



Región de Murcia
Consejería de Empresa,
Industria y Portavoda

Dirección General de Innovación Empresarial
y Defensa del Autónomo y la PYME



Centro Tecnológico
Nacional de la Conserva
y Alimentación

PROYECTO PIDDE

CTNC

Fomento de las Empresas Disruptivas



VIGILANCIA TECNOLÓGICA -ECOINNOVACIÓN-

Bioplásticos biodegradables

Año 2020

INDICE

1. Introducción	2
1.1. Biopolímeros biodegradables	4
1.2. Envases biodegradables	6
2. Objetivo	10
3. Obtención de biopolímeros biodegradables	11
3.1. Fabricación y Comercialización	12
3.2. Otros productos relacionados y su comercialización	15
4. Aplicaciones de bioplásticos biodegradables	16
4.1. Información sobre empresas comercializadoras	18
5. Referencias.....	20
5.1. Patentes relacionadas	20
5.2. Artículos científicos	26
5.3. Proyectos de investigación y demostración. Nuevas líneas de producción y aplicación de bioplásticos biodegradables en el marco de la economía circular.....	29
5.4. Revistas especializadas.....	37
5.5. Otras fuentes de interés.....	37
6. Legislación y Normas	38
7. Conclusiones.....	42
8. Bibliografía	44



1. Introducción

Los envases de plástico para alimentos aportan una solución para su manipulación, que no modifican el sabor ni la calidad del producto. Las propiedades del plástico garantizan que el alimento se conserve fresco durante más tiempo y mantenga su sabor natural, a la vez que lo protege de la contaminación exterior. Además, el plástico es ideal para muchas aplicaciones, como láminas para envasado de carne fresca, botellas para bebidas, aceites comestibles y salsas, etc. Así, el plástico es un material de alta presencia en nuestro día a día, a través de numerosos productos que consumimos.

Actualmente su progresión es creciente en el conjunto de la actividad económica, pero la alta producción de plásticos convencionales procedentes de fuentes petroquímicas, y los residuos que producen, están teniendo un impacto muy significativo en el medio ambiente.

Eliminar el uso de plásticos de un solo uso en envase y embalaje de alimentos no parece ser la solución, ya que, tal y como se ha descrito, estos embalajes ayudan a alargar enormemente la vida útil de los alimentos, evitando así el desecho de los mismos en una gran proporción.

Para poder afrontar esta problemática global, existen dos posibles vías de actuación:

- **Reciclaje:** Consistiría en el rediseño de los envases de manera que puedan ser fácilmente reciclados. El correcto reciclaje de envases y embalajes ayuda a reducir la generación de residuos que van a vertedero y a los océanos, mitigando así su impacto en el medio ambiente. No obstante, para que esta vía realmente sea efectiva, además del adecuado diseño de envases para permitir y facilitar su reciclado, se deben implantar sistemas de recogida selectiva y reciclaje eficiente.

Sin embargo, los esquemas de recogida selectiva y reciclaje aún están lejos de ser realmente eficientes en la mayoría de países donde existen y de estar implantados a nivel global, por lo que



afrontar el problema de los plásticos desde esta perspectiva realmente no consigue el impacto deseado.

En este apartado también se puede incluir la incineración. Una gestión que no llega a dar una solución viable debido a la presencia de aditivos tales como revestimientos, cargas y pigmentos que limitan el uso del material reciclado (Castilho y cols., 2009) y a los subproductos tóxicos que se generan respectivamente.

- **Uso de plásticos biodegradables:** El sustituir los plásticos convencionales por plásticos biodegradables supone atacar el problema desde el origen, de manera que independientemente de la localización geográfica donde se deseche el envase o embalaje, la reducción del impacto ambiental está asegurada, al permitir que dicho envase biodegrade en condiciones ambientales, evitando así la generación de residuos y la gran problemática de las basuras marinas.

En esta situación, la investigación basada en materiales sustitutos es una realidad debido a la conciencia social y demanda de productos sostenibles con menor impacto medioambiental. Así, los materiales bioplásticos son la elección del mercado actual en todo el mundo, que constituyen una amplia familia de materiales plásticos derivados de materias primas renovables y/o biodegradables. Es destacable que el tamaño del mercado global de bioplásticos y biopolímeros fue de 8.550 millones de dólares en 2019 y se prevé que alcance los 27.906,9 millones de dólares en 2025, aumentando a una tasa compuesta anual del 21,7% entre 2020 y 2025. En la oferta de ResearchAndMarkets.com se puede encontrar un estudio que cubre el mercado de bioplásticos y biopolímeros e incluye los perfiles de sus empresas, observaciones clave relacionadas con ofertas comerciales y de productos, desarrollos recientes y estrategias clave de mercado.

Si hablamos de bioplásticos biodegradables, estos se obtienen a partir de polímeros biodegradables, como son los biopolímeros. Un biopolímero es un polímero obtenido a partir de materiales renovables de origen biológico, siendo polimerizado bien por métodos químicos o biológicos. Así, los biopolímeros los podemos dividir en tres grandes grupos: (a) Polímeros bioquímicos sintéticos, (b) Polímeros biosintéticos, (c) Polímeros naturales modificados.



En los polímeros bio-quimiosintéticos, los monómeros se sintetizan biológicamente y se polimerizan químicamente. Son polímeros bio-quimiosintéticos, por ejemplo, el poli(ácido láctico) (PLA), poli (succinato de butileno), alcohol polivinílico, poli(ácido glicólico) y polioésteres. Por otro lado, los polímeros biosintéticos son los llamados bioplásticos o polímeros de origen natural, como son los poli(hidroxialcanoatos) (PHAs). Los PHAs son producidos completamente por procesos biológicos, ya que todo el proceso de biosíntesis, tanto la producción de monómeros como la polimerización, se produce en las células microbianas. Finalmente, los polímeros naturales, tales como polímeros a base de almidón y derivados de celulosa, son aquellos que necesitan ser modificados químicamente y/o físicamente para mejorar tanto la estructura del polímero, como las propiedades térmicas y mecánicas (Hoover y cols. 2010).

1.1. Biopolímeros biodegradables

Los polihidroxialcanoatos (PHAs) son los únicos polímeros 100% biodegradables. Pueden ser biodegradados por una amplia variedad de microorganismos presentes en muchos ecosistemas, tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas, sin formar productos tóxicos (González y cols., 2013).

Se trata de polímeros de ácidos hidroxialcanoicos que algunas bacterias, arqueas y microalgas sintetizan y acumulan intracelularmente como material de reserva, para usarlo posteriormente como fuente de carbono y energía. Estos polímeros se acumulan en forma de gránulos en el citoplasma microbiano, y una vez extraídos y purificados presentan propiedades físicas similares a los plásticos derivados del petróleo.

Los PHAs son poliésteres lineales cuya producción se lleva a cabo principalmente a partir de bacterias mediante procesos de fermentación del azúcar o de los lípidos, utilizando diferentes rutas biosintéticas dependiendo de las fuentes de carbono utilizadas. Los polímeros de PHAs una vez extraídos y purificados, presentan propiedades que los hace útiles en un amplio rango de aplicaciones, pudiendo ser utilizados en campos muy diversos como: medicina, farmacia, o la industria agroalimentaria, entre otras.

El poli(3-hidroxibutirato) conocido como polihidroxibutirato (PHB), fue el primer PHA en ser identificado en 1926 por Maurice Lemoige en la bacteria *Bacillus megaterium*, pero en la actualidad hay aproximadamente 150 monómeros identificados, con estructuras muy diversas, constituyentes de polihidroxicanoatos (Figura 1). Además, se han documentado más de 300 especies de microorganismos productores de PHA, principalmente bacterias, que emplean como fuente de carbono para dicha producción sustratos que van desde carbohidratos, lípidos y proteínas, hasta compuestos aromáticos, residuos agroindustriales y gases (González y cols., 2013).

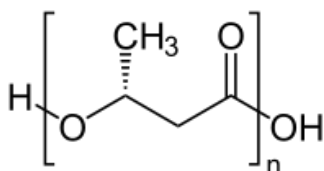


Figura 1. Ejemplo de PHA (Polihidroxibutirato)

Para producir PHA, un cultivo de un microorganismo se coloca en un medio adecuado y se alimenta por nutrientes adecuados de manera que se multiplica rápidamente. Una vez que la población ha alcanzado un nivel sustancial, la composición de nutrientes se cambia para forzar el microorganismo a sintetizar PHA.

Una de las grandes ventajas y el punto fuerte de los pHA es su degradación, ya que pueden ser degradados por microorganismos. Al igual que son producidos por bacterias, hay microorganismos que poseen técnicas especiales necesarias para poder degradarlos. Dado que las bacterias los producen como sustancias de reserva deben poder utilizarlos y para ellos deben descomponerlos. Esto ocurre gracias a una enzima llamada depolimerasas que rompe el polímero obteniendo monómeros (hidroxialconoatos). Estas moléculas de bajo peso molecular si pueden ser fácilmente asimiladas, no solo por estos organismos específicos, sino también por otro gran número de organismos que son capaces de degradar moléculas más simples.

Además de la biodegradabilidad, los PHA presentan propiedades termoplásticas y una buena capacidad de barrera a la humedad, asemejándose en parte al polipropileno en sus propiedades mecánicas. Sin

embargo, es más quebradizo, lo que limita su aplicación masiva en el embalaje de alimentos.

El mayor inconveniente que presentan es que desde el punto de vista meramente económico, a día de hoy no es competitivo. Esto ha incentivado la investigación en distintos ámbitos tanto de producción como de síntesis, para lograr abaratar costes.

Los principales biopolímeros de la familia de los PHA son los siguientes:

- Poli 3-hidroxi butirato (PHB): Homopolímero cuyo monómero contiene un radical metilo.
- Poli 3-hidroxi valerato (PHV): Homopolímero cuyo monómero contiene un radical etilo.
- Poli 3-hidroxi butirato-co-3-hidroxi valerato (PHBV): Copolímero.
- Poli 3-hidroxi butirato-co-3-hidroxi hexanoato (PHBHx): Copolímero en el que el 3-hidroxi hexanoato presentan un grupo propilo.

El tipo de polímero producido depende fundamentalmente de la cepa bacteriana utilizada y del sustrato o mezcla de sustratos suministrados a las células para su crecimiento y producción.

Los biopolímeros se utilizan para producir una amplia variedad de envases biodegradables, desde recipientes con tapas hasta películas. Los biopolímeros, al igual que los materiales plásticos convencionales, generalmente requieren mejoras en sus propiedades para cumplir con los pliegos de condiciones de la industria.

En este contexto, es destacable que PHA tiene un potencial de sustitución parcial de polipropileno (PP).

1.2. Envases biodegradables

El sector del envase y embalaje es uno de los más dinámicos del mundo, ya que sirve a la mayoría de las ramas industriales, al ser un elemento clave en la cadena de comercialización. Todo producto se concibe ahora con envase ya que garantiza que el producto llegue en condiciones óptimas al usuario.



El 40% del consumo de plásticos corresponde al sector de envase y embalaje, que a su vez se reparte mayoritariamente entre sacos, bolsas y cucuruchos de polímero de etileno (40%) y cajas, jaulas y artículos de plástico (29%).

De acuerdo a la Directiva Europea 94/62/CE un envase se describe como "todo producto fabricado con cualquier material de cualquier naturaleza que se utilice para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías, desde materiales primas hasta acabados, y desde el fabricante hasta el usuario o consumidor". Los envases se pueden separar en primarios, secundarios y terciarios y presentar diferentes funciones como contener el material, función de representación, de información, de servicio, de seguridad y de conservación. El diseño y producción del envase tiene gran importancia en la determinación del ciclo de vida del alimento. La selección adecuada del material de envase y la tecnología de producción permiten garantizar la conservación de la calidad y la frescura del producto durante su cadena productiva hasta el consumidor final.

Así, un envase es una barrera pasiva que retrasa el efecto adverso del entorno en un producto envasado, teniendo además, la función de ofrecer una presentación adecuada que facilite la venta, el manejo, transporte, almacenaje, manipulación y distribución del producto. Ahora bien, los envases plásticos biodegradables son aquellos que están fabricados con materias primas orgánicas que proceden de fuentes renovables como la celulosa, etc., y que al ser eliminados como residuos se degradan al entrar en contacto con el medio ambiente convirtiéndose en biomasa y nutrientes. Se trata de un proceso en el que no interviene la acción del hombre. Como ventajas generales podemos destacar:

- Reducen la huella de carbono.
- Suponen un ahorro energético en la producción.
- No consumen materias primas no renovables.
- Reducen los residuos no biodegradables, que contaminan el medio ambiente.
- No contienen aditivos perjudiciales para la salud como ftalatos o bisfenol A.
- No modifican el sabor y el aroma de los alimentos contenidos.



En cuanto a las películas biodegradables, estas se utilizan para envolver productos perecederos y sellar contenedores. En frutas y verduras son muy utilizadas para prevenir la contaminación microbiana y aumentar su vida útil. Además, suelen ser resistentes al agua y transpirables, como el plástico convencional.

Por lo tanto, hoy en día, existe una tendencia creciente en el sector del envase y embalaje para reemplazar los films de envasado provenientes de productos petroquímicos con materiales biodegradables más ecológicos. Los envases de base biológica contienen materias primas de origen agrícola, producidas a partir de materias primas renovables como el almidón y los monómeros de origen biológico. Estos materiales representan una alternativa viable porque:

- Se obtienen de fuentes renovables
- Son reciclables y degradables
- Son una oportunidad para reducir costes

Las aplicaciones van desde el diseño de revestimientos de barrera multicapa que consisten en biopolímeros, hasta el enriquecimiento de la matriz de plásticos tradicionales PP y PE con materiales de origen natural.

Existen muchos casos de alimentos envasados en materiales biodegradables. A modo de ejemplos podemos citar los siguientes:

- Yogures Activia de Danone envasados en PLA
- Zumos, Polenghi, envasados en PLA.
- Bebidas carbonatadas, envasadas en PLA recubiertos de SiO₂
- Agua, Sant'Anna, envasada en PLA.
- Cervezas y vino, envasados en PLA recubiertos de SiO₂.
- Ketchup, Heinz, envasado en bio-PET (biobasado pero no biodegradable)
- Dulces y chocolates, envasados en films de celulosa o almidones modificados.
- Café, envasado en films de celulosa recubiertos de AlOx
- Te, envasado en bolsitas a base de fibras de PLA.
- Cereales, hierbas, pasta, arroz envasados en films de celulosa, PLA o almidón

Sin embargo, el envase biodegradable sigue representando un nicho de mercado debido al costo y al bajo rendimiento general de los films biodegradables en comparación con las de los materiales plásticos tradicionales.

2. Objetivo

El objetivo de este informe de vigilancia tecnológica es tratar de mostrar las opciones de un mercado de bioplásticos biodegradables capaz de abastecer al sector agroalimentario de la Región de Murcia.

En un sector tan dinámico como el de la alimentación, es necesario que los nuevos desarrollos y aplicaciones presentes en el mercado, o que estén cercanos a él por las numerosas investigaciones que cada año se realizan sobre los materiales aptos para su envasado, puedan ser transferidos al propio sector.

El planteamiento de este informe ha sido la recopilación y análisis de la información procedente de fuentes bibliográficas y bases de datos (Science Direct, Espacenet, Enterprise European Network, etc.) sobre bioplásticos biodegradables para uso alimentario. Los contenidos que se presentan a continuación incluyen:

- Tecnologías de obtención de bioplásticos biodegradables
- Aplicaciones de bioplásticos biodegradables. Recipientes y películas
- Nuevas líneas de fabricación y aplicación de bioplásticos biodegradables
- Legislación

Para lograr este objetivo se ha propuesto la búsqueda de las principales empresas comercializadoras, así como las patentes más recientes.

Finalmente, esta información es de interés para el sector del plástico de la Región de Murcia, que está formado por 175 empresas que aportan unos 550 M€ a la economía regional y emplean a aproximadamente 2.500 personas. Un sector que tiene que adaptarse a las nuevas demandas de la sociedad.



3. Obtención de biopolímeros biodegradables

Los polihidroxicanoatos o PHA son poliésteres lineales producidos por las bacterias por fermentación del azúcar o de los lípidos, para almacenar carbono y energía. Para producir PHA, un cultivo de un microorganismo, se coloca en un medio adecuado y se alimenta por nutrientes adecuados de manera que se multiplica rápidamente. Una vez que la población ha alcanzado un nivel sustancial, la composición de nutrientes se cambia para forzar el microorganismo a sintetizar PHA. La biosíntesis de PHA es generalmente causada por cierta deficiencia en las condiciones (por ejemplo, la falta de macro elementos como el fósforo, nitrógeno o la falta de oxígeno) y el exceso de fuentes de carbono. Los poliésteres se depositan en forma de gránulos altamente refractivos en las células. Dependiendo del microorganismo y las condiciones de cultivo, se generan homo o copoliésteres con diferentes ácidos hidroxialcánicos. Los gránulos de PHA se recuperan entonces mediante la interrupción de las células.

Los PHA se procesan según sus propiedades, pero sobre todo de acuerdo con la composición química y el peso molecular puede ser procesado en una variedad de productos terminados que incluyen películas, hojas, productos impresos, fibras, elásticos, artículos pintados, telas no tejidas. En general:

- Con bajo contenido de comonomero y bajo peso molecular, PHA, son adecuados para moldeo por inyección.
- A peso molecular medio, el material es adecuado para fibras de hilado.
- Con el aumento en el porcentaje de comonomero y peso molecular promedio (600,000), las aplicaciones incluyen resinas y películas fundidas.
- Las películas y el soplado requieren al menos un porcentaje de comonomero 10% y un alto peso molecular (700,000). Con contenido comonomero más del 15% de PHA son suaves y elásticos, encontrando aplicación en adhesivos y películas elásticas.

El PHA más conocido es el polihidroxibutirato (PHB), y el más usado en el envasado de alimentos.

3.1. Fabricación y Comercialización

Las dos clases más comunes y comercializadas de PHA son: el homopolímero polihidroxibutirato (PHB) y el copolímero de polihidroxibutirato y polihidroxivalerato conocido como polihidroxibutirato-valerato (PHBV).

Actualmente la síntesis de PHA se realiza industrialmente por empresas como Danimer Scientific, Kaneka, Bio-On o Tianjin GreenBio. Estos procesos industriales habitualmente implican el uso de cepas puras o incluso microorganismos genéticamente modificados capaces de acumular intracelularmente hasta un 90% en peso de biopolímero (Chen, 2010, Lemos et al., 2008). Los costes de producción suelen ser elevados (8-10€/kg bioplástico) debido a que hay que pagar por el sustrato además de mantener estéril el proceso (Reis et al., 2003, Serafim et al., 2008). Debido a todo esto, actualmente la investigación se ha abierto también hacia el empleo de cultivos microbianos mixtos en vez de cepas puras y el uso de residuos como materia prima para intentar abaratar el coste de producción en hasta un 50% (Reis et al., 2003).

La compañía química británica Imperial Chemical Industries (ICI), desarrolló, en la década de 1980, un copoliéster producido a partir de 3-hidroxibutirato y 3-hidroxivalerianácido. Este se vende bajo el nombre de "Biopol". Fue distribuido en los EE.UU. por la compañía Monsanto y Metabolix.

Un PHA reciente es el Nodax desarrollado por Danimer Scientific (EE.UU.), un copolímero formado por 3-hidroxibutirato y una pequeña cantidad de monómeros de cadena media como son 3-hidroxihexanoato, 3-hidroxi octanoato y 3-hidroxidecanoato. El Nodax está disponible como espumas, fibras, películas y látex, entre otros. Otras marcas son Degra Pol un uretano-poliéster que contiene 3-hidroxibutirato, ϵ -caprolactona y glicolida, y el Biogreen producido de P(3HB) a partir de metanol (Anjum y cols., 2016).

Solon es otro biopolímero producido y optimizado naturalmente, en este caso por RWDC Industries Ltd. (Singapur), como una solución global para el desafío actual de la gestión de residuos plásticos. El biopolímero se biodegrada de forma segura en ambientes naturales, sin dejar

absolutamente ningún resto o subproductos nocivos. Está hecho de materia prima renovable producida de forma sostenible, es increíblemente versátil y está disponible a un precio comercialmente viable.

También la empresa Ercros ha desarrollado una nueva gama de productos bioplásticos, que se comercializarán bajo la marca ErcrosBio®. ErcrosBio® es un bioplástico verdaderamente “bio”: “bio” en el origen y “bio” en el final. Está basado en el PLA y en el PHA y se elabora a partir de materias primas vegetales renovables (biobased), como la caña de azúcar. Gracias a estas características, ErcrosBio® es el material idóneo para fabricar diferentes tipos de envases de un solo uso para productos alimentarios, cosmética, etc., así como también para fabricar productos duraderos para los sectores de la electrónica y del automóvil.

Otra empresa es la japonesa Kaneka, que produce PHBH mediante un proceso de fermentación de microorganismos en el que se utilizan aceites vegetales como materias primas primarias. La empresa informa que el producto se descompone en CO₂ y H₂O a través del proceso digestivo de los microorganismos existentes en el medio ambiente. Gracias a la tecnología que han desarrollado, Kaneka logró una excelente biodegradabilidad no solo en el suelo, sino también en el agua de mar, que fue un difícil desafío.

Biocycle® es un producto obtenido a partir de sacarosa para obtener PHA/PHB por el fabricante Biocycle; Biomer® es un producto de PHB de la empresa Biomer a partir de azúcar; Cereplast Comp® utiliza almidón y proteína de soja para el desarrollo de PLA, PHA, PHBs por la empresa Cereplast; Mirel TM es el producto de PHA comercializado por Metabolix (actualmente Yield 10 BioScience).

En España, la startup VENVIROTECH BIOTECHNOLOGY SL creada en 2018 se dedica a la transformación de residuos orgánicos en bioplásticos Polyhydroxyalcanoato (PHA) mediante VE-0plastic. Todo el proceso se hace en una planta compacta, llamada VE-BOX, que va preinstalada en un contenedor fácil de ubicar en cualquier punto de las instalaciones de la empresa. De esta manera, la tecnología lleva preparada para ser usada sin presentar ningún problema de instalación o organizacional al cliente final. Según sus fundadoras, VEnvirotech aporta un valor diferencial en la gestión sostenible de residuos orgánicos, es altamente rentable y rápido ya que el proceso es de un solo día”. Su servicio de VE-0plastic, aportan a la sociedad

“un nuevo material con propiedades prácticamente iguales al polipropileno o polietileno, pero rápidamente biodegradable y a unos precios muy similares a los plásticos actuales provenientes del petróleo”. Gracias a la tecnología de VEnvirotech, los PHA, que actualmente se venden entre 5 – 20€/kg, pueden venderse a 1- 3€/kg compitiendo directamente con el precio de los plásticos de origen fósil, que se venden a 1-2€/kg.

Además, desde 2018 ACOR (la Sociedad Cooperativa General Agropecuaria-ACOR), una cooperativa castellano-leonesa que produce y comercializa azúcar, aceites alimenticios, biodiesel, diversos productos para alimentos y energía eléctrica renovable, ha firmado un acuerdo para iniciar una colaboración técnica, la primera en España, para estudiar y evaluar la oportunidad de explotar a escala industrial las tecnologías Bio-on para la producción de bioplásticos PHA a partir de co-productos y subproductos de remolacha azucarera.

A continuación se indica el listado de los principales productores y comercializadores relacionados con los PHA.

- ❖ Arkema France, Francia
- ❖ Biomer, Alemania
- ❖ Bio-on, Italia
- ❖ BioSolutions, Mexico
- ❖ Bluepha Microbiology Tech Co Ltd, China
- ❖ Cereplast, México
- ❖ Channel Prime Alliance de México, S. de R.L. de C.V, Mexico
- ❖ Danimer Scientific, EE.UU.
- ❖ Dow Chemical Company, EE.UU.
- ❖ Ercros, España
- ❖ Genecis Bioindustries Inc, Canadá
- ❖ Goodfellow, Reino Unido
- ❖ Greenbio, Tianjin, China
- ❖ Kaneka Corporation, Japón
- ❖ Minerv, Italia
- ❖ PHB Industrial SA, o Biocycle, Brasil
- ❖ Plásticos Amigables al Ambiente, S.A., Mexico
- ❖ Procter and Gamble, EE.UU.
- ❖ RWDC Industries Ltd, Singapur

- ❖ Tepha, EE.UU.
- ❖ Tianan Biologic Material Co, Ltd Ningbo, China
- ❖ US-based Meredian, EE.UU.
- ❖ Vertellus Holdings LLC, EE.UU.
- ❖ Yield 10 BioScience, EE.UU.

3.2. Otros productos relacionados y su comercialización

El grupo italiano Novamont ha desarrollado MATER-BI, un bioplástico biodegradable y compostable de acuerdo a norma UNE EN 13432 muy utilizado en la fabricación de bolsas de plástico. MATER-BI se puede procesar con las tecnologías de transformación más comunes utilizadas para plásticos tradicionales, además, con MATER-BI es posible producir, en líneas de extrusión tradicionales, numerosas otras aplicaciones como mallas tejidas para el envasado de productos alimenticios, envases rígidos o semirrígidos.

La empresa americana Mantrose-Haeuser Co., Inc. comercializa VerdeCoat™, un producto adecuado para el contacto directo con alimentos y ofrece excelentes propiedades de barrera para varios tipos de empaques de papel y fibra moldeada para alimentos, y tiene certificación como material compostable.

Otra empresa americana, Nature Works LLC también comercializa Ingeo. Los polímeros y fibras de Ingeo sirven para elaborar una amplia gama de productos innovadores, desde cápsulas de café hasta vasos de yogur y toallitas húmedas para bebés.

Finalmente, NaturePlast y su sociedad filial BiopolyNov ofrecen su experiencia para desarrollar diferentes productos a partir de materiales bioplásticos.

Se puede conocer más datos del mercado de bioplásticos en https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf



4. Aplicaciones de bioplásticos biodegradables

Los polihidroxicanoatos son biopolímeros versátiles con diversas aplicaciones en industrias como la: farmacéutica, biomedicina, de alimentos, embalaje, entre otras. Aunque aún no son muy comercializados ni presentan gran demanda mundial, algunas aplicaciones industriales para los PHA ya han sido descritas, entre ellas la fabricación de películas delgadas de recubrimiento; agentes ligantes en formulaciones de tintas a base de agua; como fuente de monómeros quirales para la síntesis de compuestos activos y como soporte para ingeniería de tejidos e implantes médicos temporarios. Los PHAs se pueden utilizar en films flexibles de variados espesores, incluyendo membranas semipermeables, filamentos, fibras, materiales para envases, geles y adhesivos. Además, pueden ser usados en la cubierta de materiales fibrosos como papel o cartón a partir de la forma de látex acuoso. De esta manera, dado su alta resistencia al agua, está cubierta protege al papel o cartón contra el deterioro causado por la humedad.

En la agricultura los PHA de cadena corta se utilizan en macetas biodegradables, tubos de irrigación y matrices para la liberación controlada de factores de crecimiento, pesticidas y plaguicidas, en forma de portadores biodegradables (Alvarez, 2016). Así, los compuestos introducidos en un portador de PHA se liberan gradual y lentamente sin sobretensiones, ya que el polímero se degrada poco a poco por la microflora del suelo. Una ventaja en este campo de aplicación es que no se requiere un grado de purificación muy alto del polímero, lo cual puede facilitar el proceso de extracción y hacerlo más económico (Babel y Steinbüchel, 2001).

Para convertir los polímeros brutos en productos finales con la forma deseada, se utilizan distintos métodos de procesamiento. Esta transformación se suele realizar fuera de las instalaciones de producción de granulado de polímero. El procesamiento es, básicamente, un proceso de transformación física que se consigue con distintas tecnologías, como por ejemplo:

- Extrusión: para tuberías, perfiles, láminas y aislamiento de cables



- Moldeo por inyección: para productos de formas distintas y, con frecuencia, muy complejas
- Moldeo por soplado: para botellas, contenedores y películas
- Calandrado: para películas y láminas
- Moldeo por rotación: para grandes estructuras
- Pultrusión: para barras, tubos, etc
- Película soplada: para termoplásticos
- Película colada: para termoplásticos
- Revestimiento: para capas delgadas en distintos sustratos
- Prensado: para resinas
- Hilado: para fibras
- Moldeo por transferencia: para termoestables
- Moldeo por compresión: para termoestables
- Vulcanización: para cauchos
- Mezclado: técnica de aplicación general

Por lo tanto, los PHA son compuestos termoplásticos y/o elastómeros que pueden procesarse con los equipos actualmente usados en la industria de la fabricación de plásticos, son insolubles en agua. Presentan un considerable grado de polimerización, son compuestos puros en relación a su estructura enantiómera y constituidos generalmente por un solo estereoisómero R, no son tóxicos, son biocompatibles, presentan propiedades piezoeléctricas, pueden obtenerse a partir de materias primas renovables o incluso CO₂ (si se obtienen a partir de plantas) y son todos biodegradables. A pesar de las evidentes ventajas de los PHA frente a los plásticos derivados del petróleo, su coste es elevado y su uso actual está muy limitado (Remar, 2011).

En resumen, los materiales basados en PHA presentan:

Ventajas:

- Propiedades similares al PEBD
- Barrera a los gases similar al PET
- Resistente a grasas y a disolventes
- Buena relación de estirado para procesos de soplado
- Estabilidad frente a la hidrólisis

Desventajas:

- Muy sensible a la degradación térmica
- Problemática para extruir (excepción PHBH)
- Muy quebradizo
- Viscosidad en fundido muy baja

Finalmente, la viabilidad de la utilización de bioplásticos en envases depende de las características intrínsecas del plástico fabricado y del uso que se le vaya a dar. Estas son:

- Barrera al aire (oxígeno)
- Barrera frente a la humedad o vapor de agua
- Propiedades térmicas
- Propiedades mecánicas
- Migraciones
- Contaminación microbiana
- Resistencia a la penetración de microorganismos en los envases.
- Resistencia al agua (impermeabilización).

En el sector de envases y embalajes, la tendencia irá dirigida, posiblemente, a incorporar en el mercado bolsas de la compra biodegradables y plástico compostable para la agricultura. En cuanto a envases para alimentos, la tendencia se dirige hacia el empleo del PLA y PHB, una vez alcanzados los resultados tecnológicos óptimos requeridos para el envasado alimentario mediante la adición de nanomateriales, actualmente en fase de investigación.

4.1. Información sobre empresas comercializadoras

El mercado de los envases fabricados con bioplásticos es un mercado alternativo o de sustitución, ya que pretende sustituir un porcentaje de envases convencionales por envases biodegradables. Las propias empresas productoras están apelando a un sentido más ecológico y de consumo responsable, a través de la fabricación de envases biodegradables. Para que exista esta demanda se deben alcanzar los siguientes hitos:

- Lograr la biodegradabilidad total del envase.



- Conseguir una respuesta positiva de los consumidores al precio de los envases biodegradables, que hoy en día son de 2 a 4 veces más altos que los de los envases convencionales.

Tecnopackaging es una empresa aragonesa de base tecnológica que tiene como objeto principal la I+D+i sobre materiales poliméricos avanzados y composites con los que obtiene piezas plásticas. Con este plástico realiza principalmente envases para empresas que operan en los sectores agroalimentario, cosmético, farmacéutico e industrial. www.tecnopackaging.com

Zeropack es una compañía italiana que ha desarrollado una técnica de producción de PHA a partir de residuos agrícolas y agroalimentarios que permite fabricar un bioplástico reciclable, biodegradable y compostable pensado para su uso en el mercado del envasado de frescos de todo tipo, aceptando procesos industriales como la extrusión-soplado o el termoformado, lo que permite fabricar una amplia variedad de envases, desde mallas a film plástico, pasando por bandejas o alveolos para frutas y verduras. <https://www.zeropack.it/>

Ticinoplast, un productor italiano especializado de películas de polietileno para embalaje, ha desarrollado films biodegradables y compostables MATER-BI que cumplen con la norma internacional UNI EN 13432 para laminación o uso solo en el envasado de alimentos y productos aptos para envases compostables. Como resultado de la colaboración con Novamont, estas nuevas películas se han desarrollado durante un período de casi 3 años a través de la investigación, el desarrollo, la industrialización y las pruebas conjuntas en máquinas de impresión, máquinas laminadoras y líneas de envasado. Se trata de una alternativa sostenible y compostable a las películas de embalaje convencionales. www.ticinoplast.it

5. Referencias

5.1. Patentes relacionadas

Se ha llevado a cabo una búsqueda de patentes relacionadas en la base de datos PATENTSCOPE de la World Intellectual Property Organization "WIPO". Se ha empleado como criterio de búsqueda: PHA biopolymer. Y se han obtenido los siguientes resultados.

Publicación 2647324

PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCION DE BIOPOLIMEROS ANTIMICROBIANOS QUE COMPRENEN POLIHIDROXIALCANOATOS Y NANOPARTICULAS METALICAS

Resumen: Procedimiento para la obtención de biopolímeros antimicrobianos que comprenden polihidroxicanoatos y nanopartículas metálicas. Un procedimiento de obtención de un biopolímero antimicrobiano que comprende al menos un polihidroxicanoato (PHA) y nanopartículas metálicas con capacidad antimicrobiana, caracterizado porque el procedimiento comprende: a) inocular una biomasa que comprende microorganismos productores de PHA en un medio de producción adecuado para la producción de PHAs; b) sintetizar nanopartículas metálicas con capacidad antimicrobiana in situ mediante la reacción de un compuesto precursor y un agente reductor; y c) extraer el biopolímero antimicrobiano que comprende al menos un polihidroxicanoato y las nanopartículas metálicas. Biopolímero antimicrobiano obtenido por el procedimiento descrito anteriormente y usos del biopolímero.

Solicitante:

CASTRO MAYORGA JINNETH
LORENA CONSEJO SUPERIOR DE
INVESTIGACIONES CIENTIFICAS
(CSIC)

Oficina: España



Publicación 2385020

PELÍCULA DE CAPAS MÚLTIPLES BIODEGRADABLE

Resumen: Una película multicapa coextruida comprende una capa de mezcla de almidón termoplástico modificado que contiene más de 1 a 10% en peso de agua; y una capa de un poliéster biodegradable, estando la capa (A) libre de copolímeros de polihidroxialcanoato que consta de ≥ 2 unidades repetidas especificadas. Una película multicapa coextruida comprende una capa de mezcla de almidón termoplástico modificado que contiene más de 1 a 10% en peso de agua; y una capa de un poliéster biodegradable, estando la capa (A) libre de copolímeros de polihidroxialcanoato que consta de ≥ 2 unidades repetidas de fórmula (I) y de fórmula (I) y / o (III).

Solicitante:

BIOP BIOPOLYMER TECHNOLOGIES
AG

Oficina: España

Publicación 2332386

PROCEDIMIENTO PARA LA SEPARACION DE PARTICULAS DE POLIHIDROXIALCANOATOS, OBTENIDAS POR FERMENTACION, MEDIANTE LA UTILIZACION DE UN SEPARADOR DE TOBERAS

Resumen: Procedimiento para el aislamiento de polihidroxialcanoatos a partir de células productoras, caracterizado porque i) las células protectoras son sometidas a una digestión y, a continuación ii) se separan los fragmentos celulares de los gránulos de polihidroxialcanoato por medio de un separador de toberas, que trabaja de manera continua.

Solicitante:

BASF SE

Oficina: España

Publicación 2403929

ESTRUCTURA MULTICAPA

Resumen: La invención se refiere a aglutinantes de coextrusión que incluyen polímeros biorrenovables y / o biodegradables que tienen buenas propiedades de adhesión: al menos un polímero biorrenovable y / o biodegradable (A) injertado con un monómero funcional que incluye al menos una función reactiva, siendo la proporción de injerto <1% por peso del polímero injertado (A); al menos un polímero biorrenovable y / o biodegradable no injertado (B) idéntico a (A) o compatible con (A); opcionalmente un suavizante (C); y opcionalmente un material a base de almidón (D). La invención también se refiere a estructuras multicapa que incluyen el aglutinante de la presente invención, en las que las capas están hechas preferiblemente de compuestos biorenovables y / o biodegradables. Las estructuras multicapa son ventajosamente útiles en el campo del envasado de alimentos.

Solicitante:

ARKEMA FRANCE

Oficina: España

Publicación P2006000053

PROCESO PARA EXTRAER Y RECUPERAR POLIHIDROXIALCANOATES (PHAS) DE BIOMASA CELULAR

Resumen: Un proceso para extraer y recuperar polihidroxicanoatos (PHA) de biomasa celular que comprende las etapas de: extraer el polihidroxicanoato con al menos un disolvente no halogenado que no sea agresivo al medio ambiente; calentar la biomasa celular, para formar una suspensión que comprende disolvente PHA con PHA disuelto y residuos insolubles; recuperar el disolvente enriquecido con PHA; inyectar el disolvente enriquecido con PHA en un flujo de vapor para promover rápidamente la precipitación completa de PHA en agua, mientras se procesa la evaporación del disolvente; agotar el disolvente residual; separar las partículas de PHA purificadas de la suspensión y secarlas.

Solicitante:

PHB INDUSTRIAL S/A

Oficina: República Dominicana

Publicación 2013011139

ENVASES DE BARRERA FLEXIBLE DERIVADOS DE RECURSOS RENOVABLES

Resumen: En el presente documento se describen envases de barrera flexibles compuestos de materiales que están sustancialmente libres de compuestos vírgenes a base de petróleo. Los envases de barrera flexible contienen un sellador que tiene un contenido de base biológica de al menos aproximadamente el 85%. El sellador se lamina a un sustrato externo que tiene un contenido de base biológica de al menos aproximadamente el 95% a través de una capa de unión que puede incluir además un sustrato extruido. El sustrato extruido tiene un contenido de base biológica de al menos aproximadamente el 85%. Opcionalmente, la tinta se puede depositar en cualquier lado del sustrato exterior, y la superficie exterior del sustrato exterior puede incluir además una laca. Puede depositarse o estratificarse una capa de material de barrera entre la primera capa de unión y el sustrato exterior. Los envases de barrera flexible de la invención son útiles para envolver un producto de consumo, tal como, por ejemplo, comida, bebida, toallitas, champú, acondicionador, loción para la piel, loción para el afeitado, jabón líquido, barra de jabón, pasta de dientes y detergente.

Solicitante:

THE PROCTER & GAMBLE COMPANY

Oficina: México

También se ha hecho una búsqueda avanzada con la palabra "PHA" en Espacenet (Oficina de Patentes Europeas) con 439 resultados a nivel mundial. Se pueden destacar las siguientes.

CA3086252 (A1)

METHOD FOR PRODUCING POLYHYDROXYALKANOATES (PHA) FROM ORGANIC WASTE

Resumen: Se proporciona un método y un aparato para producir polihidroxiclcanoato (PHA) a partir de desechos orgánicos, que comprende homogeneizar los desechos orgánicos con un homogeneizador para obtener una materia prima que tiene una proporción de agua a residuos orgánicos de 1: 1 a 3: 1 (p / p), inoculando la materia prima. con bacterias fermentativas acidógenas en un tanque de fermentación VFA para obtener una materia prima inoculada, que se incuba durante 5 a 10 días para obtener un caldo de fermentación. El caldo de fermentación, que comprende ácidos grasos volátiles (AGV) y desechos orgánicos no digeridos, se filtra utilizando un sistema de filtrado que tiene un tamaño de poro que varía de 0.2 pm a 500,000 NMWC para eliminar las bacterias fermentativas acidógenas y los desechos orgánicos no digeridos, para producir un caldo clarificado. que comprende AGV concentrados. El caldo clarificado y un inóculo de bacterias productoras de alto PHA se incuban en un tanque de fermentación de PHA para producir gránulos de PHA intracelulares en dichas bacterias, y se extraen los polímeros de PHA.

Solicitante: GENECIS BIOINDUSTRIES INC

US2020048493 (A1)

BIODEGRADABLE COATINGS BASED ON AQUEOUS PHA DISPERSIONS

Resumen: Se describe una dispersión acuosa biodegradable, que se compone de aproximadamente 35 a aproximadamente 75 por ciento en peso de agua y de aproximadamente 25 a aproximadamente 65 por ciento en peso de polihidroxiclcanoatos. También se describe un artículo de servicio de alimentos biodegradable, que incluye un sustrato biodegradable que tiene al menos una superficie de contacto con alimentos. Se aplica un revestimiento sobre la al menos una superficie de contacto con los alimentos, que se forma a partir de la dispersión acuosa biodegradable.

Solicitante: DANIMER BIOPLASTICS INC



CN111349662 (A)

METHOD FOR PREPARING PHA THROUGH FERMENTATION OF PHA FERMENTATION PROCESS WASTE WATER

Resumen: La invención se refiere al campo de la fermentación de PHA, en particular a un método para preparar PHA mediante la fermentación de aguas residuales del proceso de fermentación de PHA. El método comprende las etapas de generar el PHA a través de la fermentación, inocular el zimocito de PHA en un medio de fermentación y realizar la fermentación, donde el agua de preparación líquida del medio de fermentación comprende el agua residual del proceso de fermentación de PHA. De acuerdo con el método, el agua residual del proceso de fermentación de PHA se puede reciclar repetidamente, el costo de producción de PHA se reduce de manera efectiva, se puede garantizar el efecto de fermentación de PHA y, además, el consumo de agua también se reduce.

Solicitante: JILIN COFCO BIO CHEMICAL CO LTD; COFCO NUTRITION AND HEALTH RES INSTITUTE CO LTD; COFCO BIOTECHNOLOGY CO LTD; UNIV TSINGHUA +

MY164367 (A)

MICROORGANISM PRODUCING HIGH-MOLECULAR-WEIGHT PHA

Resumen: La presente invención proporciona un microorganismo que sintetiza un PHA de alto peso molecular y un método para producir un PHA de alto peso molecular, que tiene una productividad de al menos 100 g / l. La disposición se cumple controlando la actividad específica de una PHA sintasa en células de un microorganismo que pertenece al género cupriavidus y es capaz de producir un PHA, a 0,1 u / mg-proteína como más. El microorganismo y el método permiten la producción industrialmente eficiente de un PHA con un peso molecular promedio de al menos 4.000.000.

Solicitante: KANEKA CORP



CN109504715 (A)

METHOD FOR PREPARING PHA (POLYHYDROXYALKANOATE)

Resumen: La invención proporciona un método para preparar PHA (polihidroxicanoato). El método comprende las siguientes etapas de (1) preparar líquido de fermentación de bacterias halófilas; realizar la separación sólido-líquido para obtener una concentración bacteriana líquida; (2) lavar el líquido bacteriano de concentración obtenido en el paso (1); (3) realizar la rotura de la pared celular en el líquido bacteriano lavado obtenido en la etapa (2) para obtener el líquido que rompe la pared; (4) eliminar las sustancias que no son PHA en el líquido de rotura de paredes obtenido en el paso (3); recolectar la PHA; (5) purificar el PHA; (6) secar el PHA. El método tiene las ventajas de que el proceso es suave; el costo es bajo; el requisito del equipo es bajo; la producción industrializada a gran escala puede realizarse.

Solicitante: BEIJING BLUEPHA MICROBIOLOGY TECH CO LTD

5.2. Artículos científicos

Se han utilizado las palabras clave "biopolymers food packaging" y "polyhydroxyalkanoates (PHA)" en la base de datos Science Direct. Se han obtenido 345 resultados de artículos de investigación en los últimos 10 años y principalmente en las siguientes revistas que se indican en la Figura 2.

Los investigadores han seleccionado principalmente la Revista *International Journal of Biological Macromolecules*, que publica artículos de investigación sobre los aspectos químicos y biológicos de todas las macromoléculas naturales. Presenta los últimos hallazgos de estudios sobre la estructura molecular y las propiedades de proteínas, carbohidratos macromoleculares, glicoproteínas, proteoglicanos, ligninas, ácidos poli-biológicos y ácidos nucleicos. El alcance incluye actividades e interacciones biológicas, asociaciones moleculares, modificaciones químicas y biológicas y propiedades funcionales (CiteScore: **6.9**; Impact Factor: **5.162**; 5-Year Impact Factor: **5.137**; Source Normalized Impact per Paper (SNIP): **1.449**; SCImago Journal Rank (SJR): **0.972**).

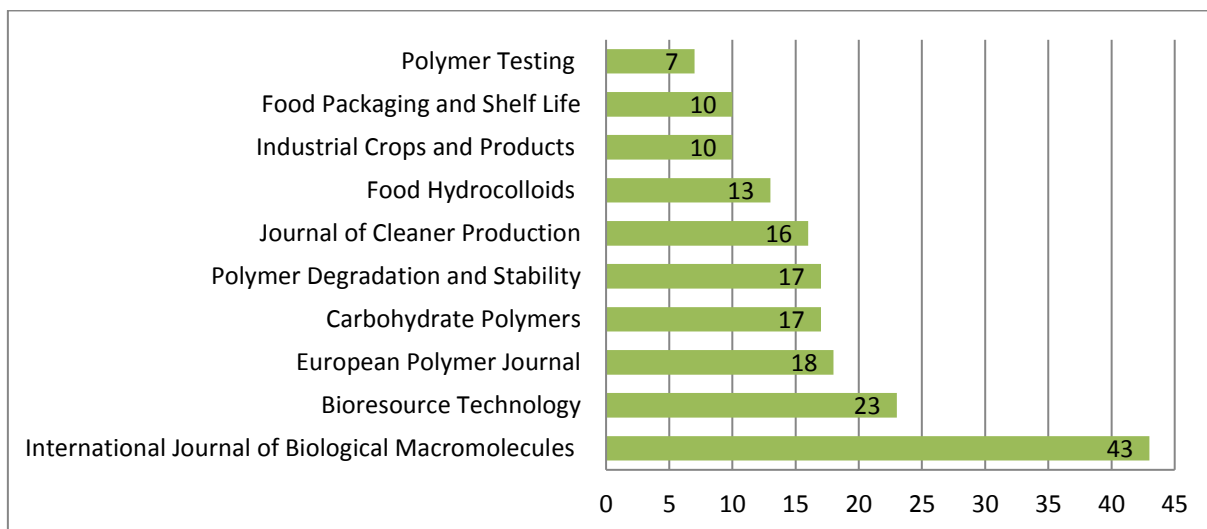


Figura 2. Principales revistas con publicaciones sobre PHA

En todo caso, a continuación se muestran los 5 primeros clasificados por relevancia.

Artículos destacables por relevancia (5 primeros)

1. The financial impact of replacing plastic packaging by biodegradable biopolymers - A smart solution for the food industry. Journal of Cleaner Production. Año 2020.

2. Remodeling agro-industrial and food wastes into value-added bioactives and biopolymers. Industrial Crops and Products. Año 2020.

3. How sustainable are biopolymers? Findings from a life cycle assessment of polyhydroxyalkanoate production from rapeseed-oil derivatives. Science of the Total Environment. Año 2020.

4. Production and characterization of biodegradable films of a novel polyhydroxyalkanoate (PHA) synthesized from peanut oil. Food Packaging and Shelf Life. Año 2019.

5. Bio-nanocomposite Materials for Food Packaging Applications: Types of Biopolymer and Nano-sized Filler. Agriculture and Agricultural Science Procedia. Año 2014.

Otros artículos destacables

Polyhydroxyalkanoates (PHA) toward cost competitiveness and functionality. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*. January 2020. Guo-Qiang Chen y col.

Current trends in the production of biodegradable bioplastics: The case of polyhydroxyalkanoates. *Biotechnology Advances*. 2020. João Medeiros Garcia Alcântara y col.

Development and characterization of multilayer films based on polyhydroxyalkanoates and hydrocolloids. *Journal Applied Polymer Science*. 2017. Camila Souza de Andrade y col.

Bioplastics – a viable alternative?. By: Mojo, S. Kennedy's Confection. (April), 2008. 74-. 2p., Base de datos: FSTA - Food Science and Technology Abstracts

Microalgae as source of polyhydroxyalkanoates (PHAs) - a review. By: Costa, S. S., Miranda, A. L., Morais, M. G. de, Costa, J. A. V., Druzian, J. I. *International Journal of Biological Macromolecules*. Vol. 131, 2019. 536-547. 12p. , Base de datos: FSTA - Food Science and Technology Abstracts

Narrowing the gap for bioplastic use in food packaging: an update. By: Xiaoying Zhao, Cornish, K., Vodovotz, Y. *Environmental Science & Technology*. Vol. 54 (8), 2020. 4712-4732. 21p. , Base de datos: FSTA - Food Science and Technology Abstracts

New directions for bioplastic packaging. By: Anon. *Food Engineering & Ingredients*. Vol. 36 (Sept./Oct.), 2011. 38-41. 4p. , Base de datos: FSTA - Food Science and Technology Abstracts

Production of bioplastic through food waste valorization. By: Yiu Fai Tsang, Vanish Kumar, Pallabi Samadar, Yi Yang, Jechan Lee, Yong Sik Ok, Hocheol Song, Ki-Hyun Kim, Eilhann E. Kwon, Young Jae Jeon *Environment International*. Vol. 127, 2019. 625-644. 20p. , Base de datos: FSTA - Food Science and Technology Abstracts

Además, la revista especializada *Polymers* muestra los resultados de diversos estudios que muestran las características positivas de nuevos polímeros biodegradables (como alternativas a los plásticos actuales). Una de sus publicaciones del año 2019 fue de un grupo de investigación de la Universidad Estatal de Ohio que ha demostrado que la combinación de

caucho natural con PHBV produce un material moldeable y resistente, a la vez que biodegradable y no contaminante. El producto final fue 75% más resistente y 100% más flexible que el PHBV por sí solo, lo que significa que es mucho más fácil de moldear en los envases de alimentos (Zhao, 2019). Una interesante apuesta para acabar con el plástico convencional.

Finalmente, los esfuerzos investigadores en envases biodegradables están encaminados a la búsqueda de aditivos y composites que ayuden a la biodegradación de los mismos, dejando poco margen investigador en temas de separación y reciclaje de estos envases.

5.3. Proyectos de investigación y demostración. Nuevas líneas de producción y aplicación de bioplásticos biodegradables en el marco de la economía circular

Se ha realizado una búsqueda en los programas europeos y nacionales con ejecución en los últimos 5 años: H2020, LIFE, FP7 y CDTI. A continuación se indican los destacables por su temática dentro de Economía Circular.

AFTERLIFE

Advanced Filtration TEchnologies for the Recovery and Later conversIon of relevant Fractions from wastewater. (H2020-BBI-JTI-2016). 2017-2021.

Resumen: El objetivo es obtener un proceso flexible y rentable para la recuperación y valorización de las fracciones relevantes de las aguas residuales. El primer paso de dicho proceso es una etapa inicial con unidades de filtración por membranas para la separación de la totalidad de los sólidos en las aguas residuales. Los concentrados recuperados en cada unidad serán tratados para obtener extractos y metabolitos de alta pureza o, alternativamente, para ser convertidos en biopolímeros de valor añadido (polihidroxicanoatos).

Consortio de 15 empresas. Coordinador: EGGPLANT SOCIETA A RESPONSABILITA LIMITATA (Italy)



BioBarr

New Bio-based Food Packaging Materials with Enhanced Barrier Properties (H2020-BBI-JTI-2016). 2017-2021.

Resumen: Tiene como objetivo desarrollar una alternativa bioplástica, basada en polihidroxicanoatos (PHAs), y que pueda ser empleada en el ámbito de la industria agroalimentaria. Por lo tanto, es necesario que se optimicen y mejoren sus propiedades barrera, que son las encargadas de preservar las propiedades de los diferentes tipos de alimento que puedan contener.

Consorcio de 6 empresas. Coordinador: TECNOALIMENTI S.C.P.A. (Italia)

EGGPLANT

Bioplastic from agri-food and municipal waste (H2020-SMEINST-1-2015) 2016

Resumen: Estudio sobre la viabilidad comercial e industrial de una solución para generar bioplásticos a partir de aguas residuales agroalimentarias y municipales.

Empresa: EGGPLANT SOCIETA A RESPONSABILITA LIMITATA (Italia)

EUROPHA

Novel technology to boost the European Bioeconomy (FP7-SME-213-BSG-Contract nb. 604770). 2013-2016.

Resumen: Su objetivo ha sido reducir los costes de los biopolímeros PHA y ampliar sus aplicaciones como bioplástico para envases alimentarios 100 % compostables.

Consorcio de 9 empresas. Coordinador: FEDERACION DE COOPERATIVAS AGRARIAS DE MURCIA S COOP (España)

Funguschain

Valorisation of mushroom agrowastes to obtain high value products (BBI- H2020-EU.3.2.6). 2016-2021.

Resumen: Trata sobre biopolímeros y formulaciones de bioplásticos, así como del reciclaje de residuos.

Consortio de 17 empresas. Coordinador: BioDetection Systems B.V. (Países Bajos)

NoAW

Innovative approaches to turn agricultural waste into ecological and economic assets (H2020-WASTE-2015-two-stage – Contract nb 688338). 2016-2020.

Resumen: Su objetivo ha sido el desarrollo a escala laboratorio y piloto para producir PHA desde residuos.

Consortio de 33 empresas. Coordinador: INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE POUR L'AGRICULTURE, L'ALIMENTATION ET L'ENVIRONNEMENT (Francia)

RES URBIS

REsources from URban BIo-waSte (H2020-CIRC-2016OneStage). 2017-2019.

Resumen: Tiene como objetivo convertir varios tipos de biorresiduos urbanos en valiosos productos biológicos, en una única biorrefinería integrada de biorresiduos y utilizando una cadena tecnológica principal.

Consortio de 23 empresas. Coordinador: UNIVERSITA DEGLI STUDI DI ROMA LA SAPIENZA (Italia)



REFUCOAT

Full recyclable food package with enhanced gas barrier properties and new functionalities by the use of high performance coatings (H2020-BBI-JTI-2016). 2017-2020.

Resumen: Tiene como objetivo desarrollar una barrera híbrida de base biológica de alta oxígeno / agua y recubrimientos activos para su uso en envases de alimentos de base biológica monocapa (películas y bandejas) como alternativa a los envases actuales de atmósfera modificada para evitar el uso de materiales no renovables en estructuras multicapa que actualmente conducen a complejos y costosos pasos de reciclaje.

Consorcio de 12 empresas. Coordinador: AIMPLAS - ASOCIACION DE INVESTIGACION DE MATERIALES PLASTICOS Y CONEXAS (España)

SPLASH

Sustainable Polymers from Algae Sugars and Hydrocarbons (EU FP7 - KBBE.2012.3.4-02). 2012-2017.

Resumen: Un proyecto sobre biotecnología de algas y desarrollo de productos de alto valor, principalmente biopolímeros.

Consorcio de 23 empresas. Coordinador: STICHTING WAGENINGEN RESEARCH (Países Bajos)

SYNPOL

Biopolymers from Syngas Fermentation (KBBE2012.3.4-02). 2012-2016.

Resumen: Su objetivo ha tratado de impulsar la producción sostenible de nuevos polímeros a partir de materias primas específicas.

Consorcio de 17 empresas. Coordinador: CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) (España)



USABLE PACKAGING

Unlocking the potential of Sustainable Biodegradable Packaging (H2020-BBI-JTI-2018). 2019-2022.

Resumen: El proyecto desarrollará envases de plástico de alto rendimiento a través de una cadena de valor sostenible y completamente circular, donde el abastecimiento de materia prima de biomasa se deriva de flujos secundarios de procesamiento de alimentos, para obtener, a través de un procesamiento bioquímico de baja huella, una cartera de materiales de bloques de construcción biodegradables de base biológica, permitiendo la realización de estructuras de empaque complejas, incluyendo laminados y películas multicapa, para cumplir con los requisitos funcionales clave de los plásticos petroquímicos comerciales, tales como propiedades de barrera de gas / líquido, resistencia mecánica, resistencia a bajas temperaturas, hot tack, entre otros, al tiempo que permite la realización de un conjunto completo de elementos de embalaje de rígidos a semirrígidos y flexibles mediante el ajuste de la funcionalización de las resinas base a través de la biosíntesis y el procesamiento de compuestos.

Consortio de 26 empresas. Coordinador: AGENCIA ESTATAL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (España)

YPACK

High Performance Polyhydroxyalkanoates Based Packaging To Minimise Food Waste (H2020-SFS-2017-1). 2017-2020.

Resumen: Tiene como objetivo ampliar la producción y validar comercialmente dos soluciones innovadoras de envasado de alimentos basadas en polihidroxicanoatos (PHAs): una película de contacto alimentario y una bandeja, ambos totalmente compostables.

Consortio de 21 empresas. Coordinador: Consejo Superior De investigaciones Científicas (CSIC) (España)



LIFE CITRUSPACK

Revalorization strategies within the circular economy for the use of citrus waste in green packaging and cosmetics (LIFE16 ENV/ES/000171). 2017-2020.

Resumen: Tiene como objetivo demostrar un proceso que permitirá que los residuos tratados de la industria de los cítricos se utilicen en envases y productos cosméticos. Su objetivo a largo plazo es demostrar que es posible eliminar por completo el uso de plásticos no biodegradables en los envases.

Consortio de empresas: FUNDACION AITIIP (España), EROSKI S. COOP (España), Organic Waste Systems nv (Bélgica), PLASTIPOLIS (Francia), Slovenian Tool and Die Development Centre (Eslovenia), AMC INNOVA JUICE AND DRINKS S.L. (España)

LIFE MULTIBIOSOL -

Innovative fully biodegradable mulching films & fruit protection bags for sustainable agricultural practices (LIFE14 ENV/ES/000486). 2015-2019.

Resumen: Tiene como objetivo desarrollar y demostrar un plástico innovador, económicamente viable y totalmente biodegradable que elimina completamente los residuos.

Consortio de empresas: FUNDACION AITIIP (España), FACA (FEDERACIÓN ARAGONESA DE COOPERATIVAS AGRARIAS) (España), PCTAD (FUNDACIÓN PARQUE CIENTÍFICO TECNOLÓGICO AULA DEI) (España), ARCHA (Laboratori ARCHA s.r.l) (Italia), CSIC (AGENCIA ESTATAL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS) (España), Transfer (Transfer Latin Business Consultancy S.L.) (España), Groencre (Groencreatie BVBA) (Bélgica).

A continuación se indican proyectos financiados por CDTI y que por tanto se desarrollan en España.

RAZÓN SOCIAL	TÍTULO DEL PROYECTO	COMUNIDAD AUTÓNOMA DE DESARROLLO DEL PROYECTO	FECHA DE APROBACIÓN DEL PROYECTO	TIPOLOGÍA CDTI DE LA AYUDA
PLASTICOS ROMERO SA	DESARROLLO DE ESTRUCTURAS MULTICAPA FLEXIBLE BIODEGRADABLES PARA SU USO EN ENVASES ALIMENTARIOS DE BARRERA MEDIA.	MURCIA (REGION de)	17/12/2015	I+D
POLIGAL PACKAGING SA	DESARROLLO DE FILM BIODEGRADABLE, COMPOSTABLE Y BIOBASADO CON BARRERAS A LOS ACEITES MINERALES.	GALICIA	16/12/2016	I+D
AGUAS DE SOLAN DE CABRAS SA	DESARROLLO DE UN MATERIAL BIODEGRADABLE Y RENOVABLE PARA INYECCIÓN Y SOPLADO DE ENVASES (1/3)	CASTILLA-LA MANCHA	31/03/2016	I+D COOPERATIVA
ERCROS, S.A.	DESARROLLO DE UN MATERIAL BIODEGRADABLE Y RENOVABLE PARA INYECCIÓN Y SOPLADO DE ENVASES (2/3)	CATALUÑA	31/03/2016	I+D COOPERATIVA
CAIBA SOCIEDAD ANONIMA	DESARROLLO DE UN MATERIAL BIODEGRADABLE Y RENOVABLE PARA INYECCIÓN Y SOPLADO DE ENVASES (3/3)	COMUNIDAD VALENCIANA	31/03/2016	I+D COOPERATIVA
PLASTIENVASE SL	JSP-20150002 NUEVO ENVASE MULTICAPA BIODEGRADABLE CON PROPIEDADES BARRERA ALTAS A LOS GASES Y PROPIEDADES ANTIMICROBIANAS PARA AUMENTAR LA VIDA ÚTIL DE ALIMENTOS CÁRNICOS PROCESADOS.	ANDALUCIA	22/07/2016	I+D
GRUPO ALIMENTARIO ARGAL, S.A.	JSP-20150002 NUEVO ENVASE MULTICAPA BIODEGRADABLE CON PROPIEDADES BARRERA ALTAS A LOS GASES Y PROPIEDADES ANTIMICROBIANAS PARA AUMENTAR LA VIDA ÚTIL DE ALIMENTOS CÁRNICOS PROCESADOS.	CATALUÑA	22/07/2016	I+D
PLASTICOS TINTERFE SOCIEDAD ANONIMA	INNOVACION TECNOLÓGICA PARA LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS BIOCOMPOSTABLES Y BIODEGRADABLES	CANARIAS	21/12/2017	LÍNEA DIRECTA DE INNOVACIÓN
CRISTOBAL MESEGUER, S.A.	DESARROLLO DE ENVASES COMBI (FILM-MALLA) BIODEGRADABLES EN SUELO PARA EL ENVASADO DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS	MURCIA (REGION de)	25/07/2019	I+D TRANSFERENCIA CERVERA
INDUSTRIAS CARNICAS LORIENTE PIQUERAS, S.A.	MATERIALES RECICLABLES Y BIODEGRADABLES PARA EL ENVASADO SOSTENIBLE DE ALIMENTOS	CASTILLA-LA MANCHA	12/07/2019	CDTI- INNOGLOBAL
VERDIFRESH, S.L.	MATERIALES RECICLABLES Y BIODEGRADABLES PARA EL ENVASADO SOSTENIBLE DE ALIMENTOS	COMUNIDAD VALENCIANA	12/07/2019	CDTI- INNOGLOBAL
PLASBEL PLASTICOS, S.A.	NUEVOS AVANCES TÉCNICOS EN EL DESARROLLO DE ENVASES BIODEGRADABLES Y ENVASES CON MATERIAS PRIMAS RECICLADAS	MURCIA (REGION de)	25/07/2019	LÍNEA DIRECTA DE EXPANSIÓN
GREEN CYCLES SL	AMPLIACIÓN DE CAPACIDAD DE FABRICACIÓN DE MATERIAL BIODEGRADABLE COMPOSTABLE Y SOLUBLE EN AGUA GREEN CYCLES . BOLSA HIDROSOLUBLE DE LAVANDERÍA HOSPITALARIA UNA AYUDA FUNDAMENTAL ANTE LA EMERGENCIA SANITARIA	COMUNIDAD VALENCIANA	21/05/2020	LÍNEA DIRECTA DE EXPANSIÓN
UBE CORPORATION EUROPE SA	DESARROLLO DE NUEVAS SOLUCIONES DE ENVASES MULTICAPA BASADOS EN POLÍMEROS BIODEGRADABLES	COMUNIDAD VALENCIANA	28/02/2020	INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Se han recopilado 14 proyectos con relación para esta VT de más de 10000 proyectos aprobados por CDTI desde 2015 a 2020. El desarrollo de bioplásticos biodegradables es una línea de trabajo que aún está por desarrollar.

Otro proyecto destacable es el **Proyecto Avanza-S: nuevos alimentos más saludables y envases avanzados** (convocatoria CIEN 2015-2019). Con el consorcio de empresas: UVESA, ELPOZO ALIMENTACIÓN, BTSA Biotecnologías Aplicadas, MONTELOEDER, NUREL, BANDESUR ALCALÁ y SP GROUP. IDI-20150604. El objetivo del estudio se centra en investigar la obtención de nuevos ingredientes funcionales y formulaciones funcionales para la industria alimentaria, así como nuevos sistemas y materiales avanzados de envasado, que permitan la obtención de productos cárnicos más saludables y multifuncionales y que respondan a las demandas de los consumidores y autoridades públicas en materia de salud y sostenibilidad.

Y el proyecto **3R2020+ - From waste to resource by recycling** (convocatoria CIEN 2015). Con un consorcio formado por Cuatro grandes empresas: CLH, Maier, Técnicas Reunidas y Urbaser (Líder). Tres PyMEs: Biopolis, Hidroquímica y Biomasa Peninsular. Nueve organismos de investigación: ainia, CIDETEC, Gaiker, Instituto de Tecnología Química, Leitat, Tecnalia, Universidad de Burgos, Universidad Politécnica de Valencia y Universidad Rey Juan Carlos. (España). El proyecto trata sobre la producción de PHA a partir de biogás generado a partir de la digestión anaeróbica de RSU.

Finalmente, es destacable también la línea de investigación hacia la obtención de materiales activos a partir de PHA. Un grupo de investigadores de la Universidad de Tecnología de Lodz, Polonia, ha publicado un trabajo en el que incorporan galatos (antioxidantes) a poliésteres biobasados como PHA y PLA para lograr su estabilización y proteger alimentos. Puesto que los galatos pueden migrar a través del polímero, y dado su carácter antioxidante, si se emplean estos nuevos materiales para el envasado de alimentos, se podría alargar la vida útil de consumo del producto a envasar.

5.4. Revistas especializadas

Infopack: www.infopack.es

Bioplastics magazine.com: www.bioplasticsmagazine.com

Mundo plast: www.mundoplast.com

Revista Plásticos Modernos: www.revistaplasticosmodernos.es

Tecnología del plástico: www.plastico.com/revista-digital

Ambiente Plástico: www.ambienteplastico.com

Magazine Plastico: www.revistamp.net

Revista Alimentaria: www.revistaalimentaria.es

5.5. Otras fuentes de interés

ASOBIOCOM: Asociación Española de plásticos biodegradables y compostables: <https://www.asobiocom.es/>

CENTRO ESPAÑOL DE PLÁSTICOS: <https://www.cep-plasticos.com/es/sobre-el-cep>

EUROPEAN BIOPLASTICS: <https://www.european-bioplastics.org/about-us/>

PLASTICSEUROPE: <https://www.plasticseurope.org/es/about-us/who-we-are>

BIODEGRADABLE PRODUCT INSTITUTE: <https://bpiworld.org/>

BIOPOLYMER: <http://www.biopolymer.net/>

Convertidores de plástico: <https://www.plasticsconverters.eu/>

Maquinaria para plástico: <http://www.euomap.org/en/>

Noticias: <https://news.bio-based.eu/>

Feria HISPACK 2021. Plataforma Internacional Profesional de negocios del sector del Packaging

6. Legislación y Normas

El 16 de enero de 2018, la Comisión Europea publicó su Comunicación 'Una estrategia europea para los plásticos en una economía circular', destinada a ser un paso ambicioso para hacer que el sistema europeo de plásticos sea más eficiente en el uso de recursos e impulsar el cambio de un sistema lineal a uno circular. Pero, a pesar de que la Comisión Europea ha promocionado los plásticos biodegradables y bioplásticos, tanto en su Estrategia en materia de bioeconomía como en su Estrategia para una Economía Circular en Europa, no se han adoptado medidas específicas para estos materiales.

En Europa, los bioplásticos están regulados en el Reglamento Europeo CE 10/2011 sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos, y las sustancias utilizadas en la fabricación de bioplásticos deben estar incluidas en el Anexo I de dicho Reglamento. Recientemente, el Reglamento (UE) 2020/1245 de la Comisión, de 2 de septiembre de 2020, modifica y corrige el Reglamento (UE) nº 10/2011, sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos.

Además, en el sector de los bioplásticos, la norma europea UNI EN 13432 es la referencia técnica más importante para productores de materiales, administraciones públicas, compostadores, certificadores y consumidores. Otras normas de biodegradabilidad y compostabilidad a nivel europeo: EN 14995, ISO 17088 o ASTM D-6400.

Otra legislación relacionada:

Directiva (UE) 2018/852 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases.

Directiva 2007/42/CE de la Comisión, de 29 de junio de 2007, relativa a los materiales y objetos de película de celulosa regenerada destinados a entrar en contacto con productos alimenticios.

Reglamento (CE) 282/2008, de 27 de marzo de 2008, de la Comisión, sobre los materiales y objetos de plástico reciclado destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 2023/2006.

Reglamento (CE) nº 2023/2006 de la Comisión de 22 de diciembre de 2006 sobre buenas prácticas de fabricación de materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos.

Reglamento (CE) nº 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se derogan las Directivas 80/590/CEE y 89/109/CEE.

Decisión (UE) 2018/813 de la Comisión, de 14 de mayo de 2018, relativa al documento de referencia sectorial sobre las mejores prácticas de gestión medioambiental, los indicadores sectoriales de comportamiento medioambiental y los parámetros comparativos de excelencia para el sector agrícola en el marco del Reglamento (CE) nº 1221/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la participación voluntaria de organizaciones en un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS).

España:

Real Decreto 293/2018 sobre reducción del consumo de bolsas de plástico y por el que se crea el Registro de Productores, que incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva (UE) 2015/720.

Real Decreto 847/2011, de 17 de junio, por el que se establece la lista positiva de sustancias permitidas para la fabricación de materiales poliméricos destinados a entrar en contacto con los alimentos

Real Decreto 846/2011, de 17 de junio, por el que se establecen las condiciones que deben cumplir las materias primas a base de materiales poliméricos reciclados para su utilización en materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos.

Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.

Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

Además de esta regulación, existen normas sobre compostabilidad, biodegradabilidad y determinación del contenido de carbono de base biológica.

Normas españolas de interés:

UNE-EN ISO 14855- 1:2008/AC: 2010 Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final de materiales plásticos en condiciones de compostaje controladas. Método según el análisis de dióxido de carbono generado. Parte 1: Método general. (ISO 14855-1:2005)

UNE-EN ISO 14855- 2:2010 Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final de materiales plásticos en condiciones de compostaje controladas. Método según el análisis de dióxido de carbono generado. Parte 2: Medición gravimétrica del dióxido de carbono liberado en un ensayo de laboratorio. (ISO 14855-2:2007, incluyendo Cor 1:2009)

UNE-EN ISO 17556:2005 Plásticos. Determinación de la biodegradabilidad aeróbica última en el suelo mediante la medición de la demanda de oxígeno en un respirómetro o bien mediante la cantidad de dióxido de carbono generada (ISO 17556:2003)

UNE-EN ISO 20200: 2006 Plásticos. Determinación del grado de desintegración de materiales plásticos bajo condiciones de compostaje simuladas en un laboratorio (ISO 20200:2004)

UNE-EN ISO 14852:2005 Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final de materiales plásticos en medio acuoso. Método según el análisis de dióxido de carbono generado (ISO 14852:1999)

UNE-EN ISO 14851:2005 Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final de los materiales plásticos en medio acuoso. Método según la medición de la demanda de oxígeno en un respirómetro cerrado (ISO 14851:1999)

UNE-EN 14046:2003 Envases y embalajes. Evaluación de la biodegradabilidad aeróbica última y de la desintegración de los materiales

de envase y de embalaje bajo condiciones controladas de formación de compost. Método mediante el análisis del dióxido de carbono liberado.

UNE-EN 14806: 2006 Envases y embalajes. Evaluación preliminar de la desintegración de los materiales de envases y embalajes bajo condiciones simuladas de compostaje en un ensayo a escala laboratorio.

UNE-EN 14995:2007 Plásticos. Evaluación de la compostabilidad. Programa de ensayo y especificaciones.

UNE-EN 13432: 2001; UNE-EN 13432:2001/AC: 2005 Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje.

UNE-EN 14048:2003 Envases y embalajes. Determinación de la biodegradabilidad aeróbica Última de los materiales de envases y embalajes en un medio acuoso. Método mediante la medición de la demanda de oxígeno en un respirómetro cerrado.

UNE-EN 14047:2003 Envases y embalajes. Determinación de la biodegradabilidad aeróbica Última de los materiales de envases y embalajes en medio acuoso. Método mediante el análisis del dióxido de carbono liberado.

UNE-CEN/TR 15351:2008 Plásticos. Guía terminológica en el campo de los plásticos y polímeros degradables y biodegradables.

Organizaciones de certificación como DIN CERTCO, Vincotte, Instituto de Productos Biodegradables y Asociación de Bioplásticos de Japón verifican las afirmaciones con respecto a la biodegradabilidad o compostabilidad y permiten el etiquetado con el logotipo correspondiente, incluyendo los logotipos "seedling", "OK Compost" y otros, que especifican el porcentaje de contenido de base biológica.

7. Conclusiones

Los plásticos derivados del petróleo, aunque son baratos de obtener, repercuten seriamente en el medioambiente. Por ello, la reciente línea de investigación que gira en torno a los plásticos degradables debería ser una clara alternativa. El coste de producción de los bioplásticos no es competitivo si se compara con los bioplásticos convencionales, pero se debería aprovechar la gran oportunidad que brindan los microorganismos al generar estos polímeros, ya sea mejorando las técnicas para sintetizarlos o modificando las cepas de bacterias productoras e incluso insertando los genes necesarios para la producción en otras bacterias, aportando un claro beneficio a la hora de obtener el polímero. Por lo tanto, todavía queda mucho por estudiar acerca de los PHA.

El trabajo en este campo da como resultado la adquisición de información y conocimientos que suponen un beneficio no solo en la mejora de este tipo de productos/técnicas, sino que abre las puertas para poder colaborar con otras líneas de investigación que puedan estar relacionadas.

De este informe podemos concluir:

1. Para poder desarrollar un proceso de producción de PHAs mediante fermentación utilizando microorganismos, es necesario optimizar el rendimiento y la facilidad de purificación del polímero y fundamentalmente abaratar el coste de los sustratos utilizados para su obtención.
2. Los PHAs tienen diferentes aplicaciones dependiendo de su composición y peso molecular:
 - a. Films y lamina
 - b. Fibras
 - c. Moldeo inyección
 - d. Espumas rígidas



Y su potencial de sustitución es para: PVC (+), PEBD (+), PEAD (+), PP (++) y ABS (+)

3. Existen varios procesos desarrollados para la producción de PHA por fermentación a partir de sustratos económicos: a partir de melaza de caña y a partir de varios sustratos de origen vegetal.
4. Las aplicaciones de los PHAs se han centrado como material de embalaje y recubrimiento, y actualmente se están centrando más en medicina y farmacia. En la actualidad son muchas las investigaciones sobre los posibles usos de los PHAs, siendo estudiados como posibles cosméticos, principios activos, como fuentes de moléculas y para el tratamiento de aguas residuales, entre otros usos.
5. Si se abren nuevas líneas de investigación o se incrementan los esfuerzos en este campo, se logrará un abaratamiento de los costes.
6. En definitiva, la obtención y aplicaciones de los PHAs son un tema de investigación actual que está en pleno avance, y si el precio de estos biopolímeros pudiera reducirse sus aplicaciones se verían aumentadas.

8. Bibliografía

- [1] Álvarez, L. (2016). BIOPLÁSTICOS: OBTENCIÓN Y APLICACIONES DE POLIHIDROXIALCANOATOS. TFG Universidad de Sevilla.
- [2] Anjum, A., Zuber, M, Zia, K.M., Noreen, A., Anjum, M.N., Tabasum, S. (2016). Microbial production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) and its copolymers: A review of recent advancements. Int J Biol Macromol. 89: 161-174.
- [3] Castilho, L.R., Mitchell, D.A., Freire, D.M. (2009). Production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) from waste materials and by-products by submerged and solid-state fermentation. Bioresour Technol. 100(23): 5996-6009.
- [4] Chen, G.-Q. (2010) Introduction of Bacterial Plastics: PHA, PLA, PBS, PE, PTT, and PPP. Chen, G.G.-Q. (ed), pp. 1-16, Springer Berlin Heidelberg.
- [5] González García, Y., Contreras Meza, J.C., González Reynoso, O., Córdova López, J.A. (2013). Síntesis y biodegradación de polihidroxialcanoatos: plásticos de origen microbiano. Rev Int Contam Ambie. 29(1): 77-115.
- [6] Lemos, P.C., Levantesi, C., Serafim, L.S., Rossetti, S., Reis, M.A.M. and Tandoi, V. (2008) Microbial characterisation of polyhydroxyalkanoates storing populations selected under different operating conditions using a cell-sorting RT-PCR approach. Applied Microbiology and Biotechnology 78(2), 351-360.
- [7] Hoover, R., Hughes, T., Chung, H.J., Liu, Q. (2010). Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. Food Res Int. 43(2): 399-413.
- [8] Remar - Red Energía y Medio Ambiente (2011). Bioplásticos. Guía Práctica número 2. Visitado agosto 2020.
- [9] Reis, M.A.M. (2006) Recent advances in polyhydroxyalkanoate production by mixed aerobic cultures: From the substrate to the final product. Macromolecular Bioscience 6.



-
- [10] Serafim, L.S., Lemos, P.C., Albuquerque, M.G., Reis, M.A. (2008) Strategies for PHA production by mixed cultures and renewable waste materials. *Applied Microbiology and Biotechnology* 81(4), 615-628.
- [11] Zhao, X., Cornish, K. and Vodovotz, Y. (2019). Synergistic Mechanisms Underlie the Peroxide and Coagent Improvement of Natural-Rubber-Toughened Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) Mechanical Performance. *Polymers* 2019, 11(3), 565; <https://doi.org/10.3390/polym11030565>