

DISEÑO DE UN MOLDE DE ALUMINIO PARA ELABORAR VASOS A BASE DE HOJA DE ELOTE (*Zea mays*)

DESIGN OF AN ALUMINUM MOLD TO MAKE CUPS BASED ON CORN HUSKS (*Zea mays*)

García-Vásquez L.P.¹, Robledo-Taboada L.H. N.², Hernández- Bautista E.¹,
Díaz-Barrita A.J.^{1*}.

¹ Instituto Tecnológico de Oaxaca. Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica

² Instituto Tecnológico de Oaxaca. Departamento de Ingeniería Industrial

* Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No.125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P.68030.

*aymara.db@oaxaca.tecnm.mx

RESUMEN

En las últimas décadas, la sociedad ha visto la necesidad del cuidado del medio ambiente, por tal razón, ha incrementado el uso de materiales biodegradables a partir de recursos renovables para reemplazar los polímeros utilizados de manera convencional. El estado de Oaxaca, en 2018, prohibió el uso de envases de poliestireno expandido en la venta y entrega de alimentos, a partir de esto surge la idea de vender los esquites oaxaqueños (elote desgranado) en hojas de elote en apoyo al medio ambiente. Con la finalidad de profundizar en esta idea, se planteó el objetivo de diseñar un molde para la elaboración de vasos a base de hoja de elote y caracterizarlos físicamente. Se realizaron pruebas preliminares para determinar el tipo de hoja a ocupar, tratamiento térmico y cantidad de hojas

para alcanzar un espesor adecuado del vaso. El diseño del molde se realizó con el programa SolidWorks y se maquinó usando como material base aleación de aluminio (6061). Una vez obtenido el molde se realizaron las pruebas para la obtención de vasos y se obtuvo el color, espesor, altura y peso del vaso producido. Se lograron caracterizar bromatológicamente las hojas de elote fresca y seca. La hoja fresca resultó más conveniente por ser manejable y menos susceptible al crecimiento de microorganismos, aunado a esto fue necesario someter a un tratamiento térmico, previo al moldeado de la hoja. Se logró obtener un vaso de color verde oliva, con un peso de 11.94 g, un espesor de 1.12 mm y una altura de 8.6 cm.

Palabras clave: Biodegradable, molde de aluminio, vasos de hoja de elote.

ABSTRACT

In recent decades, society has seen the need to care for the environment, for this reason, it has increased the use of biodegradable materials from renewable resources to replace polymers used conventionally. The state of Oaxaca, in 2018, prohibited the use of expanded polystyrene containers in the sale and delivery of food, from this the idea of selling Oaxacan esquites (shelled corn) in corn husks in support of the environment arises. In order to delve into this idea, the objective of designing a mold for making cups based on corn husks and physically characterizing them. Preliminary tests were carried out to determine the type of leaf to be used, heat treatment and number of leaves to achieve an adequate thickness of the glass. The design of the mold was made with the SolidWorks program and it was machined using aluminum alloy (6061) as the base material. Once the mold was obtained, the tests were carried out to obtain cups. The color, weight, thickness and height of the glasses obtained were evaluated. Fresh and dried corn leaves were bromatologically characterized. The fresh leaf was more convenient for being manageable and less susceptible to the

growth of microorganisms, in addition to this it was necessary to subject it to a thermal treatment, prior to the molding of the leaf. It was possible to obtain an olive green cup will be obtained, with a weight of 11.94 g, a thickness of 1.12 mm and a height of 8.6 cm.

Keywords: Aluminium mold, biodegradable, corn husk cups.

INTRODUCCION

De acuerdo con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (DBGR) [1] en México se generan diariamente 120, 128 toneladas de residuos sólidos urbanos, lo que representa un incremento del 17% con respecto a la generación reportada oficialmente cinco años antes, en 2012 [2].

En México, al igual que en otros países, en los últimos años se han promovido y establecido medidas que regulan la producción, comercialización, distribución y/o venta de algunos productos plásticos, especialmente de aquellos considerados como de vida útil corta [2]. En 2018 el estado de Oaxaca se suma a la lista de municipios oaxaqueños donde está prohibido el uso de unice (poliestireno

expandido) en la venta y entrega de alimentos [3].

El poliestireno expandido o EPS es un material liviano que deriva de un polímero del estireno obtenido del petróleo y que no es degradable [4]. Su incesante producción y deficiente reciclado, ha dado lugar a una masiva acumulación en el medio ambiente donde la degradación gradual de estos puede dar lugar a la formación de microplásticos (MPS; <5 mm) y en teoría es posible que se degraden hasta nano plásticos (NPs; < 1 000 nm). Estos se van incluyendo en las diferentes cadenas tróficas y también están relacionados con impactos físicos en la biota como el enredo, inanición y asfixia de varias especies de vida silvestre [5].

Se ha recurrido a alternativas para disminuir el impacto que tienen los plásticos de un solo uso en el medio ambiente. Entre ellos está el reciclaje y la sustitución por productos biodegradables, que permitan ofrecer al consumidor los mismos beneficios y además puedan reintegrarse al ambiente en un periodo corto de tiempo.

Pavlovskay et al. [6] intentó producir compuestos bioplásticos que utilizan

granos de trigo no clasificados y pulpa de remolacha azucarera hidrolizada para producir vajillas a base de almidón. Aunque los utensilios de mesa elaborados exclusivamente con almidón poseen ventajas como la degradación completa y la alta seguridad alimentaria, su baja estabilidad térmica, alta flexibilidad, dificultad en la conservación y alto precio, lo desfavorece en el mercado [7]. Pavlovskay et al. [5] posteriormente agregó el polietilenglicol sintético al compuesto para mayor resistencia que a partir de entonces lo hace parcialmente biodegradable. Se han llevado a cabo varios estudios para utilizar fibras celulósicas para el modelado de productos desechables biodegradables. Liu et al. [7] estudió la posibilidad de producción de platos desechables utilizando hojas secas como materia prima, mientras que Hanley et al. [8] mezcló trozos de cáñamo picado con agar y almidón de maíz para hacer vasos desechables. Buxoo, S. y Jeetah, P. [9] estudiaron la factibilidad de utilizar cáscaras de piña, naranjas y cáñamo como materia prima para la realización de vasos de papel biodegradables, obteniendo un vaso óptimo con la capacidad de retener agua fría durante 30 min, sin ninguna fuga. Determinando de

esta manera, viable la realización de vasos a base de cáscaras de fruta.

A partir de la idea de utilizar hojas de elote como recipiente para esquites (elote desgranado), resultante de la prohibición de poliestireno expandido en la venta y entrega de alimentos en el estado de Oaxaca, se pretende profundizar en esta idea diseñando un molde para elaborar vasos a base de hoja de elote que pueda sustituir al recipiente convencional de plástico y ofrecer al consumidor los mismos beneficios siendo ahora un envase 100 % biodegradable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis Bromatológico. Se utilizó como materia prima hoja de elote fresco (hoja verde) y hoja seca (totomoxtle); a cada una se le determinó el porcentaje de humedad, extracto etéreo, proteína, fibra, cenizas y carbohidratos.

El análisis bromatológico se realizó en base a normas mexicanas (**Tabla 1**), únicamente el porcentaje de carbohidratos se obtuvo restando a 100% la sumatoria de H, G, P, F y C [10]. Todas las pruebas se hicieron por triplicado y se obtuvo un promedio de estos.

Pruebas preliminares. Se realizaron cinco pruebas preliminares (PP1, PP2, PP3, PP4 Y PP5) con el objetivo de seleccionar el tipo de hoja de elote a emplear (fresca o seca), el tratamiento térmico, la cantidad de hojas a utilizar y el tiempo de secado (**Tabla 2**) en la elaboración de los vasos de hoja de elote.

Tabla 1. Normatividad en Análisis Bromatológico

Determinación	Norma
Humedad (H)	NMX-F.083-1986
Extracto etéreo (G)	NMX-F-089-S-1978
Proteína (P)	NMX-F-068-S-1980
Fibra (F)	NMX-F-090-S-1978
Cenizas (C)	NMX-F-066-S-1978
Carbohidratos(CHO)	CHO=100-(H+C+P+G+C)

Tabla 2. Pruebas preliminares para la obtención de vasos de hoja de elote.

PP	HOJA	TT	PEGAMENTO
PP1	Secas	SÍ	Ninguno
PP2	Secas	No	Solución base mucílago
PP3	Frescas	SÍ	Ninguno
PP4	Frescas	SÍ	Solución base mucílago
PP5	Frescas	SÍ	Solución fécula de maíz

PP:prueba preliminar, TT: Tratamiento térmico

Para esto se utilizó como molde preliminar un exprimidor de jugo de aleación de aluminio para darle forma a las hojas y un vernier digital KNOVA para medir el

grosor. Todas las pruebas tuvieron un tratamiento de desinfección con hipoclorito de sodio a 100 ppm.

.Prueba 1. Se utilizaron hojas de elote secas, se hirvieron por 15 min y posteriormente se desinfectaron en una solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio. Se colocaron las hojas necesarias en el molde. Una vez seco se desmoldó.

Prueba 2. Se utilizaron hojas de elote secas sin hervir, se humedecieron en agua por 15 min y posteriormente se desinfectaron con una solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio. Se colocaron las hojas necesarias en el molde, añadiéndole como pegamento entre las hojas una solución a base de mucílago de nopal (Glicerol 4% v/v, Polietilenglicol E-400 4% m/v, Mucílago de nopal 0.5% m/v e Hidroxietilcelulosa 1.5% m/v). Una vez seco se desmoldó.

Prueba 3. Se hirvieron elotes enteros hasta su cocción total y se retiraron las hojas. Éstas se reservaron en refrigeración hasta su uso. Las hojas se desinfectaron con una solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio y se colocó la cantidad necesaria en el molde. Una vez seco se desmoldó.

Prueba 4. Se hirvieron elotes enteros hasta su cocción total y se retiraron las hojas. Éstas se reservaron en refrigeración hasta su uso. Posteriormente las hojas se desinfectaron con una solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio y se colocó la cantidad necesaria en el molde, añadiéndole como pegamento entre las hojas mucílago de nopal. Una vez seco se desmoldó.

Prueba 5. Se hirvieron elotes enteros hasta su cocción total y se retiraron las hojas. Éstas se reservaron en refrigeración hasta su uso. Posteriormente las hojas se desinfectaron con una solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio y se colocó la cantidad necesaria en el molde, añadiéndole como aditivo entre las hojas, una solución de fécula de maíz (Ácido acético 3.5% v/v, Azúcar 2.5 % m/v, fécula de maíz 3.8% m/v). Una vez seco se desmoldó.

Diseño de molde. Se realizó en el programa SolidWorks, para posteriormente maquinarlo con el uso de torno y fresadora convencional.

La capacidad del vaso es de 8 oz con un volumen útil de 237 ml. El diseño es sencillo, en forma de tronco de cono para facilitar su desmolde y su posterior

almacenaje. El molde consiste en dos partes, el lado A y lado B, los cuales una vez ensamblados darán la forma esperada al vaso.

Obtención de vasos a base de hoja de elote. Una vez seleccionado el tipo y número de hojas a utilizar, el tratamiento térmico y conociendo la necesidad de un pegamento para las capas de los vasos, se procedió a elaborar los vasos de hoja de elote utilizando el molde de aluminio. Para esto se probaron diferentes soluciones como pegamento y se desarrolló la metodología para su elaboración como se detalla en los párrafos siguientes.

Elaboración vaso uno (EV1). Se utilizaron hojas de elote fresco, previamente hervidas, y se probaron diferentes sustancias como pegamento para las capas del vaso. Las hojas de elote se recolectaron in situ de cultivos de maíz localizados en San Francisco Telixtlahuaca, Oaxaca.

Las hojas de elote, el molde y las herramientas para manipular las hojas se desinfectaron en una solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio. Las hojas se secaron a temperatura ambiente por 1 hora; el molde y herramientas por 30 min.

Se recortaron las hojas en dos formas: a) círculos con un diámetro de 2.2 cm y b) láminas de 10.5 cm de ancho (el largo dependió del tamaño de la hoja) con pequeños cortes en forma de pestañas de 1 cm, para obtener la forma curva deseada.

En La parte A del molde se colocaron láminas necesarias para cubrirlo y se cerró con la parte B del molde (previamente calentada a 100 °C). El molde completo se dejó en la estufa a 100 °C por 30 min. Posteriormente, se colocó en la parte inferior un círculo y nuevamente se dejó el molde en la estufa por 30 min.

Terminado ese tiempo, el molde se retiró y se enfrió por 30 min para poder cubrir las hojas con una solución de hidroxietilcelulosa (1.5 %) entre cada capa de láminas y círculos. Una vez alcanzado el grosor esperado se empalmaron las dos partes del molde y se dejaron secar a 100 °C por 3 horas y finalmente el vaso se retira del molde.

Elaboración vaso dos (EV2). Se siguió el mismo procedimiento que en la prueba para el vaso uno, cambiándose únicamente el pegamento, que en este caso fue uno comercial (Alfa mucilago). Se

secó a 100°C por 30 min. Posteriormente se sacó el molde del secador y en la parte A se le colocaron ligas, previamente desinfectadas, para su posterior secado en la estufa por 2 h. Una vez terminado el tiempo y frío el molde, se retira el vaso.

Elaboración vaso tres (EV3). Se realizó el mismo procedimiento para la elaboración del vaso dos (EV2), con la diferencia que se aumentó el grosor del vaso y se dejó secar por otros 40 min a 100 °C. Una vez terminado el tiempo, se retiró el vaso.

Caracterización física de los vasos obtenidos. El peso del vaso se determinó en una balanza analítica (RADWAG AS220.R2). El color se determinó en base a una escala visual (**Figura 1**). El grosor lateral y medidas del vaso (Altura, diámetro base menor, base mayor y grosor de la base) se midieron con ayuda de un vernier digital (KNOVA).

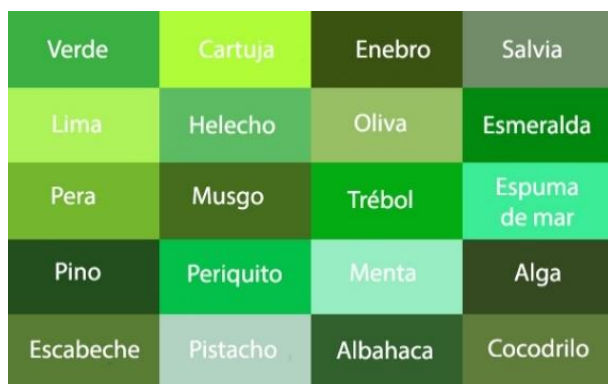


Figura 1. Escala de colores verde [11]

Se realizó una prueba de retención de agua, para lo cual se colocaron 100 ml de agua a 80°C en el vaso de hoja de elote y se tomó el tiempo que logró mantenerse dentro de éste.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis bromatológico. En la **tabla 3** se muestran los resultados obtenidos del análisis bromatológico a hojas de elotes frescas y secas.

Tabla 3. Composición bromatológica porcentual de la hoja de elote fresca y hoja seca de elote

Parámetro	Hoja	Hoja
	Fresca	Seca
Humedad (%)	71.3100	4.0700
Extracto etéreo (%)	0.1248	0.3171
Proteínas (%)	5.2837	6.5391
Fibra cruda (%)	6.0313	60.4869
Ceniza (%)	1.2517	1.0722
Carbohidratos (%)	15.9985	27.5147

El porcentaje de humedad (en la hoja de elote fresca es 71.31 %, mayor al presentado en la hoja seca o totomoxtle (4.07 %), esto era de esperarse, puesto que este último es sometido a un proceso de secado para su obtención. Por el contrario, la hoja seca presentó un mayor contenido de fibra cruda (60.4869 %) respecto a la hoja fresca (6.0313 %). El contenido de fibra obtenido en la hoja seca

se asemeja a los datos obtenidos por Prado-Martínez [12] en hoja de mazorca en base seca, siendo éste un 78.86% de Holocelulosa, correspondiente a la fibra. Estos materiales con alta cantidad de fibra (67%-70% material base seca) generalmente se utilizan para la producción de pulpa para papel [13]. La hoja fresca tuvo un mayor porcentaje de cenizas (1.2517 %) comparada con la hoja seca (1.0722 %). De acuerdo con Prado-Martínez [12] el contenido de cenizas en la hoja de mazorca (seca) es 0.761 %, menor a lo obtenido en este trabajo, la diferencia puede deberse a las condiciones de cosecha del elote, que resultó en una mayor cantidad de minerales en las muestras del proyecto [14].

Pruebas preliminares. En la **tabla 3** se muestran las variables analizadas en las pruebas preliminares. Se puede observar que las hojas utilizadas oscilaron entre 5 y 8, dando diferencias en el espesor del molde obtenido, teniendo 0.94 mm para el más delgado y 1.6 mm para el más grueso. El tiempo de secado a temperatura ambiente fue 5-7 días.

Se pudo observar que el tratamiento térmico fue de mucha ayuda para facilitar la manipulación de las hojas y para evitar

el crecimiento de microorganismos en éstos.

Tabla 3. Resultados de las pruebas preliminares para la elaboración de vasos de hoja de elote

HOJA SECA					
PP	TT	NH	PO	G (mm)	S (días)
PP1	Si	5	X	0.94	5
PP2	No	6	Si	1.14	6
HOJA FRESCA					
PP3	si	6	X	1.20	7
PP4	si	8	Si	1.60	7
PP5	si	7	Si	1.50	7

P: Prueba, TT: Tratamiento térmico, PO: Pegamento, G: grosor, S: Secado.

En las pruebas 1,2 y 4 (**Figura 2**) los moldes presentaron crecimiento de microorganismos, coincidiendo que en las muestras 1 y 2 se utilizó hoja de elote seca (totomoxtle), por lo que se descartó su empleo para la siguiente fase.

También se pudo observar, **Figura 2(b)**, que los moldes elaborados con totomoxtle presentaron agrietamientos a diferencia de los moldes obtenidos con hoja de elote fresca.

En cuanto a la adherencia de las hojas se observa que es necesario el empleo de un pegamento, puesto que, en las pruebas 1 y 3 donde no se utilizó, las capas de hojas se desprendieron fácilmente.

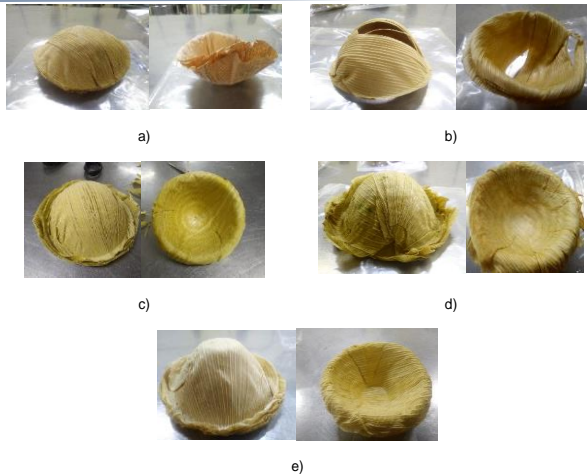


Figura 2. Productos obtenidos de las pruebas preliminares; a) Prueba 1 hoja seca, b) Prueba 2 hoja seca, c) Prueba 3 hoja fresca, d) Prueba 4 hoja fresca, e) Prueba 5 hoja fresca.

En las pruebas 2, 4 y 5, el biopolímero que dio mejor resultados fue el mucílago de nopal; se observó que las capas, al momento de desmoldarlo, se mantuvieron pegadas, sin embargo, al pasar de los días las capas se desprendieron y el olor no era agradable. Con la solución de maicena se observó adherencia al momento de elaborar el molde, pero al igual que el mucílago, al pasar de los días las capas se desprendieron. La solución a base de mucílago no tuvo efecto alguno en la adherencia de las hojas.

Por lo anterior se decidió trabajar con la hoja de elote fresco, realizar un tratamiento térmico en la hoja, usar un aproximado de 6 hojas por vaso para obtener un grosor adecuado y utilizar un

método de secado de los moldes para acelerar su obtención.

Diseño del molde. Las dimensiones principales de la pieza fueron: 80 mm de diámetro superior, 47 mm de diámetro inferior, 92 mm de altura y 2 mm de espesor y en la base 3 mm (**Figura 3**), ya que necesita una buena rigidez para que resista líquidos calientes.

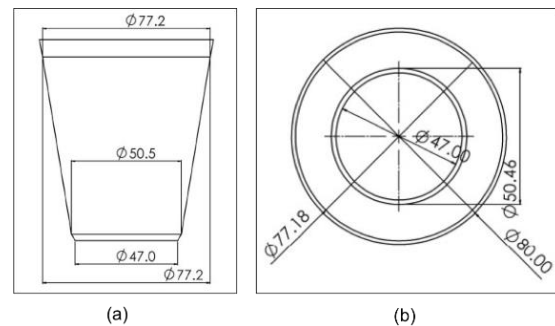


Figura 3. Dimensiones principales de la pieza, a) vista lateral y b) base superior e inferior.

En la **Figura 4** se muestra las vistas del diseño 3D para el vaso a obtener y en la Figura 5, la vista del molde diseñado el cual cuenta con un lado A y un lado B que al ensamblarse dan el producto deseado.

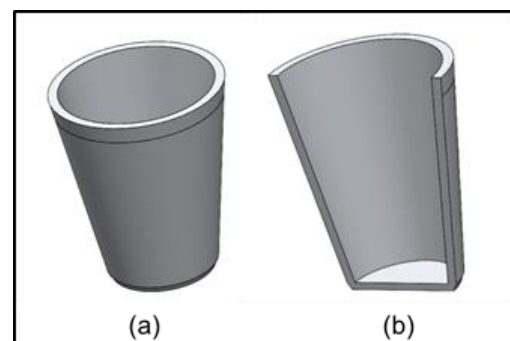


Figura 4. Vista 3D del diseño del vaso en SolidWorks 2020, a) Vista frontal, b) Vista corte transversal

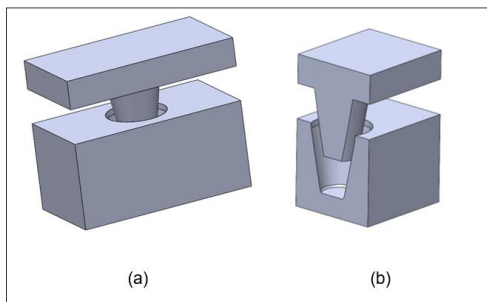


Figura 5. Vista 3D de ensamblaje del lado A y B para vaso en software SolidWords, a) Vista frontal, b) vista corte transversal.

Obtención de los vasos a base de hoja de elote. En la **tabla 4** se puede observar que el proceso para la elaboración de vasos óptimo es el realizado en la prueba 3 ya que requirió una menor cantidad de tiempo y la cantidad de hojas fue más adecuada.

Tabla 4. Variables analizadas en las pruebas de obtención de vasos a base de hoja de elote.

P	PO	TE (h)	NH
EV1	Hidroxietilcelulosa (1.5)	8	4
EV2	Alfa mucílago	9	4
EV3	Alfa mucílago	7	6

P: Prueba, PO: Pegamento, TE: tiempo de elaboración, NH: Número de hojas.

Se pudo observar que la utilización de ligas en la prueba 2 y 3 ayudó notablemente al proceso de secado, ya que mientras en molde en un principio ayudaba a dar forma a las hojas, las ligas facilitaban que se mantuviera la forma y las hojas se secaran adecuadamente sin afectar las propiedades del pegamento.

En la **figura 6** se muestran los vasos obtenidos para cada una de las pruebas. Se puede observar que en las pruebas 2 y 3 se obtuvo la forma adecuada de los vasos y fue posible desmoldarlos a diferencia de la prueba 1 que a pesar de que requirió 8 horas no se obtuvo la forma del vaso y el pegamento ya había perdido sus propiedades de adherencia por estar expuesto a demasiada humedad. El método mejor evaluado fue el 3, ya que requirió menos tiempo.

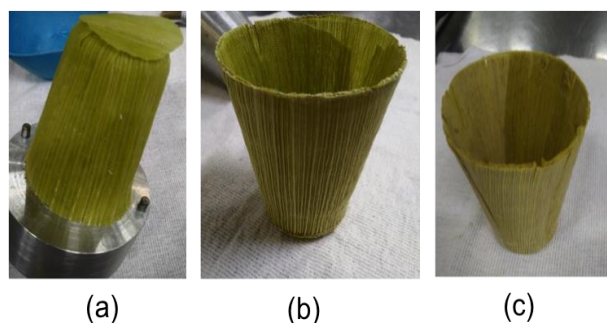


Figura 6. Vasos obtenidos en las pruebas 1(a), 2(b), 3 (c).

Caracterización física de los vasos obtenidos. En la **tabla 5** se muestran los resultados obtenidos en la caracterización física de cada vaso. Se puede observar que el vaso que más se parece al diseño deseado, es el vaso 2 ya que su grosor es más idóneo, esto se puede comprobar al realizar la prueba de retención, ya que un mayor grosor permite que el tiempo de retención sea mayor.

Se han hecho diversas investigaciones de materiales biodegradables [15-20], sin embargo pocos son aplicados a la industria alimenticia [16-20], es importante resaltar que se obtuvieron vasos útiles vasados en un diseño industrial, con una alta biodegradabilidad [16,18] mayor a la de otros grupos de investigación [17,19,20], sin embargo esto produjo que el tiempo máximo de retención de líquido se limite a un promedio de 1 400 segundos, es importante mencionar que se están realizando experimentos para la optimización del prototipo para de esta manera aumentar su tiempo de retención sin perder su alta biodegradabilidad, aunado a lo anterior se destaca su facilidad de moldeo, rápida fabricación y fácil desinfección.

Tabla 5. Caracterización física de los vasos de hoja de elote.

V	M (g)	C	Gl/Gb (mm)	h/b/B (cm)	Tr (s)
1	7.4	Verde oliva	0.78/2.6	8.6/4.5/6.8	200
2	12	Verde oliva	11.2/2.7	8.6/4.5/6.8	1400

V: vaso, M: masa, C: color, Gl: grosor lateral, Gb: grosor base, h: altura vaso, b: base menor vaso, B: base mayor vaso, Tr: Tiempo de retención

CONCLUSIONES

Los plásticos de un solo uso tienen un impacto negativo en el medio ambiente, por lo que es necesario buscar productos biodegradables. La hoja de elote es una opción para elaborar vasos biodegradables, las pruebas preliminares mostraron que la hoja fresca de elote, a diferencia de la hoja seca, fue más manejable, no hubo crecimiento de microorganismos por el tratamiento térmico empleado y se logró obtener el espesor adecuado para un vaso con 6 hojas. El molde diseñado, y posteriormente maquinado en aleación de aluminio para la obtención de los vasos, consistió en dos partes, las cuales, al embonarse, permitieron que las hojas de elote tomaran la forma de vaso, siendo importante el empleo de un adhesivo para mantenerlas unidas. Se lograron obtener dos vasos de hoja fresca de elote con características similares a las establecidas; sin embargo, ninguno de ellos pudo retener líquido caliente (80 °C) por un tiempo considerable. Es necesario seguir haciendo mejoras al proceso de elaboración para mejorar las propiedades térmicas y mecánicas del vaso elaborado con hojas de elote.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento otorgado por el Tecnológico Nacional de México, bajo el registro de proyecto 13868.22-P.

REFERENCIAS

- [1] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2020). Diagnostico básico para la gestión integral de residuos. México: Lucart Estudio S.A de C.V.
- [2] Barbara Unmüßig, Stiv Wilson (2020). Atlas del plástico, datos y cifras sobre el mundo de los polímeros sintéticos, 8-53.
- [3] PlanetaB. (2018). Oaxaca prohíbe el uso de unigel en la capital del estado. Obtenido de: <https://www.planetab.com.mx/post/2018/09/19/oaxaca-prohibe-el-uso-de-unigel-en-la-capital-del-estado>.
- [4] ANAPE. (24 de 08 de 2022). Producto: Asociación nacional de poliestireno expandido. Obtenido de <http://www.anape.es/index.php?accionproducto>.
- [5] Choy, C. R. (2019). The vertical distribution and biological transport of marine microplastic across the epipelagic and mesopelagic water column. *Scientific Reports*, 98-109.
- [6] Pavlovskay NE, G. I. (2020). Creation of new polymer composite bioplastics to produce disposable tableware based on starch. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci*, 1-7.
- [7] Liu BF, L. M. (2020). Study of pulping technology on disposable tableware using withered leaves as raw material. *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng* 711, 1-8.
- [8] Hanley J. y Hermann R, H. T. (2019). A biodegradable alternative to the single-use cup. Dissertation Worcester Polytechnic Institute.
- [9] Buxxo, S. y Jeetah, P. (2020). Feasibility of producing biodegradable disposable paper cup from pineapple peels, orange peels and Mauritiam henp leaves with beeswax coating. 2(1359).
- [10] Villanueva C., G.J. (2023). Tips para calcular las kilocalorías del alimentos. Revisado en: <https://bmeditores.mx/ganaderia/interpretacion-de-analisis-bromatologicos-de-los-alimento-balanceados/>
- [11] Lotero, M. (19 de enero de 2020). Wattpad. Recuperado el 15 de julio de 2022, de Wattpad.
- [12] Prado, M., & al, M. e. (s.f.). Caracterización de las hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celolósica mixta. (37-51).
- [13] Hurtes, W. R. (2001). Nonwood plant fiber uses in papermaking.
- [14] Belén, Álvarez, & Alemán. (2001). Caracterización fisicoquímica de una harina obtenida del mesocarpio del fruto de la palma de coroba. *Luz*, 290-297.

- [15] Gurusamy-Thangavelu, S. A., Mukherjee, M., Kannan, L., Kumar-Chelike, Sulthana, Y. R., Kumar-Raman, R., Alagumalai, A., Vairamuthu, M. y Baran-Mandal, A. (2020). Biodegradable polyurethanes foam and foam fullerenes nanocomposite strips by one-shot moulding: Physicochemical and mechanical properties. *Materials Science in Semiconductor Processing* 112 (2020) 105018.
- [16] Zul, A. S., Arash, Z., Irfan, T. y Hamka, A. (2021). Biodegradable Cup as A Substitute for Single Use Plastic. *Mutidisciplinary Applied Research and inovation* 2: 197-205.
- [17] Talwar-G,Kumar-N, Chawla-R, Wakchaure-N, (2020), Effect of different concentrations of corn starch and whey protein on the characteristics of biodegradable cup, *Enviroment Conservation Jornual*, 22: 21-31.
- [18] Swabiiha, B. y Patrima J. (2020). Feasibility of producing biodegradable disposable paper cup from pineapple peels, orange peels and Mauritian hemp leaves with beeswax coating. *Springer Nature Allied Sciences* (2020) 2: 1359.
- [19] Chao, L., Pengcheng, L., Quiang L., Zhen C., Xiao, S., Daxian, C. Y Hongli, Z. (2020). Biodegradable, Hygienic, and Compostable Tableware from Hybrid Sugarcane and Bamboo Fiber as Plastic Alternative. *Matter* 3: 2066-2079.
- [20] Indarti, E., Muliani, S., Wulya, S., Rafiqah, R., Sulaiman, I. Y Yunita, D. (2021). Development of environmental-friendly biofoam cup made from sugarcane bagasse and coconut fiber. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 711 (2021) 012011. doi:10.1088/1755-1315/711/1/012011

