



## Influencia del tipo de plastificante en la elaboración de bioplásticos, a partir de almidón de papa (*Solanum tuberosum*)

### Influence of plasticizer type on bioplastics development, from potato (*Solanum tuberosum*), starch

Paola Andrea Vargas Moreno., Oscar Julio Medina Vargas

Grupo de investigación en Química y Tecnología De Alimentos, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-Tunja, Boyacá, Colombia

#### Resumen

Se caracterizó el almidón de tres variedades de papa (criolla, sabanera y pastusa) y se determinó el porcentaje de rendimiento. Los valores obtenidos fueron de 20.24, 6.50 y 16.25% para el almidón de papa criolla, pastusa y sabanera, respectivamente. Se desarrollaron bioplásticos a partir de almidón de papa con cuatro tipos de plastificantes. El material fue mezclado y vaciado en un molde se sometió a una temperatura de 40 °C por 4 horas. Se evaluaron las concentraciones de plastificante con el fin de obtener un material resistente y con un porcentaje bajo de solubilidad en agua. Las proporciones de los componentes de la mezcla fueron 62% de almidón y 38% de plastificante. La variedad de papa apropiada para este estudio fue la de papa criolla, debido a que presenta mayor contenido de materia seca y su porcentaje de rendimiento es mayor. Los bioplásticos presentaron un porcentaje de solubilidad en agua de 17-24%, mayor resistencia en medio ácido que medio alcalino y permeabilidad en los aceites.

**Palabras clave:** Amilosa, Amilopectina, Bioplástico, Espectroscopia infrarroja (IR), Difracción de Rayos X.

#### Abstract

In the present study, three starch potato varieties (Creole, sabanera and pastusa) were characterized and throwing percent yield values 20.24, 6.50 and 16.25% for native potato starch, pastusa and sabanera respectively were determined. Besides, bioplastics were developed from potato starch with four types of plasticizers. The material was mixed and placed in a mold at a temperature of 40 °C for 4 hours. Different concentrations of plasticizer were evaluated in order to obtain a durable material with a percentage of solubility in water. The proportions of the components of the mixture were 62% starch and 38% plasticizer, the variety of appropriate potato this Creole study was the pope because it has higher dry matter and the rate of return is higher. Bioplastics showed a percentage of water solubility of 17 to 24%, increased resistance in acid medium than in alkaline medium and permeability oils.

**Key words:** Amylose, amylopectin, bioplastic, infrared spectroscopy (IR), X-ray diffraction.

## 1. Introducción

En el mundo actualmente se consumen más de 200 millones de toneladas de plásticos derivados del petróleo, con un incremento anual del 5%. Muchos de estos plásticos son desechados al mar, lo que ocasiona una gran problemática de contaminación, debido a que estos tardan millones de años en descomponerse. Por otra parte, el petróleo, del cual se obtiene casi todo el plástico disponible, es un recurso que tiene a su alrededor un amplio espectro de destrucción medio ambiental y social (Siracusa, V. *et al.*, 2006), y que tiende a agotarse en el futuro próximo. Por ello se hace necesario e importante emplear nuevas alternativas para la elaboración de plásticos de fácil degradación mediante el empleo de materias primas renovables.

Hasta el momento la mayoría de plásticos que se comercializan esta basados en petroquímicos como son como tereftalato de polietileno (PET), cloruro de polivinilo (PVC), polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y poliamida (PA), los cuales se han utilizado cada vez más como materiales de embalaje debido a su gran disponibilidad y costo relativamente bajo, y a su rendimiento mecánico expresado como resistencia a la tracción y resistencia al desgarrar, buena barrera al oxígeno, al dióxido de carbono, a los aromas, presenta buena capacidad de sellado térmico, y entre otras muchas propiedades. Es urgente crear conciencia para que su uso sea restringido, teniendo en cuenta que no son totalmente reciclables y/o biodegradables, por lo que plantean graves problemas ecológicos (Sorrentino *et al.*, [20]). Los plásticos derivados del petróleo han creado una gran problemática a nivel mundial ambientalmente hablando debido a su mal manejo y mala disposición de residuos de los mismos como alternativa de solución a estos problemas ha surgido un nuevo grupo de polímeros fácilmente degradables y provenientes de fuentes naturales renovables, denominados plásticos o polímeros biodegradables. Los plásticos biodegradables son materiales que mediante la

acción de microorganismos o enzimas son degradados a compuestos de bajo peso molecular aprovechables por organismos presentes en el medio ambiente (Cerón *et al.*, 2013).

Un polímero es un compuesto sintético o natural formado a partir de la repetición de una unidad estructural llamado monómero. Los polímeros han estado presentes en la vida y la naturaleza desde sus comienzos. Los polímeros artificiales surgen a mediados del siglo diecinueve y su desarrollo perdura hasta nuestros días. Los primeros polímeros artificiales se obtuvieron a base de la transformación de polímeros naturales (caucho, seda, algodón, etc.). Se cree que el primer polímero fue creado por Charles Goodyear en 1839 con el vulcanizador de caucho (Ruíz, Montoya y Paniagua *et al.*, 2009). El desarrollo de los polímeros ha sido uno de los mayores avances tecnológicos llevados a cabo por el hombre puesto que se ha convertido en el material base para desarrollar los plásticos.

Los polímeros biodegradables se están volviendo cada vez más importantes para varias aplicaciones, pero hay muy pocos polímeros disponibles comercialmente (Valero *et al.*, 2013). Aunque las autoridades ambientales están haciendo su trabajo, reglamentando el reciclaje en los diferentes sectores e implantando controles sobre la gran cantidad de bolsas plásticas que se consumen diariamente, han surgido ideas como el uso de materiales biodegradables derivados de recursos naturales, para disminuir el impacto ambiental que genera el uso de polímeros sintéticos (Ruíz, G. *et al.*, 2009, Beltrán *et al.*, 2011).

El almidón es un polímero natural. Se trata de un tipo de hidrato de carbono constituido por moléculas grandes que la planta sintetiza durante la fotosíntesis y les sirve como reserva energética. Cereales como el maíz y tubérculos, como la papa, contienen gran cantidad de almidón.

El almidón puede ser procesado y convertido en plásticos, pero como es soluble en agua, se ablanda y deforma cuando entra en contacto con la humedad.

Esto puede ser solucionado modificando químicamente el almidón que se extrae del maíz, trigo o papa. En presencia de un microorganismo el almidón es transformado en una molécula más pequeña (un monómero), el ácido láctico. Luego el ácido láctico es tratado químicamente de manera que forma cadenas o polímeros, los que se unen entre sí para formar un polímero llamado Ácido profiláctico. Varios estudios han demostrado que la estabilidad de los polímeros depende de la relación entre amilosa/amilopectina, debido a que esta influye en su espesor, color, humedad y propiedades mecánicas; se ha observado que ha mayor contenido de amilosa la sensibilidad a la humedad aumenta y por lo tanto sus propiedades mecánicas (Valero et al, 2013). Los biopolímeros elaborados con almidón de papa constituye una barrera mayor al oxígeno aunque presenta propiedades más débiles que los de maíz y trigo [22].

## 2. Metodología

**Obtención de la materia prima.** Las muestras de papa (*Solanum tuberosum*) variedades (sabanera, pastusa y criolla) se obtuvieron en la plaza de mercado del norte de la ciudad de Tunja.

**Extracción del almidón.** El almidón de papa se extrajo siguiendo la metodología propuesta por (Aristizábal et al, 2007) con algunas modificaciones.

**Obtención de celulosa.** Posterior a la extracción de almidón se recuperó la fibra desecho para realizar la extracción de la celulosa, la cual se lavó nuevamente y se secó en estufa a 60 °C durante 24 horas, una vez seca la celulosa se pulverizó en un molino analítico IKA A 11 BASIC, y finalmente se tamizó para obtener partículas más finas. siguiendo la metodología propuesta por (Jiménez et al., 2011, Johar et al., 2012) con algunas modificaciones.

**Caracterización de almidones.** Los almidones obtenidos se caracterizaron mediante análisis proximal, difracción de rayos X y espectroscopia

infrarroja por ATR en equipo Nicoler IS50 FT- IR. En el análisis proximal se les determinó el porcentaje de carbohidratos, de materia seca, humedad, porcentaje de cenizas, de fibra cruda, de grasa, de proteína y de calorías.

**Elaboración de bioplásticos.** Una vez analizado el contenido de almidón en cada una de las variedades de papa seleccionadas, se determinó elaborar los bioplásticos a partir de papa criolla debido a su mayor porcentaje de rendimiento y debido a que hay muy pocos estudios de elaboración de bioplásticos con este tipo de papa. Se emplearon 5 tipos de plastificantes: ácido acético, ácido cítrico, glicerol, citrato de tributilo (plastificante A) y sorbitol. Adicionando un 62,5% de almidón, 35, 31.5, 30 y 27.5% de glicerol o sorbitol y 2.5, 5, 7.5 y 10% de ácido cítrico o ácido acético respectivamente en 95 ml de agua destilada y 5 ml de antocianina. Con estas composiciones, se formularon cuatro productos, cuyos códigos son: P1 (ácido acético + glicerol), P2 (ácido cítrico + sorbitol), P3 (sorbitol + celulosa), P4 (plastificante A + sorbitol).

**Caracterización fisicoquímica de los bioplásticos.** Para la caracterización fisicoquímica de los bioplásticos obtenidos se siguió el método propuesto por (Medina et al., 2013), con algunas modificaciones.

**Porcentaje de solubilidad en agua.** Se cortaron muestras de 4 x 2 cm para cada tipo de bioplástico, se secaron a 40 °C hasta peso constante ( $W_1$ ), se sumergió cada muestra en un vaso de precipitado con 50 mL de agua destilada, los vasos se taparon y se mantuvieron a 27 °C con agitación eventual durante 24 horas. Luego se secaron nuevamente las muestras a 40 °C hasta peso constante ( $W_2$ ) y el porcentaje de solubilidad se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% S A = \frac{W_1 - W_2}{W_1} * 100$$

Permeabilidad a los aceites. La permeabilidad a los aceites de los bioplásticos obtenidos se determinó colocando 5 ml de aceite en un tubo de ensayo los cuales se taparon con cada uno de los bioplásticos obtenidos, asegurados con una banda elástica para evitar fugas posteriormente se invirtieron sobre una gradilla de madera cubierta con papel filtro y se observó la permeabilidad del aceite durante 60 días.

Estabilidad en medio ácido. Se cortaron muestras de 4 x 4 cm para cada tipo de bioplástico, se sumergieron en cajas Petri con 30 ml de HCL 0.1 N manteniendo la temperatura a 25 °C y con agitación esporádicamente. La estabilidad de los bioplásticos se determinó observando los cambios de apariencia durante 60 días, llevando un registro fotográfico.

Estabilidad en medio alcalino. Se cortaron muestras de 4 x 4 cm para cada tipo de bioplásticos, se sumergieron en cajas Petri con 30 ml de NaOH 0.1 N manteniendo la temperatura a 25 °C y con agitación esporádicamente. La estabilidad de los bioplásticos se determinó observando los cambios de apariencia durante 60 días, llevando un registro fotográfico.

## 4. Resultados

### 4.1. Porcentaje de extracción de los almidones

Se extrajo el almidón de tres variedades de papa (sabanera, criolla y pastusa) determinando su porcentaje de rendimiento: en donde se observó que la obtención de almidón es mayor en la papa criolla (*Solanum Phureja*).

La tabla 1 muestra los porcentajes de rendimiento del almidón extraído. Estos valores coinciden con los encontrados por Prada en el 2012 para las variedades de papa con las cuales se realizó la investigación.

Tabla 1. Porcentaje de almidón de los diferentes tipos de papa.

Tipo de almidón	Porcentaje (%)
AC	20.24± 0.5
AS	16.23± 0.8
AP	16.50± 1.0

### 4.2. Caracterización de los almidones

#### 4.2.1. Análisis proximal de los almidones

En la tabla 2 se muestran los resultados del análisis proximal de los almidones analizados

Tabla 2. Valores del análisis proximal de los almidones.

Parámetro (%)	AC	AP	AS
<b>Carbohidratos</b>	91.75	83.81	90.91
<b>Materia seca</b>	93.03	85.27	91.81
<b>Humedad</b>	6.97	14.73	8.19
<b>Cenizas</b>	0.29	0.27	0.27
<b>Fibra cruda</b>	0.13	0.12	0.11
<b>Grasa</b>	0.12	0.10	0.10
<b>proteína base seca (F =6.25)</b>	0.17	0.17	0.17
<b>Calorías (Kcal/100 g)</b>	338.76	336.82	335.22

AC: Almidón de papa variedad Criolla, AP: Almidón de papa variedad Pastusa, AS: Almidón de papa variedad Sabanera.

Los tres tipos de almidón presentaron contenido de humedad con una diferencia significativa de ( $p > 0.05$ ) observándose que el almidón de papa pastusa tiene mayor porcentaje de humedad. Estos resultados se aproximan a los reportados por (Alvis *et al*, 2018, Hoover *et al*, 2002 Sangeetha 2008).

En cuanto al contenido de cenizas se encontró que no hay diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Estos datos coinciden con los reportados por (Pardo *et al.*, 2012) quienes trabajaron caracterizando diferentes variedades de papa.

El aumento en la cantidad de cenizas se relaciona posiblemente con un aumento en el contenido de minerales en los almidones (Alvis *et al.*, 2018), el cual es responsable del hinchamiento, de la estabilidad de la pasta y de la resistencia a la hidrólisis enzimática del almidón de papa (Pardo *et al.*, 2013).

De igual manera, en el contenido de fibra se encontraron valores entre 0.11% - 0.13% en los tres tipos de almidones de papa lo cual indica que no hay diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en cuanto al contenido de fibra, y son similares a los reportados por (Alvis *et al.*, 2018).

El mayor contenido de grasa se encontró en el AC (0.12%), lo cual indica que hay una diferencias significativa ( $p < 0.05$ ) con respecto los AS y AP (10%), pero son similares a los reportados por (Hoover *et al.*, 2002, Sangeetha *et al.*, 2006) quienes reportan valores en el contenido de grasa en almidones de papa nativo entre 0.08% - 0.37%.

En el contenido de proteína no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) con respecto a los tres almidones, los cuales se aproximan a los resultados encontrados por Hoover *et al.* (2006).

En el contenido de calorías no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los almidones de AC, AP y AS. Esto podría explicarse debido a la relación que existe entre el contenido de carbohidratos, con el de proteína y grasa, responsables de la cantidad de Calorías alimentarias disponibles.

#### 4.2.2. Espectroscopia infrarroja (FTIR) de los almidones

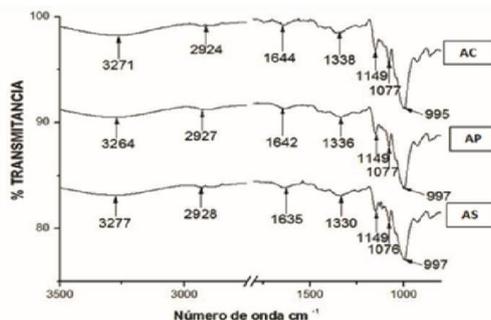


Figura 1. Espectro Infrarrojo almidón de papa criolla (AC), almidón de papa pastusa (AP), almidón de papa sabanera (AS).

En el espectro IR de los almidones nativos de AC, AP y AS se observan las bandas características para este tipo de compuesto (Medina *et al.*, 2012; Ruíz, 2006). Los resultados muestran una banda de absorción ancha, aunque no muy pronunciada, con absorbancias entre 3260 y 3414  $\text{cm}^{-1}$ , que corresponden a los estiramientos de los grupos OH. La amplitud de la banda indica la presencia de puentes de hidrogeno intermoleculares. Las transmitancia entre 2925 y 2930  $\text{cm}^{-1}$ , con bandas relativamente débiles en las tres muestras, corresponden a las vibraciones de extensión C-H. Entre 1640 y 1650  $\text{cm}^{-1}$  se encuentra una banda de flexión del OH del agua. Entre 1459 y 1350  $\text{cm}^{-1}$  están las vibraciones de flexión C-H. Entre 1049 y 1180  $\text{cm}^{-1}$  se observa una fuerte banda con dos picos, características de los polisacáridos y es atribuida a las deformaciones de tensión del C-O-C y a flexión del OH, porque la estructura del almidón presenta interacciones C-O con diferente ambiente químico (C-O-C, CH<sub>2</sub>OH y COH). Entre 1000  $\text{cm}^{-1}$  y 980  $\text{cm}^{-1}$ , se observa una banda intensa la cual corresponde a la tensión fuera del plano correspondiente a C-H

En la figura 1 se muestra el espectro FTIR de los almidones nativos de AC, AP y AS el cual presenta las bandas características para este tipo de compuesto (Medina *et al.*, 2012, Ruíz, 2006). Los resultados muestran una banda de transmitancia ancha, aunque no muy pronunciada, con transmitancia entre 3260 y 3414  $\text{cm}^{-1}$ , que corresponden a los estiramientos de los grupos OH. La amplitud de la banda indica la presencia de puentes de hidrogeno intermoleculares. Las transmitancia entre 2925 y 2930  $\text{cm}^{-1}$ , con bandas relativamente débiles en las tres muestras, corresponden a las vibraciones de extensión C-H. Entre 1640 y 1650  $\text{cm}^{-1}$  se encuentra una banda de flexión del OH del agua. Entre 1459 y 1350  $\text{cm}^{-1}$  están las vibraciones de flexión C-H. Entre 1049 y 1180  $\text{cm}^{-1}$  se observa una fuerte banda con dos picos, características de los polisacáridos y es atribuida a las deformaciones de tensión del C-O-C y a flexión del OH, porque la estructura del

almidón presenta interacciones C–O con diferente ambiente químico (C–O–C, CH<sub>2</sub>OH y COH). Entre 1000 cm<sup>-1</sup> y 980 cm<sup>-1</sup>, se observa una banda intensa la cual corresponde a la tensión fuera del plano correspondiente a C-H.

#### 4.2.3. Difracción de rayos X

Almidón de papa criolla

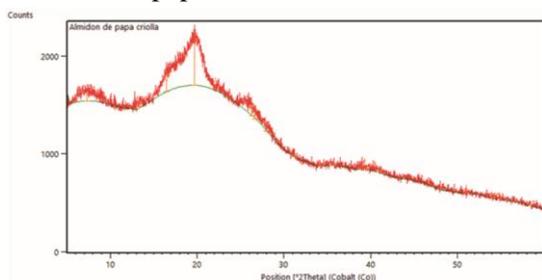


Figura 2. Difractograma almidón de papa criolla.

Almidón de papa pastusa

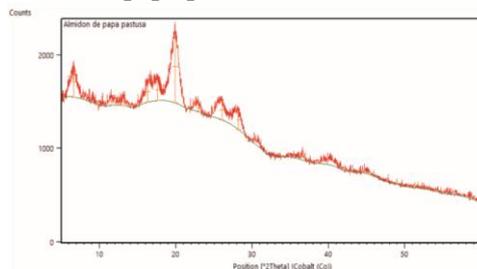


Figura 3. Difractograma almidón de papa pastusa.

Almidón de papa sabanera

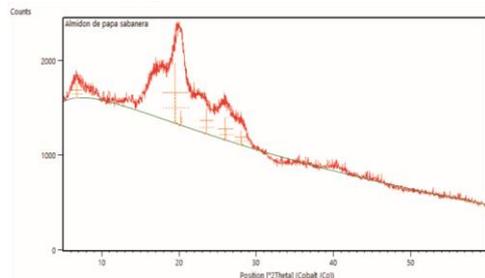


Figura 4. Difractograma almidón de papa sabanera.

En los difactogramas se observa que la zona de cristalinidad relativa a la relación de amilosa/amilopeptina es más pronunciada en el almidón de papa sabanera. El patrón de difracción de los tres almidones analizados podría considerarse como una mezcla de los tipos A– y B– (figura 4). Sin embargo, Zobel en 1988 indica que el patrón B presenta dos picos característicos  $2\theta = 5^\circ$  y  $2\theta = 18^\circ$ , mientras que en este estudio, para la papa sabanera se encontraron otros ( $2\theta = 28^\circ$ ), que podría coincidir con el tipo C.

#### 4.3. Caracterización fisicoquímica de los bioplásticos

Bioplásticos obtenidos a partir de almidón de papa criolla variando el tipo de plastificante P1 (ácido acético + glicerol), P2 (ácido cítrico + sorbitol), P3 (sorbitol + celulosa), P4 (plastificante A + sorbitol).

Para el plastificante P4 solo se obtuvo una formulación debido a su naturaleza y estado físico.

Permeabilidad a los aceites. Los bioplásticos de almidón de papa criolla, no deben ser permeables a los aceites, ya que reducir la migración de aceites y grasas es una de las funciones que deben cumplir los empaques utilizados para alimentos (Brandao y Peña *et al.*, 2012).

Tabla 3. Espesor de los bioplásticos.

Tipo de plastificante	Formulación	Promedio
<b>P1</b>	F1	0.147
	F2	0.153
	F3	0.178
	F4	0.167
<b>P2</b>	F1	0.210
	F2	0.153
	F3	0.161
	F4	0.128
<b>P3</b>	F1	0.136



	F2	0.159
	F3	0.165
	F4	0.185
<b>P4</b>	F1	0.100

P2	9	9	9	9	9	9
P3	9	9	9	9	9	9
P4	9	9	9	9	9	9

\*Bioplásticos completamente des-integrados.

Durante el periodo de análisis no se observaron trazas de aceite en el papel filtro, lo que indica que no permeó las muestras de bioplásticos en prueba. Posiblemente, la no permeabilidad de los aceites, es debida a la presencia de las antocianinas (o antocianos), ya que estos compuestos oleóforos, como lo explica el autor Heredia (Heredia et al., 2006).

Otro factor que posiblemente puede contribuir a la no permeabilidad de los bioplásticos es la presencia de grupos hidroxilo y carbonilo debido a que son oleofílicos. (Guifang *et al.*, 2009).

Estabilidad en medio alcalino y medio ácido. Uno de los objetivos de los bioplásticos es ser utilizado para el recubrimiento de alimentos, por ello son expuestos tanto a medio ácido como a medio alcalino, llevando un registro, por días y semanas.

Las estabildades, tanto en medio alcalino como en medio ácido, se midieron en escala desde 1 (inestable) hasta 10 (muy estable), durante un periodo de tiempo de a 1 hora, 1 día, 8 días, 20 días, 30 días y 60 según el método propuesto por (Medina *et al.*, 2012). En la tabla 5 se presentan los resultados de la prueba.

Tabla 4. Estabilidad de los bioplásticos de almidón en medio ácido y alcalino.

Medio	Tipo de bioplásticos	1 h	1 d	8 d	20 d	30 d	60 d
Alcalino	P1	7	6	5	3	2	*
	P2	3	2	*	*	*	*
	P3	5	3	2	*	*	*
	P4	7	6	5	3	2	*
Ácido	P1	9	9	9	9	9	9

Al sumergir los bioplásticos en medio alcalino tomaron un color verde azulado debido a la presencia del indicador de pH (antocianinas de origen vegetal), color característico para pH básicos (Heredia et al., 2006), una hora después se observó una disminución en la intensidad del color, y un aspecto de encogimiento el cual aumento con el paso del tiempo. Un día después se observa que tiende a ser cada vez más inestables debido que hay desintegración en los cuatro tipos de bioplásticos, esta desintegración se observa a lo largo del análisis hasta llegar a los 60 en hay una desintegración casi que parcial.

En general, los bioplásticos, presentaron una baja estabilidad en condiciones alcalinas, esto puede ser debido a que el hidróxido de sodio se podría combinar con el hidroxilo de las moléculas de el almidón nativo, destruir en parte los enlaces de hidrógeno y disminuir las interacciones (intra e intermoleculares) entre las macromoléculas de almidón. Por otra parte, los iones de sodio podrían reaccionar con carboxilo para formar carboxilato, y esto podría aumentar la hidrofiliidad y la solubilidad del almidón. (Hoover et al., 2006)

Posiblemente la presencia del plastificante sorbitol, glicerol, ácido acético y ácido cítrico no contribuyen para mejorar la estabilidad de los bioplásticos, en condiciones alcalinas, debido a la naturaleza de los plastificantes.

Al sumergir los bioplásticos en medio ácido tomaron un color rojo intenso debido a la presencia del indicador de pH (antocianinas de origen vegetal), color característico para pH ácidos (Heredia et al, 2006), una hora después que se encuentran en medio ácido presentaron una disminución en la intensidad del color y algunos tienden a encogerse, en general siguen siendo muy estables en medio ácido. Un día después siguen

siendo muy estables en medio ácido y presentan las mismas características en los tres tipos de bioplásticos. Esta estabilidad se conservó a lo largo del estudio hasta llegar a los 60 días.

Porcentaje de solubilidad e agua. Los resultados obtenidos del porcentaje de solubilidad en agua de los bioplásticos se observan en la tabla 6. Los elaborados con ácido acético y ácido cítrico presentan mayor porcentaje de solubilidad. El aumento del% SA (solubilidad en agua) para los bioplásticos podría ser atribuido a la mayor hidrofiliidad de los plastificantes.

Los bioplásticos que presentaron menor porcentaje de solubilidad fueron los elaborados con sorbitol, celulosos y plastificantes A. Esto se debe a la presencia de compuestos celulósicos los cuales contribuyen al tener un menor porcentaje solubilidad en agua.

Tabla 5. Porcentaje de solubilidad en agua.

Tipo de plastificante	Formulación	Promedio (%)
P1	F1	24,98
	F2	23,74
	F3	23,56
	F4	22,35
P2	F1	24,34
	F2	23,56
	F3	23,45
	F4	24,5
P3	F1	17,34
	F2	16,56
	F3	16,41
	F4	15,25
P4	F1	14,75

## 5. Conclusiones

Los difractogramas de cada una de los almidones estudiados, muestran grados de cristalinidad diferentes, dependiendo de la relación de amilosa/amilopectina, de acuerdo con la variedad de papa de la cual provengan.

El almidón de papa criolla, que presenta un contenido de humedad más bajo, mayor contenido carbohidratos y de materia seca y un mayor porcentaje de rendimiento en comparación con el almidón de papa pastusa y sabanera, puede ser una alternativa efectiva, para la elaboración de bioplásticos.

Los bioplásticos elaborados con las formulaciones propuestas en este estudio, presentaron baja estabilidad en medio básico, mientras que en medio ácido fueron estables. Este hecho plantea la necesidad de avanzar en el estudio, hasta lograr prestaciones mecánicas y de estabilidad mejores.

## Referencias Bibliográficas

- Alvis A., Vélez, C.A. Villada, S.A., y Mendoza, R.M., (2008). Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas, *Información Tecnológica*, vol. 19 no. 1, pp 19-28.
- Aristizábal, J. Sánchez, T. (2007). Extracción de almidón de yuca, Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Roma, Italia. FAO. no. 7, pp 49-57.
- Beltrán, F. Arna, and M. Müller, A., (2011). Desarrollo de mezclas biodegradables y compostables utilizando policaprolactona y almidón de yuca, *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, pp 26-27.
- Brandao, J. y Peña G., (2012). Efecto de dos temperaturas y tres combinaciones de plastificantes en las propiedades físicas de una película comestible a base de proteína de suero ácido. Proyecto especial de

247

graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura, pp 1-29.

Cerón, R. (2013). El problema de la hidrofiliidad en materiales plásticos derivados de almidón. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, no. 2, pp 41-48.

Heredia-Avalos, S. (2006). Experiencias sorprendentes de química con indicadores de pH caseros, *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, vol. 3, no. 1, pp 89-103.

Herrera, M. E. T. (2015). Evaluación del almidón de papa como floculante para el tratamiento de aguas residuales domesticas.. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología*. ISSN 1692-7125. Volumen 13, N° 2, p.123 -135.

Hoover, R. (2002). Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches, *Carboh. Polym.* vol. 49, no. 4, pp 425-43.

HU, Guifang, CHEN, Jingyuan, and GAO, Jianping. (2009). Preparation and characteristics of oxidized potato starch films. *Carbohydrate Polymers*, no. 76, pp 291-29

Jiménez, G., Rodríguez, E., Contreras, M., Valbuena, A. y Colina, M., (2011). Obtención de carboximetil celulosa usando lemna como materia prima, *Revista Iberoamericana de Polímeros*, vol. 12, no. 6, pp 334-341

Johar, N., Ahmad, I., and Dufresne, A., Extraction. (2012). Preparation and characterization of cellulose fibers and nanocrystals from rice husk. *Industrial Crops and Products*, no. 37, pp 9399.

Maciel, V. B. V., Yoshida, C. M. P., and Franco, T. T. (2012). Development of a prototype of a colorimetric temperature indicator for monitoring food quality, *Journal of Food Engineering*, no. 111, pp 21-27

Medina, O., Pardo, O., and Ortíz, C. (2012).

Modified arracacha starch filmscharacterization and its potential utilization as food packaging, *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, vol. 19, no. 2, pp 186-196.

Pardo, O.H, Castañeda, J.C., and Ortíz, C.A. (2013). Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa, *Acta Agronómica*, vol. 62, no. 4, pp 289-295.

Prada, O. R. (2012). Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables; el caso del almidón residual derivado de la industrialización de la papa, *Revista Escuela de Administración de Negocios*, no. 72, pp 182-192.

Quintana F., Lucas F., Gómez, Salomon, Garcia, Alberto y Martinez, Nubia. (2015). Perfil sensorial del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51. *Revista @limentech,Ciencia y Tecnología Alimentaría*. ISSN: 1692-7125. Volumen 13 N°1. Pp. 60 -65.

Ruiz, A.G. (2006). Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir de almidón de yuca, *Revista EIA*, no. 12, pp 67-78.

Ruiz, G., Montoya, C., and Paniagua, M. (2009).Degradabilidad de un polímero de almidón de yuca, *Revista EIA*, no. 12, pp 67-78.

Sangeetha, M.T.R. (2206), Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches, *Food Hydrocolloids*, vol. 20, no. 5, pp 557-566.

Siracusa, V. Pietro, R. Romanib, S., and Marco, D. (2008). Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 19, 634-643.

Sorrentino, A., Gorrasi, G., and Vittoria, V. (2007). Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications, *Trends in Food Science and Technology*, vol. 18, pp 84-95.



Valero-Valdivieso, M. F., Ortigón, Y., y Uscátegui, Y. (2013). Biopolímeros: avances y perspectivas, *Dyna*, vol. 80, no. 181, pp 171-180.

Vera R. José M.; Arrieta S. Alexandre; Quintana Lucas F.; García J. Alberto. (2017). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas como parámetros de calidad en la fermentación de clones de Cacao CCN51, TSC01. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN 1692-7125. Volumen 15 N° 2. Pp: 76 -86.

Zobel, H. F. (1988). Starch crystal transformation and their industrial importance, *Starch/Stärke*, vol 40, pp 1-7.

\*Para citar este artículo: Vargas Moreno P.A., Medina Vargas O.J. Influence of plasticizer type on bioplastics development, from potato (*Solanum tuberosum*), starch. Revista Bistua.2019.17(2):239- 248.

+ Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de las separatas : Medina Vargas O.J Grupo de investigación en Química y Tecnología De Alimentos, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-Tunja, Boyacá, Colombia. email: oscar.medina@uptc.edu.co

Recibido Octubre 01 de 2018

Aceptado: Enero 30 de 2019