

NOMBRE DEL TRABAJO

recubrimientos comestibles a base de almidón

AUTOR

Rafael Lopez et al

RECUENTO DE PALABRAS

6193 Words

RECUENTO DE CARACTERES

35945 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

13 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

166.9KB

FECHA DE ENTREGA

Oct 13, 2023 8:48 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 13, 2023 8:50 AM GMT-5**● 8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Base de datos de trabajos entregados
- Base de datos de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de Internet
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Material bibliográfico
- Material citado

7 Efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca, quitosano y glicerol sobre el peso postcosecha de mandarinas

8 Effect of edible coatings based on cassava starch, chitosan and glycerol on the postharvest weight of tangerines

López Ysla, Rafael; Leydy Astete Escobar; Matos Chamorro, Rodrigo A.

RESUMEN

La demanda constante de consumo de frutas frescas o minimamente procesados permite desarrollar coberturas a partir de componentes naturales y biodegradables para retrasar el proceso de deterioro. El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca, quitosano y glicerol sobre la pérdida de peso postcosecha de mandarinas almacenadas en condiciones de refrigeración. Fueron evaluados tres niveles de cada componente, almidón de yuca (0, 1, 2%), quitosano (1, 2.5, 4%), glicerol (2, 3, 4%), los ensayos se distribuyen de acuerdo al diseño Box-Behnken, con 12 tratamientos y 3 puntos centrales. Las coberturas fueron aplicadas a mandarinas cosechadas de la ciudad de Huaral, se ha calculado el peso inicial del producto y luego cada 3 días durante 3 semanas de almacenamiento en condiciones de refrigeración, temperatura ($5\pm 1^{\circ}\text{C}$) con humedad relativa controlada de $75\pm 5\%$. Los recubrimientos comestibles con 2% de quitosano, $>2\%$ de almidón de yuca y 3.6% de glicerol logró reducir la pérdida de humedad hasta 11 % en relación a la muestra testigo que pierde hasta 16% en las mismas condiciones de refrigeración.

Palabras clave: Recubrimiento, Postcosecha, Almidon de yuca, Quitosano, Vida en Anaquel, Mandarinas.

ABSTRACT

The constant demand for the consumption of fresh or minimally processed fruits has allowed coverage to be developed from natural and biodegradable components to delay the deterioration process. The aim of this research was to study the effect of edible coatings based on cassava starch, chitosan and glycerol on the postharvest weight loss of tangerines stored under refrigerated conditions. Three levels of each component were evaluated, cassava starch (0, 1, 2%), chitosan (1, 2.5, 4%), glycerol (2, 3, 4%), the tests are distributed according to the Box-design Behnken, with 12 treatments and 3 central points. The coverages were applied to mandarins harvested from Huaral city, was calculated the initial weight of the product and then every 3 days for 3 weeks of storage in refrigerated conditions, temperature ($5\pm 1^{\circ}\text{C}$) with controlled relative humidity of $75 \pm 5\%$. The edible coatings with 2% chitosan, $>2\%$ cassava starch and 3.6% glycerol managed to reduce moisture loss up to 11% in relation to the control sample that lost up to 16% under the same refrigeration conditions.

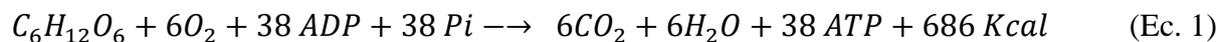
Key words: Coating, Postharvest, Cassava starch, Chitosan, Shelf life, Tangerines

INTRODUCCIÓN

Las frutas y verduras son productos altamente perecederos por su estructura celular e intensa actividad metabólica, así como, a la susceptibilidad de enfermedades causadas por agentes microbianos, provocando hasta un 40 % de pérdida postcosecha en regiones tropicales (FAO,

2003). El proceso de maduración (en frutos climatéricos), aunque es esencial para obtener los atributos de calidad deseados en un fruto, también representa una de las principales causas de pérdida postcosecha ((Martínez-González et al., 2017). Este proceso es caracterizado por intensos cambios bioquímicos y fisiológicos que promueven eventos como la degradación de la pared celular, de la clorofila, cambios en la respiración, en el color, contenido de azúcares y compuestos aromáticos, provocando el deterioro natural en frutas y vegetales, son irreversibles una vez iniciadas y solo pueden retrasarse o disminuir su velocidad con la aplicación externa de ciertos procedimientos (Santos Batista et al., 2019).

La vida útil de los productos hortofrutícolas, está relacionado con su tasa de respiración, cuanto más alta sea la tasa de respiración más perecedero es el fruto, por lo que es importante reducir la respiración, o sea, reducir el metabolismo, manipulando las condiciones externas, como la temperatura, humedad relativa, aplicación de coberturas, etc. los factores más importantes son la temperatura, la composición atmosférica y el estrés físico, la Ec. 1 muestra la reacción de la respiración.



La degradación oxidativa de los productos más complejos presentes en las células tales como almidón, azúcares, ácidos orgánicos a moléculas más simples como agua y dióxido de carbono, liberando energía necesaria para mantener las reacciones metabólicas del fruto (Caicedo Jiménez, 2021; Kader, 1999). La mandarina, además de tener corteza delgada, la transpiración facilita la deshidratación, ocasionando la pérdida de peso del fruto (Kitinoja & Kader, 2002). Por eso, es importante mantener tasas respiratorias bajas para reducir la actividad metabólica del fruto, conservando la calidad del fruto (Oropeza González et al., 2016).

La mandarina (*Citrus reticulata*) es un fruto no climatérico de gran sabor y disponibilidad comercial a lo largo del año, la cosecha es abundante entre abril y agosto ((MINAGRI, 2014), se destaca por su alto contenido de vitamina A, C, B1 y B2, y sales minerales importantes como el magnesio, calcio, fósforo y potasio (Rincón et al., 2005). La exportación de este fruto ha decaído debido a las condiciones medioambientales, así como, un mal manejo postcosecha y pésimas condiciones de transporte en su comercialización han provocado pérdidas postcosecha de hasta un 40% en regiones tropicales (Fresh, 2022; USDA, 1995; FAO, 2003; Pérez Romero et al., 2020), este fruto cítrico que presenta desórdenes fisiológicos con facilidad, debido a su corteza delgada y alta sensibilidad a la putrefacción por presencia de moho verde (*Penicillium digitatum*) y moho azul (*Penicillium italicum*) (Soto et al., 2018). Los frutos no climatéricos no desarrollan los patrones climatéricos que incluyen el aumento en la respiración, biosíntesis de etileno y respuesta autocatalítica al etileno, pero muestran algunas respuestas típicas al etileno como desverdizado (cambios en la coloración de verde a amarillo o anaranjado y ablandamiento (síntesis de enzimas que degradan la pared celular) (Martínez-González et al., 2017).

En los últimos años, se ha desarrollado nuevas tecnologías de conservación de productos hortofrutícolas, como el uso de biopolímeros en forma de película o revestimiento comestible (FAO, 2003; Pérez Romero et al., 2020; USDA, 1995), la aplicación es directa y prolonga la vida útil de los alimentos frescos, conservando sus atributos de calidad, capaces de ajustarse a las exigencias del mercado nacional e internacional (Fernández et al., 2017). Las coberturas de fruta o también denominados películas, puede estar compuesta por proteínas, lípidos o carbohidratos (Solano-Doblado et al., 2018), su aplicación con adición de componentes funcionales, antifúngicos y antimicrobianos ha sido de gran interés, se potencializan con el uso de aditivos tales como plastificantes y emulsificantes (Abdollahi et al., 2012; Ghanbarzadeh & Oromiehi,

2008). En este contexto, se ha reportado la combinación de quitosano con otros biopolímeros (alginatos, almidón, carboximetilcelulosa, etc) para mejorar las propiedades estructurales que ofrecen los recubrimientos y biopelículas de quitosano. Además, la actividad biológica de estos recubrimientos se ha potencializado añadiendo aditivos como: aceites esenciales (AE) (orégano, clavo, canela, etc), ácidos (sorbico, cítrico, benzoico) y sales como sorbato de potasio o sodio (Gao et al., 2018). Castro García et al. (2017) reporta que la adición de cinamaldehído (componente mayoritario del aceite esencial de canela) en el recubrimiento a base de quitosano aplicado a las peras, reduciendo el proceso de senescencia de los frutos y contrarrestando los daños causados por microorganismos, alargando la vida útil de comercialización de las frutas hasta 20 días en condiciones de almacenamiento de 20°C y humedad relativa del 80%

Se prevé que el uso de recubrimientos comestibles siga creciendo debido al aumento del desarrollo de tecnologías limpias y seguras para el medio ambiente, y es la principal razón por la cual en los últimos años se ha combinado biomateriales para desarrollar recubrimientos estables. El quitosano, polisacárido proveniente de la quitina, y es ampliamente utilizado en la industria de los recubrimientos comestibles, por su capacidad de formar películas, fácil adhesión sobre superficies biológicas, permeabilidad selectiva frente a gases, una ligera resistencia al vapor de agua, buenas propiedades mecánicas, capacidad antifúngica y antimicrobiana (Fang et al., 2018). Por consiguiente, disminuye la pérdida de agua, reduce la tasa de respiración, conservando los nutrientes en el fruto recubierto (Xu et al., 2018). Es necesario desarrollar nuevas películas, que tengan características biodegradables e inocuas usando polímeros naturales con el almidón, donde la relación entre amilosa y amilopectina puede ser importante. El uso dentro de la matriz, se combina con una solución de almidón de yuca (León-Mendez et al., 2020), debido a su accesibilidad, bajo costo y su cualidad biodegradable (Castro et al., 2016). Según Barco Hernández et al. (2011), posee propiedades antioxidantes que inhiben los efectos del proceso de senescencia, de igual importancia, la incorporación del glicerol actúa como plastificante y emulsificante, dándole mayor firmeza a la pulpa, menor pérdida de peso y color en frutas. En consecuencia, la mezcla de estos componentes son de gran potencial para conservar la calidad y aumentar la vida útil de frutas frescas (García-Figueroa et al., 2019). El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca, quitosano y glicerol sobre la pérdida de peso postcosecha de mandarinas almacenadas en condiciones de refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las coberturas fueron aplicados a mandarinas (*Citrus reticulata*) obtenidas de Huaral, Lima, lavados con agua, desinfectados con solución de lejía a 50 ppm por 2 minutos, seleccionados y clasificados por tamaño (60-70 y 70-80 mm) con un calibrador digital PROSTER PST140/PST14, tienen un promedio de 11.80°Brix, no presentan daños mecánicos o alguna otra señal de deterioro (Saeteros Pérez, 2020).

Las soluciones de coberturas fueron desarrollados a diferentes concentraciones de almidón de yuca, quitosano, y glicerol, los niveles considerados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Niveles de las variables de estudio para el desarrollo de una película comestible.

Variables	Niveles		
	-1	0	1

Almidón de yuca (x ₁)	0%	1%	2%
Quitosano (x ₂)	1%	2.5%	4%
Glicerol (x ₃)	2%	3%	4%

Las diferentes concentraciones (1, 2.5 y 4%) de quitosano se prepararon con una solución de ácido acético al 1%, usando agua desionizada (Valdivia-Medina et al., 2010), luego se homogenizó con un agitador mecánico a 800 rpm por 1 minuto. Las diferentes concentraciones (0, 1 y 2%) de la solución de almidón de yuca fueron preparadas con agua desionizada a una temperatura controlada de 65±5°C, con agitación a velocidad constante (300 rpm) por 20 minutos, a la que se añadió glicerol en concentraciones de 2, 3 y 4%. La mezcla final fue homogenizada a una velocidad de 1000 rpm por 20 minutos.

Los tratamientos fueron distribuidos de acuerdo al diseño de Box-Behnken (Tabla 2). La aplicación de los recubrimientos fueron por inmersión en frutos limpios y secos, por 2 minutos en un beaker de 1000 mL, considerando un tiempo posterior de escurrido de 5 minutos y secados a 50°C por 20 minutos en una estufa universal, 4 repeticiones por cada tratamiento. Las mandarinas recubiertas fueron colocadas en contenedores acrílicos (6 mandarinas por contenedor) y se almacenó a temperatura de refrigeración (5±1°C) con humedad relativa controlada de 75±5% por un tiempo de 3 semanas. Todas las fases de esta investigación se realizaron en el laboratorio de la empresa Ecoproa E.I.R.L.

Tabla 2. Distribución de ensayos según el Diseño Box-Benhken aplicado en 3 variables.

Tratamiento	Almidón de yuca	Quitosano	Glicerol	Viscosidad (cP)
T ₁	-1	-1	0	16.5
T ₂	1	-1	0	+100
T ₃	-1	1	0	+100
T ₄	1	1	0	+100
T ₅	-1	0	-1	+100
T ₆	1	0	-1	78.4
T ₇	-1	0	1	+100
T ₈	1	0	1	82.9
T ₉	0	-1	-1	14.5
T ₁₀	0	1	-1	87.5
T ₁₁	0	-1	1	14.1
T ₁₂	0	1	1	87.6
T ₁₃	0	0	0	36.4
T ₁₄	0	0	0	38.9
T ₁₅	0	0	0	37.9

Cálculo de pérdida de peso (%): Se estimó por medio de la diferencia, entre el peso inicial de la muestra y el peso final después de 21 días de la aplicación del recubrimiento, el control del peso fue tres veces por semana durante el periodo de almacenamiento (Ec. 2). Los resultados se expresaron en porcentaje de pérdida de peso (Vásquez Lara & Vidal López, 2011).

$$PP = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

PP: Pérdida de peso de la muestra (%)

W_i: Peso inicial de la muestra (g)

W_f: Peso final de la muestra (g)

Análisis estadístico: El efecto de recubrimientos comestibles a base de, almidón de yuca, quitosano y glicerol a diferentes concentraciones sobre la pérdida de peso de mandarinas, se evaluó mediante un análisis de varianza (ANVA) del diseño de Box-Benhken, con un nivel de confianza del 95%, utilizando el software estadístico R.

RESULTADOS

Los tratamientos 2, 3, 4, presentan valores altos de viscosidad (Tabla 2), por altas concentraciones de almidón y quitosano en sus formulaciones, mientras los tratamientos 5 y 7 los altos valores solo por la presencia del quitosano, mientras que los valores de viscosidad de los otros ensayos son variados. La variabilidad de la viscosidad esta definido por la concentración de componentes, a mayor cantidad de almidón, así como, a mayor concentración de quitosano, mayor es la viscosidad en recubrimientos a base de quitosano y glicerol. La pérdida fisiológica del peso (Ppeso) relativa (%) despues del tiempo de almacenamiento de 21 días se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Valores promedio de pérdida de peso (Ppeso) de las muestras en tratamiento despues de 21 días

Tratamiento	Almidón	Quitosano	Glicerol	Ppeso(%)
1	-1	-1	0	13.946
2	1	-1	0	11.385
3	-1	1	0	13.900
4	1	1	0	11.903
5	-1	0	-1	12.250
6	1	0	-1	11.880
7	-1	0	1	14.860
8	1	0	1	11.850
9	0	-1	-1	12.570
10	0	1	-1	12.960
11	0	-1	1	13.250
12	0	1	1	13.720
13	0	0	0	12.971
14	0	0	0	12.877
15	0	0	0	12.729
Testigo				16.200

La tabla 3 muestra las medias de las pérdidas de peso de las mandarinas almacenadas durante 21 días, los tratamientos 2, 4, 6 y 8, permiten menor pérdida de peso, mientras que en el punto central (Tratamientos 13, 14 y 15) es alrededor de 12.8%. La mandarina es un fruto no climatrico, por lo que su tasa de respiración es menor a los frutos climatéricos, sin embargo, la perdida de peso, no solo es por la respiración sino tambien por las condiciones ambientales que los rodea. La tabla 4 muestra la significancia de las variables sobre la perdida de peso, determinados por el diseño de Box Behnken, con R² de 96.98% y pvalue = 0.002742

Tabla 4. Analisis de variancia de las variables según el diseño de Box Benhken de la influencia de la cobertura a base de almidón de yuca, quitosano y glicerol, almacenadas en refrigeración (5+-1°C) y 75%HR

Componentes	grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pvalue
PO(x ₁ , x ₂ , x ₃)	3	9.6267	3.2089	0.0005807
INT(x ₁ , x ₂ , x ₃)	3	1.8235	0.6078	0.0241157
CC(x ₁ , x ₂ , x ₃)	3	0.8843	0.2948	0.0910715
Residuales	5	0.3845	0.0769	
Falta de ajuste	3	0.3547	0.1182	0.1139972
Error puro	2	0.0298	0.0149	

PO, primer orden, INT, interaccion de las variables, CC, componente cuadrático

Los componentes principales de primer orden (PO), las interacciones de las variables (INT) y los componentes cuadráticos (CC) son significativos, indicando que el almidon, el quitosano y el glicerol tienen influencia en la menor pérdida de peso, pero no así en la muestra testigo, experimentando una pérdida de humedad en torno a 16.20%. Los recubrimientos con matriz acuosa denominada “cera”, a base de mezclas polietilénicas y orgánicas, pueden contener polietileno oxidado y microcristalina, carnauba y cera de abeja, entre otros (Gómez et al., 2015). Asimismo, se incorpora otros polisacáridos como el quitosano, carboximetilcelulosa, caseína, carrageninas, gelatinas, almidones naturales y/o modificados, alginatos y pectinas para mejorar las propiedades funcionales de las películas (antimicrobiano, antioxidante, antifúngico, etc). La combinación del almidon, glicerol y quitosano en medio acuoso genera puentes de hidrogeno, en el caso de películas aplicadas como cobertura ayuda a controlar el intercambio de gases y retrasar el proceso oxidativo gracias a sus propiedades de permeabilidad, además, presenta buena resistencia estructural y mecánica (flexibilidad y tensión), aportando mejoras en el aspecto del fruto (brillo y opacidad) y ser de bajo costo de producción (Falguera et al., 2011; Grande Tovar et al., 2018).

Niveles altos de almidon influyen en la permeabilidad de las películas de almidon, formando una red mas concentrada haciendo que los poros sean mas pequeños, mientras que menores concentraciones de almidon forman redes más espaciales y consecuentemente poros más grandes, facilitando mayor permeabilidad al vapor de agua (Oropeza González et al., 2016). Además de la concentración del almidon, el tipo y concentración del plastificante (sorbitol o glicerol) tienen influencia en la formación de la cobertura (Sanyang et al., 2015); Las películas con glicerol reducen las fuerzas intermoleculares y se adecuan mejor a la superficie del fruto mientras que las coberturas con sorbitol tienen menor contenido de humedad y propensos al quiebre cuando se reduce la humedad (Poeloengasih et al., 2016).

La relación amilosa/amilopectina, imparte características definitivas en las propiedades funcionales de los almidones, dada la aplicación específica que se puede dar de éste en el desarrollo de un producto. La amilosa se caracteriza porque favorece la retrogradación de las pastas durante el enfriamiento, ocasionando el indeseable fenómeno de sinéresis, mientras que la amilopectina presenta pastas espesas que no se retrogradan fácilmente al enfriarse. Entre los compuestos hidrocoloides más estudiados se encuentran los almidones de diferentes fuentes como trigo, maíz, yuca y papa, forman películas con buenas propiedades de flexibilidad y permeabilidad al vapor de agua, el almidón de yuca tiene 14% de amilosa, almidon de papa 24% de amilosa, por esas características el almidon de yuca genera viscosidades bajas, fáciles de manipular (Alvis et al., 2008).

Andrade Ch. et al. (2013) mencionan que la barrera formado por almidón de yuca y quitosano, es semipermeable a los gases y al vapor de agua, retrasando el deterioro de la fruta y es el mecanismo por el cual conservan la calidad de frutas y vegetales, el proceso metabólico es reducida por el control de la respiración, actúa de manera similar a las atmósferas modificadas, mejorando las propiedades sensoriales, ayudan a mantener la integridad estructural del producto que envuelven, a retener compuestos volátiles y también pueden actuar como vehículo de aditivos alimentarios (Tanada-Palmu & Grosso, 2005).

Además de la cobertura aplicada, el proceso de conservación por refrigeración retrasa las reacciones enzimáticas, no obstante, algunas frutas pueden ser afectados por el frío. El proceso de encerado es un tratamiento aplicado en la superficie de las frutas para devolver al fruto la capa de cera natural (pérdida en procesos anteriores), una barrera semipermeable a gases (O₂, CO₂ y vapor de agua) que disminuye el proceso de deshidratación, brinda mejor apariencia, así como, proteger y regular el crecimiento de microorganismos (Alvarez Quintero, 2012; Andrade Ch. et al., 2013; Barco Hernández et al., 2011). Pero en los frutos de mandarina, por su carácter no climatérico, es común que los parámetros relacionados con la madurez interna no cambien de manera representativa después de la cosecha, esto explica la no existencia de diferencias estadísticas en relación a los azúcares, la acidez y los ácidos orgánicos reportado por varios autores, excepto en el ácido oxálico. No obstante, varios investigadores indican que durante la refrigeración puede presentarse una disminución de los ácidos orgánicos, como indicativo de los cambios en el metabolismo energético, estabilidad del pH y compuestos de defensa que previenen o están implicados en la reparación de los daños causados por las bajas temperaturas, pero teniendo en cuenta que no hubo daños visibles por frío, incluso en los frutos testigo, se puede pensar que el metabolismo de los ácidos orgánicos pudo tener más implicación en los procesos propios de la maduración que en la respuesta a daños por frío en los diferentes tratamientos.

Los coeficientes del modelo (no requiere ajuste), para diseñar la superficie de respuesta del modelo se muestran en la tabla 5. Las proporciones adecuadas de almidón y quitosano para reducir la pérdida de humedad de los frutos almacenados en refrigeración por 21 días, se muestra la superficie de respuesta (Figura 1) con los coeficientes del modelo cuadrático mostrados en la tabla 5.

Tabla 5. Coeficientes del modelo según el diseño de Box Benhken

Coeficientes	Estimado	Error Estandar	valor t	Pvalue
Intercepto	11.66160	0.44570	26.1648	1.524e-06***
x ₁	-0.99224	0.09804	-10.1207	0.0001614***
x ₂	0.16653	0.09804	1.6986	0.1501432
x ₃	0.50250	0.09804	5.1254	0.0036902**
x ₁ : x ₂	0.14094	0.13865	1.0165	0.3560074
x ₁ : x ₃	-0.6600	0.13865	-4.7602	0.0050586**
x ₂ : x ₃	0.02000	0.13865	0.1442	0.8909384
x ₁ ²	0.35340	0.23338	1.5143	0.1903821
x ₂ ²	0.76840	0.23338	3.2925	0.0216547*
x ₃ ²	0.69500	0.30482	2.2800	0.0715348.

x₁ = Almidón; x₂ = Quitosano; x₃ = Glicerol R² = 0.9698; Pvalue = 0.002742

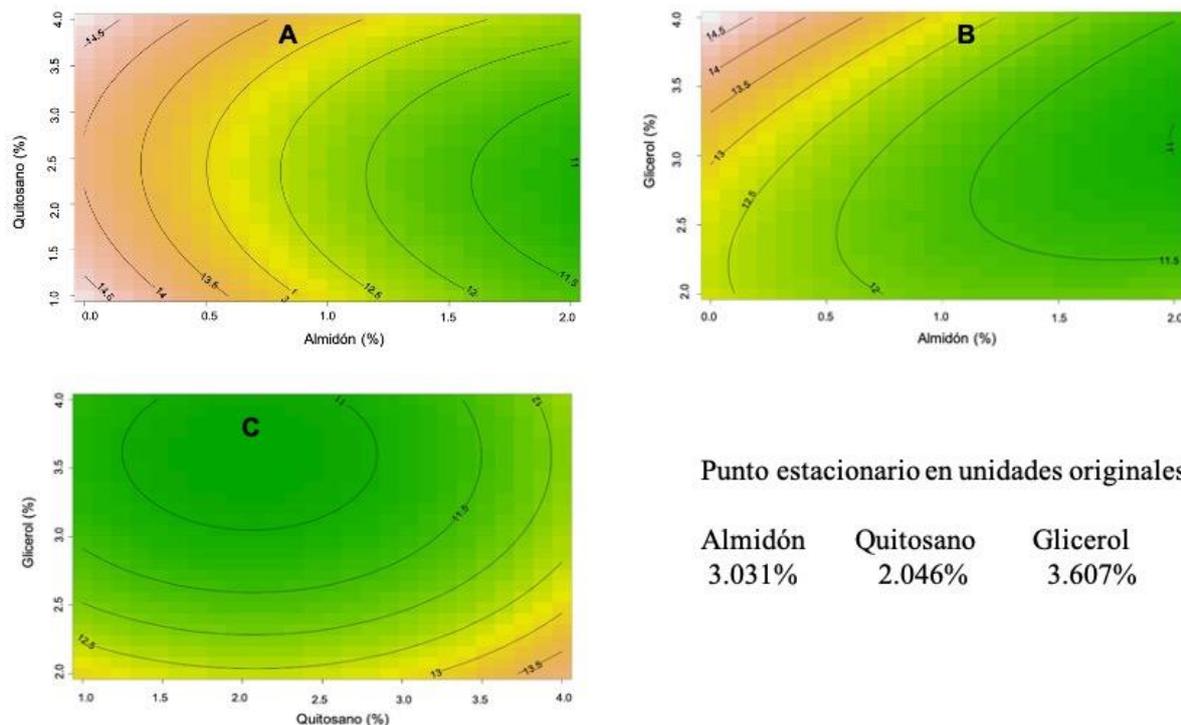


Figura 1. Superficie de respuesta de acuerdo a los coeficientes de la tabla 1, para la pérdida de humedad en mandarinas con coberturas de almidón, quitosano y glicerol, almacenadas durante 21 días en condiciones de refrigeración.

Amaiz Mota et al. (2019) afirma que los almidones son hidrocoloides comúnmente utilizados para la formulación de estos recubrimientos, principalmente el almidón de yuca por su alto rendimiento y su fácil adhesividad al alimento, además de aportar un brillo atractivo al recubrimiento. Junto con ellos, es habitual e indispensable la adición de un plastificante como glicerina para mejorar la flexibilidad del recubrimiento comestible

La figura 1 muestran la superficie de respuesta del modelo, donde se aprecia las menores pérdidas de peso a las concentraciones de almidón (> 2.0), quitosano (2.0 – 2.5) y glicerol (3.5 – 4.0), el punto estacionario indica las concentraciones de las componentes de la cobertura que reduce al máximo la pérdida de la humedad (almidón 3%, quitosano, 2% y glicerol 3.6%). Figueroa et al. (2013) reporta una investigación de almidones de yuca nativos oxidados (AOL) (15%) usando glicerol como plastificante (10%) y un compuesto lipídico (3%), sobre la calidad del mango, el recubrimiento logró disminuir significativamente el índice de respiración y transpiración de los frutos, retardando cambios en la pérdida de peso y maduración del fruto, prolongando su vida de anaquel. Para Balaguera-López & Palacios O. (2018) la mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) ‘Arrayana’ es una de las variedades más importantes de su país, las altas pérdidas poscosecha son por la facilidad de pérdida de agua por transpiración que conlleva a la disminución directa del peso fresco y la calidad. (Del Aguila Vergara, 2019) desarrolla un recubrimiento óptimo para mandarinas que contiene 1% de quitosano, 0.5% de almidón y 0.5% de glicerol en una solución de ácido acético de 1%, conservando el fruto en buenas condiciones por más de 20 días a condiciones de refrigeración.

Anaya-Esparza et al. (2020) mencionan que el quitosano es un heteropolisacárido formado por unidades de N-acetil-D-glucosamina mediante enlaces glicosídicos (β 1-4), se destaca por su biodegradabilidad, biocompatibilidad, funcionalidad, nula toxicidad, alta adherencia,

propiedades antimicrobianas y capacidad para formar recubrimientos. Se ha propuesto que las interacciones electrostáticas entre el grupo amino (que presenta alta densidad de carga) del quitosano con los grupos fosforilo presentes en los lípidos de membrana de los microorganismos son los principales responsables de la actividad antimicrobiana de este biopolímero (Morales Posada & Robayo Rodríguez, 2015). Además, este grupo funcional, junto con los grupos hidroxilo (–OH) presentes en la estructura del quitosano pueden actuar como sitios activos para la interacción y/o adsorción de compuestos orgánicos e inorgánicos (Mohandas et al., 2018).

Amaiz Mota et al. (2019) reportan que la aplicación de recubrimientos comestibles con 7% de almidón de yuca en cascotes de guayaba, con pH entre 3.6 – 3.9 han presentado buenos resultados de conservación. Los recubrimientos comestibles forman una barrera reduciendo el proceso de respiración y, por tanto, la degradación del almidón en azúcares es más lenta, coincidiendo con lo reportado por Anaya-Esparza et al. (2020) y Villalba Campos et al. (2014) donde aplicaron un recubrimiento comestible de almidón de yuca nativo en tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) y en recubrimiento comestible y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada, ambos trabajos presentaron comportamientos similares para el parámetro de sólidos solubles.

Barco Hernández et al. (2011) evaluó el efecto del uso de coberturas a base de almidón de yuca sobre la maduración de papaya a temperatura ambiente, vida útil del pepino, la vida útil y color superficial del mango, y la actividad enzimática en batatas mínimamente procesadas, encontrando un retraso significativo en la maduración, pérdida de peso, cambios de color de la piel, firmeza, sólidos solubles y acidez titulable. Adicionalmente, se han elaborado recubrimientos incorporando glicerol aplicados sobre aguacate, encontrando retraso en la maduración, mayor firmeza de la pulpa, retención del color de la piel y menor pérdida de peso, en tanto, que se compararon recubrimientos de almidón nativo de yuca y cera comercial aplicados en tomate, y se encontró mayor firmeza y menor índice de respiración que en los frutos recubiertos con cera. Resultados similares se obtuvieron en investigaciones realizadas con concentraciones de 0, 1, 2 y 3% de almidón, que presentaron pérdidas de peso de 4.40, 4.26, 3.93 y 3.88% en papaya y de 16, 15, 13.5 y 9.5% en mango (inversamente proporcional a la concentración del almidón); se reportan, además, pérdidas de peso de 6.9% en aguacate, 21, 5% en tomate de mesa, 6.54% y 4.3% en frutos tratados con zeína, 2.01% y 4.47% con recubrimiento a base de quitosano al 0.6% y 2.33% y 5.01% en frutos tratados con croscóster al 1.0%. En todos los casos, la disminución fue siempre inferior a las muestras testigo. El empleo del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado al 4%, retardó la pérdida de peso y de firmeza, la tasa de respiración y los grados brix, y permitió prolongar la vida útil del fruto por 4 días adicionales, lo que comprueba la eficiencia de la película. Según Del Aguila Vergara (2019) el recubrimiento óptimo para mandarinas contiene 1% de quitosano, 0.5% de almidón y 0.5% de glicerol en una solución de ácido acético de 1%, resultados que se asemejan a las concentraciones encontradas en esta investigación, con excepción de la concentración del glicerol, la cual es de 3%. Es importante mantener el peso del producto en el mercado, de acuerdo a los tratamientos estudiados es el principal para determinar la calidad postcosecha de frutas como la mandarina.

Entre las desventajas del quitosano se encuentra su pobre solubilidad en agua relacionada por su alta cristalinidad y el carácter hidrofílico de las películas y recubrimientos formados. Además, los recubrimientos y biopelículas a base de quitosano no son resistentes al vapor de agua, impidiendo el adecuado control de la humedad y, por lo tanto, su aplicación en alimentos con alta humedad o que se almacenen en ambientes húmedos (Grande Tovar et al., 2018). De igual manera, las características biológicas del quitosano como la actividad antimicrobiana y antifúngica dependen de factores como el peso molecular, grado de desacetilación, especie de microorganismo al que se desea atacar y tipo fruto (Wang et al., 2017), parámetros que en

ocasiones son difíciles de controlar durante el proceso de obtención y aplicación de los recubrimientos a base de quitosano.

El uso de recubrimientos comestibles como una tecnología de conservación va en aumento por ser ecológica y segura para el medio ambiente, puesto que, en los últimos años se han combinado con más biomateriales para, posteriormente, ser capaces de reemplazar a las ceras de derivados del petróleo. En este sentido, el quitosano en mezcla con el almidón de yuca representan una promesa en el desarrollo de coberturas biodegradables con actividad biológica. Sin embargo, existen brechas que faltan por estudiar para alcanzar un empaque y/o recubrimiento que pueda ser aplicada a toda la gama de alimentos que demanda la sociedad actual.

CONCLUSIONES

Los recubrimientos comestibles con 2% de quitosano, >2% de almidón de yuca y 3.6% de glicerol son la solución óptima de este estudio, viéndose reflejados los mejores resultados sobre la calidad postcosecha de mandarinas almacenadas en condiciones de refrigeración ($5\pm 1^\circ\text{C}$) y humedad relativa de $75\pm 5\%$ por un tiempo de 3 semanas.

Las concentraciones de los componentes poliméricos determinados actúan como barrera en la pérdida de peso, siendo bastante menor (11%) que la muestra testigo (16%) durante el almacenamiento.

REFERENCIAS

- Abdollahi, M., Rezaei, M., & Farzi, G. (2012). Improvement of active chitosan film properties with rosemary essential oil for food packaging. *International journal of Food Science & Technology*, 47, 847-853. <https://doi.org/doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02917.x>
- Alvarez Quintero, R. (2012). *Formulación de un recubrimiento comestible para frutas cítricas, estudio de su impacto mediante aproximación metabólica y evaluación de la calidad poscosecha* [Doctorado, Universidad de Antioquia]. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1618/1/AlvarezRafael_2012_RecubrimientoFrutasCitricas.pdf
- Alvis, A., Vélez, C. A., Villada, H. S., & Rada-Mendoza, M. (2008). Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. *Información tecnológica*, 19(1), 19-28. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642008000100004>
- Amaiz Mota, S., Colivet, J., & Cañizares, A. (2019). Efecto del recubrimiento comestible a base de almidón de yuca sobre los parámetros químicos y sensoriales de cascos de guayaba. *Cumbres REVISTA CIENTÍFICA*, 5(1), 137-154.
- Anaya-Esparza, L. M., Pérez-Larios, A., Ruvalcaba-Gómez, J. M., Sánchez-Burgos, J. A., Romero-Toledo, R., & Montalvo-González, E. (2020). Funcionalización de los recubrimientos a base de quitosano para la conservación postcosecha de frutas y hortalizas. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 23, 1-14. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.241>
- Andrade Ch., J., Acosta A., D., Bucheli J., M., & Luna C., G. C. (2013). Elaboración y evaluación de un recubrimiento comestible para la conservación postcosecha del tomate de árbol *Cyphomandra betacea* Cav. Sendt. *REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS*, 30(2), 60-72.
- Balaguera-López, H. E., & Palacios O., E. A. (2018). Comportamiento poscosecha de frutos de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) var. Arrayana: Efecto de diferentes tratamientos

- térmicos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 369-378.
<https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7702>
- Barco Hernández, P. L., Burbano Delgado, A. C., Mosquera Sánchez, S. A., Villada Castillo, H. S., & Navia Porras, D. P. (2011). Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Revista LaSallista de Investigación*, 8(2), 96-103.
- Caicedo Jiménez, D. I. (2021). *Evaluación de pérdidas poscosecha en mandarina (Citrus reticulata), en el cantón Patate* [Tesis de título]. Universidad Central del Ecuador.
- Castro García, M., Espinoza Posligua, V., García Montes, Y., López Mantuano, M., Molina Basurto, R., & Lavayen Delgado, E. (2017). Recubrimiento comestible de quitosano, almidón de yuca y aceite esencial de canela para conservar pera (*Pyrus communis* L. cv. "Bosc"). *La Técnica: Revista de las Agrocencias*, 42-56.
https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.970
- Castro, M., Rivadeneira, C., & Santacruz, S. (2016). Recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca, ácido salicílico y aceites esenciales para la conservación de mango cortado. *Revista de la Universidad del Zulia*, 7(18), 55-68.
- Del Aguila Vergara, Y. (2019). *Efecto de la concentración de aceite esencial de clavo de olor (syzgium aromaticum) en la cobertura comestible y del tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso, color, firmeza, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en trozos de piña (ananas comosus) golden, mínimamente procesada* [Título, Universidad Privada Antenor Orrego].
https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/4608/1/RE_IND.ALIM_YANDI_RA.DEL.AGUILA_CONCENTRACION%20DE.ACEITE.ESENCIAL_DATOS.PDF
- Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Aldemar Muñoz, J., & Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22, 292-303. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.004>
- Fang, Z., Lin, D., Dorothy Warner, R., & Ha, M. (2018). Effect of gallic acid/chitosan coating on fresh pork quality in modified atmosphere packaging. *Food Chemistry*, 260, 90-96.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.005>
- FAO, W. (2003). *Hazard characterization for pathogens in food and water* (Vol. 3).
<https://www.fao.org/3/y4666e/y4666e00.htm>
- Fernández, N. M., Echevarría, D. C., Mosquera, S. A., & Paz, S. P. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 134-141.
[http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(15\)134-141](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(15)134-141)
- Figuerola, J., Salcedo, J., & Narváez, G. (2013). Efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón nativo y oxidado de yuca sobre la calidad de mango (tommy atkins). *Temas Agrarios*, 18(2), 94-105. <https://doi.org/10.21897/rta.v18i2.719>
- fresh, fruit. (2022). *Una nueva campaña difícil para la mandarina peruana*.
<https://freshfruit.pe/2022/02/20/una-nueva-campana-dificil-para-la-mandarina>
- Gao, Y., Kan, C., Wan, C., Chen, C., Chen, M., & Chen, J. (2018). Quality and biochemical changes of navel orange fruits during storage as affected by cinnamaldehyde -chitosan coating. *Scientia Horticulturae*, 239, 80-86. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.05.012>
- García-Figueroa, A., Ayala-Aponte, A., & Sánchez-Tamayo, M. I. (2019). Efecto de recubrimientos comestibles de Aloe vera y alginato de sodio sobre la calidad poscosecha de fresa. *Revista Universidad de ciencias Aplicadas y Ambientales*, 22(2), 1-8.
<https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1320>
- Ghanbarzadeh, B., & Oromiehi, A. R. (2008). Biodegradable biocomposite films based on whey protein and zein: Barrier, mechanical properties and AFM analysis. *International journal of Biological Macromolecules*, 43(1), 209-215.

- <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2008.05.006>
- Gómez, C. A., Herrera, A. O., & Flórez, V. J. (2015). Efecto de 1-metilciclopropeno y temperatura de almacenamiento en la poscosecha de mandarina (*Citrus reticulata* L.) var. Arrayana. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 47(2), 27-41.
- Granados Regalado, J. P. (2021). *Aplicaciones de biopolímeros en la fabricación de empaques para alimentos* [Tesis Bachiller, Pontificia Universidad Católica del Perú - Facultad de Ciencias e Ingeniería]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/21314>
- Grande Tovar, C. D., Chaves Lopez, C., Serio, A., Rossi, C., & Paparella, A. (2018). Chitosan coatings enriched with essential oils: Effects on fungi involved in fruit decay and mechanisms of action. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 61-71. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.019>
- Kader, AA. (1999). Fruit maturity, ripening and quality relationships. *Acta Hort. Proc. Int. Symp. on effect of pre and post harvest factors on storage of fruit*, California, USA.
- Kitinoja, L., & Kader, A. (2002). Técnicas de manejo poscosecha a pequeña escala: Manual para los productos hortofrutícolas. *Series de horticultura poscosecha*, 8, 269.
- León-Mendez, G., León-Mendez, D., Monroy-Arellano, M. R., De La Espriella-Angarita, S., & Herrera-Barros, A. (2020). Modificación química de almidones mediante reacciones de esterificación y su potencial uso en la industria cosmética. *Archivos Venezolanos de farmacología y Terapéutica*, 620-627. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4263365>
- Martínez-González, M. E., Balois-Morales, R., Alia-Tejacal, I., Cortes-Cruz, M. A., Palomino-Hermosillo, Y. A., & López-Gúzman, G. G. (2017). Poscosecha de frutos: Maduración y cambios bioquímicos. *Revista Mexicana de Ciencia Agrícolas*, 19, 4075-4087.
- MINAGRI. (2014). *La mandarina peruana: Un producto de enorme potencial exportador*. Ministerio de Agricultura y Riego. <https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe/index.php/analisis-economicos/estudios/2014/20-la-mandarina-peruana/file#:~:text=El Perú estando en la,mundiales de esta preciada fruta.>
- Mohandas, A., Deepthi, S., Biswas, R., & Jayakumar, R. (2018). Chitosan based metallic nanocomposite scaffolds as antimicrobial wound dressings. *Bioactive Materials*, 3, 267-277. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2017.11.003>
- Morales Posada, N. B., & Robayo Rodriguez, A. E. (2015). Recubrimientos para frutas. *Alimentos hoy*, 23(35), 20-33.
- Oropeza González, R. A., Montes Hernández, A. I., & Padrón Pereira, C. A. (2016). Películas biodegradables a base de almidón: Propiedades mecánicas, funcionales y biodegradación. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 7(1), 65-93.
- Pérez Romero, L. F., Robles Domínguez, J. K., Pizarro Pariona, L. D., & Casimiro Soriano, E. M. (2020). Evaluación de pérdidas poscosecha de naranjas (*Citrus sinensis*) producidas en la selva central del Perú. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 21(2), 13.
- Poeloengasih, C. D., Pranoto, Y., Hayati, S. N., Hernawan, Rosyida, V. T., Prasetyo, D. J., Jatmiko, T. H., Apriyana, W., & Suwanto, A. (2016). A physicochemical study of sugar palm (*Arenga Pinnata*) starch films plasticized by glycerol and sorbitol. *International Symposium on Frontier of Applied Physics*, 1711(080003), 080003. <https://doi.org/10.1063/1.4941650>
- Rincón, A. M., Vásquez, M., & Padilla, F. (2005). Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 55(3), 11.
- Saeteros Pérez, E. E. (2020). *Guía práctica de higiene en frutas y hortalizas para centros de acopio, que garanticen la inocuidad de sus productos* [Título, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7206>

- Santos Batista, D. de V., Cardoso Reis, R., Mota Almeida, J., Rezende, B., Dórea Bragança, C. A., & Da Silva, F. (2019). Edible coatings in post-harvest papaya: Impact on physical–chemical and sensory characteristics. *Journal of Food Science and Technoogy*, 8. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04057-1>
- Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., & Sahari, J. (2015). Effect of plasticizer type and concentration on physical properties of biodegradable films based on sugar palm (arenga pinnata) starch for food packaging. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 326-336. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2009-7>
- Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L., & Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21(2), 30-42. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Soto, F., Tramón, C., Aqueveque, P., & De Bruijn, J. (2018). Microorganismos antagonistas que inhiben el desarrollo de patógenos en post-cosecha de limones (Citrus limon L.). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 34(2), 173-184.
- Tanada-Palmu, P. S., & Grosso, C. R. F. (2005). Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (Fragaria ananassa) quality. *Postharvest Biology and Technology*, 36(2), 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.12.003>
- USDA, D. de A. (1995). *Metodos para el Cuidado de Alimentos Perecederos, Durante el Transporte por Camiones: Vol. Manual de Agricultura 669*. <https://naldc.nal.usda.gov/catalog/46199>
- Valdivia-Medina, R. Y., Pedro-Valdés, S., & Laurel-Gómez, M. (2010). Agua para uso en laboratorios. *Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología*, 3-10.
- Vásquez Lara, J. L., & Vidal López, M. B. (2011). *Caracterización y alternativa de uso de una película biodegradable de quitosano a partir de la extracción de quitina de langostino (Pleuroncodes planipes) para la industria de alimentos* [Título, Universidad de El Salvador]. https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2099/1/Caracterizaci%C3%B3n_y_alternativa_de_uso_de_una_pel%C3%ADcula_biodegradable_de_quitosano_a_partir_de_la_extracci%C3%B3n_de_quitina_a_de_langostino_%28pleuroncodes_planipes%29_para_la_industria_de_alimentos.pdf
- Villalba Campos, L., Herrera Arévalo, A., & Orduz Rodríguez, J. O. (2014). Parámetros de calidad en la etapa de desarrollo y maduración en frutos de dos variedades y un cultivar de mandarina (Citrus reticulata Blanco). *Orionoquia*, 18(1), 21-35.
- Wang, Y., Li, B., Zhang, X., Peng, N., Mei, Y., & Liang, Y. (2017). Low molecular weight chitosan is an effective antifungal agent against Botryosphaeria sp. And preservative agent for pear (Pyrus) fruits. *International journal of Biological Macromolecules*, 95, 1135-1143. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.10.105>
- Xu, D., Qin, H., & Ren, D. (2018). Prolonged preservation of tangerine fruits using chitosan/montmorillonite composite coating. *Postharvest Biology and Technology*, 143, 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.04.013>

● 8% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Base de datos de trabajos entregados

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Universidad Nacional de Colombia on 2018-05-21	3%
	Submitted works	
2	Universidad Cesar Vallejo on 2018-09-21	1%
	Submitted works	
3	Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD on 2021-07-19	1%
	Submitted works	
4	Universidad de Cartagena on 2020-04-22	<1%
	Submitted works	
5	Abraham D. Miranda, Armando Alvis, Guillermo Arrazola. "Efectos de d...	<1%
	Crossref	
6	Misael Cortés Rodríguez, Camilo Villegas Yépez, Jesús Humberto Gil G...	<1%
	Crossref	
7	Eliana María Estrada Mesa, Fabio Padilla Reyes, Carlos Julio Márquez ...	<1%
	Crossref	
8	University of Newcastle on 2018-03-02	<1%
	Submitted works	
9	Universidad Nacional de San Martín on 2022-02-12	<1%
	Submitted works	

10

Universidad de Caldas on 2023-04-20

Submitted works

<1%