Artículo Original / Original Article

Evaluación de un biorecubrimiento comestible a base de almidón modificado aplicado a aguacate (*Persea americana*) mínimamente procesado

Evaluation of an edible starch-based biofilm applied to minimally processed avocado (*Persea americana*)

Miladys Torrenegra Alarcón^{1*}. <https://orcid.org/0000-0003-4258-182X>

Glicerio León Mendez². <https://orcid.org/0000-0002-9899-5872>

Adriana Herrera Barros³. <https://orcid.org/0000-0002-4355-3401>

1. Grupo de Investigación en Innovación y Biotecnología (GIBEL). Centro de Comercio y Servicios, Regional Bolívar (SENA). Cartagena, Bolívar, Colombia.

2. GITEC, Corporación Universitaria Rafael Núñez. Programa de Tecnología en Estética y Cosmetología. Cartagena, Colombia.

3. Grupo de Investigación en Nanomateriales Multifuncionales. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia.

*Dirigir correspondencia: Miladys Torrenegra Alarcón, Grupo de Investigación en Innovación y Biotecnología (GIBEL). Centro de Comercio y Servicios, Regional Bolívar (SENA). Cartagena, Colombia.
Email: mtorrenegra@sena.edu.co

Este trabajo fue recibido el 25 de agosto de 2020.
Aceptado con modificaciones: 04 de noviembre de 2020.
Aceptado para ser publicado: 07 de enero de 2021.

RESUMEN

Los recubrimientos se definen como productos comestibles que forman una fina capa sobre el alimento y se caracterizan por que constituyen una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua que retrasa el deterioro del alimento, mejoran las propiedades mecánicas, ayudan a mantener la integridad estructural del producto que envuelven, ayudan a retener compuestos volátiles y pueden actuar como vehículo de aditivos alimentarios. Se evaluó el desempeño de los biorecubrimientos sobre el aguacate mediante la determinación de propiedades sensoriales y fisicoquímicas. Los resultados muestran que todas las variables están significativamente influenciadas por la biomolécula empleada "almidón modificado de ñame variedad espino", observando un desempeño favorable en los biorecubrimientos comestibles, por lo cual se confirma la efectividad de utilizar biorecubrimiento comestible a base de almidón modificado de ñame con anhídrido n-octenil succínico (n-OSA) como una alternativa para la conservación del aguacate mínimamente procesado debido a que presentó menor variación de las propiedades fisicoquímicas.

Palabras clave: Anhidro octenil succínico; Almidón; Biorecubrimiento; *Persea americana*.

ABSTRACT

Coatings are defined as edible products which form a thin layer on food, and are characterized by a semipermeable barrier for gases and water vapor which slow food spoilage, improve mechanical properties, help maintain the structural integrity

of product wrapping, retain volatile compounds and can act as a vehicle for food additives. We evaluated the performance of biofilms on avocado through the determination of physico-chemical and sensory properties. The results show that all the variables were significantly influenced by the biomolecule employed "modified yam variety espinosa starch", noting a favorable performance in edible biofilms, confirming the effectiveness of using edible biorecubation based on modified yam starch with *n*-octenyl succinic anhydride (*n*-OSA) as an alternative for the preservation of minimally processed avocado because it had less variation in physicochemical properties.

Key words: Biofilms; Modified starch; Octenyl succinic anhydride; *Persea americana*.

INTRODUCCIÓN

Un recubrimiento comestible se puede definir como una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento generalmente por la inmersión del mismo en una solución filogénica formadora del recubrimiento. Dichas soluciones pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de ellos^{1,2,3,4}.

Los biorecubrimientos involucran la formación de una estructura del polímero directamente en la superficie del alimento que se pretende proteger o mejorar de alguna forma, desarrollándose fundamentalmente con el fin de extender la vida útil de los productos alimenticios, para usarse como soporte de agentes antimicrobianos, antioxidantes o nutrientes, para enlentecer la migración de humedad y lípidos o el transporte de gases y solutos. De esta manera los biorecubrimientos llegan a ser parte del producto y permanecen en el mismo durante su uso y consumo^{1,2,3,4}.

Deben poseer buenas propiedades mecánicas para el manipuleo, adecuada adhesividad a los alimentos y un bajo deterioro de las mismas, además, deben ser totalmente neutras con respecto al color, tacto y olor del alimento^{5,6}.

Cabe resaltar que los biorecubrimientos están compuestos por agentes gelificantes, plastificantes, compuestos antimicrobianos y/o antioxidantes. Entre los plastificantes el almidón de ñame es utilizado ya que no presenta sabor, olor ni color, por ello al ser usados sobre una matriz alimenticia no alterará el perfil sensorial, además presenta un buen comportamiento como polímero natural³. Entre los plastificantes el glicerol es utilizado debido a que reduce los enlaces intermoleculares entre las cadenas de polímeros, y modifican las propiedades mecánicas y producen biorecubrimientos más flexibles. Además, en la formulación de un biorecubrimiento se pueden incorporar productos naturales con actividad antimicrobiana y antioxidantes procedentes de plantas, organismos marinos, insectos o microorganismos como alternativas viables al uso de compuestos sintéticos, un claro ejemplo de esto son los aceites esenciales o extractos acuosos obtenidos de plantas que son mezclas complejas de componentes volátiles que contienen grupos relacionados biosintéticamente⁵.

En un producto hortofrutícola, como el aguacate, el plastificante puede emplearse como barrera a gases y vapor de agua, aplicándose sobre la superficie del alimento con la función primordial de restringir la pérdida de humedad de la fruta hacia el ambiente, reducir la absorción de O₂ para disminuir su tasa respiratoria, aumentar su vida útil y reducir las pérdidas postcosecha. Teniendo en cuenta que una de las

dificultades que presenta hoy en día el aguacate es el corto periodo de vida útil debido a que es cosechado en un estado de madurez inapropiado, además se transporta y almacena en condiciones inadecuadas, afectando de manera importante la producción y conservación del mismo⁷.

Por lo anterior, se hace necesario realizar investigaciones enmarcadas en la temática de recubrimientos comestibles para evitar los daños que produce el procesamiento mínimo de las frutas como el aguacate. Una gran opción para formular un recubrimiento comestible para este tipo de producto de IV gama es el almidón de ñame variedad espinosa (*Dioscorea rotundata* L.), que es un tubérculo autóctono de la región Caribe Colombiana. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un biorecubrimiento comestible con base en almidón modificado de ñame variedad espinosa en aguacate mínimamente procesado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El aguacate (*Persea americana*) variedad Carmero fue recolectado en el municipio del Carmen de Bolívar (9°43'06"N 75°07'21"O). El biopolímero, almidón modificado de ñame variedad espinosa con anhídrido *n*-octenil succínico (*n*-OSA) empleado fue tomado de una muestra almacenada en el laboratorio del Grupo de Investigación en Innovación y Biotecnología (GIBEI) del SENA – Regional Bolívar. (Las condiciones de almacenamiento para el almidón modificado fue de 20±5 °C y HR del 60%)³.

Procesamiento del aguacate

Los aguacates se seleccionaron teniendo en cuenta que estuvieran libres de daños externos y presentaran madurez comercial; se lavaron y desinfectaron con citrosan a 2,5 ppm, posteriormente se trocearon con un peso promedio de 100 g y se sumergieron en una solución de CaCl₂ al 1% durante 5 minutos, secándose a temperatura ambiente; se empacaron en bolsas herméticas y posteriormente se mantuvieron a una temperatura de 4 °C durante 1 día^{3,8,9}.

Caracterización bromatológica del aguacate (*Persea americana*)

Se llevó a cabo la caracterización química del aguacate, a la cual se le determinó el contenido de nutrientes y micronutrientes mediante las pruebas descritas a continuación. Para proteína se utilizó el método de Kjeldahl según AOAC 955.04; cenizas se determinó mediante el método de directo según AOAC 924.05; humedad; por medio del método de secado a 100±2 °C según AOAC 925.0910; fibra; por el método

enzimático gravimétrico¹⁰; carbohidratos¹¹; grasa; por el método de Soxhlet según AOAC 936.15, minerales (P, Ca, Fe, Mg, K, Na) mediante la técnica instrumental de espectrofotometría de absorción atómica (Thermo Scientific. Atomic Absorption Spectrometer iCE 3000. Reino Unido), vitaminas (Vitamina C, Vitamina E, Vitamina K, Vitamina B₁, Vitamina B₂, Vitamina B₃, Vitamina B₅) y perfil de aminoácidos por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) (Shimadzu LC LaChrom Elite® System (Shimadzu, Kyoto, Japón).

Diseño de experimento

Se utilizó un diseño experimental factorial 2x3 (Tabla 1). Las variables elegidas fueron el tipo de almidón (nativo y modificado), así como el porcentaje de extracto acuoso (1, 2 y 4%) en la solución filmogénica. Se tomó como constantes la cantidad de almidón y glicerina; la cantidad de agua dependió

del porcentaje de extracto acuoso de orégano. El pH de los biorecubrimientos (RC), se utilizó como un punto de partida³.

Elaboración y aplicación de los biorecubrimientos (RC)

La solución base para elaborar los recubrimientos compuestos fue almidón modificado con anhídrido n-octenil succínico (n-OSA) al 4% disuelto en glicerina al 5%. Cada biopelícula se elaboró mezclando los diferentes componentes (cada uno en solución individual) según el método de vaciado en placa (casting) descrito por Oleyaei et al.¹². Como agente antimicrobiano para las soluciones se empleó extracto acuoso de orégano. La aplicación de los RC se realizó de forma manual empleando el método de inmersión. Después de la aplicación de los RC los frutos se mantuvieron a 5±1 °C y 85% HR por 15 d^{1,3} (Figura 1).

Tabla 1. Diseño experimental de los biorecubrimientos (RC).

	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Extracto (mL)	Agua (mL)	pH RC
A1			Blanco		
A2	8 (Mod.)	10	2	180	6,00
A3	8 (Mod.)	10	4	178	5,98
A4	8 (Mod.)	10	8	174	5,91
A5	8 (Nat.)	10	2	180	5,84
A6	8 (Nat.)	10	4	178	5,60
A7	8 (Nat.)	10	8	174	5,49

Figura 1: Aplicación del RC en aguacate (*Persea americana*).

Análisis fisicoquímicos

Las muestras se homogenizaron y se les realizaron diversas pruebas. Inicialmente se determinó el valor del pH según el método de la AOAC 10.041/84¹⁰, seguido de la medición de los sólidos solubles con refractómetro (Sper Scienti C 300034, Estados Unidos). La acidez titulable expresada en % de ácido oléico, se evaluó de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC 5208¹³.

Pérdida de peso (%PP)

Con el fin de determinar la pérdida fisiológica de peso, se realizó un seguimiento a los frutos recubiertos durante 15 días, pesando las muestras cada tres días, cuantificando el peso inicial y peso final. Los resultados obtenidos se evaluaron utilizando la ecuación 1 y se expresaron como porcentaje de pérdida de peso de la fruta (%PP).

$$\% PP = (Po - Pf) / Po \times 100 \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde, % PP es el porcentaje de pérdida de peso, Po es el peso inicial de la muestra, Pf es el peso final de la muestra.

Tabla 2. Caracterización química de la pulpa de *Persea americana*.

Parámetros	Resultados
Cenizas (%)	2,93±0,12
Grasas (%)	15,2±0,7
Proteínas (%)	3,88±0,10
Humedad (%)	74,4±0,3
Carbohidratos (%)	3,61±0,43
Fibra dietaria (%)	13,1±0,1
Calorías (Kcal)	166,6±0,3
P (mg)	43,8±0,8
Ca (mg)	11,7±0,6
Fe (mg)	0,52±0,10
Mg (mg)	31,3±0,5
K (mg)	470,7±0,8
Na (mg)	4,83±0,76
Vitamina C (mg)	12,0±0,9
Vitamina E (mg)	2,24±0,09
Vitamina K (mg)	26,3±1,2
Vitamina B ₁ (mg)	0,09±0,01
Vitamina B ₂ (mg)	0,21±0,10
Vitamina B ₃ (mg)	1,93±0,60
Vitamina B ₅ (mg)	1,46±0,05

Análisis estadístico

Los resultados correspondientes a tres ensayos independientes se expresaron como el promedio±el error estándar de la media (ESM) y se analizaron mediante pruebas t y análisis de varianza de una vía (ANOVA), seguido de prueba de Dunnet o Tukey post hoc para comparaciones múltiples. Valores de p<0,05 fueron considerados significativos. Para la organización de los datos se empleó la hoja de cálculo MS Excel 2010, y para los análisis estadísticos el paquete GraphPad Prism V5.00 para Windows.

RESULTADOS

La calidad de un fruto contempla además de sus características físicas –tamaño, peso, color y textura– su contenido nutricional (Tablas 2 y 3).

En los resultados (Tabla 2) se puede observar que la pulpa de *Persea americana* evaluada posee un elevado contenido de humedad (74,4±0,3%), Vitamina C (12,0±0,9) y K (26,3±1,2), grasas (15,2±0,7%) y cenizas de (2,93±0,12%), este último parámetro evidencia un alto contenido de minerales probablemente pertenecientes a minerales como el fósforo, magnesio, sodio, calcio, potasio y hierro. El orden de importancia de los minerales encontrados en la pulpa de *Persea americana* fue el siguiente: Potasio > Fósforo > Magnesio > Calcio > Sodio > Hierro (Tabla 2).

Cabe resaltar que la pulpa de *Persea americana* presenta seis aminoácidos esenciales (Isoleucina, leucina, licina, metionina, fenilalanina y treonina) con niveles elevados. No obstante, el aminoácido con mayor porcentaje es la valina (69±0,10) (Tabla 3).

La variación del pH resultó significativa, la tendencia mostrada en la tabla 4, puede ser consecuencia del stress

Tabla 3. Composición de aminoácidos de la pulpa de *Persea americana*.

Clasificación	Aminoácidos	Resultado (mg/100 de pulpa)
Esenciales	Isoleucina	50±0,3
	Leucina	41±0,5
	Licina	65±0,1
	Metionina	33±0,5
	Fenilalanina	50±0,3
	Treonina	43±0,1
No Esenciales	Valina	69±0,1
	Tirosina	35±0,3

al cual se somete el fruto, ya que una vez arrancado de la planta durante los primeros días está obligado a gastar parte de sus ácidos orgánicos como parte de sus procesos metabólicos^{2,3}. El mejor resultado asociado a la evolución del pH en el aguacate mínimamente procesado recubierto fue el obtenido por formulación A4 con una variación de ($t_0=6,9\pm0,04$ a $t_{15}=7,0\pm0,08$) respectivamente.

La aplicación de los recubrimientos en los aguacates generó diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles totales entre los tratamientos evaluados durante el almacenamiento ($p>0,05$), afirmando que la formulación A4 ($t_0=10,1\pm0,03$ a $t_{15}=9,5\pm0,05$) presenta

resultados promisorios como se observa en la tabla 5.

Para los diferentes recubrimientos se encontraron diferencias significativas en relación a la acidez, evidenciándose variaciones de la propiedad durante el tiempo. Sin embargo, el mejor resultado fue obtenido por la formulación A4 ($t_0=0,028\pm0,03$ a $t_{15}=0,027\pm0,03$) (Tabla 6).

El tratamiento estadístico realizado a los datos obtenidos en el ensayo de pérdida de peso indicó que hay diferencias significativas en la pérdida de peso para cada uno de los factores evaluados sin embargo es relevante resaltar el comportamiento de la formulación A4 con un porcentaje de pérdida de $7,83\pm0,04$ (Tabla 7).

Tabla 4. Evolución del pH en el aguacate mínimamente procesado recubierto.

	t_0	t_3	t_6	t_9	t_{12}	t_{15}
A1	$7,1\pm0,05^a$	$7,5\pm0,05^b$	$7,7\pm0,02^c$	$7,9\pm0,05^d$	$8,1\pm0,01^e$	$8,5\pm0,02^f$
A2	$7,0\pm0,01^a$	$7,0\pm0,05^a$	$7,3\pm0,07^b$	$7,6\pm0,09^c$	$7,6\pm0,01^c$	$7,6\pm0,05^c$
A3	$7,0\pm0,02^a$	$7,0\pm0,04^a$	$7,3\pm0,05^b$	$7,5\pm0,04^c$	$7,5\pm0,01^c$	$7,5\pm0,06^c$
A4	$6,9\pm0,04^a$	$6,9\pm0,03^a$	$6,9\pm0,01^a$	$7,0\pm0,08^a$	$7,0\pm0,03^a$	$7,0\pm0,08^a$
A5	$7,1\pm0,01^a$	$7,4\pm0,02^b$	$7,5\pm0,05^c$	$7,8\pm0,06^d$	$7,8\pm0,01^d$	$7,9\pm0,06^f$
A6	$7,0\pm0,05^a$	$7,3\pm0,05^b$	$7,4\pm0,02^c$	$7,6\pm0,02^d$	$7,7\pm0,03^e$	$7,8\pm0,01^f$
A7	$7,0\pm0,01^a$	$7,3\pm0,05^b$	$7,4\pm0,07^c$	$7,5\pm0,05^d$	$7,6\pm0,03^e$	$7,7\pm0,01^f$

a, b, c, d, e, f valores con letras diferentes en una misma fila difieren significativamente $p<0,05$.

Tabla 5. Evolución de los °Brix en el aguacate mínimamente procesado recubierto.

	t_0	t_3	t_6	t_9	t_{12}	t_{15}
A1	$10,1\pm0,01^a$	$8,9\pm0,05^b$	$6,0\pm0,05^c$	$4,0\pm0,06^d$	$2,8\pm0,01^e$	$1,4\pm0,03^f$
A2	$10,1\pm0,05^a$	$9,8\pm0,06^b$	$9,8\pm0,04^b$	$9,6\pm0,06^c$	$8,7\pm0,05^d$	$8,0\pm0,02^e$
A3	$10,1\pm0,03^a$	$9,7\pm0,04^b$	$9,7\pm0,03^b$	$9,7\pm0,02^b$	$9,2\pm0,05^c$	$8,9\pm0,04^d$
A4	$10,1\pm0,03^a$	$10,0\pm0,03^a$	$10,0\pm0,01^a$	$9,9\pm0,05^a$	$9,7\pm0,05^b$	$9,5\pm0,05^c$
A5	$10,1\pm0,02^a$	$8,3\pm0,03^b$	$7,8\pm0,06^c$	$7,3\pm0,07^d$	$6,5\pm0,05^e$	$6,0\pm0,01^f$
A6	$10,1\pm0,06^a$	$9,0\pm0,04^b$	$8,2\pm0,01^c$	$7,8\pm0,09^d$	$7,1\pm0,01^e$	$6,8\pm0,07^f$
A7	$10,1\pm0,07^a$	$9,5\pm0,01^b$	$8,6\pm0,07^c$	$8,1\pm0,01^d$	$7,8\pm0,04^e$	$7,1\pm0,05^f$

a, b, c, d, e, f valores con letras diferentes en una misma fila difieren significativamente $p<0,05$.

Tabla 6. Evolución de la acidez en el aguacate mínimamente procesado recubierto.

	t ₀	t ₃	t ₆	t ₉	t ₁₂	t ₁₅
A1	0,028±0,04 ^a	0,026±0,03 ^b	0,025±0,05 ^c	0,024±0,07 ^d	0,020±0,05 ^e	0,015±0,03 ^f
A2	0,028±0,03 ^a	0,026±0,01 ^b	0,026±0,06 ^b	0,025±0,06 ^c	0,025±0,01 ^c	0,025±0,01 ^c
A3	0,028±0,06 ^a	0,028±0,02 ^a	0,028±0,07 ^a	0,027±0,05 ^b	0,027±0,04 ^b	0,026±0,02 ^c
A4	0,028±0,03 ^a	0,028±0,06 ^a	0,028±0,05 ^a	0,028±0,01 ^a	0,027±0,04 ^b	0,027±0,03 ^b
A5	0,028±0,02 ^a	0,025±0,04 ^b	0,024±0,09 ^c	0,023±0,04 ^d	0,022±0,01 ^e	0,022±0,04 ^e
A6	0,028±0,01 ^a	0,025±0,03 ^b	0,025±0,06 ^b	0,024±0,05 ^c	0,023±0,03 ^d	0,023±0,05 ^d
A7	0,028±0,04 ^a	0,026±0,05 ^b	0,025±0,01 ^c	0,025±0,04 ^c	0,024±0,01 ^d	0,024±0,02 ^d

a, b, c, d, e, f valores con letras diferentes en una misma fila difieren significativamente p<0,05.

Tabla 7. Porcentaje de pérdida de peso (%) de los diferentes tratamientos.

	t ₀	t ₃	t ₆	t ₉	t ₁₂	t ₁₅
A1	0	8,74±0,01 ^a	9,58±0,02 ^b	11,14±0,02 ^c	16,59±0,03 ^d	28,29±0,01 ^e
A2	0	4,23±0,02 ^a	7,95±0,01 ^b	11,62±0,03 ^c	16,41±0,05 ^d	19,13±0,02 ^e
A3	0	3,69±0,04 ^a	9,09±0,04 ^b	9,26±0,05 ^c	11,24±0,03 ^d	16,13±0,03 ^e
A4	0	2,43±0,06 ^a	7,19±0,01 ^b	7,63±0,04 ^c	7,68±0,02 ^c	7,83±0,04 ^d
A5	0	4,20±0,07 ^a	8,69±0,03 ^b	10,51±0,05 ^c	15,28±0,03 ^d	26,58±0,08 ^e
A6	0	4,14±0,09 ^a	7,33±0,02 ^b	10,62±0,03 ^c	12,47±0,01 ^d	16,48±0,05 ^e
A7	0	3,40±0,05 ^a	7,12±0,02 ^b	12,16±0,06 ^c	12,49±0,01 ^d	17,04±0,02 ^e

a, b, c, d, e valores con letras diferentes en una misma fila difieren significativamente p<0,05.

DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis químicos realizados en la pulpa de *P. americana* son similares a los incluidos en la Tabla de Composición de Alimentos de Centro América¹⁴ y las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos¹⁵.

La humedad presente en la pulpa de *P. americana* es alta, lo cual indica que es los frutos de donde provenían las pulpas evaluadas eran jugosos. Sin embargo, este parámetro depende de las condiciones climáticas. Con respecto al contenido de lípidos no suele superar el 1 g/100 g en frutas. La fracción lipídica de las frutas comprende acilglicéridos, glicolípido, fosfolípidos, carotenoides, triterpenoides y ceras^{16,17,18}.

Las frutas contienen 0,1-1,5% de compuestos nitrogenados, de ellos las proteínas constituyen un 35-75% en las frutas; los aminoácidos también se encuentran bien representados. La fracción de los compuestos nitrogenados solubles está formada como promedio por un 50% de aminoácidos libres.

Todos los demás compuestos nitrogenados son bastante escasos. También cabe resaltar que la mayor parte de la fracción proteica, la cual se encuentra sometida a grandes cambios dependientes de la clase de fruta y su grado de madurez, está constituida por enzimas¹⁷. De igual manera, el contenido de carbohidratos totales es muy variable entre frutas, encontrándose entre el 1 al 8%¹⁶.

Los alimentos cuentan con diversos componentes dentro de los que se encuentran los minerales, algunos esenciales para el organismo, por esto es necesario conocer las cantidades que contienen los frutos del aguacate.

Aunque las frutas no son ricas en minerales, el más abundante en ellas es el potasio, lo cual coincide con los resultados en esta investigación (Tabla 2). Es importante resaltar que los minerales juegan un papel muy importante en el equilibrio de la dieta humana, especialmente porque la composición de las frutas difiere de la de otros alimentos, de origen animal o vegetal¹⁶.

En relación al diseño de los biorecubrimientos se evidenció un incremento del pH posiblemente se fundamenta en la maduración de las frutas. Los ácidos orgánicos de reserva presentes en las vacuolas, son transformados por la célula a azúcares que posteriormente son utilizados para la respiración celular, lo que ocasiona una disminución de la acidez del medio y con ello un aumento del pH^{2,4}. Con respecto a los sólidos solubles, el mejor tratamiento fue el A₄, éste presentó la menor variación de sólidos solubles en los 15 días de conservación, debido al efecto de la cobertura de almidón modificado. En este sentido, Rojas et al.¹⁹ y Torrenegra et al.² señalan que una de las funciones que tienen los recubrimientos comestibles, aplicados en frutas cortadas, es la de producir una atmósfera controlada en ellas, que regula el transporte de gases, lo cual hace más lento el metabolismo de las frutas y en consecuencia la síntesis de compuestos azucarados.

Posiblemente la marcada disminución de la acidez se debe a que las frutas al ser sometidas a estrés físico aumentan su actividad metabólica. En este orden de ideas, el descenso de la acidez es debido a la actividad metabólica que experimentan las frutas durante la maduración, ya que en estas condiciones se originan actividades enzimáticas las cuales establecen una complicada red de cambios metabólicos que se traslapan y acoplan, lo que da origen a la conversión de los ácidos orgánicos de reserva de las frutas en azúcares que serán consumidos durante la respiración celular². Los ácidos pueden considerarse como una reserva energética de la fruta, por consiguiente, es de esperar que su contenido decline en el periodo de actividad metabólica máxima durante el curso de la maduración. Por lo general la madurez presume un descenso de la acidez; de esta forma la relación azúcares/ácidos aumenta durante la maduración de la mayor parte de las frutas². La pérdida fisiológica de peso de los frutos aumentó con el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos como consecuencia de la transpiración. Los frutos tratados con los recubrimientos comestibles tuvieron menor pérdida de peso que el control al final del tiempo de conservación, siendo el recubrimiento A₄ el más efectivo ($p < 0,05$), perdiendo 7,83%; por el contrario, el tratamiento blanco (sin recubrimiento) fue el que presentó mayor pérdida de peso con una variación del 28,29%. Los productos procesados en fresco son mucho más vulnerables a la pérdida de agua, puesto que no poseen ninguna barrera para protegerse frente a la deshidratación. La corteza o piel en muchos casos cerosa, ha sido eliminada y, evidentemente, convierte al producto procesado en altamente perecedero.

Además, que al pelarlos se exponen directamente los tejidos internos a la atmósfera, aumentando drásticamente la velocidad de evaporación del agua^{1,3,4}.

CONCLUSIÓN

Se confirma la efectividad de utilizar biorecubrimiento comestible a base de almidón modificado con anhídrido n-octenil succínico (n-OSA) como una alternativa para

la conservación del aguacate mínimamente procesado debido a que presentó menor variación de las propiedades fisicoquímicas, evidenciando una menor pérdida de peso en comparación con el control al final del tiempo de conservación, siendo el recubrimiento A4 el más efectivo.

Financiamiento: Los autores agradecen al SENA por la financiación del proyecto, al Centro de Comercio y Servicios de la Regional Bolívar, asimismo a la Universidad de Cartagena (Doctorado en Ingeniería) y Corporación Universitaria Rafael Núñez por facilitar espacio y tiempo de los investigadores.

REFERENCIAS

1. Suhag R, Kumar N, Petkoska AT, Upadhyay A. Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Res Int.* 2020; 136: 109582.
2. Torrenegra M, León G, Matiz G, Pájaro N, Sastoque J. Evaluation of a biofilms edible starch-based yam modified. *Rev Chil Nutr.* 2016; 43: 284-289.
3. Benbettaieb N, Karbowiak T, Debeaufort F. Bioactive edible films for food applications: Influence of the bioactive compounds on film structure and properties. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2019; 59: 1137-1153.
4. Anchundia K, Santacruz S, Coloma J. Physical characterization of edible films based on banana peel (*Musa Paradisiaca*). *Rev Chil Nutr.* 2016; 43: 394-399.
5. Park H. Development of advanced edible coatings for fruit. *Trend Food Sci Technol.* 1999; 10: 254-260.
6. Nor S, Ding P. Trends and advances in edible biopolymer coating for tropical fruit: A review. *Food Res Int.* 2020; 134: 109208.
7. CORPOICA. Technology for Avocado Cultivation. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 5. 2008. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13459>
8. Leon-Mendez G, Leon-Mendez D, Pajaro-Castro N, Granados-Conde C, Granados-Llamas E, Bahoque-Peña M. Preparation of a biscuit based on banana (*Musa abb*) and sweet potato (*Ipomea batatas*) flours. *Rev Chil Nutr.* 2020; 47: 406-410.
9. Torrenegra M, Villalobos O, Castellar E, León G, Granados C, Pajaro N, Caro M. Evaluation of the antioxidant activity of pulps from *Rubus glaucus* B., *Vaccinium floribundum* K. and *Beta vulgaris* L. *Rev Cubana Plant Med.* 2016; 21: 1-8.
10. AOAC. Official methods of analysis William Horwitz. Washington D.C: Association of Analytical Chemists. 1990.
11. Delinski-Beta C, Soltovski de Oliveira C, Denck-Colmanb TA, Tolentino-Marinhoa M, Lacerda LG, Pumacahua-Ramos A, Schnitzler E. Organic amaranth starch: A study of its technological properties after heatmoisture treatment. *Food Chem.* 2018; 264: 435-442.
12. Oleyaei SA, Almasi H, Ghanbarzadeh B. Synergistic reinforcing effect of TiO₂ and montmorillonite on potato starch nanocomposite films: thermal, mechanical and barrier properties. *Carbohydr Polym.* 2016; 152: 253-262.
13. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Colombian Technical Standard NTC 5208. Fresh fruits. Bogotá, D.C. 2003.

14. Menchú MT, Méndez H. Food Composition table of Central America. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP)/Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2007; 2.
15. Cabezas C. Peruvian Food Composition Tables. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición Instituto Nacional de Salud. Lima. 2009; 8.
16. Morillas-Ruiz JM, Delgado-Alarcón JM. Nutritional analysis of plant foods with different origins: Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic compounds. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2012; 32: 8-20.
17. León-Méndez G, Granados-Conde C, Osorio-Fortich M. Characterization of the pulp of *Annona Muricata* L. grown in the north of Bolívar Department in Colombia. *Rev Cubana Plant Med* 2016; 21: 1-9.
18. Granados-Conde C, Torrenegra-Alarcón ME, Pajaro NP, Granados-Llamas E, León-Méndez G. Chemical characterization and determination of the antioxidant activity of pulp of *Tamarindus indica* L. (tamarind). *Rev Cubana Plant Med*. 2017; 22: 1-11.
19. Rojas M, Raybaudi R, Soliva R, Avena F, Mchugh T, Martín O. Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf life of fresh-cut apples. *Postharvest Biol Technol*. 2007; 45: 254-264.