



Solid foam production from starch and fiber maguey (*Agave spp*) as an alternative to polystyrene

Elaboración de espumas solidas a partir de almidón y fibra de maguey (*Agave spp*) como alternativa al uso del poliestireno

Gustavo Ángel, Vega-López¹, Erik, Gómez-Hernández¹, Edna María, Hernández-Domínguez¹, Bethsua, Mendoza-Mendoza^{1*}, María del Rosario, Romero-López¹, Apolonio, Vargas-Torres².

¹Cuerpo Académico de Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, Carretera Apan - Tepeapulco Km 3.5, Col. Las Peñitas, Apan, Hidalgo. ² Cuerpo Académico de Biotecnología Agroalimentaria Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de -Ciencias Agropecuarias, Rancho Universitario, Avenida Universidad Km1, Ex hacienda de Aquetzalpa, CP. 43600, Tulancingo Hidalgo.

* bmendoza@itesa.edu.mx

ABSTRACT

Solid foams were produced from corn starch and fiber of maguey (*Agave spp*), which were collected at the altiplano area in Hidalgo, Mexico. The proximal chemical analysis of *Agave* fiber was as follows: fiber (50.7%), fat (0.06%), ash (21.5%) and moisture (2.3%). The solid foams were made by varying the amounts of starch and fiber. Blends were dried using a thermoforming press, obtaining brittle plates between 3 and 5 mm thick. Plates containing fiber (T2) had lower water absorption, being recommended as a container for food with low water activity. However, the use of either a plasticizer or modified starch to improve the mechanical characteristics needs to be tested.

Keywords: fiber, foam, maguey, starch.

RESUMEN

Se elaboraron espumas solidas a partir de almidón de maíz y fibra de maguey (*Agave spp*), obtenida de plantas de la zona del altiplano hidalguense. La fibra de maguey, fue caracterizada mediante un análisis químico proximal, obteniendo los siguientes resultados: fibra (50.7%), grasa (0.06%), cenizas (21.5%) y humedad (2.3%). Las espumas solidas fueron realizadas variando las cantidades de almidón y fibra, las mezclas fueron secadas utilizando una prensa de termoformado, obteniendo placas quebradizas de 3 a 5 mm de grosor; las placas que contenían fibra (T2), resultaron con menor absorción de agua, por lo que se recomiendan para contener alimentos con baja actividad de agua, sin embargo, debe probarse, la inclusión de un plastificante o almidón modificado para mejorar las características mecánicas.

Palabras clave: fibra, espumas, maguey, almidón.

1. INTRODUCCIÓN

El 99% de la totalidad de plásticos, se produce a partir de combustibles fósiles, lo que provoca una excesiva presión sobre las limitadas fuentes de energía no renovables. En la actualidad es difícil prescindir de los plásticos, no solo por su utilidad, sino también por la importancia económica que tienen; esto se refleja en los índices de crecimiento de ésta industria, que, desde principios del siglo pasado, supera a casi todas las actividades industriales. Su uso cada vez más creciente se debe a las características de los plásticos, ya que son, livianos, resultan de fácil manipulación y optimización de costos. Para el año 2000 la producción mundial alcanzó los 160 millones de toneladas y en México para el año 2006, superó los 4 millones de toneladas. Se calcula que anualmente cada persona consume 49 kg de plásticos (Ortiz-Hernández, 2013).

A pesar de la indiscutible utilidad de los plásticos, una vez que son utilizados se convierten en residuos que originan problemas de contaminación del agua, aire y suelo, impactando directamente al ambiente y a la salud, ya que se acumulan y pueden permanecer inalterables por un periodo de entre 100 y 500 años. Debido a la necesidad de seguir utilizando plásticos ha surgido el reciclaje, como una alternativa para contribuir con la solución de este problema. Sin embargo, en México, esto no ha sido una solución factible, puesto que existen diferentes causas que dificultan el reciclaje, y la diversidad de materiales plásticos de diferente composición que exige una separación por familias antes de ser reciclado, complicando la recolección selectiva.

Por lo anteriormente mencionado es que surge como alternativa, el uso de fuentes alternas a los plásticos, dichas fuentes se centran en el uso de biopolímeros, tales como carbohidratos y proteínas, que, bajo ciertas condiciones y mezclas con otras sustancias, tienen características adecuadas para la elaboración de materiales que pueden eliminar el uso de los plásticos.

El almidón es uno de los polímeros que más se ha estudiado, principalmente en la formación de películas para recubrimiento de alimentos, sin embargo, existen reportes de que en combinación con otros polímeros como la fibra pueden formar espumas solidas con características similares al poliestireno; estas espumas pueden ser elaboradas con diferentes técnicas, entre las que podemos destacar extrusión, o moldeado y horneado. El proceso puede dividirse en dos pasos principales: la gelatinización del almidón y posteriormente la evaporación de agua. Sin embargo, la utilización de almidón ha mostrado problemas en cuanto a la resistencia al gua y poca flexibilidad (Kaisangsri *et al.*, 2012).

El uso de fibras lignocelulósicas para reforzar las matrices poliméricas de almidón es interesante, debido a que reduce la rigidez y favorece la biodegradabilidad de los materiales. Diversas investigaciones han mostrado que el uso de fibras naturales favorece las propiedades físicas y mecánicas de los empaques a base de almidón, debido a que la estructura de la celulosa y el almidón es similar, lo cual favorece la interacción entre las matrices poliméricas.

Shey *et al.* (2006), estudiaron las propiedades de espumas solidas de almidón mezcladas con cartucho natural de látex encontrando que la densidad y flexibilidad de la espuma se vio favorecida y mostraron propiedades similares a las de los materiales sintéticos. Kaisangsri *et al.* (2012), realizaron espumas de almidón de mandioca mezclada con fibra de cartón (papel kraft) y quitosano en diferentes concentraciones, encontrando que la espuma

producida con 30% de cartón y 4% de quitosano, tuvo propiedades similares a las del poliestireno, midiendo el color, densidad, resistencia a la tensión, elongación y solubilidad. De la misma manera Léa y Mali, (2014), utilizando almidón de yuca mezclado con bagazo de malta, encontraron que la adición de esta fibra contribuyó al aumento en la resistencia del material y disminución de la higroscopicidad, lo cual hace que el material no tenga alta absorción de agua.

El estado de Hidalgo, cuenta con gran diversidad en plantas cactáceas, entre las que destaca el Maguey (*Agave* spp), en sus diferentes variedades, a pesar de que esta tiene grandes cantidades de fibra, que puede ser utilizada en la elaboración de diversos productos, no ha sido costeable. Actualmente grandes cantidades de maguey son desperdiciadas, ya que hay una sobre explotación, del mixiote (película externa de la penca), que al ser obtenida causa la muerte de la planta, por ello es de gran importancia que se busquen alternativas factibles y sustentables para el aprovechamiento de esta materia prima. El presente trabajo propone la elaboración de diferentes mezclas de esta fibra con almidón para la producción de espumas sólidas, que cuenten con características competitivas para ser utilizadas como materiales de envase en la industria alimentaria.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.Obtención de fibra

Se recolectaron pencas de maguey (*Agave* spp.) de la región del Altiplano Hidalguense, las muestras fueron transportadas al laboratorio de análisis bromatológico del Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, donde se les retiraron las espinas, se lavaron y desinfectaron, posteriormente, fueron molidas, utilizando una licuadora industrial (marca Osterizer), por 30 segundos, la mezcla resultante fue filtrada utilizando una tela fina (organza), desechando el líquido y conservando el bagazo, por último este fue secado en un horno de convección forzada a una temperatura de 60°C por 3 días, y fue molido hasta obtener un polvo fino, al cual se le realizó un análisis químico proximal, determinando: Grasa, por el método de extracción con éter (AOAC 920.39) ; fibra por el método Kennedy (NMX-F-090-S-1978), contenido de humedad (AOAC 925.04) y cenizas (AOAC 942.05). Todas las pruebas fueron realizadas por triplicado.

2.2.Elaboración de espumas sólidas

Para elaborar las espumas sólidas, se probaron dos formulaciones utilizando como materia prima, carbonato de calcio (CaCO_3), (marca Reasol); Goma guar (marca Química Sercal); Almidón de maíz, (marca Transmerquim) y fibra de maguey (*Agave* spp), donde las concentraciones de almidón y fibra fueron cambiando, en la tabla 1 se muestran las cantidades y reactivos utilizados.

Tabla 1. Formulaciones para elaboración de espumas solidas a partir de almidón y fibra de maguey

Reactivo/Tratamiento	T1	T2
Carbonato de calcio	30 g	30 g
Agua	75 mL	75 mL
Fibra	----	30 g

Almidón de maíz	90 g	60 g
Goma guar	3 g	3 g
Agua	35 mL	35 mL

En las concentraciones adecuadas, se mezclaron los ingredientes, utilizando una batidora de mano (marca Sunbeam) durante 3 minutos, hasta que se obtuvo una mezcla homogénea, la mezcla resultante, se colocó en una prensa de termoformado de fabricación personal, (Figura 1) a una temperatura de 180°C durante 10 minutos, tiempo necesario para que la mezcla se seque y se gelatinizará el almidón, lo cual proporciona propiedades físicas similares al poliestireno



Fig. 1. Prensa de termoformado para la elaboración de espumas solidas

3. RESULTADOS

3.1.Caracterización de la fibra de maguey (*Agave spp*)

En la tabla 2 se muestran los resultados del análisis químico proximal, se puede observar que el mayor componente es la fibra con un valor de 50.7 %, seguido de cenizas, y humedad (21.6 y 2.3 % respectivamente).

Tabla 2. Composición química de la fibra de maguey (*Agave spp*)

Determinación	Cantidad en % (DE)
Fibra	50.7 (11.48)
Grasa	0.064 (0.006)
Humedad	2.3 (0.51)
Cenizas	21.6 (2.44)

DE: desviación estándar entre paréntesis

3.2. Obtención de las espumas solidas

Las primeras formulaciones resultaron en placas compactas de color blanco o verdoso, con grosor de 3 a 4 mm, que cuentan con cierta resistencia a la humedad, es decir, no dejan pasar líquidos a través de ella. Sin embargo, se están planteando modificaciones en la formulación para mejorar las propiedades mecánicas, ya que las placas resultaron ser bastante quebradizas (Figura 2). Las espumas realizadas con fibra muestran un color verdoso, y aun no se ha logrado la integración homogénea, lo cual resulta en una disminución de la calidad visual del material.



Fig. 1. Espumas solidas a base de almidón (a) y mezclas de almidón con fibra de maguey (b)

4. DISCUSIONES

De acuerdo con lo reportado por Léa y Mali, (2014), se ha observado mejor retención de líquidos en las placas que contienen fibra, aunque debe montarse una técnica para medir la absorción de agua, por lo que el producto pudiera ser recomendado para contener alimentos de baja actividad de agua, sin embargo, aún deben revisarse resultados de caracterización, tanto de propiedades mecánicas y de permeabilidad, para poder dar una recomendación de uso más acertada.

También se debe contemplar el uso de almidón modificado o pregelatinizado, para observar los efectos en las propiedades mecánicas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la participación del Cuerpo académico de Biotecnología agroalimentaria, al Instituto tecnológico superior del Oriente del Estado de Hidalgo por proporcionar recursos para el proyecto.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

REFERENCIAS

AOAC–Official Methods of Analysis (2003). Ass. Off. Analytical. Chem., Washington, USA.

Kaisangsri, N., Kerdchoechuen, O. & Laochakunjit, N. 2012. Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan. *Industrial Crops and Products*. 37:542-546.

Léa, R.P.F.M. & Mali, S. 2014. Use of malt bagasse to produce biodegradable baked foam made from cassava starch. *Industrial Crops and Products*. 55:187-193.

NOM-F-90-S-1978. Norma Oficial Mexicana. Determinación de Fibra Cruda en Alimentos.

Ortiz-Hernández, M.L. 2013. El impacto de los plásticos en el ambiente. La jornada Ecológica, <http://www.jornada.unam.mx/2013/05/27/eco-f.html>, Morelos, México, (consultado el 26 de noviembre de 2015)

Shey, J., Iman, S.H., Glenn, G.M. & Orts, W.J. 2006. Properties of baked starch foam with natural rubber latex. *Industrial Crops and Products*. 24:34-40.