

INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES DE ALMIDONES NATIVOS EN LAS PROPIEDADES DEL RECUBRIMIENTO A BASE DE MUCÍLAGO DE CHIA (*Salvia hispánica L.*) PARA LA CONSERVACIÓN POSTCOSECHA DE PALTA (*Persea americana Mill.*)

Jorge A. Málaga Juárez, Percy F. Velásquez Ccosi

Unidad de investigación e Innovación de Ingeniería Química y Metalurgia
Programa de Investigación en Procesos Industriales - Área de Procesos Alimentarios y Agroindustriales
E-mail: jorge.malaga@unsch.edu.pe

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue, evaluar el efecto de los almidones de arracacha y mashua, en las propiedades del recubrimiento de mucilago de chíá, para la conservación postcosecha de palta. Se empleó la arracacha amarilla y mashua negra de la zona andina de Ayacucho, semillas de chíá del distrito Acosvinchos y frutos de palta variedad Hass del distrito Luricocha. Se obtuvo el almidón de arracacha y mashua empleando el método descrito por Novelo-Cen y Betancur-Ancona (2005) y se caracterizó previa purificación. Se obtuvo el mucilago de chíá por el método Gowda (1984) modificada y adaptada por Roque (2014), a condiciones de laboratorio; luego se formuló el recubrimiento comestible con mucilago de chíá y se evaluó sus propiedades durante la conservación postcosecha de palta. Se prepararon soluciones formadoras de recubrimiento (SFR) a base de solución acuosa 0,7% de mucilago de chíá y glicerol en relación 1:1 p/p; con soluciones acuosas de almidón nativo a diferentes concentraciones (MG) y una fracción hidrofóbica a base de cera de abeja y ácido oleico (0,5%) 1:1 p/p. Las películas con almidón de arracacha disminuyen la solubilidad en agua, la formulación: mucilago chíá-glicerol 0,70% con 1,50 % de almidón de arracacha (MG) y cera de abeja-ácido oleico 0,50% (CO) 38,85 % mínimo de solubilidad, mejora la microestructura de las películas evitando su resquebrajamiento al formar una mejor red, con mayor efecto barrera, reduciendo la pérdida de humedad y conservando la textura por más tiempo, 46 días en almacenamiento.

Palabras clave: recubrimiento, almidón, nativo, postcosecha, chíá.

INFLUENCE OF THE PROPERTIES OF NATIVE STARCHES ON THE PROPERTIES OF A CHIA MUCILAGO BASE (*Salvia hispánica L.*) FOR THE POST-HARVEST CONSERVATION OF AVOCADO (*Persea americana Mill.*)

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effect of arracacha and mashua starches on the properties of chia mucilage coating for post-harvest avocado conservation. The arracacha yellow and black mashua from the Andean zone of Ayacucho, chia seeds from the district of Acosvinchos and fruits of avocado variety Hass from the district of Luricocha were used. The starch of arracacha and mashua was obtained using the method described by Novelo-Cen and Betancur-Ancona (2005) and it was characterized after purification. Chia mucilage was obtained by the method of Gowda (1984) modified and adapted by Roque (2014), to the conditions of the laboratory; then the edible coating with chia mucilage was formulated and its properties were evaluated during the post-harvest conservation of avocado. Coating forming solutions (SFR) were prepared based on 0.7% aqueous solution of chia mucilage and glycerol in a ratio of 1: 1 w/w; with aqueous solutions of native starch at different concentrations (MG) and a hydrophobic fraction based on beeswax and oleic acid (0.5%) 1: 1 w/w. The films with arracacha starch diminish the solubility in water, the formulation: chia-glycerol mucilage 0.70% with 1.50% of arracacha starch (MG) and beeswax-oleic acid 0.50% (CO) 38,85% minimum solubility, improves the microstructure of the films avoiding their cracking to form a better network, with greater barrier effect, reducing moisture loss and preserving the texture for longer, 46 days in storage.

Keywords: coating, starch, native, postharvest, chia.

INTRODUCCIÓN

Las frutas y las hortalizas son los mejores transportadores de vitaminas, minerales esenciales, fibra dietaria, antioxidantes fenólicos, glucosinolatos y otras sustancias bioactivas, además, proveen de carbohidratos, proteínas y calorías, por ello la importancia de su consumo en fresco. Estos efectos nutricionales y promotores de la salud mejoran el bienestar humano y reducen el riesgo de varias enfermedades.

Las frutas y las hortalizas son productos altamente perecederos. Comúnmente, hasta un 23 por ciento de las frutas y las hortalizas más perecederos se pierden debido a deterioros microbiológicos y fisiológicos, pérdida de agua,

daño mecánico durante la cosecha, envasado y transporte, o a las inadecuadas condiciones de traslado. Estas pérdidas ascienden a más del 40-50 por ciento en las regiones tropicales y subtropicales (FAO, 2005).

Un recubrimiento comestible (RC) se puede definir como una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento generalmente mediante la inmersión de este en una solución formadora del recubrimiento (García-Ramos et al., 2010). Los recubrimientos proporcionan una barrera semi permeable a los gases y al vapor de agua, además puede actuar como portadores de ingredientes funcionales como agentes antimicrobianos y antioxidantes (Vásconez et al., 2009).

Aplicar recubrimientos comestibles (RC) en frutas a partir de fuentes renovables como lípidos, polisacáridos y proteínas, así como mezclas de éstos, disminuyen su tasa de respiración, retrasan su pérdida de peso por deshidratación, prolongan su pérdida de firmeza y pigmentación, causado por microorganismos. Además, se inhibe el pardeamiento enzimático y reacciones metabólicas asociadas con la maduración y se promueve la conservación de propiedades mecánicas y se conservan las características sensoriales ya que se retrasa la maduración y se incrementa la vida útil de la fruta.

Los polisacáridos y las proteínas son buenos materiales para la formación de RC, ya que muestran excelentes propiedades mecánicas y estructurales, pero presentan una pobre capacidad de barrera frente a la humedad. Este problema no se encuentra en los lípidos dados sus propiedades hidrofóbicas, especialmente los que poseen puntos de fusión altos tales como la cera de abejas y la cera carnauba (Morillon et al., 2002; Shellhammer & Krochta, 1997).

Diversos estudios reconocen la importancia de evaluar las matrices preformadas (PC), con la tarea de cuantificar diversos parámetros como propiedades mecánicas, ópticas y antimicrobianas a fin de determinar las posibilidades de su aplicación como nuevo empaque, ya que crea una atmósfera modificada (AM) que restringe la transferencia de gases (O_2 , CO_2) y se convierte en una barrera para la transferencia de compuestos aromáticos (Miller & Krochta, 1997)

La investigación de Roque (2014), acerca de la aplicación de RC a base de mucilago de chíá en la conservación post cosecha de palta, indican que, la matriz estructural y la uniformidad del recubrimiento se pierden en poco tiempo, empezando rápidamente el proceso de deterioro del fruto.

La tendencia actual es la búsqueda de almidones naturales (nativos) con el fin de desarrollar nuevos productos, llamados "naturales", para los cuales el almidón no sea considerado aditivo sino ingrediente base de fabricación, en donde la cantidad introducida no esté sometida a reglamentación. (Dufour y Hurtado, 1997).

La investigación tiene como objetivo, evaluar el efecto de dos tipos de almidones nativos, de arracacha y mashua, en las propiedades del recubrimiento comestible a base de mucilago de chíá, para la conservación post cosecha de palta.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y en el laboratorio de Ingeniería de Procesos Agroindustriales de la Universidad Nacional de Trujillo.

Para aislar el almidón, las raíces peladas de arracacha y mashua, se cortaron en trozos de 2 cm y se sumergieron en una solución de bisulfito sódico (1500 ppm) a una relación 1:3 (p/v) y se molieron en un procesador de alimentos durante 5 min para reducir el tamaño de partícula. La pasta resultante se filtró a través de tamices de acero inoxidable de 300 μ m y 53 μ m y la fibra retenida se lavó y se tamizó dos veces más, descartando la fibra residual. La suspensión filtrada se sedimentó a 4°C durante 24 h para recuperar el almidón. El líquido sobrenadante se desechó, la fracción de

almidón se lavó tres veces por re suspensión en agua destilada y se secó a 37 °C durante 48 h en un horno. Finalmente, cada almidón seco se molió hasta que pase a través de un tamiz metálico de 106 μ m, método descrito por Novelo-Cen y Betancur-Ancona (2005).

La extracción del mucilago de chíá se realizó empleando el método adaptado por Roque (2014), en un vaso de precipitados Pyrex de 1000 mL, se agregó 1000 mL de agua destilada y 50 g de semilla de chíá, colocándolo sobre un agitador magnético, calentando hasta llegar a 37 °C e hidratando la semilla por 1 h. Posteriormente se extrajo el mucilago por filtración al vacío (0,06 MPa), mediante una bomba al vacío sobre coladera de plástico, para luego obtener un extracto más puro en un segundo filtrado, sobre una tela muselina sintética, después se precipitó el mucilago con 1,5 L de etanol 96°. Las muestras fueron deshidratadas en una estufa eléctrica a temperatura de 60 °C durante 2 h, luego el mucilago deshidratado obtenido fue molido en un mortero de porcelana y envasado en frascos de vidrio para su posterior uso, teniéndose un rendimiento del 3,0%.

Las soluciones formadoras de recubrimiento (SFR) se prepararon teniendo en cuenta la investigación de Roque (2014), utilizando como matriz soporte una solución acuosa al 0,7% de mucilago de chíá y glicerol en relación de 1:1 p/p; además se formularon con soluciones acuosas de almidón de arracacha o mashua (MG) las concentraciones se establecieron según el diseño experimental y una fracción hidrofóbica compuesta por cera de abeja y ácido oleico al 0,5% en relación de 1:1 p/p (CO). Las SFR fueron homogenizadas en un agitador magnético sometiendo a un tratamiento térmico de 90 °C a 1000 rpm por 30 minutos.

Se caracterizaron algunos parámetros fisicoquímicos de los almidones; el contenido de amilosa se determinó por el método colorimétrico según Jan et al. (2016), el índice de absorción de agua (IAA) y el índice de solubilidad en agua (ISA) son determinados por gravimetría, a partir de 2,5 g de muestra y según los métodos descritos por Medcalf y Giles (1965), citado por Anderson et al., (1969).

Las propiedades fisicoquímicas y estructurales de la película de recubrimiento comestible que se evaluaron fueron; la solubilidad en agua por el método descrito por Wang, Liu, Holmes, Kerry y Kerry (2007), empleada por Roque (2014); las muestras de películas fueron cortadas en círculos de 2,5 cm de diámetro y secadas a 100 °C por 6 h para obtener un peso constante. Posteriormente las muestras fueron inmersas en 100 mL de agua destilada por 24 h, para luego removerlas del agua y secadas a las condiciones ya descritas. La solubilidad en agua de las películas fue reportada como pérdida de peso (%). Las propiedades ópticas de luminosidad (L^*), croma (C^*) y tono (h^*) de las películas se determinaron por duplicado aplicando la teoría de Kubelka-Munk (Hutchings, 1999). El análisis microestructural de la superficie de las películas se realizó utilizando un Stereomicroscopio AmScope MT.

Las paltas de variedad Hass previamente lavadas y desinfectadas se aplicaron los tratamientos de recubrimientos comestibles (Tabla 1), por inmersión y almacenadas a condiciones ambientales (20 +3°C y 57 +5%HR) del laboratorio.

Tabla 1. Variables independientes y dependientes investigadas en la evaluación post cosecha de palta con recubrimiento comestible.

Nivel codificado (X)	Denominación	Variables independientes:	
		MG (0,70 %)	CO (0,50 %)
		Almidón Arracacha (%)	Almidón Mashua (%)
- α	Nivel mínimo	0,30	0,45
-1	Nivel bajo	0,62	0,74
0	Nivel medio	0,95	0,97
1	Nivel alto	1,20	1,25
+ α	Nivel máximo	1,50	1,63
Variables independientes:			
Pérdida de peso (%)			
Textura (mm)			
Contenido de aceite (%), Color			

La conservación post cosecha de palta cubierta con el recubrimiento comestible a base de mucilago de chia y almidones nativos, se evaluaron a través del tiempo, mediante los siguientes parámetros, pérdida de peso en (%), la textura mediante un analizador de textura (Penetrometer, KOEHLER, K95590) con penetrador tipo aguja estándar de 2,5 g, realizando las medidas en el plano longitudinal de las paltas en sus caras opuestas (Benger, Galletti, Marin; Fichet y Lizana 1993) medidas en la parte interna del fruto (pulpa), tomando como dato la distancia de penetración en milímetros (mm) en 1 segundo y las propiedades ópticas por reflexión mediante un espectro colorímetro (Translucence Tintometer, Lovibond RT 100).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características fisicoquímicas de la arracacha amarilla y mashua negra, se presentan en la Tabla 2, en cuanto a la arracacha los valores son próximos a lo reportado por Benalcázar R. (2014) y Espín S. Villacrés E. y Brito B. (2000), lo resaltante es su bajo contenido en extracto etéreo y el alto contenido en vitamina C. De los valores para la Mashua negra, se resalta el mayor contenido en vitamina C, ambos cultivos andinos son fuentes importantes de energía, debido a su contenido de almidón, concordante con lo reportado por Espín S. Villacrés E. y Brito B. (2000), éste es un polímero que constituye una fuente energética natural privilegiada para la alimentación de los seres vivos y principalmente del hombre.

Tabla 2. Características fisicoquímicas de la arracacha amarilla y mashua negra.

* Datos expresados en base seca.

Muestra	Arracacha amarilla				Mashua negra			
	1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
Humedad (%)	70,93	71,18	70,97	71,03	86,18	87,10	86,47	86,58
Proteína (%)	1,06	1,05	1,07	1,06	9,20	8,97	9,71	9,29
Extracto etéreo (%)	0,560	0,547	0,610	0,572	4,97	4,24	4,63	4,61
Fibra (%)	0,822	0,812	0,809	0,814	5,79	5,92	5,84	5,85
Cenizas (%)	3,210	3,187	3,197	3,198	4,752	4,863	4,807	4,807
Carbohidrato total (%) *	86,34	80,87	85,17	84,13	75,27	74,83	76,12	75,41
Almidón (%) *	65,23	62,12	65,31	64,22	47,23	44,58	46,21	46,01
pH	6,87	6,88	6,86	6,87	6,2	6,7	6,6	6,5
Acidez titulable (%)	0,741	0,745	0,743	0,743				
Sólidos solubles (°Brix)	4,47	4,49	4,44	4,47				
Vitamina C (mg/100 mg)	72,640	72,350	72,190	72,393	77,67	76,98	77,32	77,32
Azúcares reductores (%)	3,17	3,14	3,19	3,17	27,81	26,65	28,24	27,57

Tabla 3. Características fisicoquímicas y reológicas de los almidones nativos de arracacha y mashua.

Parámetros	Variedad de almidón	
	Arracacha	Mashua
Humedad (%)	12,10	11,80
Fibra (%)	-	-
Ceniza (%)	0,56	0,60
Grasa (%)	-	0,0
Proteína (%)	0,43	0,50
Amilosa (%)	4,0	27
pH	6,30	5,90
Viscosidad (cP) 60°C	420	340
IAA (g gel/g muestra (BS))	-	1,95
ISA (g soluble/g muestra (BS))	-	0,62

IAA índice de absorción de agua.

ISA índice de solubilidad en agua.

De las propiedades fisicoquímicas de los almidones nativos, Tabla 3, se puede resaltar en la mashua el alto contenido de amilosa a diferencia en la arracacha, esto indica un mayor contenido de amilopectina en la arracacha razón por la cual presenta una mejor gelificación reflejado en la mayor viscosidad.

De las propiedades fisicoquímicas de los recubrimientos comestibles, la solubilidad en agua se muestra en Tabla 4; se evidencia que las variables independientes mucílago de chíá-glicerol-almidón nativo (MG) son altamente significativos ($p < 0,01$), esto nos da a entender que los tratamientos son distintos uno del otro, atribuido a que los niveles de las variables fueron resultado de pruebas preliminares. Las películas tienen carácter hidrofílico debido a sus componentes mucílago de chíá y glicerol, Mhinzi y Mrosso

(1995), ratifican que el mucílago de chíá y el almidón presentan una alta solubilidad en agua (50 g/mL), así mismo el glicerol es una molécula hidrofílica. La solubilidad en agua también está relacionada con las propiedades de barrera al vapor de agua, ya que entre mayores sean los valores de barrera menor será su solubilidad en agua (Olivas, et al., 2007), por lo que para contrarrestar la pérdida de agua de los frutos buscamos valores mínimos de solubilidad como se muestra que a 0,70% de mucílago de chíá-glicerol con 1,50% de almidón de arracacha (MG) y 0,50% de emulsión de cera de abeja-ácido oleico (CO) podemos obtener una película con 38,85 % de solubilidad en agua y con una mejor propiedad de barrera al vapor de agua, así mismo también a 0,70% de mucílago de chíá-glicerol con 1,25% de almidón de mashua (MG) y 0,50% de emulsión de cera de abeja-ácido oleico (CO) podemos obtener una película con 39,30 % de solubilidad en agua.

Tabla 4. Resultados de la evaluación de la solubilidad de los RC.

Tratamiento	Película MG (0,70%) - CO (0,50%)	
	Concentración de almidón de arracacha en MG (%)	Solubilidad en agua (%)
MG-CO 1	0,30	50,09
MG-CO 2	0,62	50,21
MG-CO 3	0,95	47,85
MG-CO 4	1,20	42,60
MG-CO 5	1,50	38,85
	Concentración de almidón de Mashua en MG (%)	
MG-CO 6	0,45	49,34
MG-CO 7	0,74	50,03
MG-CO 8	0,97	47,32
MG-CO 9	1,25	39,30
MG-CO 10	1,63	40,17

Las propiedades ópticas se presentan en la Tabla 5, los resultados indican que tanto el componente (MG) y (CO) influyen en la variación cualitativa del color, (MG) tiene la máxima fuerza y pureza del color de las películas obtenidas y la (CO) efecto la capacidad de reflejar la luz blanca que

incide en él, debido a la fase dispersa en el medio, que dio lugar a una superficie menos homogénea durante el secado de las películas, que afecta su capacidad de reflejar la luz blanca.

Tabla 5. Resultados de las propiedades ópticas de las películas.

Tratamiento	Película MG (0,70%) - CO (0,50%)		Coordenadas cromáticas de la película		
	Concentración de almidón de arracacha en MG (%)		L*	C*	h*
MG-CO 1	0,30		423,45	7,27	133,29
MG-CO 2	0,62		395,65	6,25	115,45
MG-CO 3	0,95		412,36	8,99	119,48
MG-CO 4	1,20		415,56	4,08	223,32
MG-CO 5	1,50		390,65	10,23	215,23
	Concentración de almidón de Mashua en MG (%)				
MG-CO 6	0,45		407,91	17,21	97,28
MG-CO 7	0,74		413,96	10,72	112,92
MG-CO 8	0,97		408,08	17,57	96,78
MG-CO 9	1,25		393,46	14,64	105,74
MG-CO 10	1,63		400,27	5,31	220,15

La estructura final de las películas depende del ordenamiento de los diferentes componentes en las SFR, de su evolución durante el secado de las películas y de las interacciones entre

ellos. La Figura 1 muestra las micrografías de la sección superficial de las películas obtenidas mediante el Stereomicroscopio AmScope MT, en donde se puede

observar el efecto de la incorporación de almidones (MG) en la microestructura de las películas, mejora la distribución de la matriz estructural, puede ser debido a la mayor presencia polimérica en el caso de la arracacha de amilopectina.

Los estudios de microscopía permiten analizar cómo la estructura de las películas afecta a sus propiedades físicas, a través del estudio de las interacciones entre componentes y de la estructura y distribución de estos en la matriz polimérica.

De la evaluación de la conservación post cosecha de palta con RC, se observó que en cuanto a la pérdida de peso, todos los frutos presentaron una pérdida de peso progresiva en almacenamiento, sin embargo, ésta fue más evidente en los frutos sin recubrimiento. Al finalizar la evaluación los frutos con el tratamiento MG-CO 5 fueron los que presentaron menores pérdidas de peso, seguidos de aquellos recubiertos con el tratamiento MG-CO 4 y MG-CO 9. La Figura 2 muestra claramente el efecto del recubrimiento sobre el proceso de maduración de los frutos de palta. Los frutos recubiertos presentaron una mejor apariencia producto de la extensión de su vida de anaquel.

De acuerdo con Roque (2014) que cita a Davanco (2006) y Maia, Porte y Souza (2000) el uso de los recubrimientos comestibles reduce la pérdida de humedad. Sin embargo, Azeredo (2003), menciona que los recubrimientos a base de polisacáridos tienen buenas propiedades de barrera al O_2 y CO_2 , pero su desventaja es que las propiedades de barrera a la humedad son bajas debido a su naturaleza hidrofílica y según, Pastor et al. (2005), la combinación de polisacáridos con lípidos es muy ventajosa, pudiendo proveer mejores propiedades de barrera a la humedad, lo cual se refleja en el efecto de los tratamientos que presentan en su estructura concentraciones mucílago de chíca-glicerol y emulsión de cera de abeja-ácido oleico.

Los resultados de la textura en las paltas durante almacenamiento evidenciaron que los tratamientos tienen efectos distintos en los cambios metabólicos y la pérdida de humedad propios del proceso de maduración, reflejado en la variación de la textura durante los días de almacenamiento a condiciones ambientales ($20 \pm 3^\circ C - 57 \pm 5\% HR$).

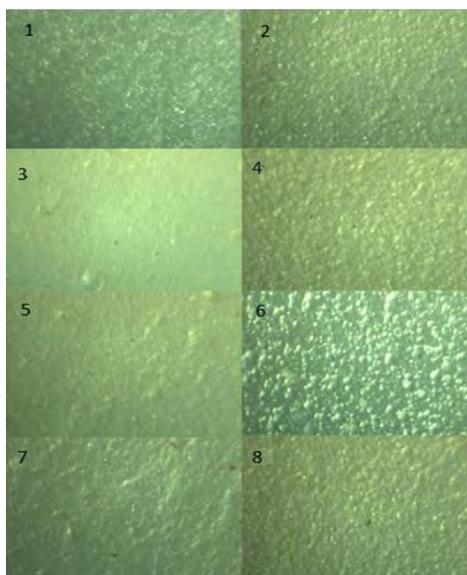


Figura 1. Micrografías obtenidas mediante el Stereomicroscopio AmScope MT de las diferentes películas:

MG-CO 2 (0,62% almidón arracacha) (1), MG-CO 3 (0,95% almidón arracacha) (2), MG-CO 4 (1,20% almidón arracacha) (3), MG-CO 5 (1,50% almidón arracacha) (4), MG-CO 6 (0,45% almidón mashua) (5), MG-CO 7 (0,74% almidón mashua) (6), MG-CO 8 (0,97% almidón mashua) (7), MG-CO 9 (1,25% almidón mashua) (8)



Figura 2. Aspecto físico de las paltas sin recubrimiento y con recubrimiento al final del almacenamiento (36 días).

Se observó que los frutos recubiertos con el tratamiento MG-CO 4 retuvieron mejor sus propiedades de textura, así mismo estos resultados concuerdan con los obtenidos para pérdida de peso, ya que los tratamientos MG-CO 4 y MG-CO 9 presentaron los menores valores.

Se ratifican los resultados ya que Maia et al. (2000), mencionan que la aplicación de recubrimientos comestibles en productos hortofrutícolas limita la acción enzimática que provoca su ablandamiento al reducir el intercambio gaseoso, ayudando así al mantenimiento de su textura

En cuanto a las propiedades ópticas los tratamientos con almidones nativos influyen en la variación cualitativa del color, la máxima fuerza y pureza del color, así como la capacidad de reflejar la luz blanca que incide en las muestras de pulpa de palta de los tratamientos y muestra control. Se observó cómo los valores de luminosidad (L^*) aumentaron desde 37,06 hasta 47,16 para el tratamiento MG-CO 4, dando lugar a muestras más claras con aumento de pureza de color (C^*) característicos a la pulpa de palta madura.

Del análisis de influencia de la aplicación de los recubrimientos comestibles en las paltas variedad Hass, durante el almacenamiento en condiciones ambientales, se concluye que a mayor contenido de almidón de arracacha mejora la estructura de la película y para una misma concentración de emulsiones de cera de abeja-ácido oleico se da un mayor efecto a contrarrestar la pérdida de peso y por ende un mayor efecto de barrera al vapor de agua.

De los recubrimientos comestibles evaluados, el recubrimiento MG-CO 5 formulado a base de 0,70 % de mucílago de chíca-glicerol con 1,50% de almidón de arracacha (MG) y 0,50 % de emulsión de cera de abeja-ácido oleico (CO) en la formulación de SFR, fue el que presentó mayor efecto a contrarrestar la pérdida de peso y por ende un mayor efecto de barrera al vapor de agua.

Las propiedades de formar gel o red polimérica de los almidones favorecen la estructura matriz del RC a base de mucílago de chíca, manteniendo el efecto barrera en el recubrimiento, esto puede ser debido a la proporción de amilopectina contenida en el almidón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bukasov, S. 1981. Las plantas cultivadas en México, Guatemala y Colombia. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Costa Rica.
- Canahua, A. 1977. Cultivo de la arracacha. I Congreso internacional sobre cultivos andinos. Ayacucho.
- Dean, John A. (1995). The Analytical Chemistry Handbook. Nueva York: McGraw Hill. pp. 15.1-15.5
- García, M. A., Ferrero, C., Bértola, N., Martino, M., Zaritzky, N. (2002). Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fries products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3, 391 – 397
- Guilbert, S., Gontard, N., & Gorris, L. G. M. (1996). Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology*, 29, 10 – 17.
- Hernández, B y León, J. (1992). Cultivos marginados otra perspectiva de 1492. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación Roma. pp. 150-151.
- Hermann, M. 1994. Arracacha and achira processing and product development. Annual review of CIP. Lima.
- Hernández-Ortiz J.P. (2004). Differential Scanning Calorimetry: Polymers Characterization. Universidad Nacional de Colombia. pp. 136, 149-152
- Higuitia, M. 1968. El cultivo de la arracacha en la Sabana de Bogotá. Instituto colombiano agropecuario. Bogotá.
- Jan, R., Saxena, D.C., Singh, S. 2016. Pasting, thermal, morphological, rheological and structural characteristics of *Chenopodium* (*Chenopodium album*) starch. *LWT - Food Science and Technology*, 66: 267-274.
- Karbowiak, T., Debeaufort, F., Voilley, A. (2007). Influence of thermal process on structure and functional properties of emulsion-based edible films. *Food Hydrocolloids*, 21, 879 – 888.
- Krochta, J. M., Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. (1994). Edible coatings and films to improve food quality. Florida, United States of America: CRC Press.
- León, J. 1964. Plantas alimenticias andinas. Instituto interamericano de ciencias agrícolas zona andina. Lima. 1.
- Maniglia, B.C., Tapia-Blácido, D.R. 2016. Isolation and characterization of starch from babassu mesocarp. *Food Hydrocolloids*, 55: 47-55
- Martin-Polo, M., Mauguin, C., & Voilley, A. (1992). Hydrophobic films and their efficiency against moisture transfer. 1. Influence of the film preparation technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 407 – 412
- Meza, G.; Cortes, H.; Zela, G. y Gonza, V. (1997). Cultivo de mashua. Universidad nacional de san Antonio Abad del Cuzco. Centro de investigación en cultivos andinos. Asociación Arariwa. IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos.
- Morillon, V., Debeaufort, F., Bond, G., Capelle, M., & Volley, A. (2002). Factors affecting the moisture permeability of lipid based edible films: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42 (1), 67-89
- Mujica, A. 1990. La arracacha en el Perú. Programa de investigación de cultivos andinos. Instituto nacional de investigación agraria y agroindustrial. Puno.
- Novelo-Cen, L., Betancur-Ancona, D. 2005. Chemical and functional properties of *Phaseolus lunatus* and *Manihot esculenta* starch blends. *Starch/Stärke*, 57(9): 431-441.
- Pearson. Egan, H; Kirk R y Sawyer R. 1988. Compañía Editorial Continental, México. 1988. Análisis Químico de Alimentos.
- Ramos-García, M. L., Bautista-Baños, S., Barrera-Necha, L. (2010). Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 28 (1), 44 – 57.
- Ramallo, Z. (1999). Diseño de una planta procesadora de harina de Isaño como base de la alimentación porcina. Tesis. Universidad Privada de Bolivia.
- Roque R. (2014). Evaluación de los recubrimientos comestibles a base de mucilago de chíca (*Salvia hispanica L.*) sobre la conservación postcosecha de palta (*Persea americana Mill.*) variedad Hass. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Shelhammer, T. H., & Krochta, J. M. (1997). Whey protein emulsion film performance as affected by lipid type and amount. *Journal of Food Science*, 62 (2), 390 – 394.
- Skoog, Douglas A., F. James Holler and Timothy Nieman. (1998). Principles of Instrumental Analysis (Fifth Edition edición). Nueva York. pp. 905-908
- Tapia, M. (1984). Los Tubérculos andinos. En: Avances en las investigaciones sobre tubérculos alimenticios de los andes. Lima, Perú. PISCA-IICA-CIID. PP.45- 61
- Vásconez, M., Flores, S., Campos, C., Alvarado, J., Gerschenson, L. (2009). Antimicrobial activity and physical properties of chitosan-tapioca starch based edible films and coatings. *Food Research International*, 42, 762 – 769.