

## “BIOPOLYMERS USED IN THE MANUFACTURE OF FOOD PACKAGING”

### BIOPOLÍMEROS EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE ENVASES PARA ALIMENTOS

*Mónica Lucía Hernández Silva,<sup>1</sup> Boris Guzmán Martínez<sup>2</sup>*

#### RESUMEN

En este trabajo se incluyen los diversos biopolímeros usados en la elaboración de envases para alimentos como son: polisacáridos, proteínas, lípidos, etc. Se comienza con la definición y clasificación de los polímeros y se hace especial énfasis en el proceso de degradación de los mismos como una alternativa de solución al problema ambiental causado por el uso indiscriminado de los plásticos.

También se establecen los diversos tipos de biopolímeros usados en la elaboración de envases y se dan a conocer las ventajas y desventajas de este tipo de materiales, como también algunas tendencias e innovaciones en su uso.

**Palabras claves:** envase, biodegradabilidad, biopelícula, propiedades de barrera.

#### ABSTRACT

*This work includes various biopolymers used in the production of food packaging such as: polysaccharides, proteins, lipids, etc. It begins with the definition and classification of polymers with a special emphasis on the process of degradation of these as an alternative solution to the environmental problem caused by the indiscriminate use of plastics.*

*It also sets out the different types of biopolymers used in the production of containers are given on the advantages and disadvantages of such materials, as well as some trends and innovations in the use of biopolymers.*

**Key words:** container, biodegradability, bio-film, barrier properties.

*Recibido: abril 19 de 2009*

---

1 Especialista en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales. UNAD. Universidad de Nariño. E-mail: monylycy04@yahoo.com.mx.

2 Especialista en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales. Empresas Públicas de Puerto Boyacá E.S.P. E-mail: bguzmanmartinez@gmail.com.

*Aceptado: mayo 26 de 2009*

## INTRODUCCIÓN

Los envases son utensilios de gran utilidad que ayudan a contener cualquier cosa, sobre todo alimentos, brindándoles protección por golpes y temperatura; asimismo crean una barrera ante el oxígeno y el vapor de agua, lo que permite alargar su vida útil y conservar su sabor; sin embargo, la mayoría proviene de hidrocarburos, los cuales no son biodegradables.

De la misma forma, la utilización del petróleo como materia prima para la producción de plásticos genera problemas ambientales, entre ellos, la emisión de gases de invernadero (metano, óxido nitroso y bióxido de carbono). Además, una cantidad importante de petróleo, recurso muy valioso y no renovable, está destinado a la producción de plásticos. Esta tarea consume anualmente cerca de 270 millones de toneladas de petróleo y gas. De un litro de petróleo se obtiene medio litro de gasolina y este uso es prioritario, ya que hasta ahora casi todos los automóviles la utilizan como combustible. El petróleo es finito y eso condiciona el futuro del plástico.

Esta realidad ha obligado a modificar los hábitos y costumbres de los consumidores y ha creado conciencia en muchos grupos de investigación, ecologistas, gubernamentales y el ciudadano común para unir esfuerzos e ideas y así disminuir el impacto en el medio natural, porque no es suficiente con reciclar. El plástico es muy difícil de reciclar porque los envases se fabrican a partir de distintos tipos de materias primas plásticas, como el polipropileno y las variantes de polietileno, cuya separación no es fácil, para volver a utilizarlos. Además, la legislación impone severos controles para la reutilización del plástico en el envasado de alimentos.

En ese sentido, se han realizado numerosos estudios para valorar algunos materiales alternativos, surgiendo el concepto de plástico biodegradable, asociado al uso de materias primas renovables que ofrecen un buen control en el medio ambiente después de diversos usos, propiedades y coste similar a los plásticos convencionales y que se degradan más rápidamente en el vertedero, atenuando así los problemas de contaminación.

Los biopolímeros son macromoléculas sintetizadas por procesos biológicos o por vía química a partir de monómeros naturales o idénticos a los naturales. Se obtienen así los denominados plásticos biodegradables, una línea de innovación muy prometedora en materiales para envases. Mientras los plásticos son polímeros que proceden del petróleo, los biopolímeros tienen un origen natural, ya sea agrícola, de síntesis química o de microorganismos. Lo importante, es que son biodegradables. Es así como se ha generado un crecimiento enorme de las industrias dedicadas a la fabricación de envases, embalajes y empaques para alimentos, mediante la utilización de polímeros naturales y polímeros sintéticos biodegradables.

Los polímeros biodegradables se dividen en tres grandes grupos: un primer grupo procede de cultivos agrícolas o de animales. Entre ellos están la celulosa, el almidón, el gluten o la

caseína. Algunos son muy tradicionales y se han utilizado siempre (como el recubrimiento de los embutidos, que no deja de ser un envase).

El proceso tecnológico más apropiado para la industrialización de los biopolímeros es el de extrusión. Este proceso térmico se ha aplicado con éxito en la obtención de diversos materiales manufacturados a base de polímeros naturales mezclados con otros materiales orgánicos vegetales y animales, lo que ha generado, productos termoplásticos.

Después están los bioplásticos, extraídos de la biomasa mediante síntesis química. Es el caso del ácido láctico, que viene de la fermentación del almidón, el cual a su vez procede del maíz. Este ácido se trata químicamente para formar cadenas largas, con una estructura molecular parecida a los derivados del petróleo y obtener así el plástico llamado PLA o ácido poliláctico, procedente de materias primas renovables con excelentes propiedades mecánicas y físicas que son aprovechadas para elaborar botellas de refresco, envases para alimentos, textiles y productos médicos.

Según el tipo de bacteria y la alimentación que reciba, así como el tratamiento posterior del material resultante, se obtendrán bioplásticos de distintas características. Otro ejemplo de material orgánico es el quitosano, derivado de la quitina y que procede del exoesqueleto de crustáceos.

El tercer gran grupo de bioplásticos es el extraído de microorganismos naturales. Son organismos microscópicos que se reproducen muy rápidamente hasta formar cantidades considerables de polihidroxialcanoatos. Es un proceso de cultivo similar al que se realiza con los gusanos para conseguir hilos de seda natural. El polihidroxialcanoato (PHA) es producido como material de reserva por diversos grupos bacterianos como la '*Pseudomonas putida*'. Este biopolímero tiene gran aplicación en biotecnología y en la industria farmacéutica. Es sintetizado cuando el medio de cultivo posee una fuente de carbono en exceso y un defecto de otro tipo de nutriente, normalmente nitrógeno o fósforo. Se deposita en las bacterias como cuerpo de inclusión, ocupando más del 90% del peso, que será utilizados como fuente de carbono y energía en condiciones de escasez nutricional. El polihidroxi alcanoato más conocido y usado es el ácido poli-3-hidroxibutírico (PHB). Las propiedades del polímero que forma son similares a las del propileno, por lo que se define como un termoplástico.

Todo lo anterior indica que el uso de biopolímeros es una buena alternativa en la industria alimentaria, pues es aquí donde se genera un gran número de desechos que causan contaminación y al ser estos degradables ayudan a disminuir el problema.

La tendencia futura en el uso de polímeros biodegradables es mejorar las propiedades de barrera, introduciendo nanocargas inorgánicas que dificultan el transporte de masa a través de la pared del plástico, reduciendo así la permeabilidad a gases y a vapores, en el caso de elaboración de botellas. El objetivo de este trabajo es el de consolidar los principales biopolímeros aplicados en la agroindustria de empaques biodegradables, como también dar a conocer algunos conceptos sobre recubrimientos para productos alimenticios y otras estructuras membranosas.

A lo largo de la historia, los envases han sido de mucha importancia en la vida del hombre. Los primeros se remontan a 10.000 años atrás y fueron utilizados para contener y guardar sustancias y elementos necesarios, especialmente alimentos y agua. Los primeros contenedores fueron tomados directamente de la naturaleza, como conchas de mar o frutos como el coco, fibras de plantas, piel de animales, contenedores de arcilla hasta llegar al vidrio, las latas de estaño y acero que fueron ampliamente aceptados durante la segunda guerra mundial. Los envases de cartón y papel tuvieron, también, una gran aceptación, ya que mantenían las cantidades pre-pesadas de café, cereales, sal y otros artículos básicos. Estos eran fáciles de almacenar, apilar y etiquetar. El siglo XX también vio nacer un nuevo material de envase, el plástico, que dio origen a las resinas sintéticas comparables con las resinas orgánicas.

Las resinas sintéticas se empezaron a industrializar durante la última gran guerra. Actualmente existen unos sesenta materiales, algunos de ellos en distintas presentaciones o tipos. Del nailon, por ejemplo, hay un tipo para hacer películas y otro para moldear engranes. Esto multiplica las opciones de los materiales plásticos asequibles hoy día. De esta gama se pueden identificar cuatro resinas de mercado masivo, fácil procesabilidad, y, por tanto, de altos volúmenes de producción, precio bajo y tecnología accesible. Estas son: polietileno (PE) y sus variantes (PET, PEAD, PEBD), poli estireno (PS), polipropileno (PP) y cloruro de polivinilo (PVC).

Los envases de plástico eran más económicos y fáciles de producir respecto de los otros materiales. Eran más livianos que los otros y con esto se reducía el costo de transporte. El plástico ha reemplazado muchos materiales, permitiendo que la preparación de alimentos se efectúe rápidamente desde el refrigerador, pasando al horno y a la mesa.

Hoy existen principalmente seis materiales de envase: los de papel y cartón, los de plástico, los de metal, los de vidrio, los de madera y los textiles. Además, existen envases de materiales combinados que se emplean generalmente para producir una barrera a la humedad, a las grasas, al aire o también para proporcionar mayor resistencia.

Con la evolución de la sociedad, los envases han cambiado; reflejan las necesidades presentes: facilidad de apertura, descripción fiel de su contenido y protección del mismo, buena calidad, precio razonable, etc. Incluso, influye en los consumidores el aspecto, el colorido y el peso. En otras palabras, de la presentación del envase (el tamaño, la facilidad de transporte, la variedad e intensidad de colores) depende el consumo de los productos respectivos.

Pero, también se quiere concientizar a la sociedad sobre la disposición final de esos envases ya que muchos de ellos no son biodegradables, lo que causa muchos problemas ambientales. Por esto, se han buscado materiales alternativos que ofrezcan las mismas ventajas y hagan menos daño a la naturaleza; de allí que se retome el uso de los polímeros naturales, por ejemplo, la lana, la seda, la celulosa, etc., que se han empleado profusamente y han tenido mucha importancia a lo largo de la historia. En un principio, la mayoría de los plásticos se fabricaba a partir de resinas de origen vegetal, como la celulosa (del algodón), el furfural (de la cáscara de la avena), aceites de semillas y derivados del almidón o del carbón. La caseína

de la leche era uno de los materiales no vegetales utilizados. A pesar de que la producción del nailon se basaba originalmente en el carbón, el aire y el agua, y de que el nailon 11 se fabrica todavía con semillas de ricino, la mayoría de los plásticos se elabora hoy con derivados del petróleo. Las materias primas derivadas del petróleo son tan baratas como abundantes. No obstante, dado que las existencias mundiales de petróleo tienen un límite, se están investigando otras fuentes de materias primas, como la gasificación del carbón y la síntesis de polímeros.

### **Materias primas usadas en la elaboración de envases biodegradables para alimentos**

A continuación se presentan las materias primas utilizadas para la elaboración de películas comestibles y otros envases biodegradables para alimentos, de acuerdo con su naturaleza (tales como los polisacáridos, proteínas, lípidos y poliésteres microbiales) su obtención, los procesos para la obtención de películas, sus propiedades, usos y aplicaciones.

#### **Polisacáridos**

*Almidón.* Con base en un estudio realizado por Chandra R y Rustgi Renu, (1998), el almidón es un polímero que se encuentra en abundancia en las plantas. Los principales cultivos, de los cuales se extrae, son las patatas, papas, el maíz y el arroz. El almidón ha sido ampliamente utilizado como materia prima en la producción de películas debido a los altos precios y a la disminución de la disponibilidad de las películas convencionales formadas de resinas.

El almidón también es útil para la elaboración de películas y abono agrícola, entre otros, ya que se degrada en productos inocuos cuando se coloca en contacto con los microorganismos del suelo. Las películas poseen baja permeabilidad y, por lo tanto, son materiales atractivos para el envasado de alimentos.

Para modificar las propiedades funcionales del almidón, la estructura del gránulo puede reforzarse mediante la incorporación de otros grupos químicos sustituyentes o mediante algún entrecruzamiento artificial para que se vuelva más resistente a los tratamientos térmicos y evitar la desintegración de los geles durante el procesado mecánico (VALENCIA, Marco, s.f.).

*Formación de las películas:* las películas comestibles se producen por vaciado o moldeo de una dispersión acuosa gelatinizada de amilosa, seguida por evaporación del solvente, lo que da lugar a la formación de una película transparente. Los compuestos de almidón, tales como las mezclas de almidón-polietileno, son procesados vías extrusión, inyección, moldeo o soplado de películas para la producción de botellas (Banker, G.S., 1966).

*Propiedades y usos de las películas (Hoyos R, M. y Urrego L., 1997):* las películas de amilosa, el almidón hidroxipropilado y dextrinas han sido utilizados como coberturas comestibles de los alimentos para suministrar una barrera al oxígeno y a los lípidos y para mejorar la apariencia de la textura. La influencia de la humedad sobre la estabilidad de las películas de almidón limita su utilidad; son barreras pobres para la humedad. Además, las propiedades

mecánicas son generalmente inferiores a las películas de polímeros sintéticos.

El almidón mezclado con el alcohol polivinílico (PVOH), polímero sintético biodegradable, ofrece una amplia gama de propiedades superiores a las del almidón solo (Morrison, B., 1976).

La mezcla de almidón-PVOH es usada para reemplazar películas de polietileno de baja densidad cuyas propiedades mecánicas son críticas para el uso que se pretende y donde las propiedades de buena barrera para la humedad no son necesarias.

*Alginato.* La fuente principal de alginato comercial es el alga gigante *Macrocystis Pyrifera*. Los constituyentes químicos del alginato son secuencias de ácidos  $\beta$ -D-manurónico y  $\alpha$ -L-gulurónico con enlaces 1 $\rightarrow$ 4, distribuidas al azar. Aunque los alginatos son insolubles en el agua, pueden absorber una gran cantidad y se usan como agentes gelificantes y espesadores. Se utilizan, también, en la fabricación de textiles, papel y cosméticos. El alginato de sodio se usa en la industria alimentaria para aumentar la viscosidad y como emulsificante. (Gibbons, B.J., Roach, P.J., and Hurley, T.D., 2002, citado por Zamora, Antonio, 2008)

*Formación de películas:* se forman mediante la evaporación de una solución acuosa de alginato, seguido de un ligamento entrecruzado iónico con una sal de calcio. Existen dos métodos de gelificación de alginato de calcio y sodio: la gelificación uniforme que puede realizarse por dispersión de una sal de calcio de baja solubilidad y la difusión de los iones de calcio dentro de la solución de alginato. Muchas sales de calcio se pueden usar para la formación de geles de alginato, incluyendo cloruro de calcio, acetato, lactato, tartrato, gluconato, sulfato, citrato, di y tri fosfato de calcio. Se ha encontrado que son más fuertes las cubiertas o películas con CaCl<sub>2</sub> (cloruro de calcio). (Morrison, B., 1976).

*Propiedades y usos:* las coberturas de alginato de calcio se han usado en productos cárnicos. La cobertura de gel actúa como un agente sacrificante; es decir, la humedad se pierde de la cobertura antes de que el alimento se deshidrate significativamente. Son buenas barreras para el oxígeno, retardan la oxidación de los lípidos, mejoran la textura y el sabor y disminuyen el recuento microbiano en la superficie (Hoyos R, M. y Urrego L., 1997).

*Carragenanos.* Se extraen industrialmente de diversas especies de algas rojas Rodofíceas y se diferencian del agar porque sustituyen algunos grupos hidroxilos con grupos sulfatos (-OSO<sub>3</sub>-). Los carragenanos también se usan para espesar y gelificar productos alimenticios. (Gibbons, et al, citado por Zamora, Antonio, 2008).

*Formación de películas:* el carragenano se disuelve en agua caliente formando una solución acuosa del polímero; esta gelificación ocurre probablemente por la formación de una estructura de doble hélice en forma de red, que se origina mediante la adición de una sal específica y conlleva a la formación de puentes inter cadena de gran importancia (Banker, G.S., 1966).

*Propiedades y usos:* el gel de carragenanos se usa en coberturas para alimentos, al igual

que otros geles de polisacáridos. Las coberturas actúan como sacrificantes pues retardan la pérdida de humedad de los alimentos cubiertos; aumentan la estabilidad contra el crecimiento de microorganismos en la superficie, debido a que son portadores de agentes antimicrobiales y evitan la oxidación de los alimentos ya que son buenas barreras para el oxígeno. En unión con pectinas de bajo metoxilo goma xantán, goma arábica, pueden satisfacer los últimos requerimientos de las películas (Hoyos R, M. y Urrego L., 1997).

*Pectina.* Es un carbohidrato purificado, obtenido del extracto diluido en ácido, de la porción interna de la corteza de los frutos cítricos. La pectina es un éster metilado del ácido poligalacturónico, y consiste de cadenas de 300 a 1000 unidades de ácido galacturónico conectadas por enlaces  $1\alpha \rightarrow 4$ . El grado de esterificación (GE) afecta las propiedades gelificantes de la pectina.

*Formación de películas:* una solución acuosa de pectina de bajo metoxilo se aplica en la superficie, seguido por tratamiento con una solución de calcio que favorece la gelatinización y, posteriormente, la evaporación del agua, dando lugar a la formación de la película (Banker, G.S., 1966).

*Propiedades y usos (Hoyos R, M. y Urrego L., 1997):* la permeabilidad al vapor de agua de las películas de pectina es muy elevada en el mismo orden de magnitud como para el celofán y otras películas de carbohidrato. Esta puede ser reducida significativamente mediante la adición de una cobertura de cera dentro de la película de pectina. Las coberturas de pectina han sido investigadas en relación con su capacidad para retardar la pérdida de humedad y migración de lípidos y para facilitar la manipulación de los alimentos. Se usa en alimentos como transportador antimicrobial y de antioxidantes y en frutas confitadas para reducir la gomosidad.

*Quitosano.* Es un polímero no ramificado de N-acetil-D-glucosamina. La quitina se puede considerar un derivado de la celulosa en la cual los grupos hidroxilos del segundo carbono de cada glucosa han sido reemplazados por grupos acetamido ( $-\text{NH}(\text{C}=\text{O})\text{CH}_3$ ). (Gibbons, B.J., Roach, P.J., and Hurley, T.D., 2002, citado por Zamora, Antonio, 2008).

Producidas comercialmente de la quitina, las películas de quitosano son claras, fuertes y flexibles y son una buena barrera al oxígeno; se forman por moldeo de solución acuosa. Las películas basadas en quitosano protegen los alimentos de la degradación por hongos y modifican la atmósfera de frutos frescos.

Las cubiertas de quitosano se usan en peras, naranjas, melocotón y ciruelas como barrera para el dióxido de carbono y el oxígeno. Las coberturas de quitosano se usan en las semillas de trigo con el fin de incrementar la producción en el cultivo.

### **Celulosa y derivados**

La celulosa es soluble en agua; su solubilidad aumenta mediante tratamiento con álcalis que

hinchaba la estructura, seguida por la reacción con ácido tricloroacético, cloruro de metilo u óxido de propileno, produciendo la carboximetilcelulosa (CMC), hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) o hidroxipropilcelulosa (HPC). (Morrison, B., 1976). La celulosa es un polímero con cadenas largas sin ramificaciones de  $\beta$ -D-Glucosa y se distingue del almidón por tener grupos  $-\text{CH}_2\text{OH}$  alternando por arriba y por debajo del plano de la molécula. La ausencia de cadenas laterales permite a las moléculas de celulosa acercarse unas a otras para formar estructuras rígidas. La celulosa puede ser desdoblada (hidrolizada) en sus glucosas constituyentes por microorganismos que residen en el sistema digestivo de las termitas y los rumiantes. La celulosa parcialmente nitrada, piroxilina, se usa en la producción del colodión, plásticos, lacas y esmaltes de uñas. (Gibbons, B.J., Roach, P.J., and Hurley, T.D., 2002, citado por Zamora, Antonio, 2008).

*Formación de películas (Banker; G.S., 1966):* la CMC aniónica y la MC no aniónica, HPMC y HPC poseen excelentes características formadoras de películas. La HPC derivada de la celulosa es un polímero termoplástico que puede ser moldeado por inyección o extrusión; es comestible y biodegradable. La MC es la menos hidrofílica de los éteres de celulosa; no es buena barrera para la humedad y posee una excelente barrera para la migración de grasas y aceites.

Las soluciones acuosas de MC forman relativamente geles fuertes a temperatura crítica de aproximadamente 50 °C. Soluciones de HPMC forman geles térmicamente inducidos de baja fuerza a 50 °C a 85 °C. Las soluciones de HPC no forman geles en caliente pero precipitan a temperaturas de 40°C. (Morrison, B., 1976). La capacidad de MC y HPMC para formar películas térmicamente inducidas es utilizada para disminuir la absorción de aceite durante la fritura o extruido de papas a la francesa y rodajas de cebolla.

**Propiedades y usos:** las películas de acetato de celulosa no son buenas barreras para la humedad y los gases, pero son excelentes para ciertos productos con humedades altas a causa de su respiración, debido a que no forman condensados. Es buena barrera a las grasas y aceites, aunque la sustitución química de celulosa es generalmente de biodegradación lenta; el acetato de celulosa presenta mineralización y aunque no es comestible parece ser biodegradable.

La celulosa es el comienzo del material para películas comestibles y biodegradables que pueden aumentarse por modificaciones químicas de la metilcelulosa (MC), hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y carboximetilcelulosa (CMC). Estas películas de éter de celulosa poseen fuerza moderada, resistencia a grasas y aceites, moderada barrera a la humedad y al oxígeno y son flexibles, transparentes, inoloras, insaboras, solubles en agua. Metilcelulosa y HPMC se usan también en cubiertas de comprimidos farmacéuticos y como ingredientes en la elaboración de sacos comestibles para alimentos (Hoyos R, M. y Urrego L., 1997).

## Proteínas

Las proteínas son cadenas lineales de aminoácidos caracterizadas por la subestructura

$-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ . Un átomo de nitrógeno y dos de hidrógenos forman el grupo amino ( $-\text{NH}_2$ ) y el ácido es un grupo carboxilo ( $-\text{COOH}$ ). Los aminoácidos se unen a otros cuando el grupo carboxilo de una molécula reacciona con el grupo amino de otra molécula formando un enlace peptídico  $-\text{C}(=\text{O})\text{NH}-$  y liberando una molécula de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Los aminoácidos son los constituyentes básicos de las enzimas, hormonas, proteínas y tejidos del cuerpo. Un péptido es un compuesto de dos o más aminoácidos. Los oligopéptidos tienen diez o menos aminoácidos. Los polipéptidos y las proteínas son cadenas de más de diez aminoácidos, pero los péptidos que contienen más de 50 aminoácidos se clasifican como proteínas. (J.D. Watson and F.H.C. Crick., 1953)

### **Colágeno**

Este componente contribuye de modo significativo a la dureza de la carne, abunda en los tendones, piel y huesos. Las fibrillas de colágeno se organizan en forma paralela, para conseguir una gran resistencia como ocurre en los tendones o puede estar altamente ramificadas y desordenadas como ocurre en la piel.

A medida que se forman los enlaces cruzados del colágeno, disminuye su solubilidad en diversos solventes tales como soluciones salinas y ácidos. La desnaturalización parcial del colágeno es la “gelatina”.

*Formación de películas:* el colágeno se convierte en películas comestibles y biodegradables, las cuales se forman por extrusión y dispersión de un ácido coloidal viscoso en un baño neutralizado, seguido por un lavado y secado.

*Propiedades y usos:* las envolturas de colágeno han reemplazado casi completamente a las envolturas de intestino de animales, excepto para embutidos de mayor grosor que requieren envolturas gruesas. Proveen integridad mecánica y funcionan como barrera al oxígeno y a la humedad (Hoyos R, M. y Urrego L., 1997).

En películas de colágeno en refrigeración se reduce significativamente la exudación sin afectar el color y la oxidación de los lípidos. Las películas de colágeno, a diferencia de las películas sintéticas, se adhieren al producto cocido y son consumidas con este, disminuyendo los desperdicios.

### **Gluten de trigo**

El gluten de trigo se ha estudiado como un reemplazo en plantas para el colágeno en la manufactura de recipientes para salsas y también como un medio para mejorar la adherencia de la sal y los sabores a las nueces y pastas para las carnes y otros alimentos. Estudiando las propiedades mecánicas y de barrera de las películas de proteínas de trigo y de maíz, se ha hallado que estas tienen baja resistencia a la tensión; las películas de maíz son quebradizas pero más elásticas que las de celofán. Ambas presentan baja permeabilidad a las grasas y alta permeabilidad al vapor de agua.

### **Aislados de proteína de soya**

Estos productos son la forma más purificada de la soya, ya que contienen 90% o más de proteínas. La proteína de soya se ha estudiado para la manufactura de cubiertas para salsas y en la producción de bolsas solubles en agua. La proteína de soya en aplicación de coberturas comestibles, mejora la adhesión de la pasta y reduce la migración de humedad en uvas pasas y arvejas secas.

### **Proteínas de la leche**

Las proteínas de la leche se clasifican en dos grandes fracciones: la caseína y las proteínas del suero. Se han realizado ensayos mediante los cuales se analizan las resinas sintéticas como recubrimiento de grasas duras y semiduras con productos lácteos (caseína, caseinato y proteínas del suero), obteniendo así un película comestible, biodegradable y soluble en agua. Esta solubilidad facilita la renovación del equipo que se utiliza para aplicar la película.

*Recubrimientos con caseína:* se han desarrollado cubiertas protectoras para brownies, cubos de chocolate y donuts a partir del caseinato de sodio, aceite de algodón, soya o maíz y un plastificante. Los caseínatos forman fácilmente películas en soluciones acuosas debido a su estructura desordenada y a la capacidad para formar gran número de puentes de hidrógeno e interacciones y puentes hidrofóbicos. La naturaleza anfifílica de los caseínatos hace de ellos excelentes candidatos para la formación de películas emulsionadas. Las películas de caseinato puro son atractivas para su uso en alimentos debido a su transparencia, flexibilidad y naturaleza blanda; también, son solubles en agua.

Recubrimientos con proteínas del suero: en contraste con las películas de caseinato, las películas de proteínas del suero son insolubles en agua debido a la presencia de enlaces covalentes de puentes de disulfuro.

### **Lípidos**

*Acetoglicéridos.* La acetilación del monoestearato de glicerol con anhídrido acético produce un monoglicérido acetilado, el cual se caracteriza por solidificarse, a partir del estado fundido, en un sólido flexible con apariencia de cera.

Las películas de monoestearato de glicerol acetilado evitan la oxidación y la pérdida de peso. Las propiedades de barrera de los monoglicérido acetilado se incrementan al aumentar el grado de acetilación, debido a la remoción de grupos hidroxilo libres, ya que estos interactúan directamente con la migración de moléculas de agua (Morrison, B., 1976).

*Ceras.* Son mezclas de ésteres de alta masa molecular, constituidas por ácidos grasos y alcoholes monohidroxilados; son abundantes en la naturaleza y pueden ser obtenidas de

fuentes animales y plantas como son, la cera de abeja, la cera de carnauba y la lanolina. En los árboles forestales se pueden encontrar la cera del follaje de conífera y varios tipos de latifolias. (Solomons, G., 1997, citado por ARTEAGA, Crespo Yasiel y CARBALLO Abreu Leila R., s.f.) Las ceras comestibles son significativamente más resistentes al transporte de humedad que la mayoría de películas de otros lípidos o no lípidos. Las ceras son más efectivas en el bloqueo de la migración de humedad, siendo la parafina la más resistente, seguida por la cera de abejas.

### **Poliésteres microbiales**

Se pueden producir por una fermentación limitada en nutrientes de material alimenticio azucarado. Mediante la manipulación del medio de cultivo, se obtiene un copolímero aleatorio que contiene tanto el hidroxivalerato (HV) como el hidroxibutirato (HB). El copolímero restante poli-3-hidroxibutirato-CO-3-Hidroxivalerato (PHB/V) es termoplástico y completamente biodegradable. Mediante el cambio de la relación HV/HB, puede fabricarse para que se asemeje, bien sea al polipropileno o al polietileno, en relación con la flexibilidad, fuerza de tensión y punto de presión.

El polihidroxibutirato (PHB) es fuerte, rígido y quebradizo; el contenido de HV mejora la flexibilidad y la dureza. El PHB/V posee una buena resistencia química a la humedad, así como buenas propiedades: barreras al oxígeno, humedad y aromas.

El PHB/V puede utilizarse en botellas de bebidas, cajas de papel cubierto para leches y películas.

*Ácido poliláctico (APL)*. Es un polímero termoplástico, amorfo o semicristalino producido por la fermentación de azúcares simples, de alta resistencia mecánica, de plasticidad térmica, maleable, biodegradable. El APL puede hidrolizarse fácilmente a ácido láctico, mediante la utilización únicamente de agua y ser repolimerizado. Esto podría suministrar algunas ventajas en el reciclaje del APL. La modificación del peso molecular resulta en propiedades que pueden imitar el polipropileno, polietileno y el PVC (Evans, J.D., y Sikdar, S.K. 1990.). De acuerdo con Foldager, C., Jakobsen, B. W., Lund B., Christiansen, S. E., Kashi, L., Mikkelsen, L. R. y Lind M., (2009) debido a la biodegradabilidad del APL, sus propiedades de barrera y biocompatibilidad, este biopolímero ha encontrado numerosas aplicaciones ya que presenta un amplio rango inusual de propiedades, desde el estado amorfo hasta el estado cristalino; propiedades que pueden lograrse manipulando las mezclas entre los isómeros D(-) y L(+), los pesos moleculares y la copolimerización.

El ácido láctico, ácido 2-hidroxi-propanoico, es el ácido carboxílico más simple con un átomo de carbono asimétrico. Puede producirse por fermentación anaeróbica de sustratos orgánicos, con microorganismos como hongos y bacterias. El ácido láctico, obtenido de la fermentación, es ópticamente activo, por lo que la producción específica de los isómeros L (+) o D (-) puede determinarse utilizando un lactobacilo apropiado.

*Propiedades.* El PLA tiene propiedades mecánicas en el mismo rango de los polímeros petroquímicos, a excepción de una baja elongación. Sin embargo, esta propiedad puede ser afinada durante la polimerización (por copolimerización) o por modificaciones pos polimerización (por ejemplo plastificantes).

El PLA puede ser tan duro como el acrílico o tan blando como el polietileno; rígido como el poliestireno o flexible como un elastómero. Al PLA se le atribuyen también propiedades de interés como la suavidad, resistencia al rayado y al desgaste.

*Aplicaciones:* la aplicación más prometedora del PLA se da en envases y empaques para alimentos y producción de películas para la protección de cultivos en estadios primarios. Sin embargo, el alto crecimiento fúngico en los materiales obtenidos de bases biodegradables es un factor negativo para el uso en alimentos. Por lo tanto, los bioempaques son más convenientes para alimentos con alta respiración y de vida de almacenamiento corto como vegetales y para el empaque de algunos productos de panadería.

### **Pululano, levano, elsinano**

Pululano es un polisacárido extracelular bacteriano producido a partir de almidón mediante el *pullulans Aureobasidium*. Es un polisacárido lineal. En forma de polvo inodoro de color blanco, el pullulano es fácilmente soluble en agua para hacer una solución clara y viscosa. Este polímero también tiene alta adhesión, pegado, lubricación, formación de capas de películas. (HEO, K. C. Lee, J. J. Park, S. Y. y Rhim, J. W., 2001).

Las películas de pululano formadas en solución acuosa son claras, inoloras, insaboras. Sus coberturas se han usado exitosamente como barrera para el oxígeno y para prolongar la vida de anaquel de los alimentos. El film de pululano es térmicamente estable, anti-estático y elástico. Tiene propiedades adhesivas y en condiciones de humedad y calor es directamente compresible. Comprimido y moldeado, sin la ayuda de plastificantes, origina films biodegradables no contaminantes, comestibles e impermeables al paso del oxígeno.

El levano y el sinano también se pueden usar como materiales comestibles de coberturas para alimentos y productos farmacéuticos debido a su baja permeabilidad al oxígeno. Las películas comestibles se preparan usando una combinación de proteína de arroz concentrada y el polisacárido pululano. La mezcla proteína-pululano con un 50% de proteína concentrada y 50% de pululano se utiliza en el recubrimiento de recipientes de vidrio; la película es resistente a la fuerza del vapor de agua, la cual se mejora por adición de pequeñas cantidades de alginatos de propilenglicol en condiciones alcalinas. También se incorporaron aceites en las películas para mejorar la resistencia al vapor de agua.

**Polihidroxiclcanos.** Los Polihidroxiclcanos (PHA) constituyen excelentes candidatos para sustituir a los polímeros sintéticos. Los PHA son poliésteres de reserva producidos por bacterias sometidas a condiciones de estrés, las cuales los sintetizan en varias formas químicas; el polihidroxi-butilato (PHB) es el poliéster de cadena más corta en esa familia. Dependiendo

de la longitud de la cadena lateral de sus unidades monoméricas (una propiedad que puede ser ajustada modificando la composición del medio de cultivo o manipulando genéticamente a la bacteria productora), se puede obtener PHA de diferentes puntos de fusión, cristalización, flexibilidad, resistencia a la tracción, biocompatibilidad y velocidad de biodegradación.

Propiedades. Los PHA son termoplásticos y, dependiendo de su composición, dúctiles y elásticos. Varían sus propiedades de acuerdo con su composición química (homo o co-poliéster). Son estables ante los rayos UV, en contraste con otros bioplásticos como los ácidos poliláctico (PLA) y tienen una pequeña permeabilidad al agua. Su temperatura de fusión parcial es superior a los 180°C.

El PHB es similar en sus propiedades al polipropileno (PP), tiene buena resistencia a la humedad y funciona como barrera aromática. El PHB sintetizado desde ácido polihidroxibutírico puro es relativamente rígido y frágil, aunque también varía la elasticidad con derivados del ácido pentanoico (valerianatos).

*Aplicaciones.* Los PHA son termoplásticos y pueden procesarse por los equipos tradicionales, utilizándose mayormente en películas, inyección y extrusión. Existen múltiples aplicaciones potenciales para el PHA que se obtiene por microorganismos en los ámbitos medicinales y farmacéuticos, debido a su biodegradabilidad y solubilidad en el cuerpo humano.

## **Biodegradabilidad**

Es la degradación de sustratos complejos por parte de microorganismos siguiendo vías metabólicas catalizadas por enzimas segregadas por estos últimos, para obtener sustancias sencillas, básicamente agua, dióxido de carbono y biomasa, fácilmente asimilables por el medio ambiente. La velocidad de la biodegradación depende de la flora microbiana, la temperatura, la humedad y la presencia de oxígeno. Los microorganismos no segregan enzimas capaces de romper las uniones químicas de las macromoléculas poliméricas que constituyen los plásticos sintéticos más usados comúnmente (en su mayoría derivados del petróleo), como polietilenos (PE), polipropileno (PP), poli cloruro de vinilo (PVC), polietilentereftalato (PET), poliamidas (PA), poliestirenos (PS), poliuretanos (PU), etc., por los que los anteriores materiales no son biodegradables.

Los plásticos biodegradables ofrecen una serie de ventajas cuando se comparan con los plásticos convencionales. Estos son completamente degradados en compuestos que no dañan el medio ambiente: agua, dióxido de carbono y humus. Además, estos plásticos son producidos a partir de fuentes renovables de energía, lo que contribuye con el mantenimiento de las reservas fósiles (no renovables) en el planeta (Coszach P., Bogaert J.C., Naamani M., 2000).

La mayoría de los polímeros biodegradables tiene excelentes propiedades comparables a muchos plásticos derivados del petróleo: es fácilmente biodegradable, y pronto podría estar compitiendo con los envases plásticos de los productos básicos. propiedades, tales como la fragilidad, la baja temperatura de deformación térmica, permeabilidad a los gases de alta y baja viscosidad de fusión para la continuación de la tramitación etc., podrían limitar su uso

en una amplia gama de aplicaciones (RAY y BOUSMINA, 2005).

### **Requisitos para que un envase plástico obtenga la etiqueta de “compostable”**

- Biodegradabilidad (90% antes de seis meses).
- Desintegrabilidad: la fragmentación y la pérdida de visibilidad del residuo en el compost final (ausencia de contaminación visual). Esto se mide con el ensayo de compostaje (EN 14045), en el que el material tiene que estar desintegrado antes de tres meses, con un tamaño inferior a 2 milímetros y que alcance el 90% de la masa inicial.
- Ausencia de efectos negativos en el propio proceso de compostaje.
- Bajos niveles de metales pesados (por debajo de los valores máximos predefinidos), y la ausencia de efectos negativos sobre la calidad del compost (por ejemplo, la reducción de valor agronómico y la presencia de efectos eco tóxicos en el crecimiento de las plantas).
- Otros parámetros físico-químicos que no deben ser diferentes de los del control del compost después de la degradación: pH, salinidad, sólidos volátiles, N, P, Mg y K.

*Descripción del método para medir la biodegradación:* el porcentaje de biodegradación se mide mediante la relación entre el dióxido de carbono generado a partir del material de ensayo y la cantidad teórica máxima de dióxido de carbono que puede producirse a partir del material de ensayo. Así, por ejemplo, un 75% de biodegradación significa que un 75% de los átomos de carbono (C) presentes en el envase se convirtió en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El método también determina la velocidad del proceso de conversión; es decir, en cuánto tiempo se logra el porcentaje especificado de biodegradación. La incubación debe realizarse a una temperatura constante de aproximadamente 58 °C.

*Problemas por el uso de envases no biodegradables.* Los envases son un invento que ha mejorado la calidad de vida de los seres humanos; sin embargo, lo negativo de ese desarrollo y transformación es el enorme problema ambiental provocado por la acumulación de los materiales de desecho que generan. A pesar de que la mayoría de los productos plásticos y polímeros sintéticos derivados del petróleo garantizan la protección deseada en diversos tipos de aplicaciones en términos de costo, conveniencia, formatos, marketing y protección física, química y óptica, tienen la desventaja de que no son biodegradables, por lo que son responsables de gran parte de los residuos contaminantes que se acumulan en la naturaleza. Además, se sabe que su fabricación requiere de un alto costo energético, energía que se pierde en gran medida porque suelen tirarse tras el primer uso; asimismo, su destrucción es igualmente muy costosa, energéticamente hablando, y muy contaminante en la mayoría de los casos. La incineración de determinados tipos de plástico es una de las causas de la lluvia ácida que destruye bosques y la salud de los seres humanos; abandonados a la intemperie, sus cadenas moleculares resisten a romperse por la acción de agentes naturales, razón por la cual generalmente necesitan un promedio de 150 años para degradarse (Carreón, D., Verdalet, M.D., Verdalet, I., 2004), lo que está provocando una contaminación ambiental importante en todo el orbe.

*Tendencias futuras en los biopolímeros.* Se están desarrollando materiales plásticos auto

degradables y germicidas. El nuevo material nano compuesto de óxido-polímero es capaz de eliminar cualquier tipo de organismo dañino para la salud humana. Para introducir el carácter autodegradable y germicida, los investigadores utilizaron un foto-catalizador basado en óxido de titanio modificado que se incorpora directamente en el fundido del componente plástico. Este óxido usa la luz solar como fuente de energía para degradar el plástico tras cumplir con su vida útil. El material inorgánico óxido no necesita ser liberado al medio, tal y como lo hacen la mayoría de los germicidas actuales, por lo que no libera ningún producto indeseado en el alimento.

### CONCLUSIONES

Se clasificó la información recolectada acerca de los biopolímeros de acuerdo con su origen, obtención y usos, dando como resultado información importante para el desarrollo de investigaciones en el área ambiental y de alimentos.

Por medio de esta monografía se dieron a conocer los diferentes biopolímeros usados en la fabricación de envases para alimentos como alternativa ante el uso creciente de plásticos convencionales que contaminan el medio ambiente.

Se identificaron los principales biopolímeros utilizados en la industrialización de envases para alimentos, que ofrecen criterios de calidad y se descomponen rápidamente produciendo compuestos benignos al medio ambiente.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, L., Nelson, A.I., Steinberg, M.P, and McGill J.N. 1963b. Edible corn-carbohydrate food coatings. II. Evaluation on fresh meat products. *Food Technol.* 17 : 104-108.
- BANKER, G.S. (1966). Film coating theory and practice. *J. Pharm. Sci.* 55: 81.
- BORDES, Perrine, Pollet Eric, Averous Luc. (2009). *Progress in Polymer. Science Elsevier Science Ltd.* 125-155.
- BENGTSSON, Simon; Werker, Alan; Christensson, Magnus and Welander, Thomas (12 January 2007). Production of polyhydroxyalkanoates by activated sludge treating a paper mill wastewater. Department of Biotechnology, Center for Chemistry and Chemical Engineering, Lund University, P.O. Box 124, SE-221 00 Lund, Sweden.
- CAIRNS, J.A. Oswin, C.R., and Paine, F.A. (1974). "Packaging for climatic protection". The Institute of Packaging, Newnes-Butterworths, London, England.
- CARREÓN, Demuner, Verdalet Guzmán, María Daniela e Verdalet Guzmán, Iñigo. (mayo -agosto de 2004) *Envases, empaques y embalajes alimentarios.* Vol. 12. Núm. 2, p.p. 17-22.

- CHANDRA R., Rustgi, Renu. (1998). Prog. Polym. Sci., Elsevier Science Ltd. 23, 1273–1335).
- CHAPLIN, M. F., (2004) Carbohydrate Analysis. In Encyclopedia of Molecular Cell Biology and Molecular Medicine, R. A. Meyers (Ed.) Wiley -VCH, Weinheim, Vol. 2 pp. 243-275.
- CHO, S. y Rhee, C. 2002. Sorption Characteristics of Soy Protein Films and their Relation.
- COSZACH, Philippe, Jean- Bogaert, Christophe y Naamani, Maria. (2000). Biopolymers as viable alternatives to common plastic materials. Brussels Biotech, Galáctica SA.
- DEMICHELI ,Mario. (s.f.). Plásticos biodegradables a partir de fuentes renovables. Vol. 10.
- EVANS, J.D., and Sikdar, S.K. 1990. Biodegradable plastics: An idea whose time has come? Chem. Tech. 20: 38-42.
- FERNÁNDEZ, Gabriela. (2006). Que son los Bioplásticos o Plásticos Biodegradables. Argentina.
- FOLDAGER C, Jakobsen B. W, Lund B., Christiansen S. E., Kashi L, Mikkelsen L R y Lind M, (enero de 2009). Tibial tunnel widening after bioresorbable poly-lactide calcium carbonate interference screw usage in ACL reconstruction. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. Vol. 18 (1).
- FOMIN VA, GUZEEV VV. Biodegradable polymers, their present state and future prospects. Prog Rubb Plastics Tech 2001;17:186–204.
- GIBBONS, B.J., ROACH, P.J., and HURLEY, T.D., 2002. Crystal Structure of the autocatalytic initiator of glycogen synthesis, glycogenin. J. Mol. Biol. 319:463-477.
- GOBIERNO DE CHILE (2001, junio). Proyecto Minimización de Residuos provenientes de Envases y Embalajes. Guía Técnica de Sensibilización Para Consumidores. Comisión Nacional del Medio Ambiente.
- GUZMAN-MARTÍNEZ, (2005). Revista El Cromosoma, Colegio de Biotecnólogos de Chiapas, México.
- GUZMAN-MARTÍNEZ, (2005). Laboratorio del Colegio de la Frontera sur, Tapachula, Chiapas, México.
- HEO, K. C. Lee, J. J. Park, S. Y. y Rhim, J. W., (2001). Characteristics of pullulan-based edible films. Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidad Nacional de Mokpo, Corea del Sur.
- HERNÁNDEZ Beltrán, Yaima (2004). La quitina y la quitosana, polisacáridos animales de gran importancia. Centro Universitario José Martí de Sancti Spiritus, La Habana, Cuba.

- HORNE, D. S. (1998). Casein interactions: casting light on the black boxes, the structure in dairy products. *Internat. Dairy J.* 8: 171-177.
- HORNE, D. S. 2002. Casein structure, self-assembly and gelation. *Current Opinion in Colloid and Interface Sci.* 7: 456-461.
- HOYOS R, Margarita, Urrego Libia. (1997). Empaques y/o películas comestibles y biodegradables. Facultad de Química Farmacéutica. U de A. p.p 8-107.
- IBAZETA, Ricardo. (2005). *El Vidrio: Su Historia, Usos Y Fabricación.* España
- JOHNSON, N.; Normand, V.; Clark, A. y Amici, E. 2001. Interpenetrating network formation in agarose–sodium gellan gel composites. *Carbohydrate Polymer* 46:383-39
- La ciencia y el Hombre, Revista de divulgación científica Veracruzana. Nano biomatters, S.L. (Mayo – agosto 2004). (Vol.17, Número 2). Paterna (Valencia) España
- La ciencia y el Hombre, Revista de divulgación científica Veracruzana. (Mayo – agosto 2004). Vol. XVII No 2.
- LEE, K.; Shim, J. y Lee, H. (2004). Mechanical. properties of gellan and gelatin composite films. *Carbohydrate Polymer* 56:251-254
- LOSADA ALFARO, Ana María. (2007). *Envase y embalaje. Historia, tecnología y ecología.* México. Editorial Designio.
- LORENZO A.T., Sabino M.A., Müller A.J. (2010). Estructura de la Formación de la Película de Almidón : Grupo de Polímeros USB, Departamento de Ciencia de los Materiales, Universidad Simón Bolívar.
- MARTÍNEZ, Ginna. (2007). Estudio de la degradación de los sistemas biodegradables, quitina y quitosano. Universidad Central de Venezuela, Los Chaguaramos, Caracas, Venezuela. *Acta Microscopica* Vol 16 No1-2,(Supp.2).
- MARTOS, José Ángel. (2006). *Modos de vida actual. Plásticos hasta en la sopa.* España.
- MOORE J. A. y Dalrympe D. L. (s.f.) .*Experimental Methods in Organic Chemistry.* 2ª, Ed. W. B. Saunders Co. Pág 259-269.
- MORRISON, Boyd. (1976) *Química Orgánica.* Fondo Educativo Interamericano, S.A. 1154-1156.
- NAIK Surabhi., Venu Gopal, S. K. y Somal, Priti., (2008). *Bioproduction of*

- polyhydroxyalkanoates from bacteria: a metabolic approach. *World J Microbiol Biotechnol.* Springer Science+Business Media B.V.
- RAY, Suprakas Rinha., BOUSMINA, Mosto. (2005). Biodegradable polymers and their layered silicate nanocomposites: In greening the 21st century materials world. Canada Research Chair on Polymer Physics and Nanomaterials, Chemical Engineering Department. Université Laval, Sainte-Foy, Que., Canada G1K 7P4.
- ROBERT, K. Murray. *Bioquímica de Harper, carbohidratos de importancia fisiológica.* 23ª ed., p.165.
- RODRÍGUEZ J, José Juan. (2007). *Consuma seguridad. El Diario de la seguridad Alimentaria. Ciencia y Tecnología de los Alimentos.* España.
- ROSA, D.S.; FRANCO, B.L.M.; CALIL, M.R. (2001). Biodegradabilidade e propriedades mecânicas de novas misturas poliméricas. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v.11, n.2, p. 82-88.
- ROYSTON M. Roberts, John C. Gilbert, Stephen F. Martin. (1994). *Experimental Organic Chemistry (A miniscale approach).* U.S.A., Ed. Saunders College Publishing, 1994, Pág. 641-651.
- SALAS, Isabel Cristina. (2008, 17 de febrero). Artículo de prensa "Océano de plástico" El País. Cali.
- SANKALIA, Mayur G.. (September 22 de 2004). *Alginate Beads for Stability Improvement and Site-Specific Delivery: Physicochemical Characterization and Factorial Optimization Using Neural Network Modeling.* Center of Relevance and Excellence in NDDS, Pharmacy Department, The M.S. University of Baroda, Vadodara, Gujarat, India.
- SOLOMONS, G. 1997. "Química Orgánica" University of South Florida.
- THARANATHAN, R. (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Critical Review in Food Science and Technology* 14:71-78 to Mechanical Properties. *Food Science and Technology* 35:151-157
- THAYER AM (1990) Degradable plastics generate controversy in solid waste issues. *Chem Eng News* 25:7-14
- UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI, (2002). *Revista Facultad de Agronomía y Agroindustrias -Universidad Nacional de Santiago del Estero.*
- VACASSY,R. FLATT, R. J. HOFMANN, H. CHOI, K. S. SINGH, R. K.(2000). "Synthesis of microporous silica spheres". *J. Colloid Interface Sci.* vol. 227, pp. 302-315.

VILLADA, Héctor S, Acosta, Harold A. y Velasco, Reinado J. (2007). Biopolímeros naturales utilizados en empaques biodegradables. Colombia.

WATSON, J.D. y CRICK, F.H.C. (1953). Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid, Nature, No. 4356.

### **CIBERGRAFÍA**

ARTEAGA, Crespo Yasiel y CARBALLO Abreu Leila R. (s.f). Lípidos. Extraído el 25 de marzo de 2010 desde <http://www.monografias.com/trabajos31/lipidos/lipidos.shtml#gliceridos>.

ALECOCONSULT INTERNACIONAL. (s.f). Bandejas biodegradables para verduras y frutas. Extraído el 30 de marzo de 2010 en <http://www.alecoconsult.com/index.php?id=nuestra-empresa>.

BENDITO, Carlos. (Febrero de 2008). Revista global.. Año 4. Número 32. Extraído el 12 de enero de 2010 en <http://www.otromundoesposible.net>.

CHAVARRÍAS, Marta. Envases de maíz (2007). Extraído el 21 de diciembre de 2009 en <http://www.consumer.es>.

DESARROLLOINTELIGENTE.ORG, Comunicados. (2007, 30 de noviembre). Las Noticias sobre el Desarrollo Sostenible. Extraído el 12 de enero de 2010 en [http://www.desarrollointeligente.org/desarrollo\\_inteligente](http://www.desarrollointeligente.org/desarrollo_inteligente).

EL PAÍS. (2009, mayo 11). Extra Fibra /Hispack. Barcelona. Extraído el 15 de septiembre de 2009 en <http://www.vidasostenible.org>.

FERNANDEZ, Marcos. (2007, 30 de noviembre). Comunicados Las Noticias sobre el Desarrollo Sostenible. Extraído el 10 de noviembre de 2009 en [http://www.desarrollointeligente.org/desarrollo\\_inteligente](http://www.desarrollointeligente.org/desarrollo_inteligente).

HIDALGO Moya, Juan Ramón. (2004, 21 de diciembre). Envases activos e inteligentes para alimentos. Extraído el 9 de octubre de 2009 en <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria>.

INTEREMPRESAS.NET. (2009, febrero 9). Envases activos e inteligentes para aumentar la duración y seguridad de los alimentos frescos. Extraído el 12 de diciembre de 2009 en <http://www.interempresas.net/Alimentaria>

JORQUERA, Patricio. ASIPLA. A.G. (2007). Asociación Gremial de Industriales del Plástico de Chile. Extraído el 12 de enero de 2010 en <http://www.asipla.cl/>.

MEDINA Tinoco, Roselia. (2005). Plásticos biodegradables. CIENTEC. Extraído el 20 de

noviembre de 2009 en <http://www.cientec.or.cr/ambiente>.

PLASTIVIDA Argentina, Entidad técnica profesional especializada en plásticos y medio ambiente. 2009. Métodos para medir biodegradabilidad y compostabilidad. Extraído el 28 de marzo de 2010 en <http://biopol.free.fr/index.php/metodos-para-medir-biodegradabilidad-y-compostabilidad>.

REVISTA GLOBAL. Otro Mundo es Posible (febrero de 2008), Ecología y Medio Ambiente Año 4. Número 32. Extraído el 3 de enero de 2010 en <http://www.otromundoesposible.net>.

UREÑA, Pablo and De Vernejoul, Marie-Christine. (November 5,1998). Circulating biochemical markers of bone remodeling in uremic patients. Extraído el 7 de abril de 2010 en <http://www.nature.com/ki/journal/v55/n6/full/4490792a.html>.

VALENCIA García, M. (s.f.). Materiales biodegradables. Empaques y películas biodegradables y/o comestibles para alimentos. Escuela de Ingeniería de Antioquia EIA. Extraído el 7 de noviembre de 2009 en <http://www.scielo.org.co>.

VELSID, (30 de marzo de 2006). Biota lanza la primera botella biodegradable del mundo. Extraído el 28 de marzo de 2010 en <http://www.directoalpaladar.com/otras-bebidas/biota-lanza-la-primera-botella-biodegradable-del-mundo>.

WOOD, Patricia, (2004, 7 de septiembre). Envases Biodegradables a Partir de Almidón de Trigo. Alimentaria Online, servicio de delta enfoque. Extraído el 25 de octubre de 2009 desde <http://www.alimentariaonline.com>

**INSTRUCCIONES PARA AUTORES**  
**(Título centrado: Fuente: Times New Roman,**  
**Estilo: Negrita, Tamaño: 12, Mayúscula)**

Nombre del autor (es), Título(s) académico(s), Profesión, Cargo, Entidad - Institución,  
Dirección, País, Correo electrónico (Centrado: Fuente: Times New Roman,  
Estilo: Negrita, Tamaño: 12, minúscula).

**RESUMEN**

Este documento es un ejemplo en Microsoft Word que contiene los lineamientos generales para la publicación en la revista de investigaciones de la Especialización en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales. EPAB de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de la UNAD.

**PALABRAS CLAVE:** palabras que identifiquen el tema del artículo utilizadas en el resumen.

**ABSTRACT**

El abstract es la traducción literal al inglés del resumen en Letra cursiva Times New Roman de 10 puntos, alineación justificada.

**KEYWORDS:** palabras clave en inglés.

**INTRODUCCIÓN**

La introducción puede contener: Un párrafo que describa la justificación y/o antecedentes del problema o temática, un párrafo que describa la hipótesis o descripción del problema o temática, y describirá la hipótesis en la cual se señala el método seguido para obtener la solución del problema, tratamiento u organización de la temática, la cual será coherente con el contenido. La introducción del artículo debe realizarse en letra Times New Roman de 10 puntos, espacio sencillo.

**CONTENIDO**

El contenido debe tener capítulos y subcapítulos, (tipo de letra Times New Roman de 10 puntos en negrilla). En el contenido se describe el marco teórico, la metodología, materiales, diseño de experimentos, análisis y discusión de resultados, con alineación justificada, estilo de fuente regular, letra Times New Roman 10 puntos.

Los artículos presentados en la Revista Publicaciones e Investigación aparte de cumplir con

el formato de presentación deben ser especializados, resolver o estudiar un problema de interés público, científico y/o académico y ser el resultado de las siguientes actividades:

- Investigaciones, adaptaciones o transferencia de conocimiento científico.
- Aplicaciones del conocimiento científico y tecnológico, producción de tecnología, adaptación de tecnología o transferencia de tecnologías.
- Sistematización del conocimiento científico, estados del arte o ensayos cuya temática sea tratada con profundidad, es decir sistematizaciones que vayan mas allá de describir fenómenos reportados en la literatura (libros o revistas), en las que se aprecie los aportes personales ya sea a nivel didáctico o pedagógico.

La extensión de un artículo no será mayor a doce (12) páginas a una columna y espacio sencillo, letra Times New Roman de 10 puntos, con alineación justificada, usando márgenes de 2 centímetros en todos los costados de las páginas que deben ser de tamaño carta. Las tablas deben llevar numeración arábica y el nombre en la parte superior de la tabla con letra Times New Roman de 10 puntos. Las fotografías, esquemas, diagramas y figuras deben ser en blanco y negro con muy buena resolución, éstas deben llevar numeración arábica de acuerdo con su orden de aparición o citación en el texto, además del nombre en la parte inferior de la figura en letra Times New Roman de 10 puntos. Si en el artículo se utilizan ecuaciones, esta deberá tener un consecutivo, así no las cite o use. Se debe definir su procedencia. Se puede agregar una nota de agradecimiento cuando los autores lo consideren.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones son obligatorias y deben ser claras y coherentes con la hipótesis planteada. Deben expresar el balance final de la investigación o la aplicación del conocimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

Las fuentes bibliográficas que se citan en el texto deberán aparecer en las referencias, se utilizará el sistema [autor(es), año], cuando la referencia citada tiene mas de dos autores, se debe mencionar el apellido del primer autor acompañado de la expresión *et al.* Las fuentes bibliográficas consultadas pero no citadas en el texto también se ordenarán alfabéticamente según el primer apellido del autor, ejemplo en el texto así: Torres *et al.*, 2005; y para la bibliografía:

Torres O., Jesús A.; Sánchez C., Francisco J.; Narváez R., Paulo C. y Ponce de León Q, Luisa F. (2005) *Obtención de estearato de metilo derivado de la estearina hidrogenada derivada de aceite de palma*. Revista de Investigaciones de la UNAD. Vol. 4 (2) 150 – 162.

### Observaciones generales:

En el proceso de selección de artículos para publicar, se realiza una evaluación inicial por parte de la Dirección de la Revista para determinar si el trabajo cumple con los términos y contenido y aporte por pares evaluadores calificados de acuerdo al área correspondiente. Los artículos que no llenen los requisitos de la convocatoria en cuanto a formato, no serán tenidos

en cuenta para su publicación y serán descartados en la evaluación inicial.

### **Presentación de trabajos:**

Enviar una carta al Editor de la *Revista Publicaciones e Investigación* junto con dos copias impresas del artículo y un CD con el archivo del artículo en formato Microsoft Word® o al correo electrónico: **publ.investig@unad.edu.co**. La carta debe contener los siguientes datos: Nombres y apellidos del autor principal, título, ocupación actual, empresa donde labora, dirección postal y teléfono, correo electrónico, manifestamos estar de acuerdo con cada uno de los siguientes puntos:

- Que el artículo sometido a consideración del Comité Editorial de la *Revista Publicaciones e Investigación* satisface las normas establecidas en la política de publicación y las instrucciones a los autores.
- El contenido total y/o parcial del artículo remitido no será presentado para su publicación a otra(s) revistas durante la duración de los procesos de evaluación por pares y edición de la *Revista Publicaciones e Investigación* (excepto cuando corresponden a Tesis).
- Todos los autores han leído la versión definitiva del artículo presentado y se hacen responsables por todos los conceptos e información de texto e imágenes allí contenidos. La *Revista Publicaciones e Investigación* no se hace responsable por la veracidad y autenticidad de dicha información.
- Los autores se comprometen a atender y consolidar, estrictamente en los plazos de tiempo establecidos por el editor, todas las observaciones, correcciones o sugerencias hechas por los pares evaluadores del artículo y por el editor, una vez terminado el proceso de evaluación.
- La totalidad de los autores aprueban la cesión de los derechos de publicación a la *Revista Publicaciones e Investigación* para las versiones impresa y on-line.
- Cualquier cita del material publicado se hará dando el respectivo crédito a la revista y sus autores según los estándares de citación científica vigentes.
- Los autores se dan por informados que su recepción no implica ni la aprobación ni la publicación del mismo.

### **COMITÉ EDITORIAL**

*Dirección:*

*Especialización en Procesos de Alimentos y Biomateriales*

*Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería*

*Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD*

*Calle 14 Sur No. 14 - 23 Piso 4*

*PBX: 344 3700 Exts: 434, 487*

*Bogotá D. C. – COLOMBIA*

*Email: publ.investig@unad.edu.co*

## **INSTRUCTIONS FOR AUTHORS** **(Source: Times New Roman, Style: Bold, Size: 12, Uppercase)**

Name of the author (s), title (s) school (s), Profession, Cargo, Entity - Institution, Address, Country, E-mail (Centered: Source: Times New Roman Style: Bold, Size: 12, Shift).

### **ABSTRACT IN SPANISH**

This document is an example in Microsoft Word that contains general guidelines for publication in the journal of research in the Specialization in Process Engineering in Food and biomaterials, of School of Basic Science, Technology and Engineering at the Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.

The field summary should be concise and summarize the work done, described with a maximum of 300 words in Times New Roman 10 point, alignment justified.

**KEY WORDS IN SPANISH:** words that identify the subject of the article used in the summary.

### **ABSTRACT IN ENGLISH**

The abstract is the literal translation into English of the abstract in Italics Times New Roman 10 point, alignment justified.

**KEYWORDS IN ENGLISH:** key words in English.

### **INTRODUCTION**

The introduction may include: A paragraph describing the justification and / or states of art of the research problem, a paragraph describing the scenario or description of the problem, the method for solving the problem, treatment of the objective, which will be consistent with the summary. The introduction of the article must be performed in Times New Roman 10 point, single-spaced.

### **CONTENT**

The content must have chapters and subchapters, (font Times New Roman 10-point bold). The content describes the theoretical framework, methodology, materials, design of experiments, analysis and discussion of results, with a justified alignment, font style regular, Times New Roman 10 points.

- Articles submitted to the journal *Publicaciones e Investigación* (Publications and Research) in addition to complying with the format of presentation must be specialized,

or solve a problem considering the public interest, scientific and / or academic and be the result of the following activities:

- Research, adaptations or transfer of scientific knowledge, applications of scientific and technological knowledge, production technology, and adaptation of technology or technology transfer.
- Systematization of scientific knowledge, state of the art or essays whose theme is treated in depth, ie systematizations that go beyond describing phenomena reported in the literature (books or magazines), which appreciates the contributions either a personal level didactic or pedagogical.

The extension of an article will not be increased to twelve (12) pages in one column and single-spaced, Times New Roman 10 point, with justified alignment, using 2 cm margins on all sides of the pages that must be sized letter. The extension of are view will not increased to Eighteen (18) pages in one column and single-spaced. Times New Roman 10 point, with justified. The tables must bear Arabic numerals and the name at the top of the table with Times New Roman 10 point. The photographs, diagrams, charts and figures must be black and white with very good resolution, they should carry Arabic numerals according to their order of appearance or subpoena in the text, in addition to the name at the bottom of the figure in letter Times New Roman 10 point. If the article used equations, this should have a running, so do not cite or use, should define its origin. You can add a note of thanks when the authors consider it.

## **CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS**

The results are binding and must be clear and consistent with the hypothesis. Express the importance of research or application of knowledge.

## **REFERENCES**

Bibliographic sources that are cited in the text should appear in the references, the system will be used [author (s), year], when the reference is cited more than two authors, must mention the name of the first author accompanied by the words et al. Bibliographic sources consulted but not cited in the text should be arranged alphabetically according to the first author's surname, such as in the text as follows: Torres et al., 2005, and for literature:

Torres, A., Sanchez, J.; Narvaez, C. and Ponce, F. (2005) Production of methyl stearate derivative of stearin hydrogenated palm oil. Journal of Research of the UNAD. Vol. 4 (2) 150 - 162.

### **General comments:**

In the process of selecting articles for publication, an initial assessment by the Directorate of the magazine to determine if the work complies with the terms and comments presented in this paper. In the second evaluation assesses the content and provide peer evaluators qualified according to the relevant area. Items that do not meet the requirements of the call in terms of

format, will not be considered for publication and will be discarded in the initial evaluation.

### **Presentation of work:**

Send a letter to the editor of the journal *Publicaciones e Investigación* (Publications and Research) along with two hard copies of the article and a CD with the file format of the article in Microsoft Word® or send e-mail: [publ.investig@unad.edu.co](mailto:publ.investig@unad.edu.co). The letter must contain the following information: Name of author (s), title, occupation today, company, mailing address and telephone number, email, express their agreement with each of the following points:

- That the article under consideration by the Editorial Committee of the journal *Publicaciones e Investigación* (Publications and Research) meets the standards set by the posting policy and the instructions to authors.
- The total content and / or part of the article referred not be submitted for publication to another person (s) or magazines during the evaluation processes by peer (except when is a Thesis).
- All authors have read the final version of the article submitted and are responsible for all the concepts and information from text and images contained therein. The journal *Publicaciones e Investigación* (Publications and Research) is not responsible for the veracity and authenticity of such information.
- The authors are committed to meet and consolidate, strictly within the time limits set by the publisher, any comments, corrections or suggestions made by peer reviewers of the article and by the publisher, once the evaluation process.
- All the authors approved the publishing rights to the journal *Publicaciones e Investigación* (Publications and Research) for print and online.
- Any appointment of the material will be published by the respective credit to the magazine and its authors by the standards of existing scientific citation.
- The authors are informed that his reception of article does not imply neither approval nor the publication.

### **EDITORIAL COMMITTEE**

*Address:*

*Especialización en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales*

*School de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería*

*Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD*

*Calle 14 Sur No. 14 - 23 Piso 4*

*PBX: 344 3700 Exts: 434, 487*

*Bogotá D. C. – COLOMBIA*

*Email: [publ.investig@unad.edu.co](mailto:publ.investig@unad.edu.co)*

**LISTA DE AUTORES**

<b>AUTOR</b>	<b>PÁGINA</b>
Agudelo, J. F.	15
Castro, G.	51
Deoro A.	69
Fonseca, V.	9
Franco, R.	15
Gil, H.	37
Giraldo, R.	37
Guzman, B.	103
Hernandez, M. L.	103
Morales, G.	29
Narvaez, G.	69
Ortega, E.	81
Rey, J..	59
Sanchez, J.	29
Torres, A. D.	59
Torres, J.A.	69
Vargas, T.	37