

INFLUENCIA DEL PROCESO DE SECADO Y DE LOS NIVELES DE PH EN LA CREACIÓN DE PELÍCULAS DE NATURALEZA BIODEGRADABLE A BASE DE ALMIDÓN DE YUCA SUSTITUTAS DEL PLÁSTICO

Harold David Pérez Ortiz¹, harolddavidperez@outlook.com
Luis Manuel Covo Madrid¹, luiscovomadrid@gmail.com
Rafael Eduardo Tuirán Villalba², rafael.tuiranv@upb.edu.co

¹Estudiante Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Montería

²Docente Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Montería

1. INTRODUCCIÓN

El plástico como tal es un polímero que debido a su bajo costo de producción, sus propiedades mecánicas favorables al ser moldeado y sus útiles propiedades químicas y físicas, lo convierte en un material útil y versátil para la ciencia de los materiales, sin embargo no todo con respecto al plástico es positivo, dicho polímero generalmente no es biodegradable, es decir que es casi imposible que agentes biológicos puedan descomponerlo, de echo en condiciones naturales los agentes biológicos como son la las plantas, animales, microorganismo, el clima y la radiación solar(factor que más afecta al plástico), un polímero plástico tardaría dependiendo el tipo entre 100 – 1000 años en biodegradarse, lo que causa un grave problema para el ambiente, agregado a lo anterior la viabilidad de un proceso de reciclaje total del el plástico es descartada dado que su proceso de reciclaje es un proceso costoso y difícil de ejecutar. Por todo lo anterior generalmente el plástico es desechado en vertederos y basureros que representan un gran peligro para el medio ambiente.

La ciencia de los materiales constantemente se encuentra en investigación, intentando encontrar todo tipo de materiales con características útiles, por esto y lo anterior esta investigación será direccionada a intentar mejorar las propiedades mecánicas de las películas de naturaleza biodegradable para que

puedan acercarse a ser un suplente optimo del plástico para bolsas desechable (polipropileno), que tenga propiedades mecánicas, físicas y químicas iguales o al menos parecidas, pero que no posea características como la no biodegradabilidad que representan una gran desventajas y un problema grave para el medio ambiente.

Dichas películas están constituidas principalmente de almidón de Manihot Esculenta (yuca) la cual es una materia prima abundante en la regio de la sabana cordobesa, dicha película de naturaleza orgánica y biodegradable será elaborada con distintas concentraciones de pH y con diferentes temperaturas y condiciones de humedad estable a la hora del proceso de secado y dispuestas en dimensiones como las normas para ensayos mecánicos para películas biodegradable lo disponen, para luego ser sometida a diversas prueba y ensayos de resistencia con el fin de poder caracterizar las propiedades mecánicas y estudiar como dichas propiedades pueden ser útiles o no para un uso industrial o comercial

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.

“¿Existe la posibilidad de mejorar las propiedades mecánicas de las películas de naturaleza biodegradable producidas a base de almidón de yuca,

variando las condiciones de temperatura y humedad en el proceso de secado y niveles de pH con el fin de obtener un sustituto viable del polipropileno (plástico de bolsas desechables)?”.

3. OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de la temperatura de secado en la integridad física y propiedades mecánicas como la resistencia a la tensión y módulo elástico en la elaboración de películas biodegradables de almidón de yuca.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las propiedades mecánicas con concentraciones invariables de plastificante y almidón de yuca pero variando el nivel pH del reticulante y temperatura y humedad de secado de la película del material polimérico biodegradable.
- Evaluar la posibilidad de que el material polimérico a base de almidón de yuca sea viable como sustituto del polipropileno haciendo énfasis en su propiedades mecánicas y químicas (exposición a la humedad)
- Estandarizar un proceso de fabricación y obtención del polímero a base almidón de yuca dispuesto en forma de película.

4. REFERENTE TEORICO

¿Qué es un Polímero?:

El proceso químico por el cual ciertas moléculas de pequeño tamaño (monómeros) pueden reaccionar entre sí para dar una molécula de gran tamaño (macromolécula) con una constitución más o menos repetitiva (polímero), se conoce con el nombre de polimerización. La molécula de polímero se genera por reacción entre dos grupos funcionales que son reactivamente complementarios.

Polímeros biodegradables:

La biodegradabilidad de los plásticos depende de la estructura química del material y de la composición del producto final, no sólo de la materia prima empleada para su fabricación. Por esta razón, podemos encontrarnos con materiales biodegradables obtenidos a partir de resinas naturales o sintéticas. Los plásticos biodegradables naturales se obtienen principalmente a partir de recursos renovables, tales como el almidón, y puede ser producidos de forma natural o sintética. Las resinas sintéticas proceden principalmente de derivados del petróleo y de otros productos e incluyen polímeros de poliéster y polietileno

Almidón de Yuca:

La yuca (*Manihot sculenta*), pertenece a una especie de raíces amiláceas que en Colombia se cultiva hasta los 2000 m de altura; se utiliza para el consumo animal, humano e industrial y en la producción de almidón y harina (DANE, 2004)

El almidón es quizás el polímero natural más importante que existe y es la mayor fuente de energía obtenida de varias plantas. Se encuentra en las semillas de cereales (maíz, trigo, arroz, sorgo), en tubérculos (papa), en raíces (yuca, batata, arrurruz).

El almidón de yuca es la segunda fuente de almidón en el mundo después del maíz, pero por delante de la papa y el trigo; se usa principalmente sin modificar, es decir como almidón nativo, pero también es usado modificado con diferentes tratamientos para mejorar sus propiedades de consistencia, viscosidad, estabilidad a cambios del pH y temperatura, gelificación, dispersión y de esta manera poder usarlo en diferentes aplicaciones industriales que requieren ciertas propiedades particulares

Obtención de película:

Componentes necesarios:

Para llevar a cabo el proceso de elaboración de una película biodegradable de almidón de Yuca, posterior a la obtención del almidón de yuca antes descrito se deben tener los compuesto necesarios en las cantidades adecuadas, los componentes necesarios que se necesitan para la elaboración películas con propiedades mecánicas físicas y químicas parecidas

al plástico pero de naturaleza biodegradable y son esencia 2 aditivos, un Plastificante y un emulsificante

□ Plastificante: Las películas de almidón sin la adición de plastificante exhibieron una estructura rígida y frágil ya que sus perfiles mecánicos presentaron altos valores de fuerzas de ruptura y baja deformación por lo que no tendrían un potencial uso tecnológico, El plastificante interfiere en la asociación de las cadenas poliméricas facilitando su deslizamiento y mejorando la flexibilidad de las películas. Además, el glicerol disminuye la rigidez de la red produciendo una estructura menos ordenada e incrementa la capacidad de movimiento de las cadenas (Sothornvit y Krochta, 2005).

□ Emulgente (Emulsificante): Compuestos que disminuyen la tensión interfacial y forma una película en la interface. Se usan para promover la emulsificación durante la manufactura. Para controlar la estabilidad durante la vida de anaquel del producto. La eficacia de un emulsificante depende, entre otros factores del modo de agitación y de su intensidad y la forma en que el emulsificantes ha sido introducido. El papel de la agitación es ante todo de dividir las dos fases, de tal forma que una de las fases se convierta en pequeñas gotículas. La energía mecánica necesaria que hay que aplicar en esta operación es tanto menor, cuanto la tensión interfacial sea más pequeña

Método Para la obtención de Película:

□ Horneado: Inicialmente se adecuó la materia prima donde se seleccionó y clasificó de acuerdo a su estado de maduración y apariencia, dejando exclusivamente para la muestra, el material con las características anteriormente expuestas. La segunda operación fue el triturado donde se utilizó una licuadora industrial (Java). Posteriormente se secó en un horno y se pasó por el tamiz para obtener la distribución de tamaño, con los cuales se realizó la experimentación. Teniendo en cuenta que la resistencia del material tiene relación con el pegante, una vez obtenidos y clasificados los diferentes diámetros se manipuló la concentración Olotepegante, donde se tomaron como referencia diferentes tipos de pegantes comestibles, entres estos almidón de papa y almidón de yuca. Para lograr

compactar las partículas, se utilizó una cilindadora de panificación, proceso durante el cual fue necesario someter la película a calentamiento para evaporación de la humedad. (Puello y Zabaleta, 2014)

Espesor de Película:

Según la norma ASTM D638 el Método de prueba estándar para realizar la evaluación de propiedades mecánicas por medio de pruebas de tracción, debe hacerse bajo condiciones especiales con respecto a la muestra de material biodegradable dispuesto en forma de película, dado que debe cumplir con una geometría específica para asegurar la valides y confiabilidad de la prueba, dicha geometría para muestras de película biodegradable de tipo I que indica que el espesor puede estar entre los rangos de $0\text{mm} < e < 7\text{mm}$

Propiedades Mecánicas:

Las propiedades mecánicas de los materiales refieren la capacidad de cada material en estado sólido a resistir acciones de cargas o fuerzas.

• Elasticidad:

Se refiere a la propiedad que presentan los materiales de volver a su estado inicial cuando se aplica una fuerza sobre él. La deformación recibida ante la acción de una fuerza o carga no es permanente, volviendo el material a su forma original al retirarse la carga. En física el término elasticidad designa la propiedad mecánica de ciertos materiales de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan.

Ensayo de tracción: Se define el ensayo de tracción como al esfuerzo al que se somete la probeta de un material a un esfuerzo de tracción hasta que el material se rompe. Se utiliza para analizar la resistencia que tiene un material al aplicar una fuerza que va creciendo gradualmente. Un ensayo de tracción se realiza colocando la pieza de un material cualquiera entre unas pinzas que aplicarán una fuerza de tracción que irá aumentando gradualmente hasta su rotura. A medida que aumenta la fuerza se mide la longitud que aumenta y se puede observar

durante el alargamiento una estricción que se produce por este efecto. El comportamiento del material al ir estirándose por la acción de la fuerza es recogido por un ordenador y llevado a una tabla directamente.

- **Dureza:**

Es la resistencia de un cuerpo a ser rayado por otro. Opuesta a duro es blando. El diamante es duro porque es difícil de rayar. Es la capacidad de oponer resistencia a la deformación superficial por uno más duro. La dureza es la oposición que ofrecen los materiales a alteraciones como la penetración, la abrasión, el rayado, la cortadura, las deformaciones permanentes; entre otras. También puede definirse como la cantidad de energía que absorbe un material ante un esfuerzo antes de romperse o deformarse. Por ejemplo: la madera puede rayarse con facilidad, esto significa que no tiene mucha dureza, mientras que el vidrio es mucho más difícil de rayar. En metalurgia la dureza se mide utilizando un durómetro para el ensayo de penetración.

Ensayo de dureza: es un experimento generalmente de tipo destructivo en el que se evalúan la propiedad mecánica de la dureza propia de un determinado material, algunos de estos ensayos son:

5. METODOLOGÍA.

Para la realización de los objetivos trazados de esta investigación, se inicia con la revisión bibliográfica de la elaboración de biopolímeros a partir del almidón de yuca, guías técnicas, investigaciones, y tecnologías que actualmente existen o se están desarrollando en materia estos biopolímeros, De esta revisión bibliográfica, se espera identificar características particulares para la preparación y elaboración de biopolímeros.

Con estas características se procederá al diseño de experimentos con el fin de incluir los factores más influyentes y determinar un diseño factorial para la formulación de biopelículas, seguido de la aplicación práctica de este diseño factorial el cual nos indicará

las concentraciones de los diferentes componentes que darán forma a las biopelículas.

Después de obtener las biopelículas se procederá a describir las características físicas y posteriormente a la realización de pruebas mecánicas, estas pruebas mecánicas serán analizadas con la finalidad de determinar las propiedades mecánicas de estas para luego ser comparadas con las de una bolsa plástica, si dicha comparación es satisfactoria se continuara a la estandarización del proceso de elaboración de este material para luego ser usado en la creación de bolsas plásticas con este tipo de material, en caso de no ser satisfactorias se indicaran algunas recomendaciones para continuas investigaciones, cabe destacar que en ambos casos se busca la publicación de esta investigación.

6. RESULTADOS.

Prueba piloto inicial: Inicialmente se hizo una prueba piloto para determinar si en efecto había formación de película con los componentes que sugiere el marco teórico y estado del arte, y así poder determinar que influencia estructural tenían los aditivos y si dichos aditivos al igual que el orden del proceso de obtención de película sugerida por la bibliografía inhibían la formación de película biodegradable durante el experimento. Por ello se utilizó inicialmente 100ml de agua ultra-destilada, a la cual se le ajusto el pH a 3,5 con una solución de concentración 0,1 molar a CH₃COOH (Ácido Acético) a 30°C, posteriormente se le adicionaron 3g de almidón de yuca nativa para su posterior disolución a agitación constante durante 20 minutos utilizando un agitador magnético, todo esto a una temperatura constante de 30°C, luego se le adicionaron 2gr de glicerol y se elevó la temperatura de la mezcla hasta 70°C a (Temperatura de gelificación del Almidón de yuca) la cual se mantuvo durante 15 minutos a agitación constante, como consecuencia de esto se produjo un proceso de polimerización entre los componentes de la mezcla, haciendo que la mezcla cambie en color a un color blanco traslucido y con una viscosidad mayor a la del agua, esto es indicador de que se ha formado el polímero biodegradable y la polimerización ha

terminado, la mezcla final es vertida en un recipiente y sometida a un proceso de secado durante 48 horas, este proceso se hizo a 3 temperaturas 70°C, 60° y 50°.

Luego del proceso de secado pudimos evidenciar que hubo formación de película biodegradable, con una excelente consistencia y aspecto físico, de la cual se extrajo varias muestras con la geometría que especifica la norma y se almacenaron en bolsas selladas al vacío

Como conclusión de esta prueba pudimos fijar las proporciones de insumos (agua destilada, almidón, y glicerina) a utilizar así como también se concluyó que al cambiar el orden de adición de los insumos no afectaba en la generación de película ni en su consistencia ni estructura física independiente de la temperatura en el proceso de secado.

Prueba de aditivos: Teniendo la certeza de que las proporciones anteriormente mencionadas en efecto producen formación de película, se dispuso una nueva prueba piloto para poder medir la influencia del aditivo en las variables de respuesta del material, el aditivo utilizado fue la resina epoxi, para este experimento se dispuso en un beaker de 500ml una volumen de 300ml de agua ultra destilada, a la cual se le ajusto el pH a niveles de 4 y a 6 con una solución de concentración 0,1 molar a CH₃COOH (Ácido Acético) a 30°C, posteriormente se le adicionaron 9g de almidón de yuca nativa la cual se agito para con un agitador magnético para aumentar la solubilidad de soluto dicho proceso se hizo durante 20 minutos, a una temperatura constante de 30°C, luego se le adicionaron 6gr de glicerol, e inmediatamente se adicionaron 2g de resina epoxi, y luego durante 15 minutos a agitación constante se mantuvo una temperatura de 70° C, como consecuencia de esto se produjo un proceso de polimerización igual que en la mezcla anterior, seguidamente la mezcla final fue vertida en un recipiente y sometida a un proceso de secado durante 48 horas, este proceso se hizo a 3 temperaturas 70°C, 60° y 50°.

Como resultado de este experimento se pudo concluir que la resina epoxi al ser hidrofobia se mantuvo en forma de cúmulos dentro del recipiente con la mezcla

del polímero y nunca logro disolverse y acoplarse al proceso de polimerización debido, además de ello se pudo evidenciar que cuando fue vertida la mezcla en el recipiente de secado, dicho aditivo se dispersó de manera uniforme al fondo del recipiente causando que nuestra mezcla terminara siendo de naturaleza heterogénea con evidentes fases 2 fases diferentes, una de mezcla polimérica y otra de resina, esto se puede evidenciar al final del experimento luego de concluido el proceso de secado había una capa inferior de resina y una capa superior polímero contaminado por resina, además de la presencia de cúmulos de resina seca en varias partes del recipiente, por lo que de esta serie de experimento en particular se concluyó que se no se pudo obtener la formación de una película biodegradable bajo condiciones idóneas para la ejecución de las pruebas de tracción y que la resina epoxi era incompatible con el experimento por lo que fue eliminada del diseño experimental final

Prueba de pH y temperatura: Por ultimo con el fin de poder determinar como el pH afecta a la integridad estructural final y las variables de respuestas de interés de las películas biodegradables a base de almidón de yuca se realizaron un total 18 experimentos en donde se experimentó con niveles de ph 2, 4 y 6 en cuanto a los niveles ácidos, y 8, 10 y 12 para los hp básicos así que se dispusieron 300 ml de agua a los que se les vario el pH con CH₃COOH usando una concentración de 0,1molar para los niveles de pH 4 y 6 y ácido acético al 98% para el nivel de pH acido de 2, todo esto a 30°C, de igual manera para las mezclas con ph básico se dispusieron 300ml de agua y se adiciono una solución al 0,1molar de NaOH (Hidróxido de sodio) para los niveles 8 y 10 de pH y una solución al 2 molar para los el nivel de pH 12, de igual manera que con los ácidos, dichos pH fueron medidos a una temperatura de 30°C, a todas estas mezclas posteriormente se le adicionaron 6gr de almidón de yuca nativa y con la ayuda de un agitador magnético durante un tiempo de 20 minutos se mantuvo una agitación constante que diluyó el almidón en almidón de cada una de las mezclas, posterior mente se adiciono 6 gr de glicerol a cada mezcla y se elevó la temperatura a 70°C la

cual es la temperatura de gelificación del Almidón, secuencialmente la mezcla sufrió una polimerización de sus componentes y obtuvo el aspecto y la viscosidad característica de nuestro polímero biodegradable, cada experimento fue vaciado en los recipientes de secado y fueron introducidos en el horno durante 48 horas para así completar el proceso de secado, el cual fue ejecutado a temperaturas de 80, 70, y 60°C

Como resultado de esta prueba piloto se evidencio que los experimentos con Ph básicos de 8, 10 y 12 producían formación de película independientemente de la temperatura de secado, específicamente los de pH 8 presentaban un buen aspecto físico, textura y una excelente integridad estructural, sin embargo al momento de la extracción no se pudo lograr conseguir un método que no implicara la destrucción del recipiente de secado, la destrucción de la misma película, debido a la gran adherencia que presentaba el material final con los recipientes de secado, por lo que no fue posible obtener una muestra de dichas películas con las dimensiones y estándares que exige y requiere la norma ASTM D638 para poder evaluar las propiedades mecánicas,

En cuanto a las mezclas con pH de 12 presentaron una textura física pegajosa, y viscosa impropia de las películas biodegradables, y al igual que los experimentos con ph 8 y 10, fue imposible la extracción de una muestra bajo la geometría estandarizada de la norma ASTM D638, por lo que los niveles básicos fueron descartados del diseño experimental final

Con respecto a las mezclas de pH ácido, todas las mezclas con pH 6 y 4 produjeron satisfactoriamente una película con características físicas y estructurales estables, con una textura y una integridad física propia de los polímeros plástico, además de ellos, la extracción de muestras estandarizadas según la norma ASTM D638 fue exitosa y se obtuvieron probetas con las especificaciones requeridas para desarrollar pruebas mecánicas de tracción

Sin embargo las mezclas con pH de 2 para todas las temperaturas evaluadas, dieron como resultado la producción de una película biodegradable con una textura, viscosa y pegajosa parecida a la a las de pH

12, que de igual manera no permitían la extracción del material sin la destrucción del propio material o del recipiente, y para el caso particular del experimento que se desarrolló a una temperatura de 60°C, se evidencio la presencia de una cantidad considerable de humedad en la película, lo que hacía inservible el material producido en este experimento, se infiere que debido a la temperatura de ebullición del ácido acético que es de 118°C a presión atmosférica y la gran cantidad de ácido acético necesario en la mezcla para lograr un pH de 2 impidieron que el horno pudiera eliminar por completo la humedad del recipiente

7. BIBLIOGRAFIA

Abeiro Coneo y Ricardo Padilla (2015), Elaboración De Una Biopelícula A Base De Almidón De Yuca, Colombia.

Vicente Amigó y Carlos Ferrer (2003) Tecnología de Materiales, Universidad Politécnica de Valencia Servicio de publicación, España.

Mario Madrid.(2000) Tecnología de la adhesión. Madrid (España): Loctite España.

Johanna Aristizabal y Teresa Sanches (2007), Guía Técnica Para Producción Y Análisis De Almidón De Yuca, Boletín Servicio Agrícola de la FAO 163 - Roma Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>

Olivia Lopez (2011) Desarrollo, Caracterización Y Aplicación De Envases Biodegradables A Partir De Almidón, Argentina – Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2651/Documento_completo.pdf?sequence=3

Brenda Peullo y Lisbeth Zabaleta (2014) Obtención De Una Película Biodegradable A Partir Del Olate De Maíz Para Ser Utilizada Como Empaque De Alimentos, A Escala Laboratorio, Cartagena. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/2620/1/Obtenci%C3%B3n%20de%20una%20pe>