



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA

TESIS

DISEÑO DE MOLDES, PARA ELABORAR VASOS A BASE DE HOJA DE ELOTE (Zea mays)

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:

LUPITA PAOLA GARCÍA VÁSQUEZ

ASESOR:

M.C AYMARA JUDITH DÍAZ BARRITA

COMISIÓN REVISORA:

Q. JOSÉ LÓPEZ MATADAMAS

DR. EMILIO HÉRNANDEZ BAUTISTA

M.C JORGE MIGUEL MARTÍNEZ CANSECO

OAXACA DE JUAREZ

MARZO 2023



Agradecimientos

Le agradezco muy profundamente a mi asesora la M. C. Aymara Judith Díaz Barrita por darme la oportunidad de realizar este proyecto de residencia profesional, por sus conocimientos, confianza y apoyo brindado durante el periodo escolar.

Al Dr. Luis Humberto Robledo Taboada por su confianza, apoyo y conocimiento aportados en la realización de este proyecto.

Al Tecnológico Nacional de México Campus Oaxaca por llevar a cabo mi formación académica de la carrera de Ingeniería Química.

Al personal docente del Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Oaxaca por mi formación profesional y personal adquirido en mis cuatros años de estancia escolar.

A mis padres Enrique García y Cecilia Vásquez y a mis hermanas porque siempre han estado presentes en cada momento de mi vida y me han apoyado sin importar las consecuencias.

A mi novio Emanuel Hernández quien me apoyo y alentó en cada momento de la realización de este proyecto y en la culminación de mi carrera profesional.

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.

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.

ÍNDICE

	Página
Índice de tablas.....	7
Índice de figuras	8
INTRODUCCIÓN.....	9
OBJETIVOS	11
JUSTIFICACIÓN	12
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	13
1.1 Maíz	13
1.1.2 Hojas de la mazorca	15
1.1.3 Composición de las hojas de mazorca.....	15
1.1.4 Descripción de los elementos que conforman la hoja de mazorca de maíz	17
1.2 Análisis bromatológico	19
1.2.1 Análisis de humedad.....	19
1.2.2 Análisis de Extracto etéreo (Lípidos).....	20
1.2.3 Análisis de proteínas.....	20
1.2.4 Análisis de cenizas	20
1.2.5 Análisis de fibra cruda.....	21
1.2.6 Análisis de carbohidratos.....	21
1.3 Vasos	21
1.3.1 Evolución del vaso desechable	22

ÍNDICE (continuación)

1.3.2 Vasos desechables plásticos.....	23
1.3.3 Vasos desechables de papel.....	25
1.3.4 Vasos biodegradables	26
1.4 Envases biodegradables	27
1.4.1 Características de los envases biodegradables.....	27
1.4.2 Productos fabricados con materiales biodegradables	28
1.4.3 Normatividad para productos compostables.....	30
1.5 Moldes.....	33
1.5.1 Tipos de moldes.....	34
CAPÍTULO 2. DESARROLLO EXPERIMENTAL	39
2.1 Análisis bromatológico en hojas frescas y secas de elote (zea mays)	39
2.1.1 Determinación de humedad.....	39
2.1.2 Determinación de extracto etéreo.	39
2.1.3 Determinación del contenido de proteína.....	40
2.1.4 Determinación del contenido de cenizas.....	40
2.1.5 Determinación de fibra cruda.....	41
2.1.6 Determinación de carbohidratos en lámina a base de hojas de elote.....	41
2.2 Pruebas preliminares para la elaboración de vasos a base de hoja de elote	42
2.3 Diseño del molde	43
2.4 Maquinado del molde	46
2.5 Obtención de vasos a base de hoja de elote	48

ÍNDICE (continuación)

2.6	Caracterización física de los vasos obtenidos	50
CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		52
3.1	Análisis bromatológico.....	52
3.2	Pruebas preliminares.....	53
3.3	Obtención del molde a ocupar	55
3.4	Obtención de los vasos a base de hoja de elote	56
3.6	Caracterización física de los vasos obtenidos	57
CONCLUSIONES.....		59
REFERENCIAS		60
ANEXOS.....		66
A.	Norma Mexicana NMX-F-083-1986	66
B.	Norma Mexicana NMX-F-089-S-1978	68
C.	Norma Mexicana NMX-F-068-S-1980	70
D.	Norma Mexicana NMX-F-066-S-1978	73
E.	Norma Oficial Mexicana NOM-90-S-1978	75
F.	Resultados bromatológicos	78

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química de la hoja de mazorca comparado con el bagazo de caña (Prado Matínez, y otros, 2012).....	16
Tabla 2. Propiedades biométricas comparativas de fibras de diversas fuentes (Prado Matínez, y otros, 2012).	17
Tabla 3. Composición química de la hoja de mazorca de maíz (Prado Matínez, y otros, 2012).	17
Tabla 4. Ventajas de vasos desechables y vasos reutilizables (rdioplastics, 2012).....	22
Tabla 5. Dimensiones de vasos térmicos grupo REYMA.	24
Tabla 6. Características de aleaciones de aluminio (KNIGHT GROUP, 2017).	37
Tabla 7. Composición bromatológica porcentual de la lámina de hoja de elote fresca y seca.	52
Tabla 8. Resultados de las pruebas preliminares.	53
Tabla 9. Variables analizadas en las pruebas de obtención de vasos a base de hoja de elote.....	56
Tabla 10. Resultados obtenidos de la caracterización física.	58

Índice de figuras

Figura 1. Partes de la planta del maíz (GrupoSacs, 2015).....	14
Figura 2. Propiedades biométricas de las fibras (Prado Matínez, y otros, 2012).....	16
Figura 3. Segmentos de vasos y sistema del transporte de sustancias presentes en las hojas de mazorca de maíz (Prado Matínez, y otros, 2012).....	18
Figura 4.a) Elementos celulares. A= Vaso criboso; B= Fibra de pared gruesa; C= Parénquima; D= Células epidérmicas; b) Vaso criboso; c) E=Vaso espiralado; d) Tejido epidérmico; e) Tricomas (pelos epidérmicos) (Prado Matínez, y otros, 2012).....	18
Figura 5. Platos biodegradables de Leaf Republic.	29
Figura 6. Composición estructural de los platos biodegradables de Leaf Republic.	29
Figura 7. Ejemplo de molde Sacrificable (formlabs, s.f.).	35
Figura 8. Ejemplo de molde reutilizable (formlabs, s.f.).....	35
Figura 9. Exprimidor de jugo y vernier digital KNOVA.	42
Figura 10. Dimensiones principales de la pieza en mm, a) vista lateral y b) base superior e inferior.	44
Figura 11. Vista 3D del diseño del vaso en SolidWords 2020, a) Vista frontal, b) Vista corte transversal.....	45
Figura 12. Vista 3D de ensamble del lado A y B para vaso en software SolidWords, a) Vista frontal, b) Vista corte transversal.....	45
Figura 13. Dimensiones en mm del a) lado A y b) lado B del molde para formación de los vasos...46	
Figura 14. Proceso de maquinado del molde diseñado a) Vista corte normal, b) Vista ángulo 45°, c) Vista transversal.....	46
Figura 15. Fresadora convencional utilizada.	47
Figura 16. Molde con agarradera.	47
Figura 17. Elaboración de orificios al molde.....	48
Figura 18. Escala de colores verde (Loter, 2020).....	51
Figura 19. 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.....	54
Figura 20. Molde obtenido en la impresión.....	55
Figura 21. Molde final obtenido a) Vista completa del molde ensamblado, b) Vista superior de lado A del molde.	56
Figura 22. Vasos obtenidos en las pruebas a) 1, b) 2 y c) 3.	57

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Diagnóstico Básico para la Gestión integral de los Residuos 2017, 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.

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. En 2018 el estado de Oaxaca se suma a la lista de municipios oaxaqueños donde está prohibido el uso de unicel (poliestireno expandido) en la venta y entrega de alimentos.

El poli estireno expandido o EPS es un material liviano que deriva de un polímero del estireno obtenido del petróleo y que no es degradable (ANAPE, 2022). 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 micro plásticos (MPS; <5 mm) y en teoría es posible que se degraden más a 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 (Choy, 2019).

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. (2020) 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 (Liu BF, 2020). Pavlovskay et al. (2020) luego agregó el sintético polietilenglicol 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. (2020) estudió la posibilidad de producción de platos desechables utilizando hojas secas como materia prima, mientras que Hanley et al. (2019) mezcló trozos de cáñamo picado con agar y almidón de maíz para hacer vasos desechables. Buxoo, S. y Jeetah, P. (2020) estudió 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.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar moldes para elaborar vasos a base de hoja de elote (*Zea mays*).

Objetivos Específicos

- A) Diseñar moldes para vasos utilizando diversos métodos y materiales posibles.
- B) Obtener vasos a base de hoja de elote con el molde obtenido.
- C) Caracterizar físicamente de los vasos de hoja de elote.

JUSTIFICACIÓN

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 no biodegradables convencionales como el plástico y el poli estireno. Además de producirse un aumento en el precio del petróleo, se ha tomado mayor conciencia de que las reservas se están agotando de manera alarmante. Las estimaciones varían mucho, ya que la información que suministran los países que tienen reservas de petróleo no siempre es confiable, pero lo más probable es que comiencen a agotarse en las próximas décadas. El uso y consumo de plásticos siguen aumentando en todo el mundo, esto indica el ascenso en la cantidad de micro plásticos que pueden llegar a las diferentes matrices ambientales. Los cambios a nivel social en cuanto al uso de los plásticos dependen del entendimiento de este tipo de sustancias y la educación y propuestas de control de su uso (Sarria-Villa & Gallo-Corredor, 2016).

Ante la necesidad de procurar envases amigables con el medio ambiente, se ve como una opción la hoja de elote, la cual es un subproducto, que, si bien se ocupa como alimento para el ganado o en muy pocos casos como sustituto del vaso para esquites, podría ser una alternativa para que ese mismo subproducto se emplee para la elaboración de vasos, ya que se ha confirmado que presenta una buena retención de líquidos, inclusive a altas temperaturas.

Este trabajo se propone diseñar moldes que permitan obtener vasos a base de hoja de elote, de tal manera que se aprovechen las materias primas del sector y a su vez crear un producto amigable con el medio ambiente reemplazando el plástico convencional

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 Maíz

El maíz es una planta herbácea anual, nativa del hemisferio norte, originaria de México desde hace unos 10 mil años y que se cultiva en todo el mundo. Representa una de las principales fuentes de alimentación para casi todas las comunidades de México. Las regiones ganaderas de Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Michoacán, Aguascalientes, Hidalgo, la región lagunera y otras, cada año destinan más maíz para la alimentación animal, ya sea para ensilaje o como forraje seco. Solo en Jalisco hay un estimado de 100,000 hectáreas dedicadas a usos forrajeros (Ron et al., 2006).

La producción de biomasa residual que genera un cultivo de maíz (cañas, hojas de maíz, hojas de mazorca de maíz y mazorcas) fluctúa entre las 20 y 35 toneladas por hectárea y en el maíz de choclo (cañas y hojas), varía de 16 a 25 toneladas por hectárea (González, 1995; IDEA, 2007; Imba, 2011).

La planta de maíz está compuesta por varias partes, dentro de las cuales cada una de ellas cumplen una función específica e indispensable que permiten que esta planta no sólo pueda producir el fruto (maíz) sino que también se desarrolle y crezca correctamente.

GrupoSacs (2015) describe las partes por las que está compuesta una planta de maíz (Figura 1) de la siguiente manera:

- a) Panícula: La panícula es la porción masculina de la flor. Se encuentra en lo alto de la planta y atrae a las abejas y otros insectos.
- b) Tallo: Los tallos de maíz son el cuerpo principal de la planta. Dependiendo de la variedad, el tallo puede crecer varios metros de altura y es bastante resistente. El tallo es bastante estable, ya que debe aguantar las mazorcas de maíz.

- c) Hojas: Al igual que cualquier otra planta, las plantas de maíz pueden tener numerosas hojas en el tallo. Las hojas pueden ser largas y suelen crecer poco antes de curvarse en una posición hacia abajo.
- d) Seda: La seda es parte de la parte femenina de la flor de la planta. Esta surge de la parte superior de la hoja de maíz y puede ser de color verde, amarillo o marrón, dependiendo de la variedad de maíz.
- e) Hojas de mazorca: Se refiere a las hojas verdes que rodean las mazorcas de maíz. Estas hojas protegen los granos del maíz, que es la porción comestible de la planta.
- f) Mazorcas: Las mazorcas se encuentran conformadas por varias partes como lo son los granos siendo la parte comestible de la mazorca, la chala o cáscara que son las hojas que protegen los granos de maíz, pedúnculo encargado de unir el fruto con la planta y el corazón que es donde van insertados todos los granos de maíz.
- g) Raíces: Las plantas de maíz tienen dos secciones diferentes de raíces. Las raíces áreas crecen sólo en la parte superior del suelo, mientras que las raíces de la corona están bajo el suelo.

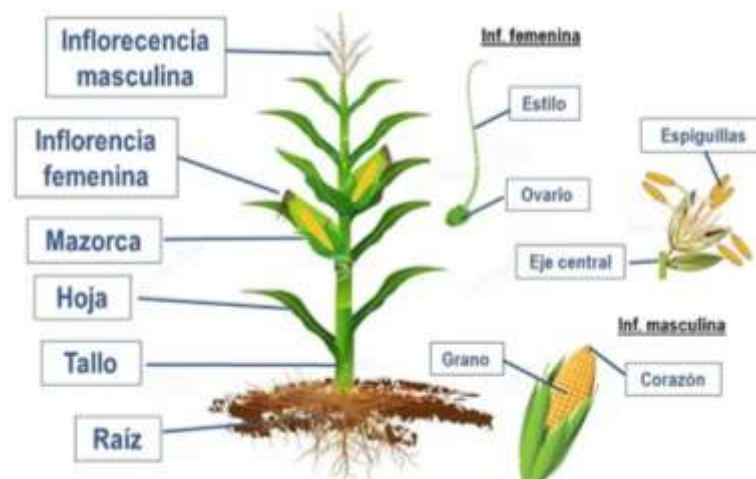


Figura 1. Partes de la planta del maíz (GrupoSacs, 2015).

1.1.2 Hojas de la mazorca

Las hojas de mazorca, también llamadas brácteas son las que protegen los granos de la mazorca hasta su maduración (Alvarado & Escobedo, 2020). La utilización de la hoja de mazorca seca o “totomoxtle” se remota quizás a principios del siglo XVI, el cual Fray Bernardino de Sahagún describe algunas variedades de tamales en su libro “Historia General de las Cosas de Nueva España”. Desde entonces la utilización de la hoja de maíz para la elaboración de tamales tiene gran importancia cultural (Romero, 2012).

La hoja tiene actualmente gran demanda en el mercado nacional e internacional, no sólo para la elaboración de tamales, sino también para la de diversas artesanías (Aragón, y otros, 2006). Durante años los agricultores han seleccionado variedades con características deseables (mayor longitud y calidad del totomoxtle) para su comercialización; las variedades nativas más utilizadas son de la raza Tuxpeño y Olotillo (Ortega, y otros, 1991). Si se utiliza este material para fabricar envases se podría evitar deforestaciones innecesarias.

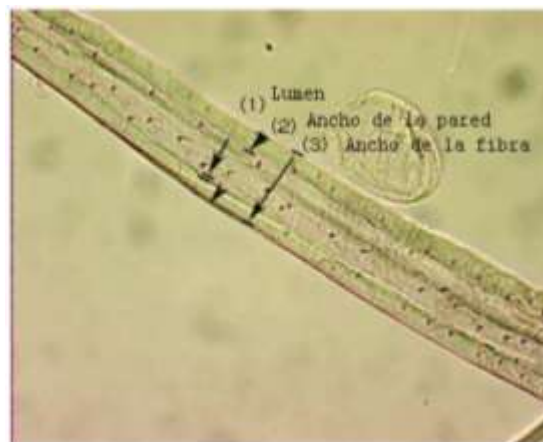
1.1.3 Composición de las hojas de mazorca

Prado Matínez, y otros (2012) determinan los componentes químicos de la planta de maíz, específicamente de las hojas de mazorca, llevando a cabo pruebas, para así conocer la morfología de las fibras, y realizar una correcta morfología de las mismas. Para ello, se toman muestras de hoja de mazorca, se pasan por un molino de martillo y se tamizan para realizar la caracterización química. Luego de la caracterización química de cada componente se lleva a cabo su caracterización morfológica y finalmente se realiza una comparación con otras fibras, donde los resultados indican que la hoja de mazorcas tiene ventajas en el porcentaje de compuestos comparados con otras fibras como el bagazo de caña. Los resultados obtenidos de la caracterización química de ambas plantas se presentan en la Tabla 1:

Tabla 1. Composición química de la hoja de mazorca comparado con el bagazo de caña (Prado Matínez, y otros, 2012).

Compuesto	Hoja de mazorca porcentaje (%) base seca	Bagazo de caña porcentaje (%) base seca	Bagazo de caña de azúcar porcentaje (%) base seca
Holo celulosa	78.66	73.24	59-76
α -Celulosa	43.13	41.67	32- 44
Lignina	23.00	19.98	19-24
Cenizas	0.761	1.300	1.5-5.0

* Datos obtenidos por Hurter (2001)

**Figura 2.** Propiedades biométricas de las fibras (Prado Matínez, y otros, 2012).

En la Figura 2 se señalan cuales son y qué nombre reciben las propiedades biométricas que hacen parte de la fibra de la hoja. Se evidencia que las fibras naturales tienen un alto contenido de celulosa que pueden ser utilizadas para la obtención de papel y de algún tipo de bioplástico. En la Tabla 2 se evidencia que la hoja de mazorca muestra una mayor longitud de fibra con respecto a otras, similar a la que presentan algunas maderas coníferas. También, el ancho de la fibra al igual que en su longitud es mayor que la presentan otras fibras, lo que hace que aumente su resistencia al rasgado (Prado Matínez, y otros, 2012).

Tabla 2. Propiedades biométricas comparativas de fibras de diversas fuentes (Prado Matínez, y otros, 2012).

Especie	Longitud promedio (mm)	Ancho de la fibra (μm)	Lumen (μm)	Espesor (μm)
Hoja de maíz	1.86	47.4	32.1	7.5
Bagazo de caña	1.50	20.0	12.0	4.0
<i>Eucalyptus globulus</i>	0.94	18.3	9.65	4.3
<i>Kenaf</i>	1.29	22.1	12.7	4.3
<i>Jacaranda acutifolia</i>	0.90	14.0	10.0	2.0
<i>Tilia mexicana</i>	1.31	28.0	20.0	4.0
<i>Bellotia mexicana</i>	1.49	41.0	27.0	7.0
<i>Clethra mexicana</i>	2.33	35.0	21.0	7.0

Las características físicas de las fibras de la hoja de maíz permiten la fabricación de papel, así lo señalan en el estudio de química y morfología del maíz. El estudio señala que el contenido de holocelulosa contenido en las hojas del maíz es adecuado para fabricar papel, y adecuado para fabricar una caja (Prado Matínez, y otros, 2012)..

Tabla 3. Composición química de la hoja de mazorca de maíz (Prado Matínez, y otros, 2012).

Compuesto	Hoja de mazorca (% base seca)
Holocelulosa	78.86
a-Celulosa	43.14
Lignina	23.00
Cenizas	0.761

De acuerdo a la Tabla 3 la hoja de mazorca de maíz tiene 78, 86 %. El contenido de holocelulosa en las hojas de mazorca es adecuado, dado que se encuentran entre (67%-70%) que se usan comúnmente para hacer pulpa para papel (Hurter, 2001).

1.1.4 Descripción de los elementos que conforman la hoja de mazorca de maíz

La planta de maíz está clasificada dentro del grupo de las monocotiledóneas, las cuales transportan las sales disueltas y los fotosintatos, desde las raíces hacia las hojas, y viceversa, a través de los vasos de xilema y floema (Figura 3). De estos haces

fibrovasculares se obtienen las fibras que son materia prima para producir papel (Prado-Martínez *et al.*, 2012).



Figura 3. Segmentos de vasos y sistema del transporte de sustancias presentes en las hojas de mazorca de maíz (Prado Matínez, y otros, 2012).

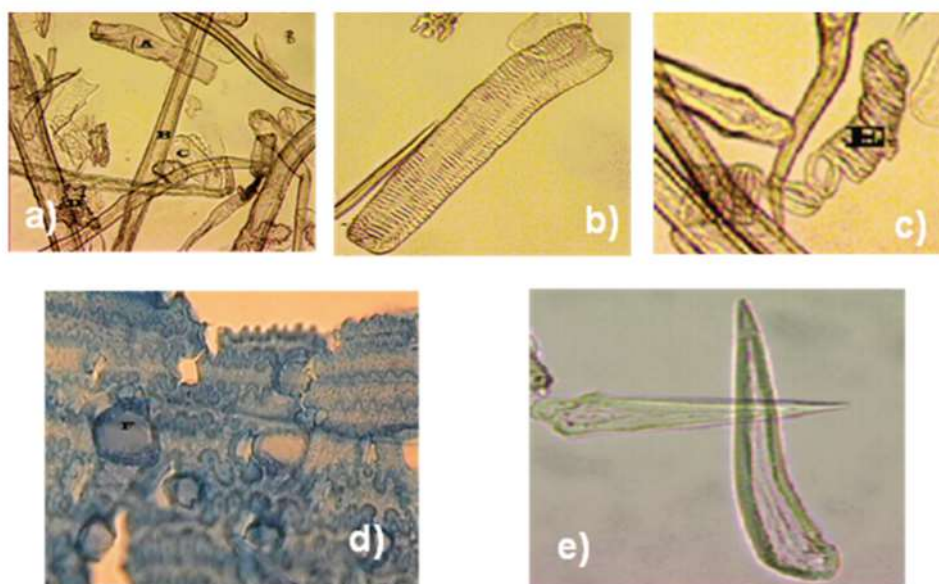


Figura 4. a) Elementos celulares. A= Vaso criboso; B= Fibra de pared gruesa; C= Parénquima; D= Células epidérmicas; b) Vaso criboso; c) E=Vaso espiralado; d) Tejido epidérmico; e) Tricomas (pelos epidérmicos) (Prado Matínez, y otros, 2012).

El tejido de las hojas de maíz tiene una estructura celular conformada por células parenquimatosas de paredes delgadas y con numerosas perforaciones (Figura 4a) características en las gramíneas como el bagazo de caña de azúcar. Algunos de los vasos

que se encuentran presentes son cribosos (vasos con puntuaciones, Figura 4b) y otros espiralados (Figura 4c).

Las fibras son de pared celular gruesa, lumen medio, moderadamente largas y se caracterizan por presentar extremos romos, agudos, además de otras fibras dentadas y horquilladas con puntos en sus superficies. Las células epidérmicas o peines son rectangulares y presentan dientes en los bordes laterales (Figura 1.4d). Otra característica morfológica de las hojas es la presencia de pelos epidérmicos o tricomas (Figura 1.4e) (Prado Matínez, y otros, 2012).

1.2 Análisis bromatológico

Desde el punto de vista etimológico, la palabra Bromatología se deriva del griego y significa *Ciencia de los alimentos*. Se define como la ciencia que se centra en el estudio de los alimentos desde todos los puntos de vista posibles, teniendo en cuenta todos los factores involucrados, tanto en la producción de las materias primas, como en su manipulación, elaboración, conservación, distribución, comercialización y consumo (Bello Gutiérrez, 2000).

1.2.1 Análisis de humedad

Humedad se define como la cantidad de agua presente en un alimento, este parámetro posee una contraparte analítica que son los sólidos totales presentes en el mismo alimento.

El agua puede estar presente en un alimento de tres formas, y estas son (Silva Hulicapi, 2000):

- a) Como agua de combinación
- b) Como agua absorbida
- c) En forma libre (aumento de volumen)

La determinación de la humedad se basa en la pérdida de peso de una muestra debido a la evaporación del agua a una temperatura de ebullición o cercana a ella (Déniz Gonzáles, Perdomo Molina, Rodríguez Galdón, & Díaz Romero, 2013)

1.2.2 Análisis de Extracto etéreo (Lípidos)

Los lípidos se caracterizan por ser la principal fuente de energía en la dieta, químicamente están formados por un grupo heterogéneo de sustancias insolubles en agua, entre los más comunes encontramos a los glicéridos, ceras, fosfolípidos, esteroides y ácidos grasos (Silva Hulicapi, 2000).

Se aprovecha la insolubilidad de los lípidos en el agua, para que mediante el empleo de solventes no acuosos separar la materia grasa del resto de la muestra.

1.2.3 Análisis de proteínas

Son sustancias complejas que se encuentran universalmente presentes en organismos vivos, poseen importancia nutricional muy significativa ya que participan directamente en los procesos químicos necesarios para la conservación de la vida (Silva Hulicapi, 2000).

Se basa en la combustión húmeda de la materia, las cuales descomponen las sustancias nitrogenadas mediante el empleo de ácido sulfúrico concentrado reduciéndola a amoníaco, la valoración de la cantidad de amoníaco es proporcional a la cantidad de proteínas en la muestra (Silva Hulicapi, 2000)

1.2.4 Análisis de cenizas

Las cenizas totales es el residuo inorgánico que se encuentra presente en los alimentos, básicamente se trata de la presencia de calcio, fósforo y otros minerales. Según Belén C, Álvarez, & Alemán (2001) la disminución en la cuantificación de cenizas en muestras tomadas en el mismo sector puede significar el agotamiento de dichos minerales en el suelo.

Dado que todos los alimentos, en menor o mayor medida, contienen una porción inorgánica en su composición, se aprovecha la gran diferencia entre los puntos de ebullición entre la materia orgánica e inorgánica, para que al llevar la muestra a temperatura de calcinación eliminar cualquier componente orgánico, así como también el agua que el alimento contiene (Silva Hulicapi, 2000).

1.2.5 Análisis de fibra cruda

La fibra o residuo celuloso es considerado como el residuo insoluble que dejan los alimentos o forrajes cuando se someten a un tratamiento determinado con ácidos o álcalis diluidos e hirvientes (Silva Hulicapi, 2000).

Se aplica calentamiento progresivo a una muestra tratada sucesivamente con un ácido o alcali diluido, hasta obtener el residuo insoluble de fibra el cual se lleva a peso constante.

1.2.6 Análisis de carbohidratos

Antiguamente se conocían como hidratos de carbono a los compuestos cuyas formulas empíricas eran $C_x(H_2O)_y$, hoy se conoce que esto no siempre se cumple, pero por tradición se mantiene la definición para describir a este importante grupo nutricional que abarca sustancias como los azúcares, almidón y la celulosa (Silva Hulicapi, 2000).

Si bien se puede cuantificar los carbohidratos es válido obtener un valor obtener un valor porcentual por diferencia del 100% de la materia contra la sumatoria del resto de los componentes, es decir grasa, proteínas, cenizas y agua.

1.3 Vasos

Los vasos son un recipiente cóncavo y generalmente de forma cilíndrica, hecho de diferentes materiales como vidrio, cristal, plástico, etc. y tamaños que se utiliza para beber o contener algo.

Se pueden dividir en vasos desechables y vasos reutilizables los cuales tienen características similares, sin embargo, hay una gran diferencia entre uno y otro (rdioplastics, 2012). En la Tabla 4 se compara las ventajas de estos dos tipos de vasos.

Tabla 4. Ventajas de vasos desechables y vasos reutilizables (rdioplastics, 2012).

Vasos Desechables	Vasos reutilizables
• Son prácticos y seguros • Ahorran el trabajo del lavado y secado • Son económicos • Son saludables • Son livianos e ideales para viajes • Tienen diversos usos	• Se lavan fácilmente • Se apilan y se transportan fácilmente • Son más económicos a largo plazo • Son saludables • No se deforman • Son estéticamente agradables • Son contenedores seguros de bebidas frías y calientes • Son más respetuoso con el medio ambiente

1.3.1 Evolución del vaso desechable

El primer vaso fue creado por el estadounidense Hugh Moore en el año 1908, su objetivo era vender el trago de agua, jamás pensó que con esta idea edificaría la gran industria de los “vasos desechables”. Los primeros vasitos desechables fueron de papel tratados en su parte interior con parafina; por su parte la compañía Dixie Cups fabricó los primeros vasos de plástico moderno (Eblin, 2017).

Estos productos llegaron para cubrir una necesidad de higiene, salud y practicidad. Antes del invento de estos vasos, las personas bebían en recipientes comunes, tomaban el agua de los barriles o directamente del grifo, donde podían contraer gérmenes y enfermedades de otros individuos; por lo que estos vasos llegaron a evitar contagios cruzados y hacer más

práctico su uso. Su éxito fue tanto, que de inmediato fueron adoptados en lugares públicos como hospitales, colegios y para los pasajeros de los ferrocarriles.

En la actualidad hay diversos tipos de materiales con los cuales producir un vaso desechable como lo es el papel, el polipropileno, el poliestireno expandido, incluso se cuenta con vasos biodegradables, los cuales están hechos con productos naturales como la fécula de maíz, almidón, celulosa, entre otros; además de cumplir con las mismas propiedades de un vaso desechables se minimiza el impacto ambiental (REYMA, 2021).

1.3.2 Vasos desechables plásticos

Una de las grandes ventajas de los vasos de plástico es la higiene, debido a que su superficie lisa impide la retención de microbios que puedan afectar a la salud del consumidor. Además, al ser desechables, no será necesario lavarlos al finalizar el evento de modo que ahorrarás también en mantenimiento.

Existen diferentes clases de vasos de plástico que se dividen de acuerdo al material de su fabricación (Envases del mediterráneo, 2020).

a) Vasos desechables FOAM.

Los vasos de papel o FOAM están hechos de poliestireno expandido, caracterizado por su aspecto espumoso y blanco. También se los conoce como vasos de corcho o vasos EPS y combinan a la perfección la rigidez con la ligereza.

Además de eso, son muy resistentes a temperaturas elevadas, por lo que muchas cafeterías los usan en la entrega de bebidas para llevar. También se puede servir bebidas heladas como jugos o té frío. Existe una variedad de medidas y diseño de estos, en la Tabla 5 se muestran algunos modelos del grupo REYMA con sus respectivas dimensiones.

Tabla 5. Dimensiones de vasos térmicos grupo REYMA.

CLAVE	DIMENSIONES		
	Altura	Base superior/Inferior	Capacidad del envase
VT6	8.4 cm	7.4 cm - 4.5 cm	177 ml
	3.3 in	2.9 in – 1.77 in	6 fl.oz
VT8	9.2 cm	8.1 cm- 4.7 cm	237 ml
	3.62 in	83.19 in – 1.85 in	8fl.oz
VT10	11.3 cm	8.9 cm – 5.1 cm	355 ml
	4.45 in	3.5 in – 2.00 in	12 fl.oz
VT12	12 cm	9.4 cm – 5.8 cm	428 ml
	4.72 in	3.7 in – 2.28 in	14.47fl.oz

b) Vasos de Poliestireno.

Además de eso, son muy resistentes a temperaturas elevadas, por lo que muchas cafeterías los usan en la entrega de bebidas para llevar. También se puede servir bebidas heladas como jugos o té frío.

c) Vasos de Polipropileno.

El vaso de Polipropileno Termoformado, también conocido como PP, presenta una alta resistencia a las caídas y, debido a su proceso de fabricación, puedes calentar tus bebidas al microondas sin ningún inconveniente. Es ideal para locales que ofrecen comidas y bebidas para llevar.

En cuanto al vaso desechable de Polipropileno Inyectado, cuenta con una alta capacidad de resistencia a las grietas y son muy resistentes. También resultan ser más duros y rígidos que los termoformados, por lo que son perfectos para bebidas calientes y frías.

d) Vasos de plástico PET.

Conocidos por su ligereza y alta resistencia a los impactos. Son actualmente uno de los tipos de vasos de plástico más utilizados por los locales gastronómicos o establecimientos de bebidas que ofrecen refrescos, batidos y gaseosas para llevar. Otra gran característica de estos tipos de vasos de plástico es su transparencia, permitiendo visualizar el líquido a ingerir con mayor claridad

1.3.3 Vasos desechables de papel

Un vaso de papel es un vaso desechable hecho de papel y, a menudo, forrado o recubierto con plástico o cera para evitar que el líquido se filtre o empape el papel. Puede estar hecho de papel reciclado y se usa ampliamente en todo el mundo (Muller, 2014).

a) Vasos de papel para bebidas calientes de una sola capa

El material utilizado es papel de celulosa con recubrimiento de PLA (bioplástico derivado de la biomasa renovable), el revestimiento interno de PLA evita que el papel se moje y se utiliza para pegar las costuras del vaso de papel. Este tipo de vaso es utilizado para bebidas calientes y para bebidas frías sin hielo (AMS COMPOSTABLE, 2019).

b) Vasos de papel para bebidas calientes de doble capa

Los vasos de papel de dos capas son esencialmente un termo de papel. Las paredes dobles recubiertas con PLA y un espacio de aire entre ellas reduce la conductividad térmica, por lo que la bebida retiene su temperatura por más tiempo y las copas no se calienta afuera, evitando quemar las manos (AMS COMPOSTABLE, 2019).

c) Vasos de papel corrugado

Las paredes de estos vasos de papel constan de tres capas de papel, y la capa superior tiene una estructura en relieve. Los vasos de papel corrugado tienen la conductividad térmica más baja en comparación con otros tipos de vasos desechables, no solo por los espacios de aire en las paredes de los vasos, sino también por el hecho de que las manos están en contacto solo con las partes sobresalientes de los vasos, lo que brinda una sensación de confort para el consumidor (AMS COMPOSTABLE, 2019).

1.3.4 Vasos biodegradables

Los vasos desechables aparecieron en el siglo XX respondiendo a la necesidad y el dinamismo de la sociedad, con una vida cada día más acelerada y con la necesidad de hacer mucho más ágiles nuestros traslados. Sin embargo, la mala disposición de los residuos evita en gran medida el reciclaje del plástico, es por esto que los productores están continuamente desarrollando e innovando a fin de minimizar los impactos, lo que ha dado origen a la fabricación de vasos biodegradables.

Actualmente existen en el mercado diversos tipos de vasos biodegradables, como almidón, celulosa, yuca, aceite de soya, fécula de papa, polisacáridos, poliácidos y muchas otras. Grupo REYMA (2021) elabora vasos biodegradables que son fabricados con polipropileno para tener las características que siempre han tenido sus productos. Adicionalmente le agregan elementos que permiten que el material, en este caso el plástico, se descomponga de una manera mucho más rápida. En estos plásticos existe una reacción química donde los átomos de carbono en las cadenas del polímero se rompen y dan paso a la creación de otras moléculas orgánicas, convirtiéndose en parte del ciclo de carbono de la ecología de la tierra.

1.4 Envases biodegradables

Se definen como aquellos fabricados con materia prima orgánica que se obtiene de fuentes renovables como el plátano, la estopa de coco, cascarilla de arroz, almidón de maíz, entre otros. Al convertirse en residuos se deshacen al ponerse en contacto con el medio ambiente convirtiéndose en biomasa y nutrientes, o por el metabolismo de los organismos. Es un proceso en el que no interviene la acción del hombre y tarda pocos años en realizar su degradación (Baqué, 2019).

Por otro lado, se tienen los envases compostables, los cuales se descomponen por acción microbiológica en un periodo más breve, generalmente entre 8 a 12 semanas. Estos se definen como aquel en el que sus materiales desechados se convierten en compost, es decir abono orgánico (Baqué, 2019).

1.4.1 Características de los envases biodegradables

Los envases biodegradables deben tener una serie de características para lograr ser un producto de calidad para los clientes, entre ellos se tienen según NaturePlast (s.f):

- a) Características rígidas, que permita una resistencia adecuada en su utilización ya que, por ejemplo, para envases del sector alimentario es necesario que tenga un soporte de los alimentos, puesto que algunos tienen un peso excesivo.
- b) Resistente a bajas temperaturas, pues la mayoría de estos productos son utilizados para conservar alimentos en zonas heladas, permitiendo así mantenerlos mejor durante más tiempo, y así conservar sus características organolépticas.
- c) Los envases biodegradables deben estar elaborados por materiales bioplásticos como el ácido láctico que posee propiedades mecánicas similares al PET (Tereftalato de polietileno), pero este es un material biodegradable.

1.4.2 Productos fabricados con materiales biodegradables

Entre las opciones para reducir la contaminación por plásticos de un solo uso, surge la iniciativa de fabricar envases que puedan sustituirlos y que además sean amigables con el medio ambiente. Martínez, Sánchez (2019) elabora un envase eco sustentable fabricado con hojas de maíz y mucilago de nopal como aditivo, obteniendo una pieza suficientemente resistente para ser manipulada y envasar un objeto, en su elaboración se utilizó un molde con forma de cubo y polietileno de alta densidad, utilizando un horno de microondas para acelerar el secado y facilitar la cocción de las fibras.

Por otro lado está la elaboración de platos ecológicos y biodegradables, haciendo uso de adhesivo natural a base de almidón de arroz por Flores Pérez (2021), el procedimiento consistió en la fabricación de distintos materiales compuestos, que posteriormente se recortaron en forma de probetas, dichas probetas estuvieron compuestas por varias disposiciones de capas, unas usando hojas de la platanera con papel reciclado, otras usando hojas de la platanera con papel vegetal y las últimas, con hojas de platanera mezclada con los dos papeles anteriores. Las probetas fabricadas se sometieron a ensayos mecánicos tales como flexión y tracción en el cuál se obtuvieron resultados pocos significativos debido a la gran flexibilidad de las hojas y en los de tracción todas las probetas presentaban curvas muy fluctuantes además de que tienen una vida media de 10 días, de ahí en caso de que se quisieran comercializar, se deberían fabricar bajo demanda.

Similar a este se encuentra el caso de Leaf Republic, un proyecto de los diseñadores Pedram Zolgadri y Carolin Fiechter que pretende generar una vajilla que pueda ser usada fuera de casa sin contaminar (Figura 5). Para esto crean a través del software CAD el diseño de un molde para el termo formado de un plato biodegradable que se puede usar en el microondas. El plato está hecho con hojas de árbol, que estructuralmente está compuesto

por dos capas de hoja, cosidas con fibra de palmera y separadas por una capa de papel impermeable (Figura 6).



Figura 5.Platos biodegradables de Leaf Republic.



Figura 6.Composición estructural de los platos biodegradables de Leaf Republic.

1.4.3 Normatividad para productos compostables.

La Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA) de la ciudad de México establece que las y los interesados en obtener el registro para comercializar, distribuir y entregar productos plásticos de un solo uso compostables, podrán presentar su solicitud por escrito dirigido a la Dirección General de Evaluación de Impacto y Regulación Ambiental (DGEIRA), así como su plan de Manejo para que en su caso puedan ser autorizados.

Además, deberán presentar los certificados otorgados por organismos certificadores que garanticen el cumplimiento de alguna de las siguientes normas y sus referencias o sus equivalentes a nivel nacional o internacional:

- a) ASTM D6400-19: Especificación estándar para el etiquetado de plásticos diseñados para ser compostados aeróbicamente en instalaciones municipales o industriales.

Desarrollada por la Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (ASTM), la norma ASTM D6400 cubre los plásticos y productos fabricados con plásticos diseñados para el compostaje en instalaciones de compostaje aeróbico municipales e industriales (COMPOST LABELLING, 2021).

Las especificaciones presentadas en esta norma son las requeridas para determinar si los materiales finales, incluidos los envases que utilizan plásticos y polímeros como revestimientos o aglutinantes, se compostarán satisfactoriamente en plantas industriales de compostaje a gran escala. El rendimiento más alto es una alta prioridad para los compostadores y las etapas intermedias de degradación y biodegradación del plástico son invisibles para el usuario final por razones estéticas.

- b) EN-13432 Requisitos para envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje.

Es una norma armonizada del Comité europeo de normalización sobre las características que un material debe poseer para poder ser definido biodegradable o compostable. El término “compostable” se refiere a normas relacionadas con la toxicidad del material descompuesto si se abandona en el medio ambiente (Ecozema, s.f.).

Según la norma EN 13432, un material para ser definido “compostable” debe poseer las características siguientes:

Degradarse como mínimo del 90% en 6 meses, si es sometido a un ambiente rico de dióxido de carbono. Estos valores deben probarse con el método estándar EN 14046 (que también recibe el nombre de ISO 14855);

En contacto con materiales orgánicos, al cabo de 3 meses la masa del material debe estar constituida como mínimo por el 90% de fragmentos de dimensiones inferiores a 2 mm. Estos valores deben probarse con el método estándar EN 14045; El material no debe tener efectos negativos sobre el proceso de compostaje; Baja concentración de metales pesados incorporados en el material; Valores de pH dentro de los límites establecidos; Contenido salino dentro de los límites establecidos; Concentración de sólidos volátiles dentro de los límites establecidos; Concentración de nitrógeno, fosforo, magnesio y potasio dentro de los límites establecidos.

c) ISO-17088: Especificaciones para plásticos compostables.

Este documento especifica procedimientos y requisitos para plásticos y productos hechos de plásticos que son aptos para la recuperación a través del reciclaje orgánico.

Se abordan los cuatro aspectos siguientes:

- 1) desintegración durante el compostaje;
- 2) biodegradación aerobia final;

3) ningún efecto adverso del compost sobre los organismos terrestres;

4) control de constituyentes.

Estos cuatro aspectos son adecuados para evaluar los efectos sobre el proceso de compostaje industrial. Este documento está destinado a ser utilizado como base para sistemas de etiquetado y declaraciones para materiales y productos plásticos compostables.

- d) NMX-E-273-NYCE-2019: Industria del Plástico – Plásticos Compostables – Especificaciones y Métodos de Prueba.

Esta Norma Mexicana establece las especificaciones mínimas que deben cumplir los plásticos que son adecuados para la recuperación orgánica a través de composteo aeróbico. Las especificaciones se dirigen a establecer los requerimientos que deben cumplir los productos plásticos para ser catalogados como compostables, señalando cuatro características:

1) biodegradación;

2) desintegración durante el composteo;

3) efectos negativos sobre el proceso de composteo;

4) efectos negativos sobre la calidad de la composta, incluyendo la presencia de altos niveles de metales regulados y otros componentes dañinos.

Esta Norma Mexicana es aplicable a todos los productos y materiales plásticos compostables que se fabriquen, comercialicen y distribuyan en territorio nacional.

1.5 Moldes

Varios procesos de fabricación involucran dar forma a materias primas maleables utilizando una herramienta, estructura o marco fijos y diseñados previamente, que son lo que conocemos como el molde. En lo que respecta a su estructura, los moldes tienen formas cóncavas (molde negativo) o formas convexas (molde positivo) que se diseñan de acuerdo con el diseño final que el fabricante pretende crear (formlabs, s.f.).

Los moldes son cruciales para estos procesos de fabricación y su principal objetivo es reproducir copias uniformes del diseño dado. La forma final de una pieza, debe cumplir una serie de requisitos imprescindibles para ser considerada realmente útil (Intelángelo & Bonato, 2019):

- a) Quedar lista para ser montada en un conjunto
- b) Fiel al diseño previamente establecido
- c) Costo razonable de material y energía

Para fabricar un molde, además de realizar un diseño previo en el que se especifiquen dimensiones y materiales, es necesario elegir el procedimiento de fabricación más idóneo, con el fin de dar forma al material.

Las técnicas de fabricación más usuales, se clasifican en tres grandes grupos (Intelángelo & Bonato, 2019):

1. Procedimiento de fabricación por deformación o moldeo, también llamado procedimiento de conformación sin pérdida de material, ya que a lo largo de los procesos no se desperdicia ni se pierde parte alguna del material con el que se trabaja.

2. Procedimiento de fabricación por separación y corte, también llamado procedimiento de conformación con pérdida de material, ya que a lo largo de los procesos se desperdicia o pierde alguna parte del material con el que se trabaja.
3. Procedimiento de fabricación mediante unión de piezas

Los tipos de moldeo se clasifican en los siguientes grupos (Intelángelo & Bonato, 2019):

a) Moldeo por gravedad

Se realiza vertiendo el metal fundido sobre un molde, de manera que éste se desplace por su propio peso. Se utiliza principalmente para fabricar piezas de fundición de acero, bronce, latón y distintas aleaciones de aluminio. Existen distintas técnicas: en arena, en coquilla y a la cera perdida.

b) Moldeo por presión

Se lleva a cabo introduciendo la masa metálica fundida en el interior del molde forzando la entrada en el mismo. En este método se emplean moldes permanentes. La presión puede generarse por fuerza centrífuga o por inyección.

1.5.1 Tipos de moldes

Los tipos de molde según su índice de reutilizabilidad se refiere a cuántos usos tiene previstos el fabricante que soporte el molde, son los siguientes (formlabs, s.f.):

a) Moldes de un solo uso o sacrificables

Estos moldes reproducen un único objeto y cuando se utilizan, el molde queda destruido durante el proceso de desmoldeo. Los moldes de un solo uso suelen hacerse con arena, arcilla, silicona, cera o plásticos (Figura 7).



Figura 7. Ejemplo de molde Sacrificable (formlabs, s.f.).

b) Moldes reutilizables o permanentes

Como su nombre sugiere, estos moldes se pueden reutilizar para múltiples ciclos, en series de producción pequeñas o grandes. Para volúmenes bajos de producción, los moldes reutilizables se pueden fabricar con silicona, espuma, madera, plásticos o metales blandos como el aluminio (a veces, a los moldes de estos materiales se los denomina "moldes blandos"). Para volúmenes de producción grandes que requieren moldes más duraderos que no se desgasten (a menudo llamados "moldes duros") que se fabrican principalmente con metales duros como el acero (Figura 8).



Figura 8. Ejemplo de molde reutilizable (formlabs, s.f.).

Los moldes también se clasifican de acuerdo al número de piezas que los integran, en este caso se usan las siguientes categorías (formlabs, s.f.):

a) Moldes de una pieza

Son los tipos de molde más sencillos, con superficies uniformes en todas las piezas del objeto que se va a moldear. Los diseños de moldes o los objetos con una superficie plana también se pueden reproducir con estos moldes de una pieza.

b) Moldes de dos piezas

Un molde de dos piezas se define como un molde con dos piezas separadas que se juntan en una línea de apertura para producir el producto final. Cada pieza que se fabrica refleja los distintos detalles de las dos piezas del diseño del modelo o el modelo maestro.

c) Moldes de varias piezas

Los moldes de varias piezas son la causa de que el modelo incluya diferentes o aspectos o detalles del modelo. Por lo tanto, el molde completo debe estar formado por varias piezas que recreen todos los diferentes rasgos del modelo.

d) Moldes de multicavidad

Tienen más de una cavidad que tiene la forma de la misma pieza, con lo que es posible fabricar varias piezas en cada ciclo de producción y se aumenta la productividad.

1.5 2 Tipos de materiales en moldes permanentes

Los moldes permanentes sustituyen ventajosamente a los de arena cuando se trata de fabricar grandes series de una misma pieza. Existen diferentes materiales para la construcción de moldes permanentes; pueden emplearse moldes de silicona o de yeso para pequeñas series de metales o aleaciones con bajo punto de fusión, o de grafito (IKASTAROK, s.f.).

Los materiales más utilizados son (IKASTAROAK, s.f.):

a) Metal. Pueden ser:

Fundición de hierro o acero. Se utilizan por ser materiales que se pueden mecanizar con facilidad y son muy resistentes a la abrasión.

Aleaciones de cobre. Los latones se utilizan para modelos en racimo para piezas pequeñas de precisión. Los bronce para modelos montados sobre placas modelos

Aleaciones de aluminio. Se utilizan cuando se requiere de modelos de poco peso, en la Tabla 6 se muestran las características de las principales aleaciones de aluminio.

Tabla 6. Características de aleaciones de aluminio (KNIGHT GROUP, 2017).

Serie	Composición	Características
1000	Aluminio puro	Consiste esencialmente en aluminio puro, ofreciendo una excelente resistencia ante la corrosión, gran conductividad térmica y eléctrica y una buena capacidad de conformado.
2000	Aluminio aleación de cobre	Proporcionan buenas propiedades mecánicas que superan las del acero de carbono, aunque son menos resistentes a la corrosión comparadas con las demás aleaciones
3000	Aleación de aluminio y manganeso	Esta aleada con el manganeso y es aproximadamente un 20% más resistente que el aluminio puro, y es particularmente resistente a la corrosión por picadura.
5000	Aleación de aluminio y manganeso	Ofrece una resistencia entre moderada y alta, cuenta con unas buenas características de soldadura, buena resistencia a la corrosión en particular en ambientes marinos.
6000	Aleación de aluminio, manganeso y sílice	Ofrece una resistencia mecánica media. Una buena capacidad de conformado, buena soldadura y mecanizado, además de una buena resistencia a la corrosión.
7000	Aleación de aluminio y aleación de zinc	cuenta con una resistencia mecánica excepcionalmente alta, es muy mecanizable, y se puede endurecer. No obstante, tiene menor resistencia a la corrosión en comparación con otras Aleaciones de Aluminio.

- b) Resinas plásticas. Hoy en día se utilizan mucho los modelos de resina, debido principalmente a su fácil mecanización y manejo, pues se reparan o modifican con el mismo material sin ningún inconveniente, además son resistentes a la abrasión y a muchos productos químicos.

De los muchos filamentos, el más popular es el ácido poli láctico (PLA), conocido por su factibilidad de uso y su bajo precio. Pero hay otros materiales como el acrilonitrilo butadieno estireno (ABA), un material muy utilizado para el moldeo por inyección de productos de consumo, como las piezas de Lego o piezas internas de algunos automóviles, por ejemplo, el salpicadero (Connell, 2021). Estos son los filamentos más populares utilizados para la impresión 3D mediante FDM.

CAPÍTULO 2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1 Análisis bromatológico en hojas frescas y secas de elote (zea mays)

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. Todas las pruebas se hicieron por triplicado y se obtuvo un promedio de los mismos.

2.1.1 Determinación de humedad

Para determinar el contenido de humedad se siguió el procedimiento de la norma nacional mexicana NMX-F-083-1986 (Diario Oficial de la Federación, 1986) (ANEXO A).

El porcentaje de humedad se determinó utilizando la Ecuación 1:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(P-P_1)}{P_2} \times 100 \quad \textbf{(Ecuación 1)}$$

Donde:

P = Peso del recipiente con la muestra húmeda, en gramos.

P_1 = Peso del recipiente con la muestra seca, en gramos.

P_2 = Peso de la muestra en gramos.

2.1.2 Determinación de extracto etéreo.

Para la medición del extracto etéreo o grasas se siguió el procedimiento de la Norma Nacional Mexicana NMX-F-089-S-1978 (ANEXO B) (Diario Oficial de la Federación, 1961).

El porcentaje de extracto etéreo se determinó utilizando la Ecuación 2.

$$\% \text{ de extracto etereo} = \frac{P-p}{M} \times 100 \quad \textbf{(Ecuación 2)}$$

Donde:

P = Masa en gramos del matraz con grasa.

p = Masa en gramos del matraz sin grasa.

M = Masa en gramos de la muestra.

2.1.3 Determinación del contenido de proteína.

Para la determinación del contenido de nitrógeno proteico se siguió procedimiento de acuerdo a la Norma Nacional Mexicana NMX-F-068-S-1980 (ANEXO C) (Diario Oficial de la Federación, 1980).

El porcentaje del contenido de nitrógeno se determinó mediante la Ecuación 3.

$$\% \text{ de nitrógeno} = \frac{V \times N \times 0.014 \times 100}{m} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

V = Volumen de ácido clorhídrico empleado en la titulación, en cm³.

N = Normalidad del ácido clorhídrico.

m = Masa de la muestra en g.

0.014 = Mili equivalente del nitrógeno.

El por ciento de proteínas se obtiene multiplicando el por ciento de nitrógeno obtenido por el factor correspondiente, siendo 6.25 el valor para “todos los otros alimentos”.

2.1.4 Determinación del contenido de cenizas.

Para la determinación del contenido de cenizas se utilizó el procedimiento de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NMX-F-066-S-1978 (ANEXO D) (Diario Oficial de la Federación, 1978).

El porcentaje de cenizas se determinó mediante la Ecuación 4.

$$\% \text{ cenizas} = \frac{(P - p) \times 100}{M} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

P = Masa del crisol con las cenizas en gramos.

p = Masa de crisol vacío en gramos.

M = Masa de la muestra en gramos.

2.1.5 Determinación de fibra cruda

Para la determinación del contenido de fibra se utilizó el procedimiento de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NMX-F-090-S-1978 (ANEXO E) (Diario Oficial de la federación, 1978).

El porcentaje de fibra cruda se determinó mediante la Ecuación 5.

$$\% \text{ de Fibra Cruda} = \frac{(W_2 - W_3)}{W_1} \times 100 \quad \textbf{(Ecuación 5)}$$

Donde:

W_1 = Peso de la muestra en gramos.

W_2 = Peso del residuo seco en gramos.

W_3 = Peso de las cenizas en gramos.

2.1.6 Determinación de carbohidratos en lámina a base de hojas de elote.

La determinación de carbohidratos o hidratos de carbono en una muestra no es más que el cálculo mediante una diferencia con respecto a las anteriores determinaciones, las que implican la humedad, cenizas, proteínas, grasa y fibra cruda (Vera A., 2016).

Para la determinación de hidratos de carbono se utiliza la Ecuación 6:

$$HC \text{ disp} = 100 - (H + C + P + G_{total} + F_{total}) \quad \textbf{(Ecuación 6)}$$

Donde:

H = porcentaje de Humedad.

C = porcentaje de Cenizas.

P = porcentaje de Proteínas.

Gtotal = porcentaje de Grasa total.

Ftotal = porcentaje de Fibra total.

2.2 Pruebas preliminares para la elaboración de vasos a base de hoja de elote

Se realizaron 5 pruebas preliminares con el objetivo de seleccionar el tipo de hoja de elote (fresca o seca), el tratamiento térmico, la cantidad de hojas a utilizar y el tiempo de secado. 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 (Figura 9).



Figura 9.Exprimidor de jugo y vernier digital KNOVA.

Prueba 1: Se utilizan hojas de elote secas, se hirvieron por 15 min y posteriormente se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio (100 ppm) y se colocó la cantidad de hojas necesarias en el molde. Una vez seco se desmoldó.

Prueba 2: Se utilizan hojas de elote secas sin hervir, se humedecieron en agua por 15 min y posteriormente se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio (100 ppm) y se colocó la cantidad de hojas necesarias en el molde, añadiendole 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, Anexo XX). 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. Posteriormente las hojas se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio (100 ppm) 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 conservaron en refrigeración hasta su uso. Posteriormente las hojas se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio (100 ppm) y se colocó la cantidad necesaria en el molde, añadiendole como pegamento entre las hojas de 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 hipoclorito de sodio (100 ppm) y se colocó la cantidad necesaria en el molde, añadiendole como aditivo entre las hojas, engrudo a base 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.

2.3 Diseño del molde

El diseño del molde se realizó con el programa SolidWorks 2020, tomando en cuenta que el molde será un envase de uso alimentario, de una pieza y que contendrá bebidas calientes, en este caso, esquites.

El vaso tiene una capacidad de 8 oz y un volumen útil de 237 ml. Es de un diseño sencillo en forma de tronco de cono para facilitar su desmolde y su posterior almacenaje. El molde consiste de dos partes, el lado A y lado B, los cuales una vez ensamblados darán la forma esperada al vaso.

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 10), ya que necesita una buena rigidez para que resista líquidos calientes.

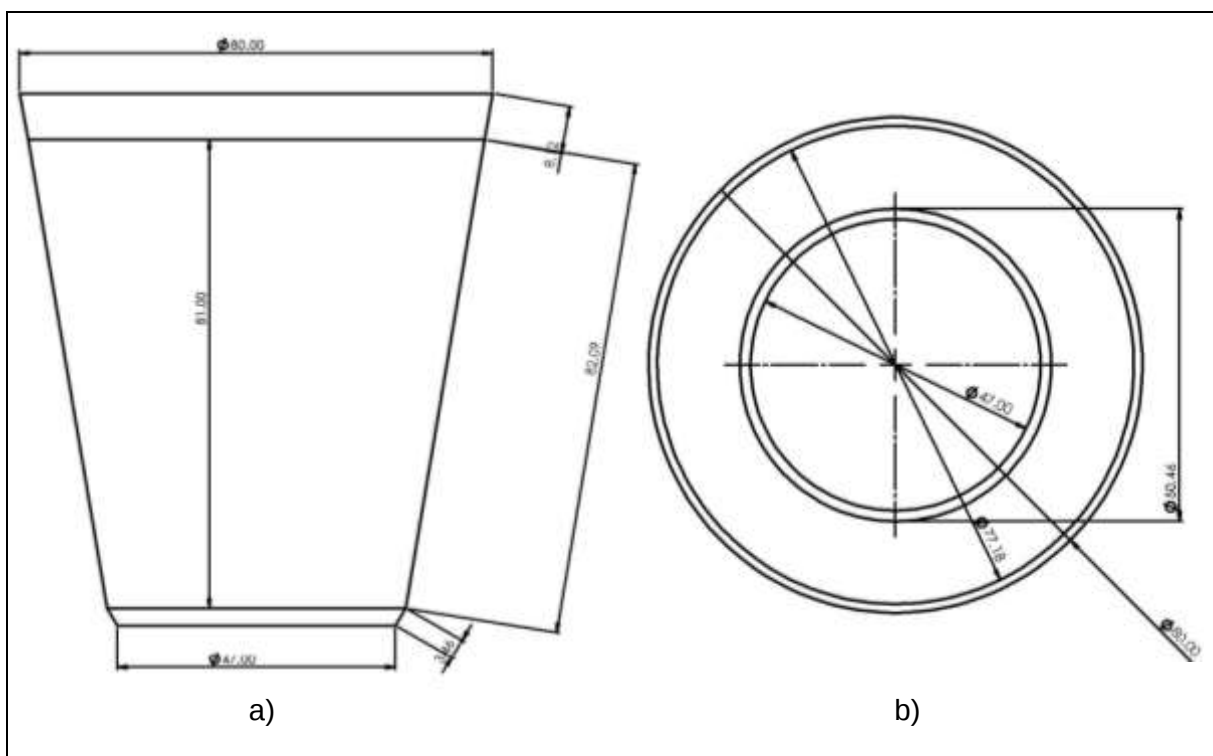


Figura 10. Dimensiones principales de la pieza en mm, a) vista lateral y b) base superior e inferior.

En la Figura 11 se muestra las vistas del diseño 3D para el vaso a obtener y en la Figura 12, la vista del molde diseñado el cual cuenta con un lado A y un lado B que al ensamblarse darán el producto deseado.

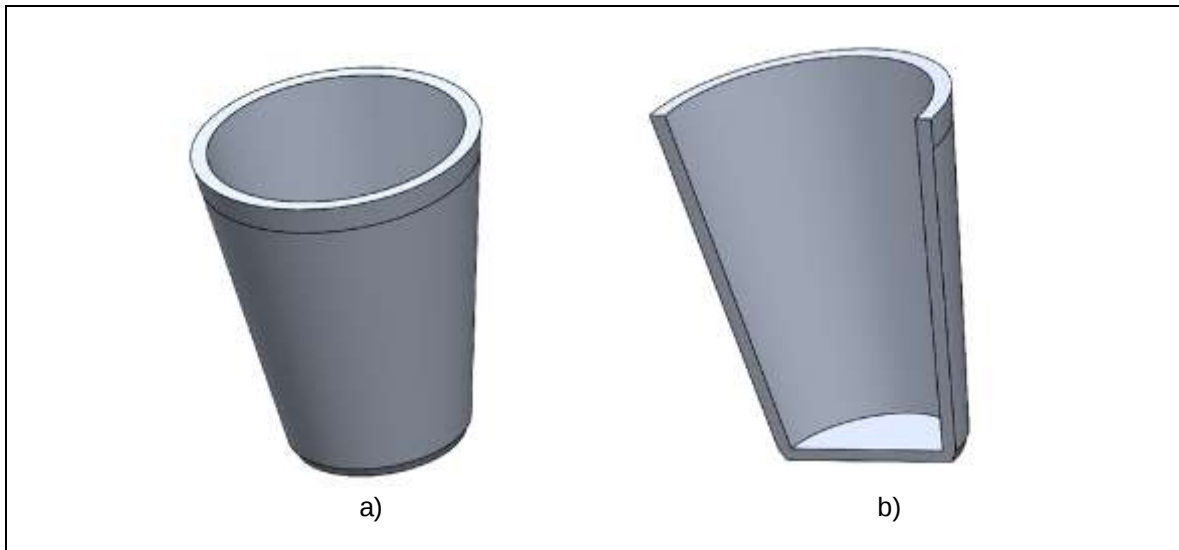


Figura 11. Vista 3D del diseño del vaso en SolidWords 2020, a) Vista frontal, b) Vista corte transversal.

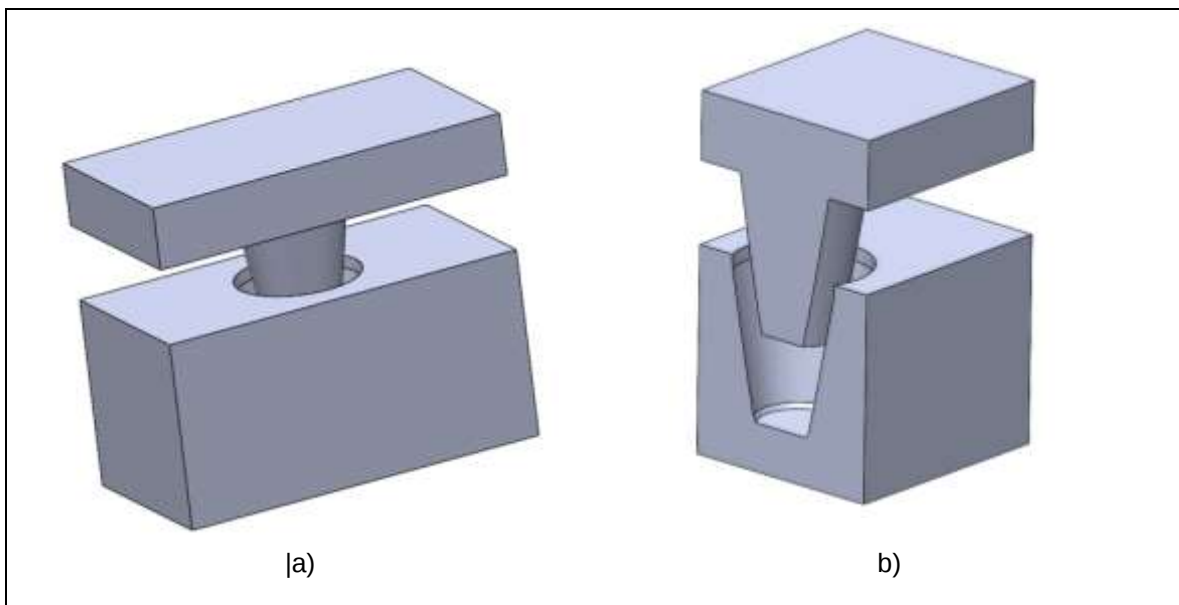


Figura 12. Vista 3D de ensamble del lado A y B para vaso en software SolidWords, a) Vista frontal, b) Vista corte transversal.

Las dimensiones para el lado A y el lado B del molde se indican en la Figura 13.

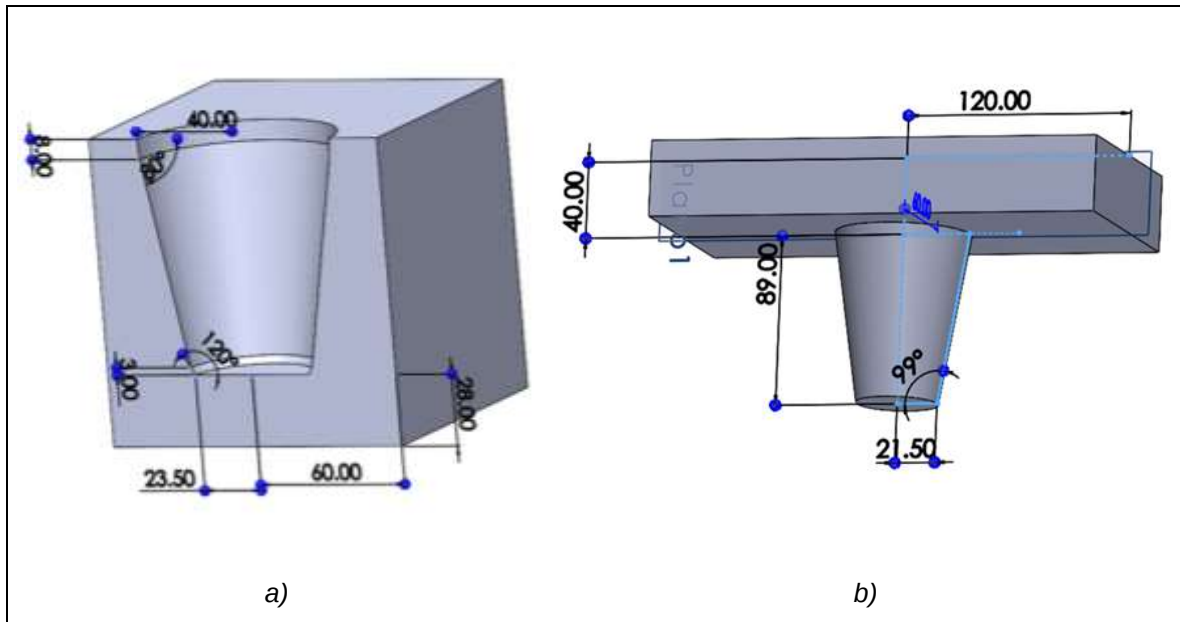


Figura 13. Dimensiones en mm del a) lado A y b) lado B del molde para formación de los vasos.

2.4 Maquinado del molde

Una vez diseñado el molde en el software SolidWorks se procedió a su maquinado (Figura 14) en una aleación de aluminio (6061), con el uso de torno y fresadora convencional (Figura 15).



Figura 14. Proceso de maquinado del molde diseñado a) Vista corte normal, b) Vista ángulo 45°, c) Vista transversal.



Figura 15. Fresadora convencional utilizada.

Posteriormente obtenido el molde diseñado, se procedió a colocarle una agarradera en la parte superior del lado B y con lijas para metales del número 100, 220 y 320 se lijaron los orificios que ensamblan las dos partes del molde, con el objetivo de mejorar el manejo y el ensamble del mismo (Figura 16). Con ayuda de un taladro se le realizaron orificios de manera alterna al lado A del molde (Figura 17), esto con el fin de mejorar la circulación de aire en el proceso de secado.



Figura 16. Molde con agarradera.



Figura 17. *Elaboración de orificios al molde.*

2.5 Obtención de vasos a base de hoja de elote

Para la obtención de los vasos 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 compraron en un puesto de venta de elotes preparados en San Francisco Telixtlahuaca, Oaxaca. A continuación, se explican las pruebas realizadas.

Prueba 1

Las hojas de elote, el molde y las herramientas para manipular las hojas se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio (100 ppm). Las hojas se dejaron secar, 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 retira y se enfría 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 al grosor esperado se empalmaron las dos partes del molde y se dejaron secar a 100°C por 3 h. El vaso se retira del molde.

Prueba 2

Las hojas de elote, el molde y las herramientas para manipular las hojas se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio (100 ppm). Las hojas se dejaron secar, 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 fue variado dependiendo 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. Se aplicó pegamento Alfa mucílago entre cada capa de láminas y círculos. Una vez alcanzado al grosor esperado se empalmaron las dos partes del molde y se dejaron secar a 100°C por 30 min. Después 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.

Prueba 3

Las hojas de elote, el molde y las herramientas para manipular las hojas se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio (100 ppm). Las hojas se dejaron secar, a temperatura ambiente, por 2 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 fue variado dependiendo 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 y círculos necesarias para adoptar la forma y se recubrieron con pegamento Alfa mucílago entre cada capa. Se cerró con la parte B del molde (previamente calentada a 100 °C) y se colocó en la estufa a 100 °C por 30 min.

Terminado ese tiempo, el molde se retiró y se enfrió por 30 min. A la parte A del molde se le colocaron ligas, previamente desinfectadas, y se llevó a secado por 1 h. Se agregaron más hojas para aumentar el espesor del vaso, empleándose el pegamento Alfa mucílago, se empalmaron las dos piezas del molde y se llevaron a secado por 30 min, posterior a esto se colocó sólo la parte A del molde en la estufa por otros 40 min. Una vez terminado el tiempo y frío el molde, se retira el vaso.

2.6 Caracterización física de los vasos obtenidos

Se caracterizaron los vasos obtenidos de las pruebas 2 y 3, analizando variables físicas cómo son peso, color, grosor, medidas del vaso obtenido y tiempo de retención de agua.

Para determinar el peso, se colocó el vaso en el centro de una balanza analítica (RADWAG AS220.R2) y se esperó 15 segundos para tomar una lectura adecuada. En la determinación del color, se partió de una escala de colores verde (Figura 18) y se optó por la más adecuada. 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).

Verde	Cartuja	Enebro	Salvia
Lima	Helecho	Oliva	Esmeralda
Pera	Musgo	Trébol	Espuma de mar
Pino	Periquito	Menta	Alga
Escabeche	Pistacho	Albahaca	Cocodrilo

Figura 18. Escala de colores verde (Loteró, 2020).

La prueba de retención de agua se realizó de la misma manera para ambos vasos; en un vaso de precipitado se calentó agua hasta llegar a 80°C, se colocó el vaso encima de una franela con el fin de detectar en que momento comenzaba a tener fugas de agua el vaso, con un cronometro se midió el tiempo de retención observado.

CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis bromatológico

En la Tabla 7 se observan los resultados obtenidos del análisis bromatológico realizado a la hoja de elote. Se comparan los datos obtenidos en humedad, extracto etéreo, proteína, fibra, cenizas y carbohidratos para la hoja de elote fresca y seca.

Tabla 7. Composición bromatológica porcentual de la lámina de hoja de elote fresca y seca.

	Humedad	Extracto Etéreo	Proteínas	Fibra cruda	Cenizas	Carbohidratos
Hoja fresca	71.31	0.1248	5.2837	6.0313	1.2517	15.9985
Hoja seca	4.07	0.3171	6.5391	60.4869	1.0722	27.5147

El porcentaje de humedad en la hoja de elote fresca es 71.31%, mayor al presentado por la hoja seca (4.07%), esto debido a que la hoja seca es sometida previamente a un proceso de secado para obtener lo que se conoce como totomoxtle. Inversamente la hoja seca presentó un 60.4869% contenido de fibra cruda, mayor que la hoja fresca, este valor es semejante a 78.86% de Holo celulosa obtenido por Prado-Martínez (2012) en hoja de mazorca en base seca, el cual se encuentra en el intervalo de los materiales usados comúnmente en la producción de pulpa para papel (67%-70% material base seca) (Hurter, 2001). La hoja fresca tuvo un mayor porcentaje de cenizas (1.2517%) comparada con la hoja seca (1.0722%). De acuerdo a Prado-Martínez (2012) el contenido de cenizas en la hoja de mazorca (seca) es 0.761%. La diferencia puede deberse a las condiciones de cosecha del elote, que resultó en una mayor cantidad de minerales en las muestras del proyecto (Belen, Álvarez, & Alemán, 2001).

3.2 Pruebas preliminares

En la Tabla 8 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 para el más grueso. El tiempo de secado a temperatura ambiente fue de 5-7 días.

Tabla 8. Resultados de las pruebas preliminares.

No. prueba	Tipo de hoja	Tratamiento térmico	No. De hojas	Pegamento	Grosor	Tiempo de secado
1	Hoja seca	Se hirvieron por 15 min	5	Ninguno	0.94mm	5 días a 25°
2	Hoja seca	Ninguno (se humedecieron por 15 min en agua)	6	Solución a base de mucilago de nopal	1.14mm	6 días a 25°
3	Hoja Fresca	Se utilizan hojas obtenidas de la cocción total del elote	6	Ninguno	1.2mm	7 días a 25°
4	Hoja Fresca	Se utilizan hojas obtenidas de la cocción total del elote	8	Mucilago de nopal	1.6 mm	7 días a 25°
5	Hoja Fresca	Se utilizan hojas obtenidas de la cocción total del elote	7	Solución a base de fécula de maíz	1.5 mm	7 días a 25°

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. En las pruebas 1,2 y 4 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. En las pruebas 3 y 5 no se observó contaminación alguna.



Figura 19. 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.

También se puede observar (Figura 19b) 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 puede observar 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. En las pruebas 2, 4 y 5, el biopolímero que mejor dio 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 molde para obtener un grosor adecuado y utilizar un método de secado de los moldes para acelerar su obtención.

3.3 Obtención del molde a ocupar

En la Figura 20 se muestra el molde de aluminio obtenido con la fresadora convencional, el cuál cumplió con las especificaciones de diseño, en forma de tronco de cono para facilitar su desmolde y posterior almacenaje, consiste de dos partes el lado A y el lado B, los cuales una vez ensamblados darán la forma esperada al vaso (8 oz con un volumen útil de 237ml).



Figura 20. Molde obtenido en la impresión.

En la Figura 21 se muestra el molde obtenido al adaptarle una agarradera y realizarle orificios al lado A con ayuda de un taladro, esto con el fin de facilitar el ensamble del mismo y mejorar la circulación de aire en el proceso de secado de elaboración de vaso.

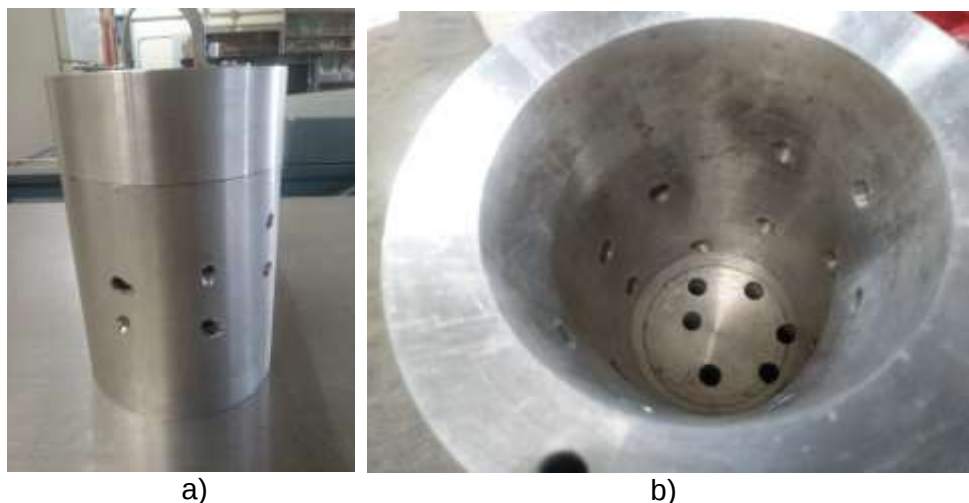


Figura 21. Molde final obtenido a) Vista completa del molde ensamblado, b) Vista superior de lado A del molde.

3.4 Obtención de los vasos a base de hoja de elote

En la Tabla 9 se puede observar que el proceso para la elaboración de vasos más óptimo es el realizado en la prueba 3 ya que requirió una menor cantidad de tiempo y fue posible utilizar una cantidad más adecuada de hojas.

Tabla 9. Variables analizadas en las pruebas de obtención de vasos a base de hoja de elote.

Prueba	Pegamento	Tiempo de elaboración (aproximado)	Número de hojas
1	Hidroxietilcelosa (1.5%)	8 h	4 círculos y 4 hojas laterales
2	Alfa Mucilago	9 h	4 círculos y 4 hojas laterales
3	Alfa Mucilago	7h	5 círculos y 6 hojas laterales

Se pudo observar que la utilización de ligas en la prueba 2 y 3 ayudo 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.

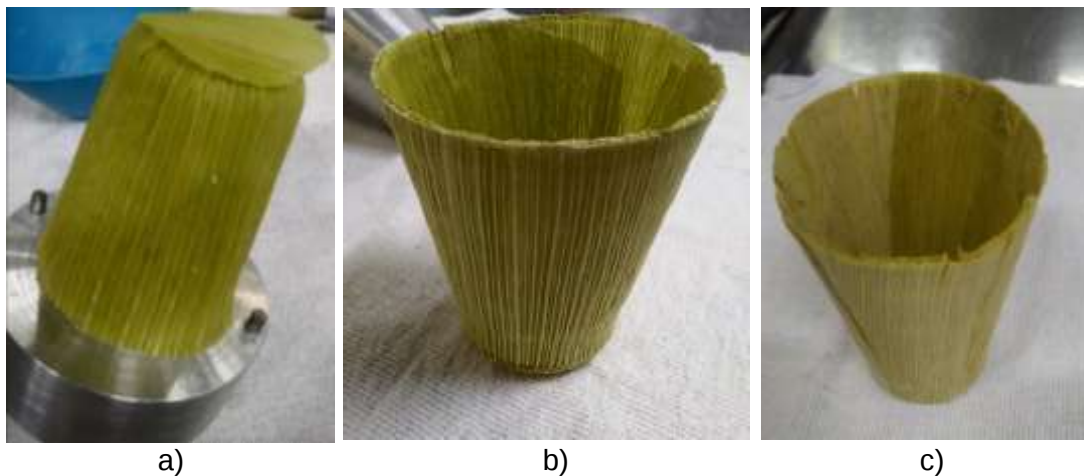


Figura 22. Vasos obtenidos en las pruebas a) 1, b) 2 y c) 3.

En la Figura 22 se muestran los vasos obtenidos para cada una de las tres 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 8h 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.

3.6 Caracterización física de los vasos obtenidos

En la Tabla 10 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 permitió que el tiempo de retención fuera mayor a comparación del vaso 1 que prácticamente fue nulo.

Tabla 10. Resultados obtenidos de la caracterización física.

Vaso	Peso	Color	grosor	Medidas	Tiempo de retención
1	7.3944g	Verde oliva	Promedio: 0.7885mm Base:2.6mm	Altura: 8.6cm Base menor: 4.5cm Base mayor: 6.8cm	200 seg
2	11.9398g	Verde oliva	Promedio: 1.12cm Base:2.7mm	Altura: 8.6m Base menor: 4.5cm Base mayor: 6.8cm	1400seg

Se han hecho diversas investigaciones de materiales biodegradables (Gurusamy, y otros, 2020) (Zul, Arash, & Irfan, 2021) (Talwar, Kumar, Chawla, & Wakchaure-N., 2020) (Swabijha, 2020) (Chao, y otros, 2020) (Indarti, Muliani, Wulya, Rafiqah, & Sulaiman, 2021), sin embargo pocos son aplicados a la industria alimenticia (Zul, Arash, & Irfan, 2021) (Talwar, Kumar, Chawla, & Wakchaure-N., 2020) (Swabijha, 2020) (Chao, y otros, 2020) (Indarti, Muliani, Wulya, Rafiqah, & Sulaiman, 2021), es importante resaltar que se obtuvieron vasos útiles vasados en un diseño industrial, con una alta biodegradabilidad (Zul, Arash, & Irfan, 2021) (Talwar, Kumar, Chawla, & Wakchaure-N., 2020) (Swabijha, 2020)] mayor a la de otros grupos de investigación (Talwar, Kumar, Chawla, & Wakchaure-N., 2020) (Chao, y otros, 2020) (Indarti, Muliani, Wulya, Rafiqah, & Sulaiman, 2021), 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.

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 de 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.

REFERENCIAS

1. Alvarado, T., & Escobedo, G. (2020). La cadena de valor de la hoja de maíz (totomoxtle) en el valle de Puebla, México. Dialnet ASyD 17, 583-602.
2. AMS COMPOSTABLE. (Julio de 2019). Tipos de vasos de papel. Obtenido de <https://amscompostable.com/wp-content/>
3. ANAPE. (24 de Agosto de 2022). Asociación nacional de poliestireno expandido. Obtenido de <http://www.anape.es/index.php?accionproducto>.
4. Aragón, C., Taba, S., J.M, H., D, F. J., Serrano, V., & F.H., C. (2006). Catálogo de maíces criollos de Oaxaca . INIFAP-SAGARPA, 344 .
5. Baqué. (08 de Enero de 2019). Diferencia entre biodegradable y compostable. Obtenido de Obtenido de <https://www.baque.com/es/blog/diferencia-entre-biodegradable-y-compostable/>
6. Belén C, D. R., Álvarez, F. J., & Alemán, R. (2001). Caracterización fisicoquímica de una harina obtenida del mesocarpio del fruto de la palma coroba. LUZ 18, 290-297.
7. Belen, Álvarez, & Alemán. (2001). Caracterización fisicoquímica de una harina obtenida del mesocarpio del fruto de la palma de coroba. Luz, 290-297.
8. Bello Gutiérrez, J. (2000). Ciencia Bromatológica. Madrid España: Díaz Santos S.A.
9. Buxxo, S. Y. (2020). Feasibility of producing biodegradable disposable paper cup from pineapple peels, orange peels and Mauritian henp leaves with beeswax coating. 2 (1359).

10. Chao, L., Pengcheng, L., Quiang, L., Zhen, C., Xiao, S., & Daxian, C. y. (2020). Biodegradable, Hygienic, and Compostable Tableware from Hybrid Sugarcane and Bamboo Fiber as Plastic Alternative. *Matter* 3, 2066-2079.
11. Choy, C. R. (2019). The vertical distribution and biological transport of marine microplastic across the epipelagic and mesopelagic water column. *Scientific Reports*, 98-109.
12. COMPOST LABELLING. (23 de Noviembre de 2021). Obtenido de C-label- ASTM D6400-19: <https://www.clabel.org/es/sertifikasyon/astm-d6400-19-standardi/>
13. Connell, J. (8 de julio de 2021). Craftcloud. Obtenido de ABS vs PLA: Comparación de filamentos para impresión: <https://all3dp.com/es/2/abs-vs-pla-filamento-impresion-3d-plastico/>
14. Déniz Gonzáles, L., Perdomo Molina, A., Rodríguez Galdón, B., & Díaz Romero, C. (2013). Comparación de los principales parámetros bromatológicos entre reinetas de producción ecológica y convencional en Tenerife. *Revista Agroecología*, 8(2) 37-39.
15. Diario Oficial de la Federación. (1961). DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO (MÉTODO SOXHLET) EN ALIMENTOS. Norma Nacional Mexicana NMX-F-089-S-1978.
16. Diario Oficial de la Federación. (1978). DETERMINACIÓN DE CENIZAS EN ALIMENTOS. Norma Oficial Mexicana NMX-F-066-S-1978.
17. Diario Oficial de la federación. (1978). DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA EN ALIMENTOS. Norma Nacional Mexicana NMX-F-090-S-1978.

18. Diario Oficial de la Federación. (1980). ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS. Norma Nacional Mexicana NMX-F-068-S-1980.
19. Diario Oficial de la Federación. (1986). ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS. Norma Nacional Mexicana NMX-F-083-1986.
20. Eblin, J. (14 de Junio de 2017). Historia de los vasos de plástico. Obtenido de Ehow en español: https://www.ehowenespanol.com/historia-vasos-plasticosobre_147394/
21. Ecozema. (s.f.). Ecozema s.r.l . Obtenido de <https://ecozema.com/es/focus/norma-en13432/>
22. Eden. (s.f). Que son los vasos biodegradables. Obtenido de <https://www.aguaeden.es/blog/que-son-los-vasos-biodegradables>
23. Envases del mediterráneo. (23 de Noviembre de 2020). Envases del mediterraneo. Materiale y productos. Obtenido de Guía de los diferentes tipos de vasos de plásticos desechables: <https://www.envasesdelmediterraneo.com/blog/tipos-de-vasos-de-plastico/>
24. Flores Pérez, A. (2021). Ecoplatos, Fabricación de platos biodegradables a partir de residuos de la platanera. La laguna: Universidad de la laguna.
25. formlabs. (s.f.). formlabs 2023. Obtenido de Cómo hacer un molde, Guía de fabricación de moldes para profesionales: <https://formlabs.com/latam/blog/como-hacer-un-molde/>

26. GrupoSacsá. (6 de Julio de 2015). Diferentes partes de una planta de maíz.
Obtenido de <https://www.gruposacsá.com.mx/diferentes-partes-de-una-planta-de-maiz/>
27. Gurusamy, T., Mukherjee, M., Kannan, L., Kumar, C., Sulthana, Y., Kumar, R., . . . Baran, A. (2020). Biodegradable polyurethanes foam and foam fullerenes nanocomposite strips by one-shot moulding. Physicochemical and mechanical properties Materials Science in Semiconductor Processing, 112-195.
28. Hanley J. y Hermann R, H. T. (2019). A biodegradable alternative to the single-use cup. Dissertation Worcester Polytechnic Institute.
29. Hurter, W. R. (2001). Nonwood plant fiber uses in papemaking. En H. C. Incorporated, Agricultural Residues. Tappi.
30. IKASTAROK. (s.f.). DMMF04 Materiales para la fabricación de moldes y modelos de fundición. Obtenido de https://ikastarok.ulhi.net/edu/es/DFM/DMMF/DMMF04/es_DFM_DMMF04_Contenidos/website_315_modelos_permanentes.html#
31. Indarti, E., Muliani, S., Wulya, S., Rafiqah, R., & Sulaiman, I. y. (2021). Development of environmental- friendly biofoam cup made from sugarcane bagasse and coconut fiber. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 711, 1755-1780.
32. Intelángelo, R., & Bonato, A. (2019). Fundición y moldeo. Argentina: Dpto. de formación tecnológica.
33. KNIGHT GROUP. (15 de Mayo de 2017). Aleaciones de aluminio catalogo. Obtenido de <https://www.knight-group.co.uk/wp->

content/uploads/PM%20Files/Spanish/Materials/PMQR76%20Spanish%20Knight
%20Group%20Aluminium.pdf

34. 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.
35. Lotero, M. (19 de enero de 2020). Wattpad. Obtenido de Wattpad: www.wattpad.com
36. Marquez Sánchez, D. (2019). Envase ecosustentable fabricado con hojas de maíz y mucilago de nopal como aditivo. Ciencias agropecuarias y biotecnología, 29-39.
37. Muller, L. (2014). Magia blanca: La era del papel. Polity Press.
38. NaturePlast. (s.f). Aplicaciones de los bioplásticos. Obtenido de <http://natureplast.eu/es/aplicaciones-de-losbioplasticos/>
39. Ortega, P., Sánchez, G. J., Palomino, H. F., Castillo, G. F., Gonzales, H. M., & Livera, M. (1991). Avances en el estudio de los recursos itogénéticos de México. SOMEFI Chapingo México, 161-185.
40. Paylovskay NE, G. I. (2020). Creation of new polymer composite bioplastics to produce disposable tableware based on starch. IOP Conf Ser: Earth Eviron Sci, 1-7.
41. Prado Matínez, M., Anzado Hernández, J., Becerra Aguilar, B., Palacios Juárez, H., Vargas Radillo, J. d., & Rentería Urquiza, M. (2012). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. Madera y Bosques, 37-51.
42. rdiplastics. (22 de Mayo de 2012). Obtenido de rdi plastics, envases plásticos: <https://www.rdiplastics.com/envases-plasticos/vaso-desechable-o-vaso-reutilizable/>

43. Reyes Rojas, A. M. (2007). MEDICIÓN DE PARÁMETROS BROMATOLÓGICOS EN UN CANDIDATO A MATERIAL DE REFERENCIA DE HARINA DE MAÍZ. TESIS PROFESIONAL, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA.
44. REYMA. (1 de julio de 2021). GRUPO REYMA. Obtenido de Evolución del vaso desechable: <https://reyma.com.mx/evolucion-del-vaso-desechable/>
45. Romero, G. (2012). Paleografía y traducción náhuatl al español del capituli 1 del libro X de Códice Florentino. Estudios de la Cultura Náhuatl, 199-213.
46. Sarria-Villa, R., & Gallo-Corredor, J. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. Journal de Ciencia e Ingeniería, 21-27.
47. Silva Hulicapi, C. (2000). Bromatología. Guayaquil: Universidad Estatal de Guayaquil.
48. Swabijha, B. y. (2020). Feasibility of producing biodegradable disposable paper cup from pineapple peels, orange peels and Mauritium hemp, leaves with beeswax coating. Springer Nature Allied Sciences 2, 1359.
49. 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. Environment Conservation Journal 22, 21-31.
50. Vera A., G. (2016). Determinación de azúcares totales, Hidratos de carbono disponibles y Factores de cálculo de energía en alimentos. Seminario organizado por ACHIPIA (pág. 23). Santiago de Chile: Laboratorio Centro de Alimentos, INTA, Universidad de Chile.
51. Zul, A., Arash, Z., & Irfan, T. y. (2021). Biodegradable Cup as A Substitute for Single Use PLastic . Multidisciplinary Applied Research and innovation, 197-205.

ANEXOS

A. Norma Mexicana NMX-F-083-1986

NMX-F-83-1986 ALIMENTOS-DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS

Objetivo y aplicación

Esta Norma establece el método para determinar la humedad en productos alimenticios con rango de secado de 95° a 105°C.

Definición

Para los efectos de esta Norma, se entiende por humedad, la pérdida en peso que sufre un alimento al someterlo a las condiciones de tiempo y temperatura prescritos.

Aparatos y equipos

Balanza con sensibilidad de 0.1 mg; Cápsulas con tapa de 5, 8 ó 10 cm de diámetro; Horno o estufa eléctrica con control de temperatura; Desecador; Pinzas para crisol; Grasa; Material común de laboratorio.

Procedimiento

Pesar una cantidad de muestra conveniente en la cápsula previamente tarada; colocar la cápsula y la tapa en la estufa y mantener la temperatura adecuada al producto, durante el tiempo que sea conveniente. Tapar la cápsula y transferirlas al desecador; dejar enfriar a la temperatura ambiente y pesar. Repetir el procedimiento indicado hasta obtener peso constante.

Cálculos

$$\% \text{ en Humedad} = \% \text{ de Humedad} = \frac{(P-P_1)}{P_2} \times 100$$

En donde:

P = Peso del recipiente con la muestra húmeda, en gramos.

p1 = Peso del recipiente con la muestra seca.

P2 = Peso de la muestra en gramos.

Repetitividad

La diferencia máxima permisible entre dos determinaciones, como mínimo, efectuadas por el mismo analista con el mismo equipo y la misma muestra no debe ser mayor de 0.1%, en caso contrario repetir la determinación.

B. Norma Mexicana NMX-F-089-S-1978

NMX-F-089-S-1978. DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO (MÉTODO SOXHLET) EN ALIMENTOS.

Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Mexicana establece el procedimiento para la determinación de ácidos grasos (extracto etéreo) por el método de Soxhlet en todos los alimentos sólidos, excepto los productos lácteos.

Reactivos y materiales

Éter etílico anhidro; Material común de laboratorio.

Aparatos e instrumentos

Extractor Soxhlet; Cartucho de extracción del tamaño adecuado para el extractor; Parrilla eléctrica de placa con termostato; Estufa (100-110°C) con termostato y termómetro; Balanza analítica con sensibilidad de 0.1 mg.

Procedimiento

Transferir 2.0 g de muestra finamente dividida en el cartucho o dedal; cubrir con una porción de algodón.

Colocar el cartucho dentro del extractor Soxhlet. En la parte inferior ajustar un matraz con cuerpos de ebullición (llevados previamente a peso constante por calentamiento a 100 – 110°C). Colocar el refrigerante.

Añadir éter por el extremo superior del refrigerante en cantidad suficiente para tener 2 ó 3 descargas del extractor (alrededor de 80 ml).

Hacer circular el agua por el refrigerante y calentar hasta que se obtenga una frecuencia de unas 2 gotas por segundo.

Efectuar la extracción durante 4 a 6 horas. Suspender el calentamiento, quitar el extractor del matraz y dejar caer una gota de éter del extractor a un papel o vidrio de reloj, si al evaporarse el éter se observa una mancha de grasa, ajustar el Soxhlet de nuevo al matraz y continuar la extracción.

Evaporar suavemente el éter del matraz y secar a 100°C hasta peso constante.

Cálculos

$$\% \text{ de grasa} = \frac{PG - PV}{PM} \times 100$$

En donde:

PG= Peso del matraz con grasa seca, en gramos (g)

PV= Peso del matraz con cuerpos a peso constante, en gramos (g)

PM= Peso de la muestra, en gramos (g)

C. Norma Mexicana NMX-F-068-S-1980

NORMA MEXICANA NMX-F-68-S-1980 ALIMENTOS DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS

Objetivo y aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece el procedimiento para determinar proteínas en productos alimenticios.

Materiales

El equipo de vidrio empleado debe cumplir con los requisitos que establece la NOM-BB-14: Matraces Kjeldahl de 500 y/o 800 cm³, material común de laboratorio.

Reactivos

Los reactivos que se mencionan a continuación, deben ser grado analítico, cuando se indique agua, debe entenderse agua destilada.

Ácido sulfúrico concentrado; Sulfato de cobre pentahidratado; Zinc granulado; Hidróxido de sodio: Disolver con 500 cm³ de agua 500 g de hidróxido de sodio; Sulfato de sodio anhidro; Ácido bórico al 2%; Solución de ácido clorhídrico 0.1 Indicador Shiro Tashiro: Disolver 0.2 g de rojo de metilo en 60 cm³ de alcohol y aforar a 100 cm³ con agua. Disolver 0.2 g de azul de metileno y aforarlos a 100 cm³ con agua. Mezclar 2 partes de rojo de metilo y una de azul de metileno.

Aparatos e instrumentos

Digestor y destilador Kjeldahl; Balanza analítica con = 0.1 mg. de sensibilidad

Procedimiento

Determinar la masa, en la balanza analítica, de aproximadamente un ramo de muestra pasarla cuantitativamente a un matraz Kjeldahl añadirle 2 g de sulfato de cobre, 10 g de sulfato de sodio anhidro, 25 cm³ de ácido sulfúrico y unas perlas de vidrio.

Colocar el matraz en el digestor y calentar cuidadosamente a baja temperatura hasta que todo el material esté carbonizado, aumentar gradualmente la temperatura hasta que la disolución esté completamente clara y dejar por 30 minutos más a esa temperatura.

Enfriar y añadir de 400 a 430 cm³ de agua para disolver completamente la muestra, agregar 3 o 4 gránulos de zinc, un poco de parafina cuando sea necesario y 50 cm³ de hidróxido de sodio 1:1.

Inmediatamente conectar el matraz a un sistema de destilación, al cual previamente se le ha colocado en la salida del refrigerante un matraz Erlenmeyer de 500 cm³ que contenga 50 cm³ de ácido bórico y unas gotas del reactivo Shiro Tashiro como indicador.

Destilar hasta que haya pasado todo el amoníaco, que unas gotas de destilado no den alcalinidad con el papel tornasol, aproximadamente 30 cm³.

NOTA: Las primeras gotas de destilado deben hacer virar el color del indicador de violeta a verde.

Retirar el matraz receptor y titular el destilado con ácido clorhídrico 0.1 N.

Expresión de resultados

El Nitrógeno presente en la muestra, expresado en por ciento se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de nitrógeno} = \frac{V \times N \times 0.014 \times 100}{m}$$

En donde:

V = Volumen de ácido clorhídrico empleado en la titulación en cm³

N = Normalidad del ácido clorhídrico.

m = Masa de la muestra en g.

0.014 = Miliequivalente del nitrógeno

El por ciento de Proteínas se obtiene multiplicando el por ciento de nitrógenos obtenido por el factor correspondiente (6.25 para Zea mays).

D. Norma Mexicana NMX-F-066-S-1978

NORMA MEXICANA NMX-F-066-S-1978 DETERMINACIÓN DE CENIZAS EN ALIMENTOS

Objetivo y aplicación

Esta Norma Mexicana establece el procedimiento para la determinación de cenizas. Este método es aplicable a todas las muestras de alimentos sólidos, para las muestras líquidas determinar primero los sólidos totales y sobre este material aplicar la técnica descrita.

Aparatos e instrumentos

Crisol de porcelana; Pinzas para crisol; Desecador; Parrilla eléctrica con regulador de temperatura; Mufla; Balanza analítica con sensibilidad de 0.1 mg.

Procedimiento

En un crisol a masa constante, poner de 3 a 5 g de muestra por analizar, colocar el crisol con muestra en una parrilla y quemar lentamente el material hasta que ya no desprenda humos, evitando que se proyecte fuera del crisol.

Llevar el crisol a una mufla y efectuar la calcinación completa.

Dejar enfriar en la mufla, transferirlo al desecador para su completo enfriamiento y determinar la masa del crisol con cenizas.

Cálculos

Calcular el porcentaje de cenizas con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{(P - p) \times 100}{M}$$

En dónde

P= Masa del crisol con las cenizas en gramos.

P= Masa del crisol vacío en gramos.

M=Masa de la muestra en gramos.

E. Norma Oficial Mexicana NOM-90-S-1978

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-F-90-S-1978 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA EN ALIMENTOS

Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial establece el procedimiento para la determinación de fibra cruda en productos alimenticios.

Reactivos y materiales

Solución acuosa de Ácido sulfúrico 0.255 N disolver 1.25 g de H_2SO_4 en 100 ml de agua. Verificar la concentración por titulación.

Solución acuosa de Hidróxido de sodio 0.313 N disolver 1.25g de NaOH en 100 ml de agua. El agua debe estar libre de Na_2CO_3 . Verificar la concentración por titulación.

Asbesto preparado. Extender una capa delgada de asbesto de fibra mediana o larga, lavar en una capsula de calentar durante 16 horas a $600^{\circ}C$, hervir durante 30 min con ácido sulfúrico al 1.25%, lavar cuidadosamente hervir 30 minutos con Hidróxido de sodio al 1.25% filtrar, lavar una vez con agua, secar y calcinar durante 2 horas a $600^{\circ}C$.

Crisoles de porcelana; desecador; embudo buckner con matraz tipo Kitasato. Para filtrar por succión; papel satinado para fibra cruda o lino de 40 hilos por 2.5 cm; papel filtro de cenizas conocidas.

Aparatos

Aparato de digestión para fibra cruda con placas calientes y reflujo constante para vasos de precipitado de 600 ml. La placa caliente debe calentar de tal modo que 200 ml de agua $25^{\circ}C$ alcancen su ebullición con agitación en 13 minutos.

Procedimiento

A 2.0 g de muestra se le extrae la grasa, la que si es menor del 1% la extracción puede ser omitida.

Transferir a un vaso de 600 ml, evitar la contaminación con la fibra de papel.

Agregar 1 g de asbesto preparado y 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25% hirviendo.

Colocar el vaso en el aparato sobre la placa caliente preajustada para que hierva exactamente 30 minutos. Girar el vaso periódicamente para evitar que los sólidos se adhieran a las paredes.

Quitar el vaso y filtrar a través de papel o tela de lino.

Enjuagar el caso con 50-70 ml de agua hirviendo y verterla sobre el papel satinado o el lino.

Lavar el residuo tantas veces como sea necesario, hasta que las aguas de lavado tengan un pH igual al del agua destilada.

Transferir el residuo al vaso con ayuda de 200 ml de NaOH al 1.25% hirviendo y calentar a ebullición exactamente 30 minutos.

Quitar el vaso y filtrar en buckner con papel filtro de masa cocida y cenizas conocidas.

Lavar con agua hasta que las aguas de Lavado tengan un pH igual al del agua destilada.

Transferir el residuo a un crisol a masa constante y secar a 130°C durante 2 horas.

Enfriar y determinar su masa.

Calcinar a 600°C durante 30 minutos.

Enfriar y determinar su masa.

Cálculos

$$\% \text{ fibra cruda} = \frac{(P_s - P_p - (P_c - P_{cp}))}{M} \times 100$$

En dónde:

P_s = masa en gramos del residuo seco a 130°C

P_p = masa en gramos de papel filtro.

P_{cp} = masa en gramos de las cenizas del papel.

M = masa de la muestra en gramos.

P_c = masa en gramos de las cenizas

F. Resultados bromatológicos

Tabla A1. Resultados de humedad de las dos muestras por triplicado.

No. Muestra	Hoja de maíz fresca				Hoja de maíz seca			
	P	P1	P2	%Humedad	P	P1	P2	%Humedad
1	3.415	2.2759	1.5834	71.94%	2.4881	2.4000	0.6865	4.09%
2	3.3666	2.2591	1.5564	71.15%	2.5096	2.4839	0.6352	4.04%
3	3.2442	2.1985	1.4757	70.86%	2.4663	2.4404	0.6329	4.09%

Tabla A2. Resultados de extracto etéreo de las dos muestras por triplicado.

No. Muestra	Hoja de maíz fresca				Hoja de maíz seca			
	P	p	M	%grasa	P	p	M	%grasa
1	43.7041	43.7022	2.0317	0.0935%	44.1370	44.1290	2.0302	0.3940%
2	44.2765	44.2751	2.0335	0.0688%	44.2857	44.2798	2.0050	0.2942%
3	44.3755	44.3711	2.0739	0.2121%	43.6259	43.6206	2.0127	0.2633%

Tabla A3. Resultados de proteína de las dos muestras por triplicado.

No. Muestra	Hoja de maíz fresca				Hoja de maíz seca			
	V	N	m	%Proteína	V	N	m	%Humedad
1	3.2	0.02	0.1125	4.9775%	4.3	0.02	0.1109	6.7853%
2	3.8	0.02	0.120	5.5416%	3.8	0.02	0.108	6.1574%
3	3.9	0.02	0.1280	5.3320%	3.2	0.02	0.0839	6.6746%

Tabla A4. Resultados de cenizas de las dos muestras por triplicado.

No. Muestra	Hoja de maíz fresca				Hoja de maíz seca			
	P	p	M	%Ceniza	P	p	M	%Ceniza
1	16.7899	16.7605	2.0856	1.4096%	24.6609	24.6418	1.7865	1.0691%
2	17.3092	17.2836	2.3165	1.1051%	25.0248	25.0070	1.694	1.0507%
3	17.1685	17.1415	2.1764	1.2405%	25.2533	25.2345	1.7123	1.0979%

Tabla A5. Resultados de fibra cruda de las dos muestras por triplicado.

No. Muestra	Hoja de maíz fresca				Hoja de maíz seca			
	W ₁	W ₂	W ₃	%Fibra	W ₁	W ₂	W ₃	%Fibra
1	0.5110	0.0313	0.00018	6.09%	0.5053	0.3985	0.0941	60.241%
2	0.5534	0.0361	0.00064	6.4076%	0.5294	0.4128	0.0977	59.5202%
3	0.5037	0.0284	0.00021	5.5965%	0.5107	0.4086	0.0935	61.6996%