

Síntesis y caracterización de empaque biodegradable a partir de xantana y almidón de *Colocasia esculenta* (Vituca)

Synthesis and characterization of biodegradable packaging from xantana and *Colocasia esculenta* starch (vituca)

Christian Alexander Rivera Salazara¹, Blanca Nieves Zulueta Vasquez², Edinson Huamuro Castillo³

RESUMEN

La investigación tuvo por objetivo realizar la síntesis y caracterización de un empaque biodegradable a partir de xantana y almidón de *Colocasia esculenta* (vituca), para ser una alternativa de bajo costo y evitar la contaminación generada por plásticos sintéticos. La goma xantana fue producida por *Xanthomonas campestris* aislada de tejidos necrosados de *Brassica oleracea* (repollo). El bioproceso se realizó en condiciones de asepsia y aerobiosis, en un biorreactor de tanque agitado. Las variables de operación experimental fueron: la concentración de azúcar igual a 40 g/L, con un tiempo de fermentación 100 horas, pH de 7.0 y temperatura de 23°C-25°C. El rendimiento de la goma xantana cruda fue de 9 g/L. Los empaques biodegradables se elaboraron mediante la aplicación de la técnica del moldeo (casting), a partir de nueve combinaciones de goma xantana más almidón. Los empaques biodegradables producidos fueron sometidos a las pruebas de longitud de extensibilidad, elasticidad a través del analizador de textura Brookfield CT V1.8 y el porcentaje de biodegradabilidad se basó en cálculos estequiométricos, concluyéndose que si es posible sintetizar un empaque biodegradable a partir de la goma, este presentó 81.5 mm y 7.1 mm de longitud de extensibilidad y elasticidad respectivamente además de 0.0258 % de biodegradabilidad.

Palabras clave: Empaque biodegradable, xantana, almidón de vituca.

ABSTRACT

The objective of the research was to carry out the synthesis and characterization of a biodegradable packaging made from xanthan and starch from *Colocasia esculenta* (vituca), to be a low-cost alternative and avoid contamination generated by synthetic plastics. Xanthan gum was produced by *Xanthomonas campestris* isolated from necrotic tissues of *Brassica oleracea* (cabbage). The bioprocess was performed under aseptic and aerobic conditions, in a stirred tank bioreactor. The experimental operation variables were: the sugar concentration equal to 40 g / L, with a fermentation time of 100 hours, pH 7.0 and temperature of 23 ° C-25 ° C. The yield of the raw xanthan gum was 9 g / L. The biodegradable packages were made by applying the casting technique, from nine combinations of xanthan gum plus starch. The biodegradable packages produced were subjected to the tests of extensibility length, elasticity through the Brookfield CT V1.8 texture analyzer and the percentage of biodegradability was based on stoichiometric calculations, concluding that if it is possible to synthesize a biodegradable packaging from the rubber, this presented 81.5 mm and 7.1 mm in length of extensibility and elasticity respectively in addition to 0.0258% biodegradability.

Keywords: Biodegradable packaging, xanthan, vituca starch

¹ Maestro en Ciencias Biotecnología Agroindustrial y Ambientales – Universidad Nacional de Jaén - Docente de Bacteriología – correo electrónico: xyian26@hotmail.com

² Microbióloga del Ministerio de Salud de Jaén – correo electrónico: blazuva26@hotmail.com

³ Bachiller de Tecnología Médica-Tecnólogo Médico- Universidad Nacional de Jaén- correo electrónico: edihumuro93@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Desde las primeras décadas del siglo XX y en la actualidad, se sabe que la generación de plásticos sintéticos como medios que contribuyen a la comodidad y satisfacción de necesidades de los seres humanos en el manejo de fluidos o sólidos denominándose envases, embalajes o empaques; es una amenaza muy grande a la estabilidad de los diferentes ecosistemas y medio ambiente, ya que como se sabe un polímero sintético para degradarse demora cientos de años, llegando a proliferarse como un enemigo de la sostenibilidad y sustentabilidad del ambiente (Estrada, 2008 y Boateng et al 2002).

En este contexto ha surgido en la actualidad los empaques biodegradables, los cuales son una prometedora alternativa, en especial para utensilios que tienen una vida útil reducida o no son prácticos de reciclar, como las envolturas de alimentos. En algunos casos los productos de su degradación (metano, metanol) pueden ser reaprovechados y el material restante transformado en carbono orgánico para el suelo, lo que cierra el ciclo de la producción limpia (Duran *et al.*, 2005).

Un biopolímero es una macromolécula sintetizada mediante algún proceso biológico. En ese sentido una clase particular de biopolímeros son los polisacáridos microbianos, en términos de aplicación en la industria alimentaria se los incluye dentro de la categoría de hidrocoloides o gomas (López-Mungia, *et al.*, 1999).

El biopolímero xantana, producida por la bacteria *Xanthomonas campestris* es sin duda, el polisacárido microbiano de mayor importancia comercial en la actualidad (Galindo, 1985). Esta bacteria es un fitopatógeno que infecta principalmente a plantas de la familia Brassicaceae (Crucífera), siendo responsable de algunas enfermedades en diversas especies de Brassica, tal como la col y coliflor (Ramírez *et al.*, 1988; Galindo, 1994a).

La goma xantana es producida por la fermentación de carbohidratos con la bacteria *Xanthomonas campestris*, está constituida por unidades monoméricas que contienen glucosa, manosa y ácido glucorónico en relación 2:2:1. El éxito de la goma xantana es su desarrollo en la alimentación e industrias relacionadas, a las que se debe a su única propiedad como un hidrocoloide. Esta es caracterizada por su alta viscosidad, alto grado de pseudoplasticidad, excelente estabilidad al calor y al pH, buena compatibilidad con una variedad de sales. Forma soluciones altamente viscosas, no tixotrópicas y pseudoplasticas e incluso incrementando su viscosidad (Pasquel, 2001).

En la elaboración de un empaque biodegradable a partir de xantana, es necesario aportar distintos reactivos a la mezcla y garantizar ciertas condiciones que permitan su obtención (Gutiérrez y De la Vara, 2004).

El almidón de *Colocasia esculenta* aporta características de plasticidad, extensión y resistencia entre otras propiedades que requieren los empaques biodegradables. *Colocasia esculenta* es una de las materias primas poco utilizadas, teniendo una composición del 27% de almidón, posee tamaños de grano de almidón entre 1 a 6,5 micras, cualidad que le hace un almidón de calidad, pues mientras más pequeño sea el tamaño del gránulo del almidón, mayor será su digestibilidad. (Sánchez y Alvarado, 2015).

El glicerol es un compuesto químico llamado también glicerina, es un líquido viscoso, sin olor ni color y ampliamente usado en la industria farmacéutica y gracias a la presencia de grupo OH en su estructura, el glicerol es capaz de vincularse a través de puentes de hidrógeno con la cadena de almidón, impidiendo el completo ordenamiento de las mismas debido a que se interpone entre estas (Barreda, 2016; Miramont, 2012).

En relación al ácido acético es promover la fragmentación y disolución de los gránulos de almidón y junto al glicerol provocan la disrupción de los puentes de hidrógeno inter- e intra-moleculares plastificando el almidón bajo condiciones de cizalla y temperatura por lo que finalmente la matriz tiene una apariencia más homogénea y menos frágil. (Jiugao *et al.*, 2005)

En relación al agua se recomienda como el mejor plastificante, aunque no debe encontrarse muy altas en relación al almidón. (Barreda, 2016).

Ante este contexto que requiere de tecnologías más limpias y que no dependan del petróleo como insumo, se investigó nuevas fuentes de polímeros biodegradables para la elaboración de bioplásticos. El siguiente trabajo de investigación presenta una opción para minimizar el problema generado por los plásticos sintéticos teniendo como objetivo: Sintetizar y caracterizar las propiedades de empaques biodegradables basados en xantana, combinados con diferentes proporciones de almidón de *Colocasia esculenta* (vituca).

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Objeto de estudio

- Goma xantana del cultivo de *Xanthomonas*

campestris aislada de tejidos necrosados de *Brassica oleracea* (repollo).

- Almidón de *Colocasia esculenta* (vituca).

2.2. Métodos

a. Aislamiento de cepa bacteriana

(*Xanthomonas campestris*)

Los tejidos vegetales una vez colectados se lavaron con agua destilada antes de ser cortados en trozos pequeños, los cuales utilizando un mortero fueron triturados suavemente. Luego con el asa bacteriológica esteril se tomó tres asadas del sobrenadante del líquido y se realizó la siembra en las placas petri con el medio agar nutritivo. Se llevó a incubación a una temperatura de 30°C por un lapso de 24 o 48 horas (Silva, 1999).

b. Caracterización de la cepa de *Xanthomonas campestris*

Las colonias formadas se les realizó las pruebas fisiológicas como crecimiento mucoide y la coloración amarillenta; las cuales se aislaron en agar nutritivo inclinado, para luego seguir con las pruebas bioquímicas y seleccionar la mejor cepa (Silva, 1999)

c. Producción del biopolímero xantana

Se preparó inóculo en la cantidad del 10% del medio de producción. Los componentes del caldo nutritivo fueron sacarosa, sulfato de amonio, extracto de levadura y agua destilada. Se procedió a la esterilización del medio del inóculo. Se trabajó a pH=7.0 luego se colocó en un frasco agitado magnéticamente durante 24 horas a una temperatura de incubación de 30°C (Galindo, 1988; Marquet, 1989; Scragg, 1996).

Después del proceso de preparación del inóculo se procede en si al bioproceso, se preparara el medio para la fermentación y el biorreactor de tanque agitado se esterilizó con equipos UV y alcohol yodado. Luego se añadió el inóculo, se controló y monitoreó el bioproceso cada 10 horas. El tiempo de fermentación fue de 100 horas a un pH inicial de 7.05 y temperatura de 23-25°C (Castañón, 1993; Ochoa, 1994, Souw, 1981, 1996, García y et al., 1993).

d. Precipitación y secado del biopolímero xantana

Terminado el proceso fermentativo, el producto de la fermentación (PF) conteniendo xantana fue colocado en un matraz, para luego ser sometido 80°C por 5 minutos. El PF tratado térmicamente fue enfriado a temperatura ambiente y se le agregó dos volúmenes de etanol al 96%, fue mezclado moderadamente por dos minutos y se dejó reposar por 30 minutos y se

observó que el polímero precipita y se colocó sobre papel aluminio y se dejó secar por 48 horas a 40 °C para evaporar el alcohol remanente. Finalmente se pesó, molió y determinó la producción de goma bruta (París, 2009).

e. Caracterización del biopolímero

El biopolímero o goma obtenida se caracterizó al análisis en el espectrofotómetro infrarrojo (FT-IR).

f. Elaboración del empaque biodegradable:

Obtenido y caracterizado el biopolímero microbiano extracelular xantana, se realizó la elaboración del empaque biodegradable siguiendo la siguiente propuesta:

N	Factor	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1	Xantana (g)	7,05	4,7	2,35
2	Almidón de <i>Colocasia esculenta</i> (g)	2,3	4,6	7
Contantes de la mezcla	Ácido acético (mL)	1,96		
	Glicerol (mL)	1,75		
	Agua destilada(mL)	21,9		

A partir del cuadro descrito se realizó las siguientes combinaciones:

Test	Xantana (gr)	Almidón (gr)	Constantes de la mezcla		
			Acético (mL)	Glicerol (mL)	Agua destilada (mL)
1	7,05	2,3	1,96	1,75	21,9
2	7,05	4,6	1,96	1,75	21,9
3	7,05	7	1,96	1,75	21,9
4	4,7	2,3	1,96	1,75	21,9
5	4,7	4,6	1,96	1,75	21,9
6	4,7	7	1,96	1,75	21,9
7	2,35	2,3	1,96	1,75	21,9
8	2,35	4,6	1,96	1,75	21,9
9	2,35	7	1,96	1,75	21,9

g. Pruebas aplicadas al empaque biodegradable

El empaque se sometió a pruebas físicas tales como Longitud de extensibilidad, elasticidad en el analizador de textura Brookfield CT VI.8 y biodegradabilidad mediante análisis estequiométricos.

h. Análisis estadístico

Se utilizó el diseño factorial de múltiples niveles de 2 factores con tres niveles cada uno de los factores, aplicando el paquete estadístico minitab y así determinar la significancia. Nivel de significancia del 5.0%

III. RESULTADOS

Para la longitud de extensibilidad el resultado más alto es el del empaque T4 (4,7 g de xantana más 2,3 g de almidón) con un promedio de 77.5 mm y el punto más bajo es el T5 (4,7 g de xantana más 4,6 g de almidón) con 16.7 mm y también existen dos combinaciones similares en el comportamiento de longitud de extensibilidad como son el T1 (7,05 de xantana más 2,3 g de almidón) y T2 (7,05 de almidón más 4,6 g de xantana) con 61 mm y 61.1 mm de promedio respectivamente (Tabla 1).

Para la elasticidad el resultado más alto es del empaque T3 (7,05 g de xantana más 7 g de almidón) con un promedio 7.1 mm y el punto más bajo son el T4(4,7 g de xantana más 2,3 g de almidón) y T7 (2,35 g de xantana más 2,3 g de almidón) con 4 mm de promedio , además de dos combinaciones similares como son la T2 (7,05 g de xantana más 4,6 g de almidón) y la T9 (2,35 g de xantana más 6,7 de almidón) con 5,8 mm y 5, 7 mm de promedio respectivamente (tabla 2).

Para la biodegradabilidad los resultados más altos son los empaques T1 (7,05 g de xantana más 2,3 g de almidón) y T2 (7,05 g de xantana más 4,6 g de almidón) con un promedio 0.0258 % ambos y el punto más bajo es el T3 (7,05 g de xantana más 7 g de almidón) con un promedio de 0.0102 %, además del resto de combinaciones en los cuales se evidencia 0.02 % de biodegradabilidad (tabla 3).

Tabla 1. Longitud de extensibilidad del empaque biodegradable sintetizado a nivel de laboratorio a partir de goma xantana más almidón de *Colocasia esculenta* (vituca)

Corridas del empaque Biodegradable	Concentraciones de goma xantana más almidón de vituca		Longitud de extensibilidad (mm)			Promedio (mm)
	Xantana(g)	Almidón de vituca (g)	R1	R2	R3	
T1	7	2.3	70.56	49	63.29	61
T2	7	4.6	86.51	24.67	72.19	61.1
T3	7	7	72.12	47	34.34	51.2
T4	4.7	2.3	80	85.72	78.72	81.5
T5	4.7	4.6	16	19.43	14.7	16.7
T6	4.7	7	64.08	90.06	57.74	70.6
T7	2.35	2.3	59.38	79.31	93.76	77.5
T8	2.35	4.6	29.86	10	78.73	39.5
T9	2.35	7	75.1	49.16	70	63.8

T: corrida; R: repeticiones

Tabla 2. Elasticidad del empaque biodegradable sintetizado a nivel de laboratorio, a partir de la goma xantana más almidón de *Colocasia esculenta*

Corridas del empaque Biodegradable	Concentraciones de goma xantana más almidón de vituca			Elasticidad (mm)			Promedio (mm)
	Xantana(g)	Almidón de vituca (g)	R1	R2	R3		
T1	7	2.3	9.07	6.18	5.85	7	
T2	7	4.6	5.99	5.9	5.63	5.8	
T3	7	7	7.81	6.32	7.26	7.1	
T4	4.7	2.3	4.21	4.24	3.42	4	
T5	4.7	4.6	6.03	6.15	4.68	5.6	
T6	4.7	7	7.26	6.7	6.15	6.7	
T7	2.35	2.3	4.17	3.96	3.91	4	
T8	2.35	4.6	5.07	4.02	4.32	4.5	
T9	2.35	7	5.5	6.18	5.49	5.7	

T: corrida; R: repeticiones

Tabla 3. Porcentaje de biodegradabilidad del empaque biodegradable sintetizado a nivel de laboratorio, a partir de goma xantana más almidón de *Colocasia esculenta*.

Corridas del empaque Biodegradable	Concentraciones de goma xantana más almidón de vituca		Biodegradabilidad (%)			Promedio (%)
	Xantana(g)	Almidón de vituca (g)	R1	R2	R3	
T1	7	2.3	0,0	0,03	0,02	0,0258
T2	7	4.6	0,0	0,03	0,02	0,0254
T3	7	7	0,0	0,01	0,01	0,0102
T4	4.7	2.3	0,0	0,02	0,02	0,0194
T5	4.7	4.6	0,0	0,02	0,02	0,0200
T6	4.7	7	0,0	0,02	0,02	0,0197
T7	2.35	2.3	0,0	0,02	0,02	0,0198
T8	2.35	4.6	0,0	0,02	0,02	0,0198
T9	2.35	7	0,0	0,02	0,02	0,0206

IV. DISCUSIÓN

Parzanse, 2012, resalta que los materiales biodegradables que se utilizan actualmente en diversos sectores (construcción, farmacéutica,

transporte y otros), derivan de polisacáridos como el almidón de diferentes fuentes de origen (papa, yuca, maíz, vituca, etc.) y polímeros de origen microbiano como la goma xantana, obtenida de la bacteria *Xanthomonas campestris* (Melo *et al.*, 2011). Estos materiales han sido utilizados por presentar propiedades físicas, mecánicas, de barrera y estructurales que permiten la formación de empaques biodegradables.

En relación a las propiedades mecánicas (elasticidad y longitud de extensibilidad) (tabla 1 y 2) las combinaciones T3 y T4 respectivamente son las más sobresalientes, sin embargo, mencionar que la goma xantana no demostró influencia significativa sobre las propiedades mecánicas del almidón o viceversa, estas propiedades estarían más bien relacionadas con el contenido de agentes plastificantes (agua y glicerol) dentro de sus matrices (Cerqueira *et al.*, 2010).

En relación al glicerol, la presencia de grupos OH en su estructura, es capaz de vincularse a través de puentes de hidrógeno con las cadenas de almidón, impidiendo el completo ordenamiento de las mismas debido a que se interpone entre estas. El efecto del reemplazo de interacciones polímero por reacciones plastificantes - polímero es la reducción de la rigidez del empaque y mayor extensibilidad y elasticidad. (Miramont, 2012).

Mencionar además que el glicerol hace que el producto final incremente su permeabilidad al vapor esto debido a su naturaleza hidrofílica, el cual fácilmente forma puentes de hidrógeno con las moléculas de agua. (Chaleat *et al.*, 2008).

El agua se recomienda como el mejor plastificante, sin embargo, no debe encontrarse en proporciones muy altas en relación al almidón y la xantana, porque para extraerla de la mezcla, es necesario elevar la temperatura a la de ebullición del agua, lo que puede degradar la estructura del almidón.

Boateng, *et al.* (2009), refiere que se han realizado estudios para formar películas utilizando xantana, los cuales presentan la ventaja de ser transparente, sin embargo, considera que se debe agregar glicerol para mejorar las propiedades mecánicas.

En cuanto a los resultados de la prueba de biodegradabilidad (tabla 3), son similares a los obtenidos por García, 2015, donde se evidencia que el bioplástico es biodegradable, en el sentido que a medida que el material permanecía en un medio de tierra abonada con microorganismos; la solución de hidróxido de bario que recibió el dióxido de carbono (CO₂) y cuya evidencia fue la formación de carbonato de bario, todo esto se cuantificó por

técnicas volumétricas de ácido-base. Lo que significa que el proceso enzimático por parte de los microorganismos (hongos, bacterias o microalgas) que atacaron el bioplástico convirtiéndolo en CO₂, humus y agua, fue efectivo, comprobando que el material si es biodegradable. También se compararon los resultados de porcentaje de biodegradabilidad con un plástico comercial de polietileno a las mismas condiciones y el mismo número de días, su comportamiento en el medio no tuvo modificaciones; por lo cual, se confirmó que este plástico no es degradable y que el bioplástico, a parte que es útil como material, puede ejercer una función de un producto compostable a la tierra similar a un abono orgánico. Siendo este una alternativa en el mercado de los empaques secundarios y así tratar de contribuir a la reducción de la contaminación.

En la presente investigación para la obtención del polímero biodegradable se usó en diferentes concentraciones tanto almidón (sustrato susceptible de ataque por microorganismos) y xantana (sustrato y altamente hidrofílica), no evidenciándose una diferencia significativa en el porcentaje de biodegradabilidad, a pesar que los empaques evaluados tuvieron las mismas condiciones, esto se explicaría que la actividad enzimática de los microorganismos presentes en la tierra es directamente proporcional a la concentración del sustrato, y si este es aumentado la velocidad de reacción es constante e independiente de la concentración del sustrato.

Es importante destacar que las investigaciones de la adición de goma xantana en películas de almidón biodegradable está limitada a pocas obras (Veiga *et al.*, 2005; Soares, *et al.*, 2005; Flores *et al.*, 2010; Veiga *et al.*, 2005) y podrían ser más exploradas, enfatizando la investigación en la influencia del proceso de fabricación y/o las condiciones de fabricación en la estabilidad de las películas de goma xantana y almidón de vituca.

V. CONCLUSIONES

- Se sintetizó y caracterizó un empaque biodegradable de goma xantana más almidón de *Colocasia esculenta* (vituca), el cual presentó 81.5 mm y 7.1 mm de longitud de extensibilidad y elasticidad respectivamente además de 0.0258 % de biodegradabilidad, sin embargo del análisis estadístico se infiere que las características antes mencionadas son independientes de las combinaciones entre goma xantana (gr) y almidón de *Colocasia esculenta* (vituca) (g) ($p < 0.05$).

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barreda, A. (2016). Elaboración y evaluación de películas comestibles a base de almidón de maíz (*Zea mays*) añadiendo goma de Tara y Xantan. Tesis para optar el título de profesional de Ingeniero Químico de la Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú.
- Boateng, J., Stevens, H., Eccleston, G., Auffret, A., Humphrey, M., Matthews, K., (2009). Development and Chemical characterization of solvent cast polymeric films potencial drug delivery-systems to mucosal surfaces. *Drug development and Industrial Pharmacy*. 35 (8):986-996.
- Castañón R. (1993). Producción de Xanthano usando como fuente de hidratos de carbono melaza de caña de azúcar en Resúmenes. 3er Congreso Latinoamericano y Nacional de Biotecnología. CONICYT Santiago de Chile, Chile.
- Cerqueira, M., Bourbon, A., Pinheiro, A., Marins, J. Souza, B. Texeira, J. Y Vicente, A. (2001). Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications. *Trends in Food Science & Technology*. 22(12), 662-671.
- Chaleat, C., Halley, P., Truss, R. (2008). Properties of a plasticized starch blend. Part 1: influence of moisture content on fracture properties. *Carbohydrate Polymers*, 71 (1), p. 535-543.
- Duran J., A.; M. Morales G.; R. Yusti L. (2005). Formulacion para la obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de yuca, variedad MBRA 383. *Revista científica Guillermo de Ockham*. Vol.3. Julio-Diciembre. 130 p.
- Estrada, A. (2008). Informe Técnico N°6. Polímeros biodegradables. Informe de Vigilancia Tecnológica (2005-2008). AIMPLAS Instituto Tecnológico del Plástico.
- Flores, S., Costa D., Yamashita F., Gerchenson L., Grossmann M. (2010). *Mater Sci Eng C* 30:196-202.
- Galindo, E. (1985). Polisacáridos Microbianos. En Quinteros, Red Prospectiva de la Biotecnología en México. Fundación Javier Barrios Sierra - Conacyt. México pp: 85,86.
- Galindo, E. (1988). Xanthan gum a microbial polysaccharide obtained from sugar extraordinary properties and a wide range of applications. *Geoplacea. Bull.* vol.5 (9):1-8.
- Galindo, E. (1994a). Aspect of process for Xanthan production. *Trans Inst Chem E.* 72:227-237.
- García G., R. Quinteros y L. Munguia. (1993). *Biotecnología Alimentaria*. Edit. Limusa de C.V., S.A. México.
- García, A., (2015). Tesis Obtención de un Polímero Biodegradable a partir de almidón de maíz. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. Dirección de Investigación y Proyección Social. El Salvador.
- Gutiérrez, P., De la Vara, R. 2004. Análisis y diseño de experimentos. México D. F. Mc Graw Hill. 571 p.
- Jiugao, Y., Ning, W. and Xiaofei, M. (2005). The effects of citric acid on the properties of thermoplastic starch plasticized by glycerol. *Starch/Stärke*, 57 (10). 494-504 p.
- López-Mungia, A.; Brito, E.; E. Galindo. (1999). Biopolímeros. En García, M., Quintero, R; Lopez - Mungia, A (Eds.) *Biotecnología Alimentaria*. 2da. Reimpresión. Edit. Limusa, S. A. Mexico D. F. pp: 421-451.
- Marquet M.; M. Mikolajczak, L. Thiorne and T. Pollock T. (1989). Improved strains for production of xanthan gum fermentation in *Journal of Industrial Microbiology*. Society for Industrial Microbiology.
- Melo, C., Grossmann, M., Yamashita, F., Youssef, E. Dall'Antonia, L. Mali, S. (2011). Effect of manufacturing process and xanthan gum addition on the properties of cassava films. *Journal of Polymers and the Environment*. 19 (3):739-749.
- Miramont, S. (2012). Recubrimientos elaborados a partir de biopolímeros para el soporte de sustancias con actividad antimicrobiana: Carvacrol y Sorbatos. Tesis de maestría en Tecnología de Alimentos. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Ochoa V., Andia V. y Ochoa W. (1994). Aislamiento y caracterización de *Xanthomonas campestris* y producción de la goma Xantana en laboratorio de Bioquímica y Biología. Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Biológicas UNSCH. Ayacucho, Perú.
- Pasquel, A. (2001). Gomas: Una aproximación a la

- industria de Alimentos. Iquitos - Perú: Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias-UNAP. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, v.1, N°1, p.1-8.
- Ramírez, M.; Fucikovsky, L.; García-Jimenez, F. Quintero, R. y E. Galindo. (1998). Xanthan gum production by altered pathogenicity variants of *Xanthomonas campestris*. *Appl Microbiol Biotechnol*.29:5-10.
- Sánchez E. y Alvarado O. (2015). Obtención de un polímero biodegradable a partir de la mezcla de alcohol polivinílico y amilosa de la mezcla de alcohol polivinílico y amilosa extraída del almidón de *Colocasia esculenta* (Vituca) proveniente del distrito de Yambrasbamba. Tesis para obtener el título de profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Perú.
- Scragg A. (1996). Biotecnología para Ingenieros. Edit. Limusa S.A. de C.V. Noriega Editores. México.
- Silva J, (1999). Elaboración de un empaque biodegradable, a nivel de laboratorio, a partir de un Biopolímero microbiano extracelular: Xantana. Universidad Nacional de Trujillo.
- Soares R., Lima R., Oliveira R., Pires A., Soldi V. (2005). *Polym Degrad Stab* 90:449-454.
- Souw P. (1981). The effect of citrate and other organic acids in Xanthan Production in advances in Biotechnology. Murray and Moo- Young (Editors) Volume III. Pergamon Pres. London England.
- Veiga, P., Oliveiran, L., Cereda, M., Alves, A., Scamparini, A., (2005). *Food Hydrocoll* .19:341-349.