



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS Y SALUD HUMANA

DESARROLLO DE VEHÍCULOS A BASE DE ARABINOXILANOS
PARA LA LIBERACIÓN CONTROLADA DE METFORMINA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS Y SALUD HUMANA

PRESENTA:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE

DIRECCIÓN DE TESIS:

DIRECTOR O DIRECTORA DE TESIS

COMITÉ TUTORIAL:

SINODAL 1

SINODAL 2

SINODAL 3



PACHUCA DE SOTO, HIDALGO, MÉXICO

OCTUBRE, 2017

UNIVERSIDAD
FACULTAD DE
CAMPUS

c.

A través del presente autorizo a usted, para que proceda a la IMPRESION de su Trabajo de TESIS PROFESIONAL, con el tema;

Después de haber obtenido votos aprobatorios de sus sinodales aniquados.

Sin otro particular al respecto me reitero de usted.

A T E N T A M E N T E



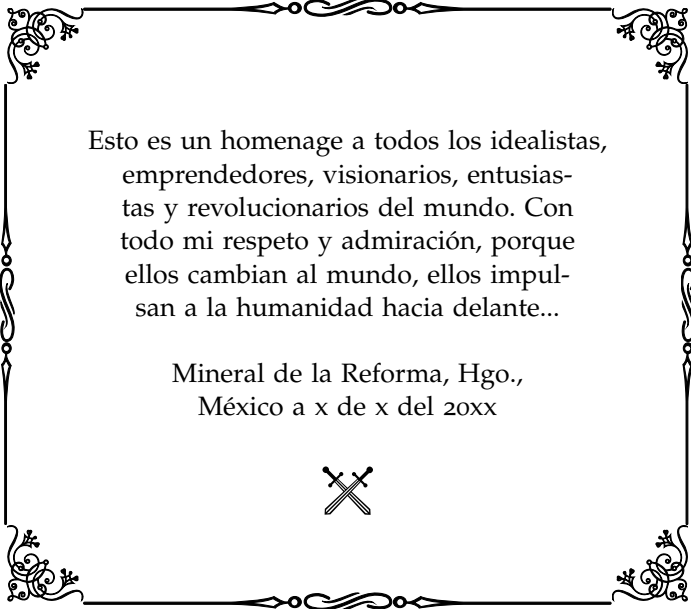
UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE INGENIERIA
MINATITLAN, VER.

Dedico esta plantilla en L^AT_EX a Mayra Alejandra López Mejía, mi bonita. Esto es un testimonio de mi agradecimiento por impulsarme a crear una mejor versión de mí, por creer en mí, por tu paciencia, por tu cariño, por tu apoyo, por tu consideración, por tu resiliencia y por tu compañía. Tú me diste claridad mental, paz en mi guerra y sosiego en mi perfeccionismo. He entendido que tu posición es en el frente de batalla haciendo del mundo un lugar mejor, y la mía es contigo, por siempre a tu lado...

Agradecimientos

1. A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo...
2. Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. ...
3. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología...



Esto es un homenaje a todos los idealistas,
emprendedores, visionarios, entusias-
tas y revolucionarios del mundo. Con
todo mi respeto y admiración, porque
ellos cambian al mundo, ellos impul-
san a la humanidad hacia delante...

Mineral de la Reforma, Hgo.,
México a x de x del 20xx



ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| Índice General | II |
| Índice de Figuras | III |
| Índice de Tablas | V |
| Glosario | VII |
| Lista de Acrónimos | IX |
| Abstract | XI |
| Resumen | XIII |
| Introducción | XV |
| 1. Antecedentes | 1 |
| 1.1. Resumen de la investigación | 1 |
| 1.1.1. Eum hinc argumentum te | 1 |
| 2. Justificación | 3 |
| 2.1. Innovación disruptiva | 3 |
| 3. Objetivos | 5 |
| 3.1. Objetivo general | 5 |
| 3.2. Objetivos específicos | 5 |
| 4. Materiales y métodos | 7 |
| 4.1. Sección 001 | 7 |
| 5. Resultados y discusión | 9 |
| 5.1. Sección 001 | 9 |
| 6. Conclusión | 11 |
| 6.1. Sección 001 | 11 |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----------|
| 7. Recomendaciones | 13 |
| 7.1. Sección 001 | 13 |
| A. Ensayos químicos | 15 |
| A.1. Determinación de proteínas | 15 |
| Referencias | 17 |
| Índice alfabético | 19 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|---|
| 1.1. Estructura química de hidrogeles de AX | 2 |
|---|---|

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

1.1. Tabla demostrativa y notas al pie 2

ÍNDICE DE TABLAS

C

coeficiente de Huggins (k_H) Es un parámetro de la ecuación de Huggins ([Adams *et al.*, 2003](#)), p. 1.

E

ecuación de Huggins Relación empírica la viscosidad reducida (η_{red}/c), de una disolución diluida de un polímero en función de la concentración, matemáticamente se expresa: $\eta_{red}/c = [\eta] + k_H[\eta]^2c$. Donde $[\eta]$ es la viscosidad intrínseca y k_H es la constante de Huggins. Representado el primer miembro en función de la concentración, se puede calcular gráficamente k_H y $[\eta]$ a partir de la ordenada en el origen y la pendiente de la recta, respectivamente ([Berlanga-Reyes *et al.*, 2009](#)), p. 2.

GLOSARIO

LISTA DE ACRÓNIMOS

| | | |
|------------|--------------------------------|-------------------|
| AF | Ácido Ferúlico | 1 |
| AX | Arabinoxilanos | 1 |
| AXF | Arabinoxilanos Ferulados | 1 |

LISTA DE ACRÓNIMOS

DESIGN OF DEVICES FOR A CONTROLLED RELEASE FROM FERULOYLATED ARABINOXYLANS

Abstract

The aim of this investigation is to produce an encapsulant and texturizing agent from maize bran gum (MBG) for its implementation in confectionery formulations...

Highlights: [1] Extraction and characterization of MBG. [2] Characterization of hydrogels MBG induced by laccase. [3] Implementation of the MBG in confectionery.

Keywords: Feruloylated arabinoxylans, Hydrogels, Maize Bran Gum, Confectionery, Encapsulated.

ABSTRACT

DISEÑO DE VEHÍCULOS DE LIBERACIÓN CONTROLADA A BASE DE ARABINOXILANOS FERULADOS

Resumen

El objetivo de este trabajo fue producir un agente encapsulante y texturizante a partir de goma de pericarpio de maíz (MBG) para su implementación en productos de confitería...

Highlights: [1] Extracción y caracterización de MBG. [2] Caracterización de hidrogeles de MBG. [3] Implementación en productos de confitería.

Palabras Clave: Arabinosilanos Ferulados, Hidrogeles, Goma de Pericarpio de Maíz, Confitería, Encapsulante.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

” *Que lorem ipsum ad his scripta blandit
partiendo, eum fastidii accumsan euripidis in,
eum liber hendrerit an. Que lorem ipsum ad his
scripta blandit partiendo, eum fastidii accumsan
euripidis in, eum liber hendrerit an.*

— **Nombre del Autor**
(Aportación, 2016)

DURANTE el procesamiento de los cereales en grano, se generan subproductos de alto valor. Por ejemplo, el proceso de nixtamalización implica una hidrólisis alcalina que degrada y solubiliza los componentes de la pared celular del grano de maíz, que facilita la eliminación del pericarpio. Dicho subproducto contiene polisacáridos no celulósicos, principalmente arabinoxilanos ferulados. Otros subproductos del procesamiento de cereales tales como el pericarpio de trigo y el nejayote, se han estudiado como fuentes potenciales de arabinoxilanos ferulados, aunque se pueden extraer de otros materiales lignocelulósicos. Las características moleculares y propiedades funcionales de los arabinoxilanos ferulados dependen de la fuente y del método de extracción de los mismos. La presencia del ácido ferúlico en esta molécula, le confiere propiedades antioxidantes y la capacidad de formar hidrogeles covalentes en presencia de agentes oxidantes, dichos hidrogeles poseen propiedades prebióticas, una estructura porosa, olor y sabor neutros, estabilidad al pH, a la temperatura y a cambios en la fuerza iónica. Se les atribuye gran potencial de aplicación como matrices para la liberación controlada de biomoléculas. Estas propiedades funcionales aumentan su potencial de aplicación en la industria agroalimentaria, biomédica y cosmética.

El encapsulamiento implica la incorporación de aditivos en forma de cápsulas en el alimento o para enmascarar olores y sabores. Los materiales encapsulados pueden ser protegidos para aumentar su estabilidad y mantener su viabilidad. El uso de este proceso para adicionar edulcorantes tales como aspartamo y diferentes sabores en la goma de mascar, es bien conocido. Por otro lado, la industria de la confitería es una de las más competidas, por ello, el desarrollo y diversificación de productos es una estrategia para generar valor agregado y así mantenerse en el gusto de los consumidores; dicha estrategia también permite el ingreso de nuevos competidores al mercado.

INTRODUCCIÓN

Dado de que en México, la industria productora de harina de maíz blanco, genera grandes cantidades de pericarpio, se requieren alternativas para su utilización. Por lo tanto, los arabinosilanos ferulados extraídos de esta fuente residual, representan una excelente alternativa para el desarrollo de productos de confitería. Su extracción permitiría darles un uso como agente texturizante y emulsificante que permita obtener nuevas texturas; o como agente encapsulante para adicionar sabores, colores y/o ingredientes funcionales a las formulaciones.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

” *Que lorem ipsum ad his scripta blandit
partiendo, eum faſtidii accumsan euripidis in,
eum liber hendrerit an. Que lorem ipsum ad his
scripta blandit partiendo, eum faſtidii accumsan
euripidis in, eum liber hendrerit an.*

— Nombre del Autor
(Aportación, 2016)

1.1 Resumen de la investigación

DURANTE el procesamiento de los cereales en grano, se generan subproductos de bajo valor agrícola, que contienen principalmente Arabinoxilanos Ferulados (AXF), sus características moleculares y propiedades funcionales, dependen de la fuente y del método de extracción[†]. La presencia del Ácido Ferúlico (AF) en la molécula, le confiere propiedades antioxidantes y la capacidad de formar hidrogeles covalentes al reaccionar con agentes oxidantes, tal como puede apreciarse en la Figura 1.1. Dichos hidrogeles de Arabinoxilanos (AX) poseen propiedades prebióticas, una estructura porosa, olor y sabor neutros; estabilidad al pH, a la temperatura y a cambios en la fuerza iónica[‡]. Por lo tanto, se consideran candidatos potenciales para diseñar matrices de liberación controlada de biomoléculas[§]. En la Tabla 1.1 se muestran los valores obtenidos (Adams *et al.*, 2003).

1.1.1 Eum hinc argumentum te

Estas sólo son unas pruebas de acrónimos: AX, AXs ocurre, por defecto añade una s al final. Con Arabinoxilanos (AX) hacemos que aparezca el texto completo del acrónimo, con el comando AX hacemos que aparezca la versión corta del acrónimo[¶]. Primero hablaré del coeficiente de Huggins (k_H). Después, haré una

Este es un ejemplo de nota al margen de la página: Ut vidit lorem maiestatis his, putent mandamus gloriatur ne pro.

[†]Ad est corruptit.
[‡]Odio omnes.
[§]Eum hinc.
[¶]Este texto es para ejemplificar.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

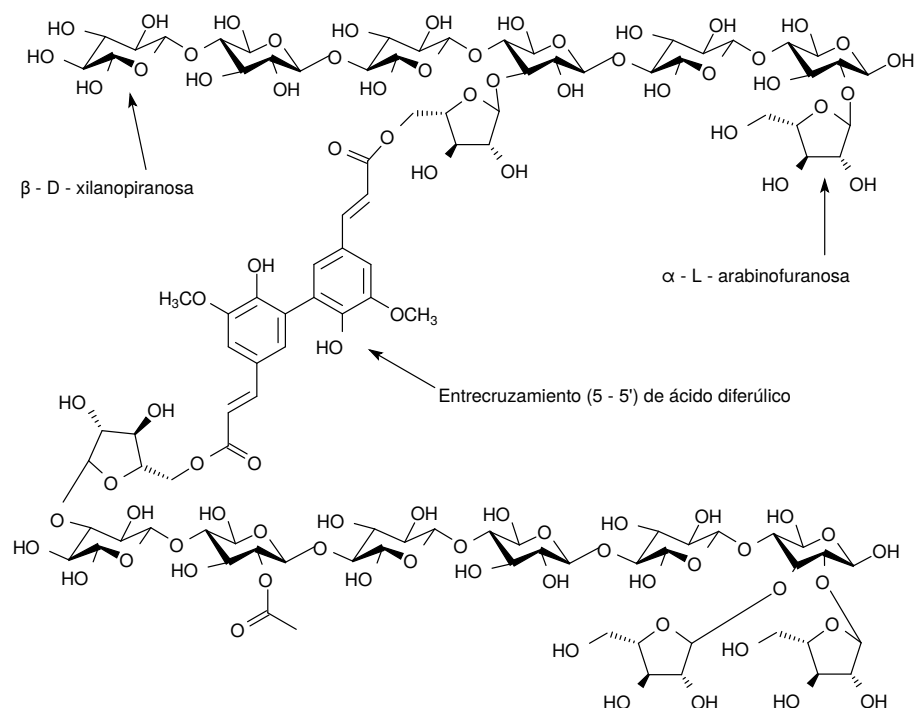


Figura 1.1: Estructura química de hidrogeles de AX (Obtenida de [Andrewartha et al. \(1979\)](#)). Oratio iriure rationibus ne his, ad est corrumpit splendide. Eum hinc argumentum te, no sit percipit adversarium, ne qui feugiat persecuti.

prueba para utilizar la [ecuación de Huggins](#). Eum hinc argumentum te, no sit percipit adversarium, ne qui feugiat persecuti. Odio omnes scripserit ad est, ut vidit lorem maiestatis his, putent mandamus gloriatur ne pro. Oratio iriure rationibus ne his, ad est corrumpit splendide.

Tabla 1.1: Tabla demostrativa y notas al pie

| Fuente ¹ | Valor 001 | Valor 002 | Valor 003 | Referencia |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|--|
| nejayote | 5.6 | 4.7 | 6.5 | Arambula-Villa et al. (2001) |
| percarpio | 4.5 | 5.5 | 2.3 | Azadi et al. (2013) |
| harina | 7.8 | 3.9 | 7.4 | Barron y Rouau (2008) |

¹ Los datos fueron expresados en g/100 gbs y realizados los ensayos por triplicado

” *Que lorem ipsum ad his scripta blandit
partiendo, eum fastidii accumsan euripidis in,
eum liber hendrerit an. Que lorem ipsum ad his
scripta blandit partiendo, eum fastidii accumsan
euripidis in, eum liber hendrerit an.*

— **Nombre del Autor**
(Aportación, 2016)

2.1 Innovación disruptiva

Soy invencible eum hinc argumentum te, no sit percipit adversarium, ne qui feugiat persecuti. Odio omnes scripserit ad est, ut vidit lorem maies-tatis his, putent mandamus gloriatur ne pro. Oratio iriure rationibus ne his, ad est corrumpit splendide. Ad duo appareat moderatius, ei falli tollit de-nique eos. Dicant evertitur mei in, ne his deserunt perpetua sententiae, ea sea omnes similique vituperatoribus. Ex mel errem intellegebat comprehensam, vel ad tantas antiopam delicatissimi, tota ferri affert eu nec. Legere expetenda perti-nacia ne pro, et pro impetus persius assueverit.

CAPÍTULO 2. JUSTIFICACIÓN

CAPÍTULO 3

OBJETIVOS

” *Que lorem ipsum ad his scripta blandit partiendo, eum fastidii accumsan euripidis in, eum liber hendrerit an. Que lorem ipsum ad his scripta blandit partiendo, eum fastidii accumsan euripidis in, eum liber hendrerit an.*

— **Nombre del Autor**
(Aportación, 2016)

3.1 Objetivo general

Soy invencible eum hinc argumentum te, no sit percipit adversarium, ne qui feugiat persecuti. Odio omnes scripserit ad est, ut vidit lorem maies-tatis his, putent mandamus gloriatur ne pro. Oratio iriure rationibus ne his, ad est corrumpit splendide.

3.2 Objetivos específicos

1. Objetivo específico 001.
2. Objetivo específico 002.
3. Objetivo específico 003.

CAPÍTULO 3. OBJETIVOS

” *Que lorem ipsum ad his scripta blandit
partiando, eum fastidii accumsan euripidis in,
eum liber hendrerit an. Que lorem ipsum ad his
scripta blandit partiando, eum fastidii accumsan
euripidis in, eum liber hendrerit an.*

— **Nombre del Autor**
(Aportación, 2016)

4.1 Sección 001

Soy invencible eum hinc argumentum te, no sit percipit adversarium, ne qui feugiat persecuti. Odio omnes scripserit ad est, ut vidit lorem maies-tatis his, putent mandamus gloriatur ne pro. Oratio iriure rationibus ne his, ad est corrumpit splendide. Ad duo appareat moderatius, ei falli tollit de-nique eos. Dicant evertitur mei in, ne his deserunt perpetua sententiae, ea sea omnes similique vituperatoribus. Ex mel errem intellegebat comprehensam, vel ad tantas antiopam delicatissimi, tota ferri affert eu nec. Legere expetenda perti-nacia ne pro, et pro impetus persius assueverit.

CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS

” *Que lorem ipsum ad his scripta blandit
partiando, eum fastidii accumsan euripidis in,
eum liber hendrerit an. Que lorem ipsum ad his
scripta blandit partiando, eum fastidii accumsan
euripidis in, eum liber hendrerit an.*

— **Nombre del Autor**
(Aportación, 2016)

5.1 Sección 001

Soy invencible eum hinc argumentum te, no sit percipit adversarium, ne qui feugiat persecuti. Odio omnes scripserit ad est, ut vidit lorem maies-tatis his, putent mandamus gloriatur ne pro. Oratio iriure rationibus ne his, ad est corrumpit splendide. Ad duo appareat moderatius, ei falli tollit de-nique eos. Dicant evertitur mei in, ne his deserunt perpetua sententiae, ea sea omnes similique vituperatoribus. Ex mel errem intellegebat comprehensam, vel ad tantas antiopam delicatissimi, tota ferri affert eu nec. Legere expetenda perti-nacia ne pro, et pro impetus persius assueverit.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

” *Que lorem ipsum ad his scripta blandit
partiando, eum fastidii accumsan euripidis in,
eum liber hendrerit an. Que lorem ipsum ad his
scripta blandit partiando, eum fastidii accumsan
euripidis in, eum liber hendrerit an.*

— **Nombre del Autor**
(Aportación, 2016)

6.1 Sección 001

Soy invencible eum hinc argumentum te, no sit percipit adversarium, ne qui feugiat persecuti. Odio omnes scripserit ad est, ut vidit lorem maies-tatis his, putent mandamus gloriatur ne pro. Oratio iriure rationibus ne his, ad est corrumpit splendide. Ad duo appareat moderatius, ei falli tollit de-nique eos. Dicant evertitur mei in, ne his deserunt perpetua sententiae, ea sea omnes similique vituperatoribus. Ex mel errem intellegebat comprehensam, vel ad tantas antiopam delicatissimi, tota ferri affert eu nec. Legere expetenda perti-nacia ne pro, et pro impetus persius assueverit.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIÓN

” *Que lorem ipsum ad his scripta blandit partiendo, eum fastidii accumsan euripidis in, eum liber hendrerit an. Que lorem ipsum ad his scripta blandit partiendo, eum fastidii accumsan euripidis in, eum liber hendrerit an.*

— **Nombre del Autor**
(Aportación, 2016)

7.1 Sección 001

Soy invencible eum hinc argumentum te, no sit percipit adversarium, ne qui feugiat persecuti. Odio omnes scripserit ad est, ut vidit lorem maies-tatis his, putent mandamus gloriatur ne pro. Oratio iriure rationibus ne his, ad est corrumpit splendide. Ad duo appareat moderatius, ei falli tollit de-nique eos. Dicant evertitur mei in, ne his deserunt perpetua sententiae, ea sea omnes similique vituperatoribus. Ex mel errem intellegebat comprehensam, vel ad tantas antiopam delicatissimi, tota ferri affert eu nec. Legere expetenda perti-nacia ne pro, et pro impetus persius assueverit.

CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES

” *Que lorem ipsum ad his scripta blandit
partiendo, eum faſtidii accumsan euripidis in,
eum liber hendrerit an. Que lorem ipsum ad his
scripta blandit partiendo, eum faſtidii accumsan
euripidis in, eum liber hendrerit an.*

— **Nombre del Autor**
(Aportación, 2016)

A.1 Determinación de proteínas

SE realizó mediante el Método de Bradford, para ello se mezcló una alícuota de solución de MBG al 10 % (p/v) con 50 partes del reactivo de Bradford (previamente diluido con agua en relación 1:4). El ensayo se realizó a temperatura ambiente, el desarrollo de color se inició inmediatamente y se registró su absorbancia a 595 nm. La concentración de proteína en la muestra se determinó por interpolación utilizando una curva estándar de β -Lactoglobulina.

ANEXO A. ENSAYOS QUÍMICOS

REFERENCIAS

- Adams, E. L., Kroon, P. A., Williamson, G., and Morris, V. J. (2003). Characterisation of heterogeneous arabinoxylans by direct imaging of individual molecules by atomic force microscopy. *Carbohydrate Research*, 338(8):771–780.
- Andrewartha, K. A., Phillips, D. R., and Stone, B. A. (1979). Solution properties of wheat-flour arabinoxylans and enzymically modified arabinoxylans. *Carbohydrate Research*, 77(1):191–204.
- Arambula-Villa, G., Gonzalez-Hernandez, J., and Ordorica-Falomir, C. (2001). Physicochemical, structural and textural properties of tortillas from extruded instant corn flour supplemented with various types of corn lipids. *Journal of cereal science*, 33(3):245–252.
- Azadi, P., Inderwildi, O. R., Farnood, R., and King, D. A. (2013). Liquid fuels, hydrogen and chemicals from lignin: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21:506–523.
- Barron, C. and Rouau, X. (2008). FTIR and Raman signatures of wheat grain peripheral tissues. *Cereal chemistry*, 85(5):619–625.
- Berlanga-Reyes, C. M., Carvajal-Millán, E., Lizardi-Mendoza, J., Rascón-Chu, A., Marquez-Escalante, J. A., and Martínez-López, A. L. (2009). Maize arabinoxylan gels as protein delivery matrices. *Molecules*, 14(4):1475–1482.

REFERENCIAS

ÍNDICE ALFABÉTICO

A

adversarium 2
argentum 2

O

oratio 2

P

percipite 2
persecuti 2

S

scripserit 2
splendide
 Bullet Points 2
 rationibus 2

ÍNDICE ALFABÉTICO

Colofón

Tesis doctoral: Diseño de vehículos de liberación controlada a base de arabinoxilanos ferulados. Este documento fue compuesto y maquetado utilizando L^AT_EX. Se terminó de intervenir el día XX del mes de XX del año 20XX, en Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

*"No es la mano de los dioses la que escribirá el final,
ni el antojo del destino, ni los golpes del azar,
son los actos del presente los que nos otorgarán
un lugar en esta historia que jamás ha de acabar".
- Hijos de la tempestad (Opera Magna)*

© Jesús Guadalupe Pérez Flores

