



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ARTÍCULO CIENTÍFICO

ENVOLTURA COMESTIBLE A BASE DE CELULOSA MICROCRISTALINA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

Autor: Vanessa del Carmen Bastidas Flores

Directora: Dra. Lucía Yépez Vásquez, MSc.

Asesores: Ing. Marcelo Vacas
Lic. Sania Ortega
Ing. Juan Carlos De la Vega

IBARRA-ECUADOR

2016

Lugar de la investigación:

Unidades Edu-productivas de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte

DATOS INFORMATIVOS



APELLIDOS: Bastidas Flores

NOMBRES: Vanessa del Carmen

C. CIUDADANIA: 100338042-3

TELEFONO CELULAR: 0993428361

CORREO ELECTRÓNICO: vanebastidas93@hotmail.com

DIRECCIÓN: Imbabura - Ibarra - El Sagrario - Av. Fray Vacas Galindo 17-08

AÑO: 2016

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

FICAYA-UTN

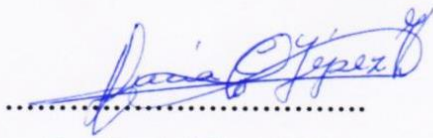
Fecha: 22 - 07 - 2015

BASTIDAS FLORES, VANESSA DEL CARMEN. ENVOLTURA COMESTIBLE A BASE DE CELULOSA MICROCRISTALINA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR/ TRABAJO DE GRADO. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial Ibarra. EC. 22 de Julio del 2016.

DIRECTORA: Dra. Lucía Yépez Vásquez, MSc.

El bagazo constituye el mayor residuo generado en el procesamiento agroindustrial de la caña para la obtención de azúcar, por lo tanto, en esta investigación se plantea utilizar este subproducto de la industria azucarera para desarrollar una tecnología para la obtención de envolturas comestibles a base de celulosa microcristalina de bagazo de caña de azúcar.

Ibarra, 22 de Julio del 2016



Dra. Lucía Yépez Vásquez, MSc.
Directora de Tesis



Vanessa del Carmen Bastidas Flores
Autora

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TÍTULO: ENVOLTURA COMESTIBLE A BASE DE CELULOSA MICROCRISTALINA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

AUTORA:

Vanessa del Carmen Bastidas Flores

DIRECTORA:

Dra. Lucía Yépez Vásquez, Msc.

1. RESUMEN

El bagazo constituye el mayor residuo generado en el procesamiento agroindustrial de la caña para la obtención de azúcar, por lo tanto, en esta investigación se plantea utilizar este subproducto de la industria azucarera para desarrollar una tecnología para la obtención de envolturas comestibles a base de celulosa microcristalina de bagazo de caña de azúcar. La metodología empleada en el proceso buscó modificar químicamente el bagazo de caña de azúcar por hidrólisis ácida hasta obtener celulosa microcristalina, la cual, se utilizó como materia prima para la investigación. Se obtuvieron las envolturas mediante el método de casting, proceso mediante el cual la solución de la película es vertida en moldes de plástico en los que se evapora el solvente utilizado. En la fase del diseño experimental, se empleó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial A x B x C donde: A (cantidad de plastificante), B (tipo de plastificante, glucosa líquida o glicerol), C (cantidad de aceite de orégano) y como variables las propiedades mecánicas (tensión máxima y elongación de ruptura), de barrera,

solubilidad y color para todos los tratamientos; a partir de los cuales, se seleccionó los 5 mejores tratamientos para realizar análisis microbiológicos, fisicoquímicos y organolépticos (color, aspecto, olor y solubilidad en la boca). Del análisis de resultados, se determinó que los parámetros óptimos para obtener envolturas a base de celulosa microcristalina de bagazo de caña de azúcar fueron T6 (40% de glucosa líquida, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina) por poseer las mejores características mecánicas, fisicoquímicas, nutricionales y organolépticas.

SUMMARY

The bagasse constitutes the biggest residual generated in the in the industrial processing of the cane for the obtaining of sugar, therefore, in this investigation purpose about to use this by-product of the sugar industry to develop a technology for the obtaining of edible coatings based on microcrystalline cellulose from sugar cane bagasse. The methodology used in the process looked for to modify the trash of bagasse of sugar chemically of the sugar cane bagasse by acid hydrolysis was performed

until obtain microcrystalline cellulose, which was used as raw material for research. The wrappings were obtained by casting method, by which process the solution of the film is poured into plastic molds where the solvent was evaporated. At the stage of experimental design, a Completely Randomized Design was used with factorial arrangement A x B x C where: A (amount of plasticizer), B (type of plasticizer, liquid glucose or glycerol), C (amount of oil of oregano) and as variables the mechanical properties (maximum stress and break elongation), of barrier, solubility and color for all treatments; from which, the top 5 treatments were selected to perform microbiological, physicochemical and organoleptic analysis (color, appearance, odor and solubility in the mouth). From analysis of results, it is concluded that optimal parameters to get bagasse sugarcane microcrystalline cellulose wraps are: T6 (40% liquid glucose, 10% oil of oregano, 10% gelatin, 40% cellulose microcrystalline) for having the best mechanical, physicochemical, nutritional and organoleptic characteristics.

2. PALABRAS CLAVE

Biodegradable, film, fibra, biopolímero, hidrólisis

KEYWORDS

Biodegradable, film, fiber, biopolymer, hydrolysis

3. INTRODUCCIÓN

El bagazo constituye el mayor residuo generado en el procesamiento agroindustrial de la caña para la obtención de azúcar. Este desecho suele ser quemado provocando graves consecuencias medioambientales producidas por los altos niveles de dióxido de carbono que genera su combustión; así como también puede llegar afectar a la salud humana cuando existen núcleos de producción cercanos a las zonas de producción (Castells, 2012).

Hoy en día, el desarrollo tecnológico acelerado y el crecimiento demográfico descontrolado, generan alteraciones en el equilibrio del medio ambiente producido por el inadecuado manejo de desechos, como es el caso de la industria azucarera que existe una elevada cantidad de bagazo de caña de azúcar que es desechado o utilizado como fuente de producción de energía, y al uso excesivo de materiales no biodegradables que generan como consecuencia problemas medioambientales y de salud.

Se consideró como objetivo general obtener una envoltura comestible a base de celulosa microcristalina de bagazo de caña de azúcar y objetivos específicos, los siguientes: caracterizar mediante análisis fisicoquímicos la celulosa microcristalina obtenida del bagazo de caña de azúcar.

Evaluar el efecto de la cantidad y tipo de plastificante (glucosa líquida o glicerol), y la cantidad de aceite de orégano en la obtención de una envoltura comestible a base de celulosa microcristalina de bagazo de caña de azúcar. Evaluar las propiedades mecánicas (tensión máxima y elongación de ruptura), de barrera, solubilidad y color de la envoltura. Evaluar las características organolépticas, microbiológicas y fisicoquímicas (mejor tratamiento) para determinar la calidad de las envolturas comestibles de celulosa microcristalina.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Los insumos y reactivos utilizados en la investigación fueron:

Materia prima e insumos

- Bagazo de caña de azúcar
- Glucosa líquida
- Glicerol
- Aceite de orégano

Reactivos

- Hidróxido de sodio al 15%
- Hipoclorito de sodio al 5%
- Ácido clorhídrico 2,5 N
- Agua destilada

La presente investigación, se desarrolló caracterizando de la materia prima (bagazo de caña de azúcar) mediante análisis de humedad y cantidad de celulosa, se obtuvo celulosa microcristalina a la cual, se determinó el porcentaje de celulosa y su solubilidad en

agua; finalmente, se elaboraron las envolturas y se procedió a evaluar color, permeabilidad al vapor de agua, propiedades mecánicas, solubilidad y análisis de micrografía; así como también, se determinó las características microbiológicas y organolépticas a los 5 mejores tratamientos.

En la fase del diseño experimental, se empleó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial A x B x C donde:

FACTOR A: tipo de plastificante utilizado en la formulación

A1: glucosa líquida

A2: glicerol

FACTOR B: cantidad de plastificante (glucosa líquida o glicerol) con respecto al peso total de envoltura

B1: 20%

B2: 30%

B3: 40%

FACTOR C: cantidad de ácido graso (aceite de orégano) con respecto al peso total de envoltura

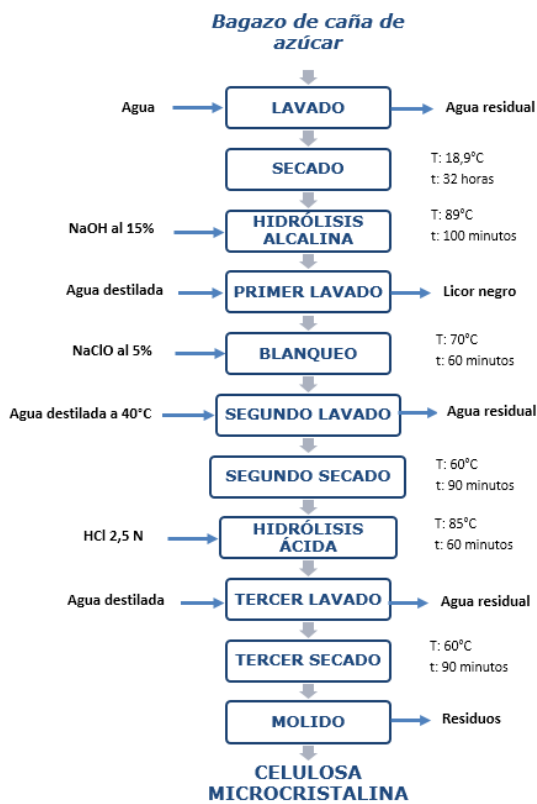
C1: 10 %

C2: 20%

Obtención de celulosa microcristalina a partir del bagazo de caña de azúcar

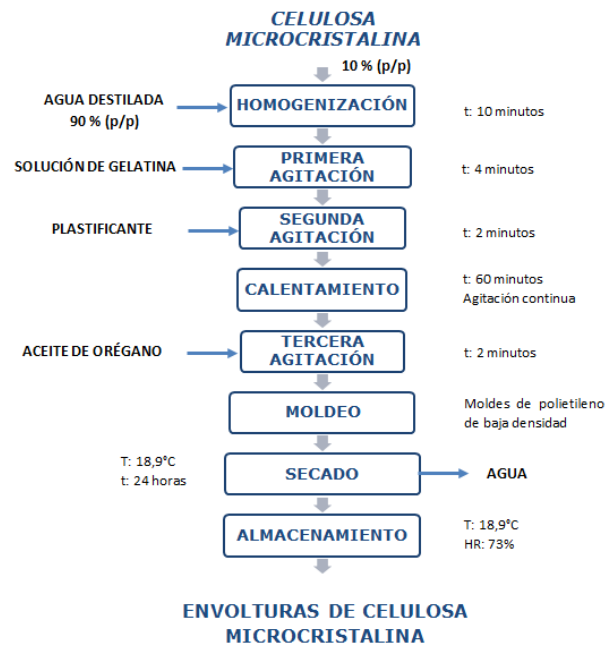
Las variables cuantitativas y cualitativas analizadas en la celulosa microcristalina obtenida del bagazo de caña de azúcar permitieron determinar los criterios

específicos de pureza del producto elaborado. Los resultados del análisis proximal se presentan en la siguiente tabla:



Obtención de envolturas comestibles a base de celulosa microcristalina

Para la preparación de las envolturas se utilizó el método de casting, proceso mediante el cual un líquido es vertido en un molde y dejado para su reacción, curado o endurecimiento para formar un objeto rígido que produce la cavidad del molde utilizado, (Aleman, 2006). Al obtener la solución compuesta por los distintos componentes de la película, esta es vertida en moldes de plástico en los que se evapora el solvente utilizado (agua destilada) a temperatura y humedad controladas para formar las envolturas.



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la celulosa microcristalina del bagazo de caña de azúcar

Las variables cuantitativas y cualitativas analizadas en la celulosa microcristalina obtenida del bagazo de caña de azúcar permitieron determinar los criterios específicos de pureza del producto elaborado. Los resultados del análisis proximal se presentan en la siguiente tabla:

CELULOSA MICROCRISTALINA		
	Obtenida del bagazo de caña de azúcar	Comercial (Barros,2009)
Humedad	6,1%	No más del 7%
Cenizas	3,92%	No más del 0,5%
Celulosa	81,79 %	97%
Lignina	8,20 %	---
Solubilidad	3,16%	No más del 0,24%
Descripción	Polvo fino Casi blanco Inodoro	Polvo fino y blanco o casi blanco, inodoro

VARIABLES CUANTITATIVAS DE LAS ENVOLTURAS COMESTIBLES A BASE DE CELULOSA MICROCRISTALINA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

Resistencia a la tracción

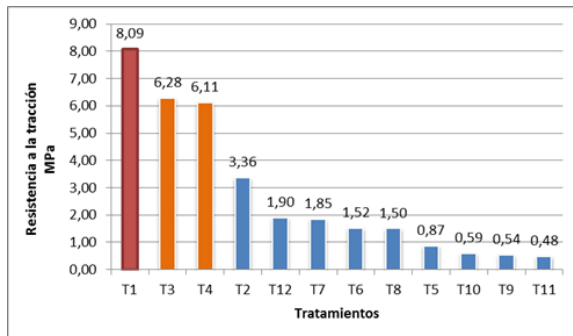


Gráfico 1: Representación de la resistencia a la tracción

El gráfico 1 muestra que el mejor tratamiento es T1 (20% de glucosa líquida, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 60% celulosa microcristalina), ya que presenta la mayor resistencia a la tensión con 8,09MPa; lo cual indica que las envolturas de celulosa microcristalina poseen una estructura rígida que ayuda a mantener la integridad del producto.

Elongación a la ruptura

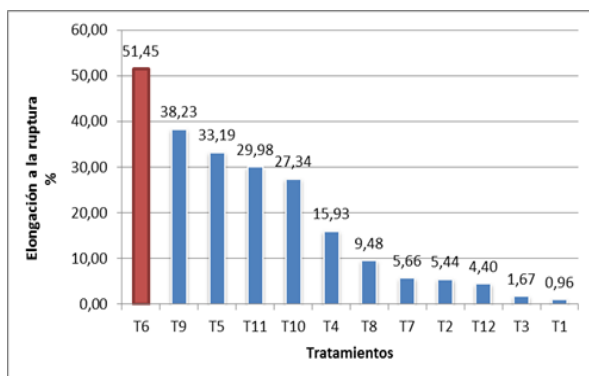


Gráfico 2: Representación del porcentaje de elongación a la ruptura

El gráfico 2 muestra que T6 (40% de glucosa líquida, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina) es el mejor tratamiento, ya que registra el mayor porcentaje de elongación a la ruptura con 51,45%.

Dentro de la evaluación de las propiedades mecánicas de las películas, se considera el porcentaje de elongación como la característica más relevante y a partir de la cual se establecieron los 5 tratamientos que proporcionan cualidades adecuadas para cumplir con el objetivo de la investigación de obtener envolturas mecánicamente funcionales para su uso como empaque primario en alimentos, los cuales fueron:

- **T6:** 40% de glucosa líquida, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina, con 51,45% de elongación.
- **T9:** 30% de glicerol, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 50% celulosa microcristalina, con 38,23% de elongación.
- **T5:** 40% de glucosa líquida, 20% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 30% celulosa microcristalina, con 33,19% de elongación.
- **T1:** 40% de glicerol, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina, con 51,45% de elongación.
- **T10:** 30% de glicerol, 20% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina, con 27,34% de elongación.

Grado de transmisión de vapor de agua

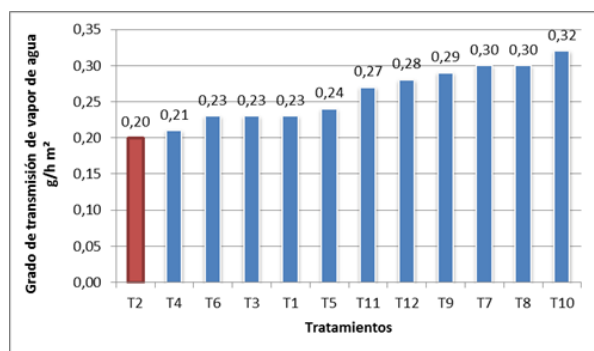


Gráfico 3: Representación del Grado de transmisión de vapor de agua

El gráfico 3 muestra que T2 (20% de glucosa líquida, 20% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 50% celulosa microcristalina) y T4 (30% de glucosa líquida, 20% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina) son los mejores tratamientos, ya que poseen los menores registros del grado de transmisión de vapor de agua con 0,20 y 0,21 g/hm². Por lo cual, se puede afirmar que estos tratamientos poseen propiedades de barrera adecuadas para su uso en el envasado de alimentos, ya que gracias a su baja permeabilidad es menor la pérdida de humedad, con lo cual no se produciría cambios en sus características sensoriales, morfológicas, físicas y químicas del producto.

Solubilidad en agua

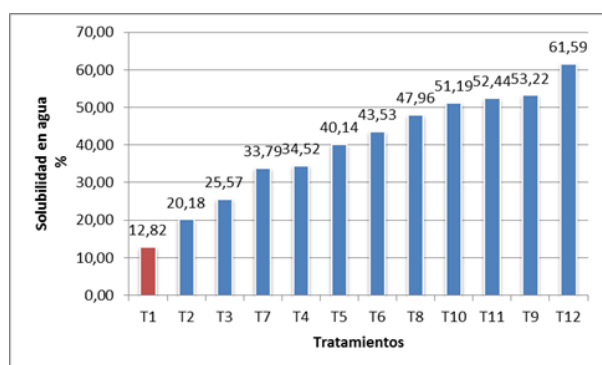


Gráfico 4: Representación de la solubilidad en el agua

El gráfico 4 muestra que T1 (20% glucosa líquida, 10% aceite de orégano, 10% de gelatina, 60% celulosa microcristalina) es el mejor tratamiento, ya que posee el menor registro de solubilidad en agua con el 12,82%. lo cual indica que las envolturas de celulosa microcristalina poseen características óptimas que ayudan mantener la integridad del producto que lo contenga.

Color

Los análisis muestra que todas las envolturas presentan rangos de luminosidad (L) entre 94,38 y 100,84, por lo que se les consideran claras, ya que mientras más se aproximen a cero las películas son más oscuras. En cuanto a los valores de cromaticidad a* son negativos y próximos a cero. Con respecto al valor de b* son positivos en todas las películas, presentando una coloración amarilla.

Análisis microbiológico del producto terminado (AOAC 997.02)

PARÁMETROS ANALIZADOS	UNIDAD	RESULTADOS					LÍMITE PERMISIBLE
		T6	T9	T5	T11	T10	
Recuento de mohos	UPM/g	410	1200	550	750	560	1,0 x 10 ³
Recuento de levaduras	UPL/g	800	780	630	820	400	1,0 x 10 ³

En la presente investigación se tomó como referencia la NORMA NTE INEN 2996 para PRODUCTOS DESHIDRATADOS, dando como resultados que las envolturas están libres de microorganismos aerobios, por lo que es apta para el consumo y garantizó la inocuidad del producto para realizar los análisis organolépticos.

Análisis organoléptico del producto terminado

VARIABLE	VALOR CALCULADO χ^2	VALOR TABULAR 5%	TRATAMIENTOS
Color	6,55 *	0,71	T6 T9 T10
Aspecto	6,63 *	0,71	T9 T10 T6
Olor	2,27 *	0,71	T5 T9 T6
Sabor	11,59 *	0,71	T10 T11 T6
Solubilidad en la boca	10,47 *	0,71	T10 T11 T9

Realizado el análisis organoléptico se observó que T10 (30% de glicerol, 20% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina) y T6 (40% de glucosa líquida, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina) son los tratamientos que presenta las mejores características en cuanto a las variables analizadas, constituyéndose los 2 mejores tratamientos.

Análisis fisicoquímicos

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	T10
Fibra	AOAC 978.10	%	26,00
Proteína total	AOAC 920.87	%	9,50
Carbohidratos	Cálculo	%	64,23
Humedad	AOAC 925.10	%	25,48
Cenizas	AOAC 923.03	%	0,45

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	T6
Fibra	AOAC 978.10	%	28,00
Proteína total	AOAC 920.87	%	8,41
Carbohidratos	Cálculo	%	78,54
Humedad	AOAC 925.10	%	11,00
Cenizas	AOAC 923.03	%	0,10

Los resultados del contenido de la envoltura comestible indican valores variables debido a la composición de cada uno de los tratamientos; además, se observa que el porcentaje de carbohidratos totales varía dependiendo del plastificante utilizado (glucosa líquida o glicerol) en las películas.

6. CONCLUSIONES

- La caracterización fisicoquímica de la celulosa microcristalina de bagazo de caña de azúcar mostró que el contenido de celulosa es de 81,79%, lignina 8,20%, cenizas 3,92%, humedad 6,10% y se presenta como polvo fino, casi blanco e inodoro, con lo cual, se determina que posee características similares a la celulosa que se encuentra comercialmente.
- La cantidad de plastificante fue el factor de mayor efecto sobre las propiedades mecánicas de las películas, donde el nivel más alto que fue de 40% permite una elongación a la ruptura de 51,45%; lo que indica que la flexibilidad de las envolturas depende directamente de la cantidad de plastificante utilizado.
- Las envolturas comestibles a base de celulosa microcristalina de bagazo de caña de azúcar presentaron poca resistencia mecánica 1,52Mpa, alta elongación a la ruptura 51,45%, baja permeabilidad al vapor de agua 0,23g/hm², intermedia solubilidad al agua 43,53% y la coloración fue clara, levemente amarilla en comparación con estudios realizados en películas de almidón modificado de yuca (Morales, 2014), zeína (Rojas, 2010) y almidón de maíz y yuca (Muñoz, 2014). Por lo que se concluye que el mejor tratamiento es T6 (40% de glucosa líquida, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina) ya que posee características apropiadas para ser utilizadas como empaque de alimentos. Del análisis de resultados de las pruebas mecánicas de elongación a la ruptura del producto terminado, se concluye que los 5

mejores tratamientos fueron: T6, T5, T9, T10 Y T11, ya que presentan mayor elasticidad con valores entre 51,54% a 27,34%.

- Del análisis estadístico de las pruebas organolépticas, se estableció que los mejores tratamientos son T10 (30% de glicerol, 20% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina) y T6 (40% de glucosa líquida, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina) de acuerdo a la prueba de Friedman.
- Los análisis fisicoquímicos demuestran que la envoltura tiene un considerable aporte de fibra con un 28% que se debe a la celulosa por su naturaleza de fibra y por la gelatina aporta un considerable porcentaje de proteína con 8,41%.
- La cantidad y tipo de plastificante (glucosa líquida o glicerol) y la cantidad de aceite de orégano influyen en las variables cuantitativas de las envolturas comestibles a base de celulosa microcristalina de bagazo de caña de azúcar, por lo que se acepta la hipótesis alternativa, considerando que estadísticamente el mejor tratamiento es T6 (40% de glucosa líquida, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina) por poseer las mejores características mecánicas, fisicoquímicas, nutricionales y organolépticas.

7. RECOMENDACIONES

- Estudiar la obtención de la celulosa microcristalina a partir del bagazo de caña de azúcar utilizando tratamientos físicos o enzimáticos para optimizar su rendimiento.

- A la matriz de la película incorporar un conservante natural para mantener la estabilidad del producto durante su almacenamiento y lograr preservar las propiedades mecánicas (tensión máxima y elongación de ruptura), de barrera, solubilidad y color de la envoltura.
- Realizar el secado de las envolturas en estufa con la finalidad de disminuir el tiempo del proceso y optimizar recursos, para lo cual, se recomienda utilizar temperaturas de entre 30 a 35°C y tomar en cuenta el flujo de aire del sistema para evitar la dispersión de la solución en los moldes.
- Plantear un estudio del tiempo de vida útil y condiciones de almacenamiento adecuadas de las envolturas comestibles, con el fin de establecer parámetros para su durabilidad.

8. BIBLIOGRAFÍA

Alemán, M. (2006). *Estudio de las propiedades y biodegradabilidad de plásticos (cast-films) elaborados a partir de cáscara de naranja, pectina y PVOH*. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza-México.

Barros, C. (2009). *Los aditivos en la alimentación de los españoles y la legislación que regula su autorización y uso*. España: Editorial Visión Libros.

Carchi, D. (2014). *Aprovechamiento de los Residuos Agrícolas provenientes del cultivo de Banano para obtener Nanocelulosa*. Universidad de Cuenca. Cuenca-Ecuador.

Castells, X. (2012). *Reciclaje de residuos industriales*. España: Ediciones Díaz de Santos

Morales E. (2014). *Caracterización de películas, elaboradas a partir de harina de quinua (Chenopodium Quinoa, Willd), almidón modificado de yuca (Manihot Esculenta) y Montmorillonita*. Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador.

Muñoz, J. (2014). *Evaluación, caracterización y optimización de un bioplástico a partir de la combinación de almidón de maíz, yuca y glicerol en sus propiedades físicas y de barrera*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Hachi, J., & Rodríguez, J. (2010). *Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalano (PET), en la ciudad de Guayaquil*. Universidad Politécnica Nacional. Guayaquil-Ecuador.

Morales, E. (2014). *Caracterización de películas, elaboradas a partir de harina de quinua (Chenopodium Quinoa, Willd), almidón modificado de yuca (Manihot Esculenta) y Montmorillonita*. Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador.

Morcillo Ortega, G., Cortés Rubio, E., & García López, J. L. (2013). *Bioteología y alimentación*. España: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Muller, P. y Riel, R. (1990). *Tecnologías de América del Norte para el*

procesamiento de alimentos. Venezuela: IICA Biblioteca

Muñoz, J. (2014). *Evaluación, caracterización y optimización de un bioplástico a partir de la combinación de almidón de maíz, yuca y glicerol en sus propiedades físicas y de barrera*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Muñoz, M. A. (2012). *Bioteología*. Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.

Pastor, C. (2010). *Recubrimientos Comestibles a base de Hidroxipropil Metilcelulosa: Caracterización y Aplicación Caracterización*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia – España.

Rojas, J., Lopez, A., Guisao, S., & Ortiz, C. (2011). Evaluación de celulosas microcristalinas obtenidas de varios subproductos agrícolas. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 144-150.

Villamán M. (2007). *Elaboración y caracterización de films comestibles basadas en mezclas entre proteínas de quínoa y quitosano*. Universidad de Chile. Santiago-Chile.