



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2080>

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

Corn and quinoa starch bioplastics for use as biodegradable food wrappings

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradáveis

Alexandra Abigail Ledesma-Ugsiña ^I

alexandra.ledesma@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8646-9525>

Linda Mariuxi Flores-Fiallos ^{III}

linda.flores@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4516-6963>

Violeta Maricela Dalgo-Flores ^{II}

violeta.dalgo@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4004-5938>

Gabriela Cristina Chango-Lescano ^{IV}

gabriela.chango@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0228-7095>

Correspondencia: violeta.dalgo@epoch.edu.ec

***Recibido:** 08 de junio de 2021 ***Aceptado:** 08 de julio de 2021 * **Publicado:** 05 de agosto de 2021

- I. Ingeniera Química, Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Máster Universitario en Técnicas Experimentales en Química, Ingeniera Bioquímica, Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Máster Universitario en Química Orgánica, Ingeniera Química, Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- IV. Máster Universitario en Ciencia y Tecnología Química, Ingeniera Química, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Resumen

Los bioplásticos se procesan a partir de componentes naturales que se deterioran sencillamente en el entorno. En la actualidad son ampliamente utilizados a nivel industrial por sus múltiples ventajas frente a los plásticos derivados del petróleo. La presente investigación tiene como propósito obtener bioplásticos a partir de almidones de maíz y quinua para utilizarlos como envolturas alimenticias biodegradables. La extracción de almidón se realizó mediante vía húmeda y seca, con la correspondiente caracterización físico química en base a la norma INEN 1456, obteniendo así una materia prima de calidad. Las formulaciones para la síntesis de los bioplásticos se realizaron en base al diseño factorial 2k y su correspondiente análisis estadístico. Los resultados de la caracterización físico-química y mecánica de los bioplásticos determinaron que los tratamientos TM3 para el maíz y TQ1 para la quinua son los que presentan mejores propiedades. Las pruebas mecánicas se efectuaron de acuerdo con la norma INEN 2635 consiguiendo que los ensayos de tracción cumplan con los requisitos de calidad de láminas plásticas delgadas. En el ensayo de biodegradabilidad, se comprobó que la degradación en medio acuoso es más eficiente que en medio aerobio o anaerobio, ya que en sólo 20 días las biopelículas se degradaron en un 50 %, cumpliendo así con lo establecido por la norma EN 13432. Finalmente, mediante pruebas piloto se comprobó que los bioplásticos obtenidos pueden ser utilizados como envolturas alimenticias biodegradables.

Palabras clave: Almidón; Bioplásticos; Propiedades mecánicas; Biodegradabilidad; Envoltura.

Abstract

Bioplastics are processed from natural components that deteriorate slowly in the environment. In the present time they are widely used at the industrial level for their multiple advantages over petroleum-derived plastics. The present investigation has as purpose to obtain bioplastics from corn and quinoa starches to use them as biodegradable food wrappings. The extraction of starch was carried out using a wet and dry route, with the corresponding physical and chemical characterization based on the INEN 1456 standard, thus obtaining a raw material of quality. The formulations for the synthesis of the bioplastics will be carried out based on the 2k factorial design and its corresponding statistical analysis. The results of the physicochemical and mechanical characterization of bioplastics determine which treatments TM3 for the maize and TQ1 for the period are those that present the best properties. The mechanical pruebas were carried out in accordance with the INEN 2635 standard, thus ensuring

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

that the traction tests comply with the quality requirements of thin plastic sheets. In the biodegradability test, it was proved that the degradation in watery medium is more efficient than in aerobic or anaerobic medium, and that in just 20 days the biofilms degraded by 50%, thus complying with it established by the EN 13432 standard. Finally, by means of pilot tests it was verified that the bioplastics obtained could be used as biodegradable food wrappings.

Keywords: Almidón; Bioplastics; Mechanical properties; Biodegradability; wrapping.

Resumo

Os bioplásticos se processam a partir de componentes naturais que se deterioram profundamente no entorno. Na realidade, é utilizado ampliadamente um nível industrial por sus múltiples ventajas frente a los plásticos del petróleo. A presente investigação tem como propósito obtener bioplásticos a partir de almidonas de maíz y quinua para utilizar como envolturas alimenticias biodegradáveis. A extracción de almidón se realizada mediante vía húmeda y seca, con la correspondiente caracterización física química en base a la norma INEN 1456, obteniendo así una materia prima de calidad. Las formulaciones for la síntesis de los bioplásticos se realizaron en base al diseño factorial 2k y su correspondiente anlise estadístico. Los resultados de la caracterización físico-química y mecânica de los bioplásticos determinaron que los tratamientos TM3 para el maíz y TQ1 para la quinua son los que presentan mejores propiedades. Las pruebas mecánicas se realizamon de acuerdo con la norma INEN 2635 consiguiendo que los ensayos de tracción cumplan con los requisitos de calidad de láminas plásticas delgadas. En el ensayo de biodegradabilidad, se comprobó que la degradación en medio acuoso es más eficiente que en medio aerobio ou anaerobio, ya that en sólo 20 días las biopelículas se degradar on un 50%, cumpliendo también con lo establecido pela norma EN 13432. Finalmente, mediante pruebas piloto se comprobó que los bioplásticos obtenidos pueden ser utilizados como envolturas alimenticias biodegradáveis.

Palabras clave: Almidón; Bioplásticos; Propiedades mecánicas; Biodegradabilidad; Envoltura.

Introducción

Los plásticos derivados del petróleo gracias a su durabilidad, resistencia y bajo costo han aumentado su utilidad de forma desmesurada. Sin embargo, éstos provocan grandes daños ambientales a causa de su inadecuado desecho y largo periodo de descomposición, perjudicando a los diferentes tipos de

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

ecosistemas del planeta (Charro, 2015, pp.1-3). Hoy en día, como solución a esta problemática se están sintetizando bioplásticos, como nuevos productos que cumplan con las mismas características y funciones que los polímeros sintéticos, y, por lo tanto, son considerados como una alternativa ecológica para el medio ambiente. Uno de los beneficios que brindan las envolturas biodegradables es que su compostaje logra actuar como fertilizante para el suelo, favoreciendo así a un óptimo desarrollo de los cultivos. (Ballesteros, 2014, pp. 9-12)

Los biopolímeros al provenir de recursos renovables o combustibles fósiles se transforman en una valiosa oportunidad para la industria de los plásticos. Según la International Standard Organization (ISO), los bioplásticos son conocidos como aquellos plásticos que se deterioran por la acción de microorganismos (Rodríguez , 2012, p.70). Es por ello, que los bioplásticos están mostrando ser materiales innovadores en la industria debido a que en su mayor parte proceden de recursos renovables, su tiempo de degradación es más corto y no generan desechos tóxicos o químicos al momento de descomponerse. (Valero et al., 2013, p.172)

El polímero más utilizado para la obtención de películas biodegradables es el almidón, generalmente este carbohidrato es almacenado en las raíces, tubérculos, frutas y semillas de las plantas. (Iguardia, 2013, p.3). En países latinoamericanos como en el Ecuador existe una alta producción agrícola de cereales, tales como el trigo, cebada, quinua y maíz, los cuales son considerados como fuentes renovables para la elaboración de bioplástico. Específicamente los almidones de maíz y quinua son biopolímeros amigables con el medio ambiente, pues al plastificarlo se obtiene un tipo de plástico biodegradable (Charro, 2015, pp. 1-5).

Frecuentemente las industrias alimenticias presentan elevados índices de problemas ambientales a causa de la nula reutilización de sus envolturas, y tampoco son medioambientalmente sostenibles (Innovatec, 2016). Además, se vinculan ciertos riesgos para la salud, como es la migración de sustancias nocivas del empaque al alimento (Pizá et al., 2017, p.17). Otra de las prioridades que busca esta industria es que sus empaques sean completamente biodegradables y, por consiguiente, ayuden en la preservación y protección de cualquier producto alimenticio con el propósito de alargar su vida útil. Los biopolímeros más usados para la fabricación de envolturas para alimentos son el almidón, celulosa, quitosano, caseína y colágeno. (Rodríguez y Orrego, 2016: pp.253-258)

Por tal motivo, buscando una solución a este problema se propone desarrollar un estudio de obtención de bioplásticos a partir del almidón de maíz y quinua con el fin de minimizar el uso del plástico

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

convencional, al ser estos productos biodegradables consiguen que todos sus componentes que la integran logren regresar a la naturaleza adaptándose en las fases naturales de la materia.

Materiales y métodos

Selección de la materia prima

Debido a las diferentes variedades de maíz y quinua que existen, las especies seleccionadas para las extracciones de los almidones corresponden al maíz amiláceo (*Zea mays amilácea*) y a la quinua inia 431 – altiplano (*Chenopodium quinoa*).

La selección de estas especies se llevó a cabo mediante un muestreo selectivo realizado en los diferentes mercados de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, donde se consideró 8 kg tanto de maíz como de quinua para su respectiva caracterización; escogiendo así al maíz tierno y la quinua seca blanca para la extracción de los almidones.

Extracción de los almidones de maíz y quinua

La extracción de los almidones se realizó por los métodos de vía humedad y vía seca, de tal forma, que en base al diseño factorial 2k se obtuvieron 24 pruebas con 6 tratamientos, con la finalidad de seleccionar el tratamiento más óptimo para el maíz y la quinua. El procedimiento inició con la limpieza y lavado de las semillas de maíz y quinua, y posterior etapa de germinación de las muestras en agua purificada por aproximadamente de 24 horas. A continuación, se trituró las semillas de maíz y quinua considerando 200 g de muestra en 500 mL de agua purificada. La filtración de la muestra se realizó a través de un medio mecánico poroso con el fin de separar los desechos generados de la materia prima y conseguir una suspensión (12 horas). El proceso de secado del almidón se efectuó en un secador de bandejas a una temperatura de 30-35 °C por 6 horas. Finalmente se utilizó la torre de tamices para el proceso de tamizado, con el fin de obtener almidón homogéneo de un tamaño de poro de 38 µm. Se almacenó la materia prima en bolsas herméticas a temperatura ambiente y en lugar libre de humedad. El porcentaje de rendimiento de los almidones de maíz y quinua se calcularon mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidón obtenido (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100 \quad (1)''$$

Síntesis de bioplástico

En base al diseño factorial 2k se originaron 4 formulaciones diferentes para la obtención de bioplástico a partir de maíz y de quinua, considerando la cantidad de glicerina y ácido acético para alcanzar buena elasticidad y resistencia de la biopelícula. En cambio, las cantidades de almidón y agua destilada aportan con una mejor homogenización de la mezcla con el fin de conseguir un material firme.

La síntesis de bioplástico se efectuó mediante la metodología descrita por (Charro, 2015). Se pesó el almidón de maíz y quinua en base a las formulaciones planteadas en el diseño factorial 2k y se hidrató. La mezcla se colocó a baño maría sobre un reverbero a una temperatura de 85 °C. Posteriormente se añadió 2 ml de glicerina y 4 ml de vinagre manteniendo agitación constante hasta alcanzar la temperatura de gelatinización. La mezcla se vertió en una placa de vidrio, y se colocó en la estufa por 24 horas a una temperatura de 45°C. Finalmente se retiró el bioplástico obtenido de las placas para su respectiva caracterización.

Ensayos de Caracterización de los Bioplásticos

Espesor de los bioplásticos

El espesor de cada una de las láminas de 2,5 cm x 2,5 cm se midió empleando el pie de rey (Charro, 2015, p. 31)

Humedad

El porcentaje de humedad se determinó de forma gravimétrica en estufa a temperatura de 105 °C por 24 horas (Charro, 2015, p. 32):

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso inicial del bioplástico} - \text{Peso final del bioplástico}}{\text{Peso inicial del bioplástico}} \times 100 \quad (2)''$$

Solubilidad en el agua

Los bioplásticos secos se colocaron en 80 mL de agua desionizada con agitación constante a 100 rpm durante 60 mins, enseguida fueron filtrados y colocados en una estufa a una temperatura de 40°C hasta que las muestras estén completamente secas, luego se incrementó la temperatura a 105 °C donde se consiguió un peso constante. (Charro, 2015, p. 32)

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

$$\% \text{Solubilidad} = \frac{\text{Peso inicial de lámina seca} - \text{Peso final de lámina seca}}{\text{Peso inicial de lámina seca}} \times 100 \quad (3)''$$

Transmisión de vapor de agua

La transmisión de vapor de agua consistió en utilizar sílice gel previamente activada a una temperatura de 200 °C durante 24. Las muestras de bioplásticos de 2,5 cm x 2,5 cm fueron colocadas en la boca del tubo de ensayo en donde se encontraba la sílice gel, y se sellaron de manera hermética con cinta de embalaje para evitar daños adversos. Las muestras fueron almacenadas en gradilla. Por último, se colocaron las muestras en un desecador a temperatura ambiente durante 5 días, el ensayo concluyó cuando el bioplástico obtuvo un peso constante. (Charro, 2015, pp. 32-33)

Ecuación para la Permeabilidad de Vapor de Agua

$$\text{WVP} = \frac{\text{WVTR} * e}{\Delta p} \quad (4)''$$

Donde:

WVP: permeabilidad al vapor de agua expresada en (g*h-1 *m-1 * MPa-1).

WVTR: tasa de transmisión de vapor de agua (g/h*m2).

s': presión de vapor de agua a la temperatura de ensayo (MPa) T=21°C.

e: espesor (m).

Ensayos de Tracción

Este ensayo se realizó en base a la norma NTE INEN 2635:2012 Método de Ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas. Se basa en deformar una probeta a lo largo de su eje con una velocidad constante, empleando una fuerza definida, con el propósito de romper la probeta y poder verificar su resistencia (INEN 2043, 2013, p. 3).

Biodegradabilidad

Este ensayo se analizó en base al método gravimétrico, las muestras de 2,5 cm x 2,5 cm se evaluaron en condiciones aeróbicas, anaeróbicas y medio acuoso. La descomposición en medio anaerobio y aerobio fue valorada cada 5 días durante un mes. En cambio, la biodegradabilidad en agua se analizó

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

cada 5 días por un tiempo de 4 semanas debido a la alta deformación de las láminas (Charro, 2015, pp. 33-34)

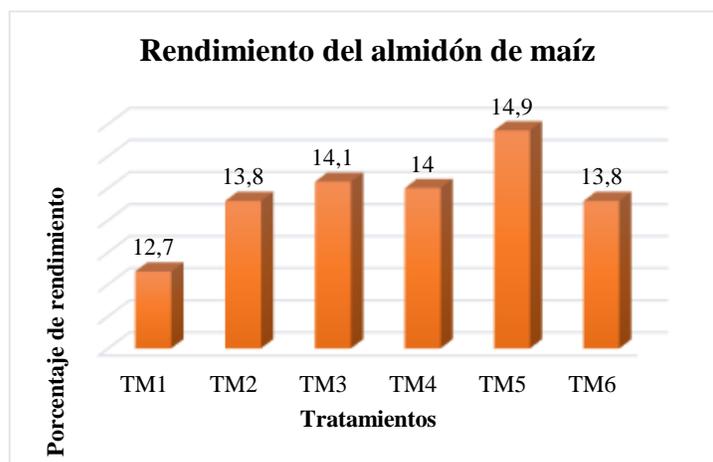
$$\%Pérdida\ de\ peso = \frac{\text{Peso inicial seco de la lámina} - \text{Peso final seco de la lámina}}{\text{Peso inicial seco de la lámina}} \times 100 \quad (5)''$$

Resultados y Discusión

Análisis de resultados de la extracción de los almidones

El tratamiento que presentó mayor porcentaje de rendimiento de almidón de maíz constituye el tratamiento TM5 como se observa en la Figura 1, con un valor de 14,81 %, consiguiendo un porcentaje superior a 5,72 % obtenido por Riera (2020, p. 7). Por otro lado, el tratamiento seleccionado para la quinua fue el TQ3 con 12,01 % de contenido de almidón de quinua como se observa en la Figura 2, obteniendo un valor inferior a lo reportado por Quinto et al., (2015, p. 48), sin embargo, puede existir variación de acuerdo a la especie de quinua utilizada.

Figura 1: Resultados del rendimiento del almidón de maíz



Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

Figura 2: Resultados del rendimiento del almidón de quinua



Análisis de resultados de la composición química del almidón de maíz y quinua

El análisis del contenido de amilosa y amilopectina en el almidón se realizó en el Laboratorio INIAP, reportando los siguientes resultados: 21,23 % - 78,77 % para el maíz y 20,09 - 79,91 % para la quinua respectivamente. Los resultados obtenidos fueron muy favorables, debido a que se encuentran dentro los límites establecidos por otras investigaciones, como es el caso de Urango (2018, p. 193). En el caso de la quinua el contenido de amilosa que describe Huamani et al., (2020, p. 382) puede oscilar entre (4 – 25) % y el de amilopectina (75 - 96) %, quien empleó diferentes métodos de extracción dependiendo de la variedad de quinua usada, por lo tanto, a mayor contenido de amilosa menor concentración de almidón se utilizará en la elaboración de los bioplásticos.

Los análisis para la caracterización del almidón de maíz y quinua se efectuaron en base a la norma NTE INEN 1456 y la Guía Técnica para Producción y Análisis del Almidón de Yuca. Los resultados para el almidón de maíz y quinua se muestran en la Tabla 1, donde se puede establecer que los valores se encuentran dentro de los límites establecidos por las normativas mencionadas, recalcando que la materia prima obtenida cumple con todos los requisitos de calidad establecida.

Tabla 1: Resultados obtenidos de la caracterización físico-química del almidón de maíz y quinua.

Parámetros	Resultado obtenido del almidón de maíz	Resultado obtenido del almidón de quinua	Rango estándar	Método de ensayo
Amilosa (%)	21,23%	20,09%	17 - 24 %	(Huamani et al., 2020, p. 382)
Amilopectina (%)	78,77%	79,91%	76 - 83 %	
Humedad (%)	12,74%	11,40%	11,6 – 20,0 %	(Urango, 2018, pp. 192-1993)
Cenizas (%)	0,93%	1,08%	0,06 - 1,30 %	(INEN 1456, 2012)
pH	5,42	4,52	4,5 – 6,5	

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

Azúcares totales	0,23%	3,95%	2,5 - 4,7 %	(FAO, 1999, pp. 65-72)
Solubilidad	Soluble	Soluble	Presencia de opalescencia	
Sensibilidad	Color azul intenso	Color azul intenso	Color azul intenso	
Temperatura de gelatinización (°C)	64,33 °C	64 °C	57,5 – 70,0 °C	

Caracterización físico-química de los bioplásticos de maíz y quinua					
Tratamiento	Bioplástico	Ensayo	Resultado Obtenido	Rango Estándar	Norma
TM3	Maíz	Espesor (mm)	0,20	0,07 - 0,20	(INEN 2542, 2010, p. 3)
		Humedad (%)	37,63	25,95 - 42,71	(Guamán, 2019, p. 41)
		Solubilidad (%)	19,38	14,84 - 60,96	(Trujillo, 2014, pp. 75-87)
		Permeabilidad de vapor ($g \cdot h^{-1} \cdot m^1 \cdot MPa^{-1}$)	0,0370	0,03 – 0,374	
		Análisis Microbiológico (UFC/g)	Ausencia	-	(FAO, 1999, pp. 93-99)
TQ1	Quinua	Espesor (mm)	0,15	0,07 - 0,20	(INEN 2542, 2010, p. 3)
		Humedad (%)	30,02	25,95 - 42,71	(Guamán, 2019, p. 41)
		Solubilidad (%)	18,02	14,84 - 60,96	(Trujillo, 2014, pp. 75-87)
		Permeabilidad de vapor ($g \cdot h^{-1} \cdot m^1 \cdot MPa^{-1}$)	0,0231	0,03 – 0,374	
		Análisis Microbiológico (UFC/g)	Ausencia	-	(FAO, 1999, p. 94)

Análisis de resultados de la caracterización físico-química y mecánica de los bioplásticos de maíz y quinua

En la Tabla 2, se muestra un resumen de los resultados obtenidos de la caracterización físico-química realizada a las biopelículas tanto de maíz como de quinua. Para esto, se tomó en cuenta los bioplásticos con mejores resultados en el análisis sensorial siendo para el maíz el tratamiento TM3 y para la quinua el tratamiento TQ1. Por otro lado, también se puede evidenciar los rangos estándar establecidos por las normas INEN 2542, FAO 1999 y de investigaciones ejecutadas por Trujillo, 2014 y Guamán, 2019. Al comparar los resultados obtenidos con los rangos establecidos por las diferentes normativas y estudios mencionados, se puede verificar que los valores alcanzados cumplen con los requisitos de calidad que deben tener las láminas plásticas delgadas para ser utilizadas como envolturas de alimentos.

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

Tabla 2: Caracterización físico-química de los bioplásticos de maíz y quinua.

Por otro lado, en la Tabla 3 se muestra el resumen de los resultados obtenidos de la caracterización mecánica de los bioplásticos de maíz y quinua, tomando como referencia las láminas TM3 para el maíz y TQ1 para la quinua, debido a que presentaron mejores resultados en relación con los demás tratamientos preliminares, del mismo modo, al comparar los datos con un estudio realizado por Trujillo (2014, pp. 93-108), se puede observar que los valores se encuentran dentro de los rangos establecidos, considerando los mismos valores de referencia para ambos bioplásticos.

Tabla 3: Caracterización mecánica de los bioplásticos de maíz y quinua.

Caracterización mecánica de los bioplásticos de maíz y quinua					
Tratamiento	Bioplástico	Ensayo de Tracción	Resultado Obtenido	Rango Estándar	Norma
TM3	Maíz	Módulo de elasticidad (MPa)	2,44	0,1710 – 211,638	(Trujillo, 2014, pp. 93-108)
		Esfuerzo máximo (MPa)	0,64	0,50 – 25,6	
		Esfuerzo de fluencia (MPa)	0,61	0,171 – 7,761	
		Elongación máxima (%)	33,78	20,7 – 121	
TQ1	Quinua	Módulo de elasticidad (MPa)	1,57	0,1710 – 211,638	
		Esfuerzo máximo (MPa)	0,40	0,50 – 25,6	
		Esfuerzo de fluencia (MPa)	0,37	0,171 – 7,761	
		Elongación máxima (%)	29,18	20,7 – 121	

Análisis de resultados de la biodegradabilidad de los bioplásticos de maíz y quinua

El ensayo de biodegradabilidad del bioplástico de maíz se encuentra representado en la Figura 3, en el cual se puede analizar la descomposición de las láminas biodegradables con el pasar de los días de acuerdo a los procesos aerobio, anaerobio y acuoso. De la misma manera, en la Figura 4, se observa los porcentajes de pérdida de masa de las biopelículas de quinua. Durante el periodo de prueba, las láminas se degradaron casi en un 50 % entre 20 y 30 días, cumpliendo así con lo establecido en la norma EN 13432 donde menciona que un material compostable debe descomponerse como mínimo el 90 % de su estructura física durante 6 meses. Por otro lado, Riera (2020, p. 9) obtuvo un porcentaje de biodegradación de 89,40 % en 42 días, siendo resultados muy favorables ya que estos nuevos productos ayudan a disminuir el impacto ambiental generado por los plásticos comunes. Mientras que, una investigación realizada por Meza et al., (2019, p. 77), reportó datos de biodegradabilidad que oscilan entre (50,6 – 64,21) % utilizando el análisis en medio acuoso con un tiempo aproximado

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

de 60 días, relacionando los valores obtenidos con el estudio mencionado, se puede evidenciar que los bioplásticos de maíz y quinua son completamente biodegradables capaces de descomponerse en cualquier medio.

Figura 3: Análisis de biodegradabilidad del Bioplástico de Maíz.

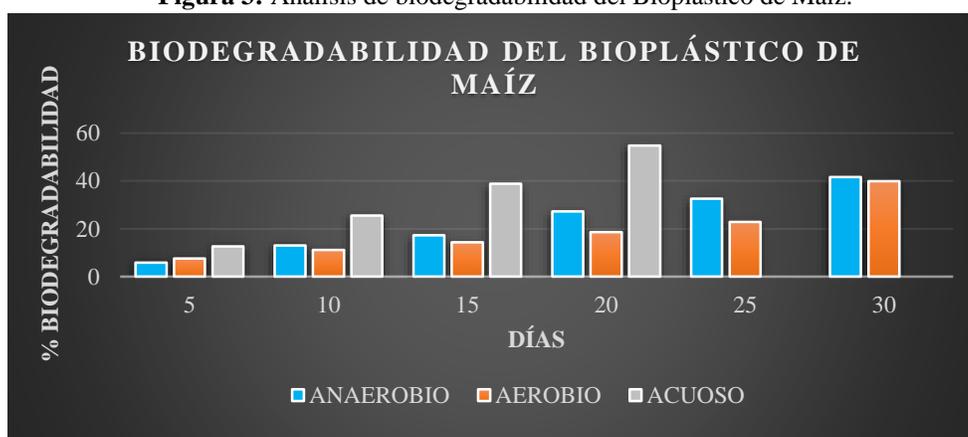
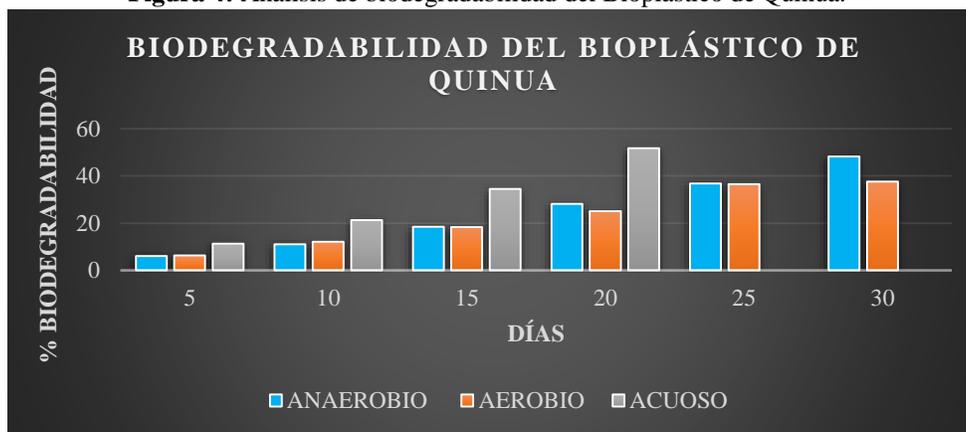


Figura 4: Análisis de biodegradabilidad del Bioplástico de Quinua.



Uso de los bioplásticos de almidón y quinua como envoltura alimenticia biodegradable

Los resultados de las pruebas piloto de los bioplásticos de maíz y quinua como envolturas alimenticias fueron muy satisfactorios, debido a que cumplieron con las mismas funciones que las envolturas sintéticas es decir mantener, alargar y proteger la vida útil de los alimentos de prueba (verduras), principalmente de microorganismos externos, garantizando así la calidad de los productos y el bienestar de los consumidores.

Conclusiones

Los métodos de vía húmeda y vía seca permiten obtener almidón de maíz y quinua con un rendimiento de 14,81% y 12,01% respectivamente. Biopolímero que cumple con los parámetros de la norma NTE INEN 1456 para su utilización en la síntesis de bioplásticos.

De acuerdo a la caracterización físico química y mecánica de los bioplásticos se establece que la mejor formulación para el bioplástico de maíz se obtiene con 2,5 g de almidón y 35 ml de agua para el maíz, mientras que para el bioplástico de quinua la mejor formulación se obtiene con 2,0 g de almidón y 25 ml de agua. Estos bioplásticos de 0,20 y 0,15 mm de espesor se caracterizan por ser láminas resistentes, estables, con buena elasticidad y transparencia. El análisis físico-químico reporta resultados de porcentaje de humedad de 37,63 y 30,02 %, solubilidad de 19,38 y 18,02 % y permeabilidad de vapor de agua 0,037 y 0,023 $g \cdot h^{-1} \cdot m \cdot MPa^{-1}$ para el maíz y quinua respectivamente. El análisis mecánico es favorable debido a que todos los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos, consiguiendo un módulo de elasticidad de 2,44 y 1,57 Mpa, esfuerzo máximo de 0,64 y 0,40 Mpa, esfuerzo de fluencia de 0,61 y 0,37 Mpa y elongación máxima de 33,78 y 29,18 % para el maíz y la quinua.

La biodegradabilidad de los bioplásticos se efectúa en medio aerobio, anaerobio y agua en base a la norma EN 13432, considerando que la descomposición en medio acuoso fue más eficiente, ya que las láminas se degradan en 20 días el 50 % de su estructura. Además, con el análisis microbiológico se puede concluir que los bioplásticos se encuentran libres de microorganismos patógenos, por lo tanto, todas las propiedades de los bioplásticos permiten que éstos puedan ser utilizados como envolturas de alimentos.

Referencias

1. Ballesteros, L. (2014). Los bioplásticos como alternativa verde y sostenible de los plásticos basados en petróleo [Universidad de San Buenaventura Cartagena]. <https://pdfs.semanticscholar.org/c977/860310d826dc20741c8cb9c7e17559b79a89.pdf>
2. Charro, M. (2015). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata. [Universidad Central Del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

3. FAO. (1999). Análisis físicoquímico del almidón. Guía Técnica Para La Producción y Análisis de Almidón de Yuca., 140, 61–134.
4. Gómez, S. & Yory, F. (2018). Aprovechamiento de recursos renovables en la obtención de nuevos materiales. Ingenierías USBMed, 9(1), 69–74. <https://doi.org/10.21500/20275846.3008>
5. Guamán, J. (2019). Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial [Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. In Facultad de ciencias. <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>
6. Huamani, A., Ramírez, J. C. & Juárez, J. (2020). Optimización del proceso de cocción de quinua utilizando el diseño 3k y la función de deseabilidad: Grado de geletización, índice de absorción de agua, índice de solubilidad y desprendimiento de coliletones. Scientia Agropecuaria, 11(3), 381–390. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.10>
7. Iguardia, C. (2013). Síntesis y caracterización de bioplástico a partir del almidón de banano verde (Musa sapientum variedad Cavendish). [Universidad De San Carlos De Guatemala]. In Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
8. INEN 2542. (2010). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1–10. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2542.pdf>
9. Innovatec. (2016). Bioplásticos y aceites esenciales vegetales son tendencia en la industria del envasado de alimentos. Innovatec. <https://higieneambiental.com/higiene-alimentaria/bioplásticos-y-aceites-esenciales-vegetales-son-tendencia-en-la-industria-del-ensado-de-alimentos>
10. Joana Rodriguez, Lady, & Orrego, C. (2016). Aplicaciones de mezclas de biopolímeros y polímeros sintéticos: revisión bibliográfica. Revista Científica, 0124 2253, 1–13. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.25.a9>
11. Meza, P., Quipuzco, L., & Meza, V. (2019). Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad - Proyecto de laboratorio. Rev. Del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM, 22, 67–80. [file:///C:/Users/user/Downloads/16691-Texto del artículo-58242-1-10-20190911 \(3\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/16691-Texto del artículo-58242-1-10-20190911 (3).pdf)

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

12. NTE INEN 2043:2013. (2013). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2043 : 2013 Primera revisión. First Edit, 1–18. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2043-1.pdf>
13. Pizá, H., Rolando, S., Ramirez, C., Villanueva, S., & Zapata, A. (2017). Análisis Experimental De La Elaboración De Bioplástico a Partir De La Cáscara De Plátano Para El Diseño De Una Línea De Producción Alterna Para Las Chifleras De Piura, Perú. In Pirhua. Universidad De Piura.
14. Porras, D. & Arana, N. (2014). Evaluación de las propiedades físicas de bioplásticos termo-comprimidos elaborados con harina de yuca. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 40–48. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a05.pdf>
15. Quinto, D., Córdor, K., Solano, M., & Silva, C. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca junín. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 81(1), 44–54. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000100006
16. Riera, M. A. (2020). Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Colón Ciencias, Tecnología Y Negocios*, 7(1), 1–11. https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/1134
17. Rivera, C., Contreras, F., Ariza, W., Bonilla, S., & Cruz, A. (2019). Los Empaques Biodegradables, una respuesta a la consciencia ambiental de los Consumidores. *Realidad Empresarial*, 7, 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/reuca.v0i7.7830>
18. Rodríguez, A. (2012). Biodegradabilidad de materiales bioplásticos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 22(3), 69–72. https://www.researchgate.net/publication/328676031_Biodegradabilidad_de_materiales_bioplasticos
19. Trujillo Rivera, C. T. (2014). Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (*manihot esculente crantz*) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos. *Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD*, 1–147. <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

20. Urango, L. (2018). Componentes del maíz en la nutrición humana. *Revistas UdeA*, 185–209. <file:///C:/Users/EDI/Downloads/336229-Texto del capítulo-161342-1-10-20181031.pdf>
21. Valero, M., Ortigón, Y., & Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: Avances y Perspectivas. *DYNA* (Colombia), 80(181), 171–180. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n181/v80n181a19.pdf>
22. Ballesteros, L. (2014). Los bioplásticos como alternativa verde y sostenible de los plásticos basados en petróleo [Universidad de San Buenaventura Cartagena]. <https://pdfs.semanticscholar.org/c977/860310d826dc20741c8cb9c7e17559b79a89.pdf>
23. Charro, M. (2015). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata. [Universidad Central Del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>
24. FAO. (1999). Análisis físicoquímico del almidón. *Guía Técnica Para La Producción y Análisis de Almidón de Yuca.*, 140, 61–134.
25. Gómez, S. & Yory, F. (2018). Aprovechamiento de recursos renovables en la obtención de nuevos materiales. *Ingenierías USBMed*, 9(1), 69–74. <https://doi.org/10.21500/20275846.3008>
26. Guamán, J. (2019). Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial [Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. In *Facultad de ciencias*. <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>
27. Huamani, A., Ramírez, J. C. & Juárez, J. (2020). Optimización del proceso de cocción de quinua utilizando el diseño 3k y la función de deseabilidad: Grado de geletización, índice de absorción de agua, índice de solubilidad y desprendimiento de coliletones. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 381–390. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.10>
28. Iguardia, C. (2013). Síntesis y caracterización de bioplástico a partir del almidón de banano verde (*Musa sapientum* variedad Cavendish). [Universidad De San Carlos De Guatemala]. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
29. INEN 2542. (2010). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1–10. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2542.pdf>

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

30. Innovatec. (2016). Bioplásticos y aceites esenciales vegetales son tendencia en la industria del envasado de alimentos. Innovatec. <https://higieneambiental.com/higiene-alimentaria/bioplasticos-y-aceites-esenciales-vegetales-son-tendencia-en-la-industria-del-ensado-de-alimentos>
31. Joana Rodriguez, Lady, & Orrego, C. (2016). Aplicaciones de mezclas de biopolímeros y polímeros sintéticos: revisión bibliográfica. *Revista Científica*, 0124 2253, 1–13. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.25.a9>
32. Meza, P., Quipuzco, L., & Meza, V. (2019). Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad - Proyecto de laboratorio. *Rev. Del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*, 22, 67–80. [file:///C:/Users/user/Downloads/16691-Texto del artículo-58242-1-10-20190911 \(3\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/16691-Texto del artículo-58242-1-10-20190911 (3).pdf)
33. NTE INEN 2043:2013. (2013). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2043 : 2013 Primera revisión. First Edit, 1–18. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2043-1.pdf>
34. Pizá, H., Rolando, S., Ramirez, C., Villanueva, S., & Zapata, A. (2017). Análisis Experimental De La Elaboración De Bioplástico a Partir De La Cáscara De Plátano Para El Diseño De Una Línea De Producción Alternativa Para Las Chifleras De Piura, Perú. In Pirhua. Universidad De Piura.
35. Porras, D. & Arana, N. (2014). Evaluación de las propiedades físicas de bioplásticos termo-comprimidos elaborados con harina de yuca. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 40–48. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a05.pdf>
36. Quinto, D., Córdor, K., Solano, M., & Silva, C. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca junín. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 81(1), 44–54. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000100006
37. Riera, M. A. (2020). Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Colón Ciencias, Tecnología Y Negocios*, 7(1), 1–11. https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/1134

Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables

38. Rivera, C., Contreras, F., Ariza, W., Bonilla, S., & Cruz, A. (2019). Los Empaques Biodegradables, una respuesta a la consciencia ambiental de los Consumidores. *Realidad Empresarial*, 7, 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/reuca.v0i7.7830>
39. Rodríguez, A. (2012). Biodegradabilidad de materiales bioplásticos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 22(3), 69–72. https://www.researchgate.net/publication/328676031_Biodegradabilidad_de_materiales_bioplasticos
40. Trujillo Rivera, C. T. (2014). Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (manihot esculente crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos. *Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD*, 1–147. <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
41. Urango, L. (2018). Componentes del maíz en la nutrición humana. *Revistas UdeA*, 185–209. [file:///C:/Users/EDI/Downloads/336229-Texto del capítulo-161342-1-10-20181031.pdf](file:///C:/Users/EDI/Downloads/336229-Texto%20del%20capítulo-161342-1-10-20181031.pdf)
42. Valero, M., Ortigón, Y., & Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: Avances y Perspectivas. *DYNA* (Colombia), 80(181), 171–180. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n181/v80n181a19.pdf>

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

[\(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).