



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**

---

---

**PROGRAMA DE POSGRADO EN BIOPROCESOS**

**EFFECTO DE LA MALTODEXTRINA SOBRE LAS TRANSICIONES  
TÉRMICAS Y DIAGRAMAS DE ESTADO DE SISTEMAS PROTEICOS**

**ARTICULO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN BIOPROCESOS**

**PRESENTA:**

**CORONADO VÁZQUEZ FRANCISCO JAVIER**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. MIGUEL ANGEL RUIZ CABRERA**

## Proyecto realizado en:

Laboratorio de Ingeniería en Alimentos y laboratorio de Ciencia e Investigación de Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional en Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado a través del proyecto CB2017-2018/A1-S-32348 y mediante la beca a Francisco J. Coronado Vázquez con el número 792027.

El programa de Maestría en Ciencias en Bioprocesos de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí pertenece al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNCP) del CONACYT, registro 000588 en el Nivel Maestría (Consolidado)



**Efecto de la maltodextrina sobre las transiciones térmicas y diagramas de estado de sistemas proteicos por Francisco Javier Coronado Vázquez se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.**

## Reporte de similitud

Efecto de la maltodextrina sobre las transiciones térmicas y diagramas de estado de sistemas proteicos

---

### Índice de similitud

---

**29%**

Por: Francisco Javier Coronado Vázquez

A partir de: 13 jul 2023 13:04:43

3,358 words - 39 matches - 21 sources

---



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**PROGRAMA DE POSGRADO EN BIOPROCESOS**

**EFFECTO DE LA MALTODEXTRINA SOBRE LAS TRANSICIONES  
TERMICAS Y DIAGRAMAS DE ESTADO DE SISTEMAS PROTEICOS**

ARTICULO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN BIOPROCESOS**

PRESENTA:

**CORONADO VÁZQUEZ FRANCISCO JAVIER**

DIRECTOR DE TESIS

**DR. MIGUEL ANGEL RUIZ CABRERA**

**SINODALES:**

PRESIDENTE:

**DR. MIGUEL ANGEL RUIZ CABRERA** \_\_\_\_\_

VOCAL:

**DRA. ALICIA GRAJALES LAGUNES** \_\_\_\_\_

VOCAL:

**DR. JAIME DAVID PÉREZ MARTÍNEZ** \_\_\_\_\_

VOCAL:

**DR. RAÚL GONZÁLEZ GARCÍA** \_\_\_\_\_



Universidad Autónoma  
de San Luis Potosí

**POSGRADO EN CIENCIAS DE BIOPROCESOS**

**Tel: 826-23-00 ext. 6541 y 6540**

**San Luis Potosí, S.L.P.**

**Julio 12, 2023**

**Comité Académico del Posgrado  
En Ciencias de Bioprocesos  
Facultad de Ciencias Químicas / UASLP  
Presente**

Por medio de la presente comunicamos que la tesis llevada a cabo por el alumno de Maestría I.A. FRANCISCO JAVIER CORONADO VÁZQUEZ “Efecto de la maltodextrina sobre las transiciones térmicas y diagramas de estado de sistemas proteicos”, ha sido concluida y aprobada por el comité tutorial para dar inicio a los trámites correspondientes para su titulación, la cual tendrá lugar el día miércoles 19 de julio a las 10:00 horas en el Auditorio Chico (G203), de la Facultad.

**ATENTAMENTE**

**COMITÉ TUTORIAL**

Dr. Miguel Ángel Ruiz Cabrera  
Director de Tesis

\_\_\_\_\_

Dra. Alicia Grajales Lagunes  
Asesor

\_\_\_\_\_

Dr. Jaime David Pérez Martínez  
Asesor

\_\_\_\_\_



**FACULTAD DE  
CIENCIAS QUÍMICAS**

Av. Dr. Manuel Nava Núm. 6  
Zona Universitaria • CP 78210  
San Luis Potosí, S.L.P.  
tel. (444) 826 24 40 al 46  
fax (444) 826 2372  
www.uaslp.mx

## **Agradecimientos académicos**

A mi director de tesis, el doctor Miguel Ángel Ruiz Cabrera, porque sus virtudes, conocimiento y confianza, fueron pilares fundamentales en cada etapa de este trabajo. Sin su constancia, disciplina y paciencia no lo hubiese logrado tan fácilmente. Gracias.

A la doctora Alicia Grajales Lagunes, por compartir su valioso tiempo, conocimiento y experiencia. Por guiarme y alentarme durante el desarrollo de esta investigación.

A la maestra en ciencias Cecilia Rivera Bautista, por su disponibilidad y apoyo. Así como compartir de su experiencia y asesorarme al realizar experimentos.

## **Agradecimientos personales**

Este trabajo de investigación es resultado del apoyo incondicional que siempre me ha brindado mi familia. Gracias por sus palabras de aliento, cuando más las necesité. Ustedes forman parte importante de esta historia.

A mis padres, que siempre me apoyaron con mis estudios profesionales y nunca se han rendido por darme soporte material y económico. Gracias por permanecer a mi lado durante los días y noches difíciles, por su paciencia, por impulsarme a crecer profesionalmente, querer verme triunfar y cumplir mis metas y sueños.

Gracias por ser mis guías de vida.

A mis hermanos, Carlos, Cristina, Leo y Luis. Que durante este viaje me han demostrado que el amor de familia se manifiesta de diferentes formas sin importar la distancia. Gracias por estar pendiente de mí, por sus consejos, paciencia y ser ejemplos de lo que puedo llegar a ser.

## ÍNDICE

<b>ABSTRACT.....</b>	<b>1</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>4</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>6</b>
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>7</b>
<b>ANEXO: Carta de aceptación de la revista científica .....</b>	<b>9</b>
<b>CARÁTULA DEL ARTÍCULO.....</b>	<b>11</b>

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Tilapia (*Oreochromis* spp.) is one of the fishes with the highest production and commercialization as frozen fillets worldwide. However, protein denaturation, membrane rupture, and lipid oxidation are commonly observed in fillets when stored at the standard commercial freezing temperature for long periods. This study proposes for the first time the use of maltodextrin and state diagrams for defining processing strategies and suitable storage temperatures for fresh and dehydrated tilapia fillets. By using differential scanning calorimetry (DSC), the effect of the maltodextrin weight fractions (*WMD*) of 0, 0.4, and 0.8 on the thermal transitions of tilapia fillets as a function of solid mass fractions (*Ws*) was studied.

**RESULTS:** Glass transition temperature curve (*T<sub>g</sub> vs W<sub>s</sub>*) and characteristic parameters of maximal-freeze-concentration (*T'<sub>g</sub>, T'<sub>m</sub>, W'<sub>s</sub>*) of tilapia significantly increased with the addition of maltodextrin. From developed state diagrams, freezing and storage temperatures of -22 °C, -15 °C, and -10 °C ( $P < 0.05$ ) for long-term preservation were defined for tilapia fillets produced with *WMD* of 0, 0.4, and 0.8.

**CONCLUSION:** Maltodextrin is an excellent alternative as a cryoprotectant and drying aid for increasing the thermal parameters of tilapia fillets by achieving frozen storage temperatures above the standard commercial freezing temperature of -18 °C.

**KEYWORDS:** Tilapia, maltodextrin, DSC, thermal transitions, state diagram, frozen storage



## ABSTRACT

**ANTECEDENTES:** La tilapia (*Oreochromis spp.*) es uno de los pescados de mayor producción y comercialización como filete congelado a nivel mundial. Sin embargo, la desnaturalización de proteínas, ruptura de membrana y oxidación de los lípidos son observados comúnmente en filetes cuando se almacenan a temperatura de congelación comercial estándar durante períodos prolongados. Este estudio propone por primera vez el uso de maltodextrina y diagramas de estado para definir estrategias de procesamiento y temperaturas de almacenamiento adecuadas para filetes de tilapia frescos y deshidratados. Mediante el uso de calorimetría diferencial de barrido (DSC), se estudió el efecto de las fracciones másicas de maltodextrina (*WMD*) de 0, 0.4 y 0.8 sobre las transiciones térmicas de los filetes de tilapia en función de las fracciones másicas de masa sólida (*Ws*).

**RESULTADOS:** La curva de temperatura de transición vítrea (*Tg vs Ws*) y los parámetros característicos de máxima concentración-congelación (*T'g, T'm, W's*) de la tilapia aumentaron significativamente con la adición de maltodextrina. A partir de los diagramas de estado desarrollados, se definieron temperaturas de congelación y almacenamiento de -22 °C, -15 °C y -10 °C ( $P < 0.05$ ) para la conservación a largo plazo de filetes de tilapia producidos con *WMD* de 0, 0.4 y 0.8.

**CONCLUSIÓN:** La maltodextrina es una excelente alternativa como crioprotector y auxiliar de secado para incrementar los parámetros térmicos de filetes de tilapia logrando temperaturas de almacenamiento congelado por encima de la temperatura de congelación comercial estándar de -18 °C.

**PALABRAS CLAVE:** Tilapia, maltodextrina, DSC, transiciones térmicas, diagrama de estado, almacenamiento congelado

## RESUMEN

### INTRODUCCIÓN

México ha participado constante y eficazmente en el cultivo de tilapia, posicionándose en el noveno lugar de producción a nivel mundial, esta actividad aporta el 91% de la producción nacional. Al tratarse de un pescado muy apreciado por su alto valor nutricional, la mayor parte de la producción se consume dentro del país, dos kg per cápita anualmente. (Guzman Luna *et al.*, 2021). También, parte de la producción es destinada a la exportación en presentaciones como pescado eviscerado y filete congelado, en que la temperatura de congelación comercial a  $-18^{\circ}\text{C}$  juega un papel muy importante (El Sayed, 2020). A  $-18^{\circ}\text{C}$ , aproximadamente el 80% del agua es convertida en hielo (Tolstorebrov *et al.*, 2016). Sin embargo, fenómenos físicos, químicos y biológicos se presentan debido a la movilidad del “agua no congelable”, tales como la recristalización del hielo, desnaturalización proteica, degradación de vitaminas y oxidación de lípidos (Flores Ramírez *et al.*, 2019). El diagrama de estado es un mapa de los estados físicos de un alimento en función del contenido de sólidos, temperatura y otras variables, está compuesto por la curva de transición vítrea ( $T_g$ ), la curva de congelación ( $T_m$ ), el punto final de la congelación ( $T_m'$ ) y la temperatura de transición vítrea de la fase máximamente crioconcentrada ( $T_g'$ ). El diagrama de estado es considerado una herramienta que facilita la visualización gráfica de la región de “agua congelable”, “no congelable” y las temperaturas que son tomadas como parámetros de referencia en la estabilidad de alimentos de alta y baja humedad (Ruíz Cabrera *et al.*, 2016). El comportamiento cinético de un alimento congelado está determinado por la ubicación de  $T_g'$  que determina si la fase no congelable se encuentra en estado vítreo o caucho. El almacenamiento de un producto congelado por debajo de la  $T_g'$ , asegura que este se encuentra en estado vítreo y alcanzará su mayor estabilidad. Diversas investigaciones han demostrado que pescados como atún, bacalao y salmón tienen valores de  $T_g'$  en rangos de temperatura de ultracongelación que van desde  $-70$  a  $-85^{\circ}\text{C}$ . Una alternativa para este problema es la

adición de polímeros de alto peso molecular como la maltodextrina, ya que tiene la capacidad de aumentar el valor de  $T_g'$  a rangos cercanos o por encima de la temperatura de congelación comercial.

## OBJETIVOS

1. Determinar mediante DSC la  $T_m$ ,  $T_g$ ,  $T_m'$  y  $T_g'$  del filete de tilapia acondicionado a diferentes humedades con y sin maltodextrina.
2. Evaluar el efecto de la maltodextrina DE 4-7 en fracciones másicas base seca de 0, 0.4 y 0.8 sobre los estados de equilibrio y no equilibrio del filete de tilapia.
3. Utilizar los modelos de Gordon-Taylor y Chen para el modelado de curvas  $T_g$  y  $T_m$  respectivamente.
4. Construir los diagramas de estado del filete de tilapia con y sin maltodextrina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Filetes de tilapia frescos adquiridos en mercado local, se molieron y la pasta obtenida se lavó con hexano en proporciones 1:2 p/v para desgrasarla. Para eliminar el hexano remanente, la pasta se esparció sobre charolas y se secó en estufa a 25°C con presión de vacío de 25 Psi durante 6 horas. La pasta se congeló a -80°C y posteriormente se liofilizó a -65°C y una presión de vacío de 5 mTorr, se pulverizó y se colocó en desecador con Drierite® por 4 semanas para obtener un polvo fino y seco.

Entre 15 y 20 g de polvo de tilapia fueron empleados para adicionarles una cantidad precalculada de solución de maltodextrina al 40%, se homogenizaron con ultraturrax a 3000 rpm por 3 minutos, e inmediatamente fueron congelados, liofilizados y desecados para obtener polvos homogéneos de filete de tilapia con fracciones másicas de maltodextrina de 0.4 y 0.8 B.S. Las muestras de filete de tilapia con y sin maltodextrina se acondicionaron a diferentes humedades para el análisis por DSC. Para las muestras

con humedades deseadas de entre 5 y 60 %, se colocaron entre 4 y 10 mg del polvo sobre charolas de aluminio DSC de peso conocido, estas se sometieron a una humedad relativa del 100% con agua desionizada a diferentes tiempos y posteriormente fueron selladas herméticamente, se volvieron a pesar y se calculó la ganancia de humedad y humedad final.

Para las muestras con humedad del 60 al 90%, las muestras se colocaron en viales y se les adicionó agua desionizada directamente, se agitaron y se colocaron sobre las charolas de DSC (Tzero aluminum pans, TA instruments) y se sellaron. Todas las muestras se dejaron reposar al menos 24 h antes del análisis térmico para garantizar una humedad homogénea. Para la determinación de la  $T_g$  de las muestras con “agua no congelable” se empleó la metodología melt-quenching y el modo modulado. Ambas consisten en un primer calentamiento y enfriamiento para que la muestra se vuelva completamente amorfa y un segundo calentamiento para poder determinar la  $T_g$  sin ningún otro evento térmico presente. En el caso del modo modulado el segundo calentamiento se lleva a cabo con una oscilación de temperatura y tiempo. Para la determinación de la  $T_g'$ ,  $T_m'$  y  $T_m$  en muestras con “agua congelable”, se empleó la metodología de annealing. Esta consiste en determinar “ $T_m'$  aparente” al realizar un enfriamiento y un calentamiento, una vez identificada se repite el procedimiento y al calentar se lleva a la “ $T_m'$  aparente -1°C” y se mantiene a esta temperatura durante 30 min, posteriormente se enfría y después se vuelve a calentar para determinar los parámetros  $T_g'$ ,  $T_m'$  y  $T_m$  correctamente mediante el software Universal Analysis 2000. Con el software Statgraphics Centurion (Versión XV) se empleó un modelo de regresión no lineal para ajustar los datos experimentales para las ecuaciones de Gordon Taylor ( $T_g$ ) y Chen ( $T_m$ ), la bondad entre los datos experimentales y estimados fueron evaluados por el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y la suma de cuadrados del error (SSE). Para determinar las diferencias significativas entre los valores de  $T_g'$ ,  $T_m'$  y  $T_{gs}$  se realizó una prueba de diferencia mínima significativa (LSD) con un nivel de confianza del 95% ( $P < 0.05$ ) con el mismo software.

## RESULTADOS

Diversos autores han determinado temperaturas de transición vítrea sobre sistemas proteicos que además presentan eventos asociados a desnaturalización y descomposición proteica sobre los termogramas que emplean. En su mayoría, presentan más de 2 eventos térmicos que pueden influir en la determinación de  $T_g$ . Por lo tanto, la metodología empleada en esta investigación ha demostrado que es necesario que la muestra analizada este completamente amorfa. Para el caso de los parámetros  $T_m'$  y  $T_g'$ , es de suma importancia la aplicación de la primera derivada del flujo de calor en los termogramas obtenidos, con la finalidad de determinar correctamente " $T_m'$  aparente" y los valores correctos de  $T_m'$  y  $T_g'$ .

Se observó un aumento significativo de temperatura con la adición de maltodextrina en los valores de  $T_m$ , siendo el filete de tilapia sin maltodextrina el que presenta temperaturas más bajas y el filete de tilapia con fracción másica de maltodextrina de 0.8 B.S. el que presenta valores más altos. Así mismo la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ), presentó el mismo efecto, teniendo valores más bajos el filete sin maltodextrina y valores más altos el filete con fracción másica de 0.8 B.S. Los valores de los parámetros  $T_m'$  y  $T_g'$  tuvieron un aumento significativo para el filete de tilapia con fracción másica de maltodextrina de 0.8 B.S., se determinaron valores de -5 y -10 °C respectivamente. Estas temperaturas están incluso por encima de la temperatura de congelación comercial, por lo tanto, al construir el diagrama de estado, este podría ser considerado como una herramienta de alto valor con la cual se puedan proponer metodologías para el procesamiento y conservación del filete de tilapia con y sin maltodextrina.

## CONCLUSIÓN

La maltodextrina podría considerarse como un excelente crioprotector para la aplicación en filetes de tilapia. Con la adición de maltodextrina en fracciones másicas de 0.8 B. S. se podrían almacenar filetes a temperaturas de hasta -10° y en fracciones

másicas de 0.4 B.S. a  $-15^{\circ}\text{C}$ , que son temperaturas superiores a la temperatura de congelación comercial de  $-18^{\circ}\text{C}$ . Además, se conseguiría la producción de filetes de calidad estandarizada y valor agregado, permitiendo un desarrollo económico del sector agroindustrial y se podría contribuir a minimizar el consumo energético de procesos de congelación y almacenamiento congelado, así como beneficiar al sector industrial que emplea la congelación como principal método de conservación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Guzmán Luna, P., Gerbens Leenes, P., & Vaca-Jiménez, S. (2021). The water, energy, and land footprint of tilapia aquaculture in Mexico, a comparison of the footprints of fish and meat. *Resources, Conservation & Recycling*, 165, 105224.
2. El Sayed, A. F. M. (2020). Tilapia trade and marketing. En *Tilapia culture* (Segunda Edición) (Páginas. 261 - 274). Alexandria, Egypt: Academic press.
3. Tolstorebrov, I., Eikevik, T. M., y Bantle, M. (2016). Effect of low and ultra-low temperature applications during freezing and frozen storage on quality parameters for fish. *International journal of refrigeration*, 63, 37-47.
4. Flores Ramírez, A. J., García Coronado, P., Grajales Lagunes, A., González García, R., Abud Archila, M., y Ruíz Cabrera, M. (2019). Freeze-concentrated phase and state transition temperatures of mixtures of low and high molecular weight cryoprotectants. *Advances in polymer technology*, 2019, 1-11.
5. Ruiz Cabrera, M. A., Rivera Bautista, C., Grajales Lagunes, A., González García, R., y Schmidt, S. J. (2016). State diagrams for mixtures of low molecular weight carbohydrates. *Journal of food engineering*, 171, 185-193.

El artículo correspondiente a este trabajo fue enviado para su publicación a la revista científica indexada Journal of the science of food and agriculture **(ANEXO)**.

## ANEXO: Carta de aceptación de la revista científica



### Using maltodextrin for improving thermal transitions and state diagrams of tilapia fillet ( *Oreochromis spp.* )

JSFA Editorial Office <onbehalf@manuscriptcentral.com>

MIGUEL ANGEL RUIZ CABRERA; frajacova406

19-May-2023

JSFA-23-0406.R1

Dear Dr Ruiz Cabrera,

I am delighted to inform you that your manuscript, "Using maltodextrin for improving thermal transitions and state diagrams of tilapia fillet (*Oreochromis spp.*)", is now accepted for publication in the Journal of the Science of Food and Agriculture. Within the next few days the corresponding author will receive an email from Wiley's Author Services system which will ask them to log in and will present them with the appropriate license for completion. Your article cannot be published until the publisher has received the appropriate signed license agreement.

The article will be published online within the next few days as an Accepted Article. This will be an unedited version but will be fully citable and will constitute the paper's official publication date.

Once the paper has been copy-edited and typeset you shall receive the proofs. Please check the proof carefully and return any corrections. After any amendments have been made, the Accepted Article will be taken down, and the final version will be published in Early View, before being assigned to an issue.

If material from another publisher has been used, and you have not already done so, please provide scanned copies of the Permissions form by emailing them to JSFAproofs@wiley.com.

The Permission Request form can be found at:

<https://authorservices.wiley.com/author-resources/book-authors/prepare-your-manuscript/permissions.html>

Now that your manuscript has been accepted for publication you have the option to publish your article with open access so that it will be accessible to subscribers and non-subscribers of this journal. Your article can be published open access in return for a payment of an open access publication fee. You can complete the payment of the open access publication fee via the open access Form which you can find at:

[https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen\\_order.asp](https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen_order.asp)



This journal offers a number of license options for published papers; information about this is available here: <https://authorservices.wiley.com/author-resources/Journal-Authors/licensing/index.html>. The submitting author has confirmed that all co-authors have the necessary rights to grant in the submission, including in light of each co-author's funder policies. If any author's funder has a policy that restricts which kinds of license they can sign, for example if the funder is a member of Coalition S, please make sure the submitting author is aware.

Thank you for your support and we look forward to seeing more of your work in the future.

Yours sincerely,

Dr Pilar Buera  
Associate Editor  
Journal of the Science of Food and Agriculture  
[JSFA@wiley.com](mailto:JSFA@wiley.com)

SCHOLARONE™  
Manuscripts

[JSFA@wiley.com](mailto:JSFA@wiley.com)

## CARÁTULA DEL ARTÍCULO

### Using maltodextrin and state diagrams to improve thermal transitions in tilapia fillet (*Oreochromis spp.*)

Francisco J. Coronado-Vázquez<sup>1</sup>, Alicia Grajales-Lagunes<sup>1</sup>, Sergio Rosales-Mendoza<sup>1</sup>, Miguel Abud-Archila<sup>2</sup>, Miguel Ángel Ruiz-Cabrera<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Chemical Science. University of San Luis Potosi. 6 Dr Manuel Nava Avenue, University Area, San Luis Potosí, 78210, Mexico.

<sup>2</sup>National Institute of Technology of Mexico. Technological Institute of Tuxtla Gutiérrez. Streetkm 1080, Tuxtla Gutiérrez, 29050, Mexico.

\*Corresponding author e-mail: mruiz@uaslp.mx, Tel: +524448262300 ext 6463

#### ORCID of the authors

**Alicia Grajales-Lagunes: 0000-0003-0983-3247**

**Sergio Rosales Mendoza: 0000-0003-2569-7329**

**Miguel Abud Archila: 0000-0002-4509-7964**

**Miguel Ángel Ruiz Cabrera: 0000-0003-0418-131**