propiedades nutricionales y biológicas. Sin embargo, durante los procesos de secado existe deterioro en su estructura por el uso de tiempos prolongados a altas temperaturas, por lo cual se utilizan procesos híbridos o de nueva generación enfocados en la retención de calidad y bajo consumo energético. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del secado por ventana refractiva® por lecho fijo y continuo sobre parámetros de calidad como el contenido de compuestos bioactivos, contenido de capsaicina, vitamina C por mencionar algunos y la eficiencia energética del chile jalapeño como alimento modelo. Para el secado se utilizaron 3 lotes de chile jalapeño los cuales fueron seleccionados de acuerdo a las características fisicoquímicas de madurez (pH, Aw, °Brix, acidez, %humedad). Se emplearon rodajas sin semillas de 1.0 mm de espesor y diámetro de 3.5 cm. Los resultados de la caracterización de los lotes en fresco fueron: contenido de humedad ( $94.5 \pm 0.01\%$ ), Aw ( $0.99 \pm 0.02$ ), °Bx ( $2.91 \pm 0.12$ ),  $h^\circ$  ( $121.94 \pm 0.24$ ), pH ( $5.43 \pm 0.11$ ) y acidez titulable ( $0.05 \pm 0.01\%$ ). Los tiempos de secado fueron de 85, 87 y 120 min para el secador RW® en lecho fijo, RW® en lecho continuo y charolas, respectivamente empleando una temperatura de 70 °C. El secador RW® en lecho fijo obtuvo los valores más bajos de contenido de humedad de  $0.023 \pm 0.02$  g agua/g s.s. y una Aw de  $0.262 \pm 0.01$ , mientras que la Aw en RW® en lecho continuo fue de  $0.293 \pm 0.01$  y charolas de  $0.329 \pm 0.01$ , respectivamente. El contenido de polifenoles totales fue de:  $786.64 \pm 25.43$ ,  $654.49 \pm 4.15$ ,  $651.26 \pm 2.50$  y  $570.19 \pm 9.44$  mg EAG/100 g extracto para chile fresco, RW® en lecho fijo, RW® continuo y de charolas, respectivamente. En la actividad antioxidante por el método DPPH<sup>+</sup> se obtuvo un % de inhibición de  $56.13 \pm 0.08$ ,  $61.17 \pm 0.22$ ,  $60.03 \pm 0.10$ , y  $51.46 \pm 0.08$  para chile fresco, secado por RW® fijo, RW continuo y charolas, respectivamente, a

## **Maestría en Ciencias en Alimentos TecNM Instituto Tecnológico de Tuxtepec**

diferencia por el método ABTS<sup>•+</sup> el % de inhibición fue de  $69.28 \pm 0.42\%$ ,  $62.65 \pm 0.14\%$ ,  $62.37 \pm 0.05\%$  y  $59.26 \pm 0.78\%$  para el chile fresco, secador RW<sup>®</sup> fijo, RW<sup>®</sup> continuo y charolas, respectivamente. La eficiencia energética para el secador RW<sup>®</sup> fijo fue de 24.45% siendo 6 veces mayor que el obtenido por el secador por charolas (4.70%) y el RW<sup>®</sup> continuo (21.06%) fue 0.8 veces menor que el secador fijo. Los resultados evaluados mostraron que los secadores por RW<sup>®</sup> retuvieron mayormente los parámetros de calidad del chile jalapeño. Los valores diferentes entre los métodos antioxidantes se debieron a la disposición y tipo de sustancias activas en la muestra fresca y al efecto de los métodos de secado empleados. El secador por RW<sup>®</sup> en lecho fijo obtuvo una mayor eficiencia energética general con menores tiempos de secado.

## ABSTRACT

Van Vollenhoven Hernández, Luis Andrés. Maestría en Ciencias en Alimentos. Instituto Tecnológico de Tuxtepec, junio del 2023. "Evaluation of drying by batch and continuous refractive window in quality parameters of jalapeño pepper". Director: Dr. Erasmo Herman y Lara, Co-director interno: Dr. Jesús Rodríguez Miranda, Co-director externo: Dr. José Manuel Juárez Barrientos.

The consumption of dry foods has increased due to its long shelf-life and some benefits that provide the body as nutritional and biological properties among others. However, during drying processes there are deterioration in their structure due to the use of long times at high temperatures, so hybrid or new generation processes are used focused on retaining quality and low energy consumption. Therefore, the objective of this work was to evaluate refractive window drying by fixed and continuous bed in quality parameters such as the content of bioactive compounds, capsaicin content, vitamin C content, to mention a few, and energy efficiency parameters of jalapeño pepper as a model food. For the drying 3 batches of jalapeño pepper were used which were selected according to certain parameters of maturity (pH,  $A_w$ , °Brix, acidity, %humidity). Seedless slices of 1.0 mm thickness and diameter of 3.5 cm were used. The results of fresh batch characterization were: moisture content ( $94.5 \pm 0.01\%$ ),  $A_w$  ( $0.99 \pm 0.02$ ), °Bx ( $2.91 \pm 0.12$ ),  $h^\circ$  ( $121.94 \pm 0.24$ ), pH ( $5.43 \pm 0.11$ ) and titratable acidity ( $0.05 \pm 0.01\%$ ). Drying times were 85, 87 and 120 min for the fixed RW<sup>TM</sup> dryer, continuous RW<sup>TM</sup> and tray dryer respectively using a temperature of 70 °C. The fixed RW<sup>TM</sup> dryer obtained the lowest moisture content values of  $0.023 \pm 0.02$  g water/g ss and an  $A_w$  of  $0.262 \pm 0.01$ . while the  $A_w$  in continuous RW<sup>TM</sup> was  $0.293 \pm 0.01$  and tray dryer of  $0.329 \pm 0.01$  respectively. The total polyphenol content was:  $786.64 \pm 25.43$ ,  $654.49 \pm 4.15$ ,  $651.26 \pm 2.50$  and  $570.19 \pm 9.44$  mg EAG/100 g fresh chili extract, fixed bed RW<sup>TM</sup>, continuous RW<sup>TM</sup> and tray dryer respectively. In the antioxidant activity by the DPPH<sup>+</sup> method, a % inhibition of  $56.13 \pm 0.08$ ,  $61.17 \pm 0.22$ ,  $60.03 \pm 0.10$ , and  $51.46 \pm 0.08$  was obtained for fresh jalapeño pepper, dried by fixed RW<sup>TM</sup>, continuous RW<sup>TM</sup> and tray dryer respectively, unlike the ABTS<sup>++</sup> method inhibition % was  $69.28 \pm 0.42\%$ ,  $62.65 \pm 0.14\%$ ,  $62.37 \pm 0.05\%$  and  $59.26 \pm 0.78\%$  for fresh chili, fixed RW<sup>TM</sup> dryer, continuous RW and tray dryer respectively. The energy efficiency for the fixed RW<sup>TM</sup> dryer was 24.45% being 6

**Maestría en Ciencias en Alimentos TecNM Instituto Tecnológico de  
Tuxtepec**

times higher than that obtained by the tray dryer (4.70%) and the continuous RW<sup>TM</sup> (21.06%) was 0.8 times lower than the fixed dryer. The evaluated results showed that the dryers by RW mostly retained the quality parameters of jalapeno pepper. The different values between the antioxidant methods were due to the availability and type of active substances in the fresh sample and the effect of the drying methods used. The fixed bed RW<sup>TM</sup> dryer achieved higher overall energy efficiency with shorter drying times.