

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias
Alimentarias



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

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias

Autor:

Bach. Rafael Hernando López Ysla

Bach. Leydy Lilian Astete Escobar

Asesor:

PhD Rodrigo Alfredo Matos Chamorro

Lima, diciembre de 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Rodrigo Alfredo Matos Chamorro, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES A BASE DE ALMIDÓN DE YUCA, QUITOSANO Y GLICEROL SOBRE EL PESO POSTCOSECHA DE MANDARINAS”** de los autores Rafael Hernando López Ysla y Leydy Lilian Astete Escobar tiene un índice de similitud de 8% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 03 días del mes de enero del año 2024.



Rodrigo Alfredo Matos Chamorro

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **26 días** día(s) del mes de **diciembre** del año 2023 siendo las **09:00 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Ph.D. Silvia Pilco Quesada**, el secretario: **Dr. Santiago Ramírez López**, y los demás miembros: **Mg.Sc. Daniel Sumire Qqunta**, y el asesor: **Dr. Rodrigo Alfredo Matos Chamorro**; con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca, quitosano y glicerol sobre el peso postcosecha de mandarinas".

de el(los)/la(las) bachiller(es): a) **LEYDY LILIAN ASTETE ESCOBAR**

.....b) **RAFAEL HERNANDO LOPEZ YSLA**

conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

(Nombre del Título profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(la)(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **LEYDY LILIAN ASTETE ESCOBAR**

| CALIFICACIÓN | ESCALAS | | | Mérito |
|-----------------|--------------|-----------|------------------|----------------------|
| | Vigesimal | Literal | Cualitativa | |
| Aprobado | 17.83 | A- | Muy bueno | Sobresaliente |

Candidato (b): **RAFAEL HERNANDO LOPEZ YSLA**

| CALIFICACIÓN | ESCALAS | | | Mérito |
|-----------------|-----------|-----------|------------------|----------------------|
| | Vigesimal | Literal | Cualitativa | |
| Aprobado | 18 | A- | Muy bueno | Sobresaliente |

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.



Presidente
Ph.D. Silvia Pilco
Quesada



Secretario
Dr. Santiago Ramírez
López



Asesor
Dr. Rodrigo Alfredo
Matos Chamorro



Miembro
Mg.Sc. Daniel Sumire
Qqunta

Miembro



Candidato/a (a)
Leydy Lilian Astete
Escobar



Candidato/a (b)
Rafael Hernando
Lopez Ysla

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

“Es de gran felicidad y satisfacción hoy finalizar una etapa más de mi vida, cumplir un sueño y ver el fruto de un gran esfuerzo, y por ello quiero agradecer a mi familia y a todos quienes a través de todo este tiempo he conocido, quienes con su apoyo y comprensión fueron de gran ayuda.”

-Rafael López Ysla

“Agradezco el apoyo y la confianza por parte de mi colega de tesis y nuestro asesor, a lo largo de este proceso, todo nos sumó hasta lo más pequeño, es por ello que me enorgullezco de haber conseguido este logro juntos.

Se lo dedico a mis padres y a mi pareja, por ser mi fuerza y sostén, vieron en mí lo que yo no pude y creyeron en mis pasos desde el día cero. A mis amigos Abel, Ángela y Melanie, por la alegría y motivación compartida a pesar de la distancia. Este logro es gracias a todos ustedes.”

-Leydy Astete Escobar

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

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

¹López Ysla, Rafael H.; ²Astete Escobar, Leydy L.; ³Matos Chamorro, Rodrigo A.

^{1,2,3} EP de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Peruana Unión

¹ rafael.lopez@upeu.edu.pe; ² leydyastete@upeu.edu.pe; ³ amatosch@upeu.edu.pe

RESUMEN

La demanda de consumo de frutas frescas o mínimamente procesados es una oportunidad de desarrollar métodos para prolongar la vida útil usando componentes naturales y biodegradables. El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de recubrimiento comestible 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 determinó el peso inicial del producto y luego se controla el peso 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, Almidón de yuca, Quitosano, Vida en Anaquel, Mandarinas.

ABSTRACT

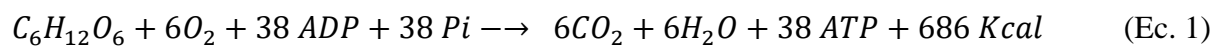
The demand for consumption of fresh or minimally processed fruits is an opportunity to develop methods to extend shelf life using natural and biodegradable components. The aim of this research was to study the effect of edible coatings based on cassava starch, chitosan and glycerol on the postharvest 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- Behnken design, with 12 treatments and 3 central points. The coverages were applied to mandarins harvested from the city of Huaral, the initial weight of the product was determined and then the weight was controlled every 3 days for 3 weeks of storage under refrigeration conditions, temperature ($5\pm 1^{\circ}\text{C}$) with relative humidity controlled to $75\pm 5\%$. 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. Estas reacciones son irreversibles una vez iniciadas y solo pueden retrasarse o disminuir la velocidad con la aplicación externa de ciertos procedimientos (Santos-Batista et al., 2019).

La vida útil de los productos hortofrutícolas está relacionada 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 energía necesaria para mantener las reacciones metabólicas del fruto proviene de 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 (Caicedo Jiménez, 2021; Kader, 1999). La mandarina tiene corteza delgada, facilitando la deshidratación, que provoca la pérdida de peso del fruto (Kitinoja & Kader, 2002). Por lo tanto, 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 durante 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, el mal manejo postcosecha y pésimas condiciones de transporte en su comercialización provocando pérdidas postcosecha de hasta un 40% en regiones tropicales (Fresh, 2022; USDA, 1995; FAO, 2003; Pérez-Romero et al., 2020), este fruto cítrico presenta desórdenes fisiológicos con facilidad, debido a su corteza delgada y alta sensibilidad al deterioro debido a la degradación por fermentación, en la que es posible evidenciar la 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 auto catalítica al etileno, pero muestran algunas respuestas típicas al etileno como el cambio 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 (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) reportaron que la adición de cinamaldehído (componente mayoritario del aceite esencial de canela) en el recubrimiento a base de quitosano aplicado a las peras, ha reducido el proceso de senescencia de los frutos y contrarrestó 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 como el almidón, donde la relación entre amilosa y amilopectina puede ser importante. El uso de una solución de almidón de yuca dentro de la matriz polimérica de un recubrimiento es viable (León-Méndez 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). Este enfoque surge como una estrategia clave para conservar la calidad de cítricos como las mandarinas y, al mismo tiempo, abordar los desafíos asociados a ralentizar su proceso de senescencia. Por ello, se busca proporcionar una comprensión más profunda y eficaz de cómo estos recubrimientos pueden influir positivamente en la vida útil de este fruto en condiciones de almacenamiento específicas, por lo que 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 aplicadas a mandarinas (*Citrus reticulata*) obtenidas de Huaral, Lima, lavadas con agua, desinfectadas con solución de lejía a 50 ppm por 2 minutos, seleccionadas y clasificadas 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 desarrolladas 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 agitada a 800 rpm por 1 minuto (Valdivia-Medina et al., 2010), luego se homogenizó con la harina de quitosano en un agitador mecánico a 800 rpm por 40 minutos. Las diferentes concentraciones (0, 1 y 2%) de la solución de almidón de yuca fueron preparadas con agua desionizada a una temperatura controlada de $65\pm 5^\circ\text{C}$, 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 con el diseño de Box-Behnken (Tabla 2). La aplicación de los recubrimientos fue 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 ($5\pm 1^\circ\text{C}$) con humedad relativa controlada de $75\pm 5\%$ 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-Behnken 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-Behnken, con un nivel de confianza del 95%, utilizando el software estadístico R.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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 está definida 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 (%) después 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 después 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 climatérico, por lo que su tasa de respiración es menor a los frutos climatéricos, sin embargo, la pérdida de peso no solo es por la respiración, sino también, por las condiciones ambientales que

los rodea. La Tabla 4 muestra la significancia de las variables sobre la pérdida de peso, determinados por el diseño de Box Behnken, con R^2 de 96.98% y $pvalue = 0.002742$.

Tabla 4. Análisis de varianza de las variables según el diseño de Box Behnken de la influencia de la cobertura a base de almidón de yuca, quitosano y glicerol, almacenadas en refrigeración ($5\pm 1^\circ\text{C}$) 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, interacción 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, eso indica que el almidón, 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 incorporan 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 almidón, glicerol y quitosano en medio acuoso genera puentes de hidrógeno, 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 almidón influyen en la permeabilidad de las películas, formando una red más concentrada haciendo que los poros sean más pequeños, mientras que, menores concentraciones de almidón 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 almidón, el tipo y la 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 adecúan mejor a la superficie del fruto mientras que las coberturas con sorbitol tienen menor contenido de humedad y son más propensas al quiebre cuando se reduce la humedad (Poeloengasih et al., 2016).

Las características funcionales de los almidones están influenciadas por la relación amilosa/amilopectina. La amilosa favorece la retrogradación de las pastas durante el enfriamiento, caracterizado como el fenómeno de sinéresis, mientras que la amilopectina no retrograda 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, mientras que, el almidón de papa tiene 24%, por esas características el almidón 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 afectadas 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 (Álvarez-Quintero, 2012; Andrade-Ch. et al., 2013; Barco-Hernández et al., 2011). En la mandarina, por su carácter no climatérico, los parámetros relacionados con la madurez (azúcares, acidez, ácidos orgánicos) no cambian significativamente después de la cosecha, pero otros, investigadores reportan que durante el almacenamiento por refrigeración puede presentar disminución de los ácidos orgánicos, como indicativo de la actividad metabólica.

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 en 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-Behnken.

| Coeficientes | Estimado | Error Estándar | 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

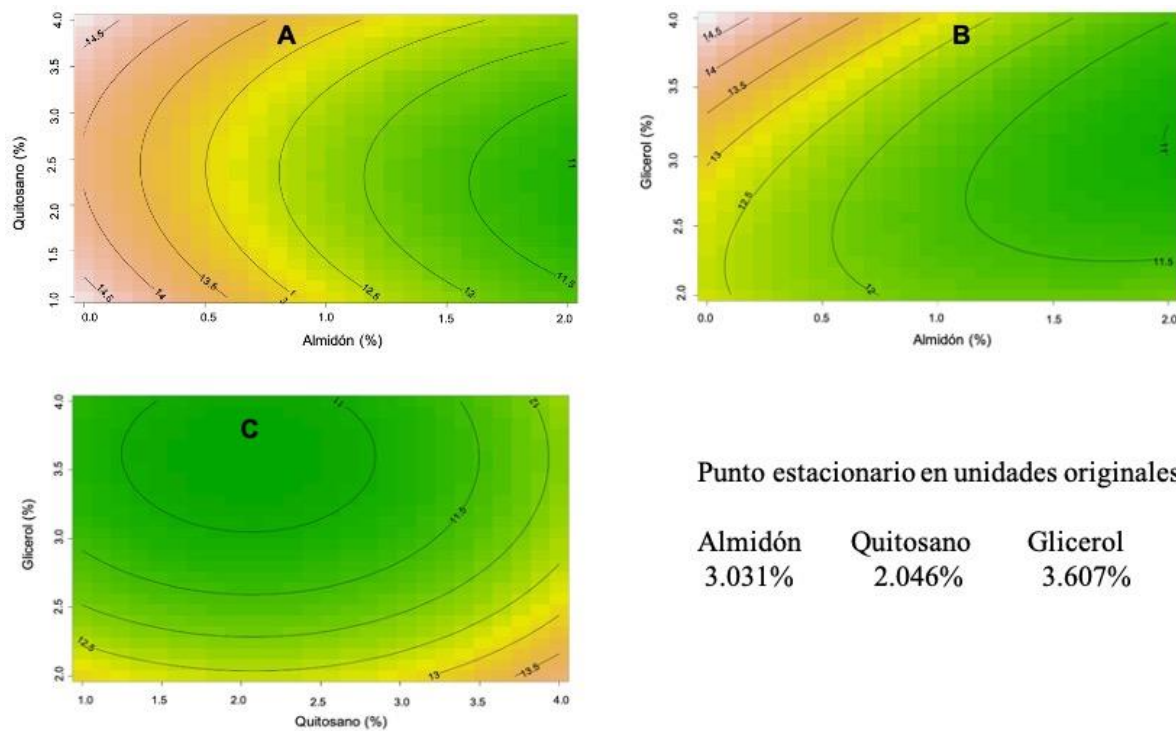


Figura 1. Superficie de respuesta de acuerdo con los coeficientes del modelo del diseño Box-Behnken para la pérdida de humedad en mandarinas con coberturas de Almidón y Quitosano (A), Almidón y Glicerol (B), Glicerol y Quitosano (C) almacenadas durante 21 días en condiciones de refrigeración.

Amaiz Mota et al. (2019) afirman 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 muestra 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) reportan 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 postcosecha son por la facilidad de pérdida de agua por transpiración que conlleva a la disminución directa del peso fresco y la calidad. Del Águila-Vergara (2019) desarrolló un recubrimiento óptimo para mandarinas que contenía 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 cascos 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 un 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) evaluaron 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. La aplicación de los recubrimientos adicionados con glicerol sobre el aguacate favorece el retraso en la maduración y pérdida de peso, mayor firmeza de la pulpa y retención del color de la piel, 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 16.0, 15.0, 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 4.30% en frutos tratados con zeína, 2.01% y 4.47% con recubrimiento a base de quitosano al 0.6, 2.33 y 5.01% en frutos tratados con sucroéster al 1.0%. En todos los casos, la disminución fue siempre inferior a las muestras testigo. El recubrimiento a base de almidón modificado al 4% aplicado al fruto permitió prolongar la vida útil del producto por 4 días adicionales, retardando la pérdida de peso, mayor firmeza de la pulpa y retención del color de la piel. Según Del Águila-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 con los tratamientos estudiados es el principal para determinar la calidad postcosecha de cítricos 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 representa 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, 3% 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 metabolómica 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 La Sallista 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 Agrociencias*, 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 Águila-Vergara, Y. (2019). *Efecto de la concentración de aceite esencial de clavo de olor (sysygium 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_YANDIRA.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. *Biotecnología 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)
- Figueroa, 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-López, 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, A. A. (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-Méndez, 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-Rodríguez, 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>

ANEXOS

Evidencia de sumisión del artículo a una revista:

Food Science and Technology International FSTI-23-0880

Rodrigo Alfredo Matos Chamorro <amatosch@upeu.edu.pe>
Para: Rafael Lopez; controldecalidad@ecoproa.com
Lun 04/12/2023 21:49

De: Food Science and Technology International <onbehalfof@manuscriptcentral.com>

Fecha: lunes, 4 de diciembre de 2023, 17:02

Para: Rafael Lopez <rafael.lopez@upeu.edu.pe>, LEYDY LILIAN ASTETE ESCOBAR <leydyastete@upeu.edu.pe>, Rodrigo Alfredo Matos Chamorro <amatosch@upeu.edu.pe>

Asunto: Food Science and Technology International FSTI-23-0880

04-Dec-2023

Dear Dr. Matos Chamorro:

Your manuscript entitled "Effect of edible coatings based on cassava starch, chitosan, and glycerol on the postharvest weight of tangerines" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in Food Science and Technology International.

Your manuscript ID is FSTI-23-0880.

You have listed the following individuals as authors of this manuscript:
Ysla, Rafael; Escobar, Leydy; Matos Chamorro, Rodrigo Alfredo

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <https://mc.manuscriptcentral.com/fsti> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc.manuscriptcentral.com/fsti>.

As part of our commitment to ensuring an ethical, transparent and fair peer review process Sage is a supporting member of ORCID, the Open Researcher and Contributor ID (<https://orcid.org/>). We encourage all authors and co-authors to use ORCID iDs during the peer review process. If you have not already logged in to your account on this journal's ScholarOne Manuscripts submission site in order to update your account information and provide your ORCID identifier, we recommend that you do so at this time by logging in and editing your account information. In the event that your manuscript is accepted, only ORCID iDs validated within your account prior to acceptance will be considered for publication alongside your name in the published paper as we cannot add ORCID iDs during the Production steps. If you do not already have an ORCID iD you may login to your ScholarOne account to create your unique identifier and automatically add it to your profile.

Thank you for submitting your manuscript to Food Science and Technology International.

Sincerely,
Sameer Khan
Food Science and Technology International
fsti@sagepub.com

Resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo:



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

RESOLUCIÓN N° 0630-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 31 de octubre de 2023

VISTO:

El expediente de **Leydy Lilian Astete Escobar**, identificado(a) con código universitario N° 201710302 y **Rafael Hernando Lopez Ysla**, identificado(a) con código universitario N° 8810325, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la designación del Comité Dictaminador del proyecto de tesis;

Que **Leydy Lilian Astete Escobar** y **Rafael Hernando Lopez Ysla**, han concluido el desarrollo de la tesis en formato artículo y con la opinión favorable de su asesor, solicitan la designación del Comité Dictaminador respectivo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 31 de octubre de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Designar el Comité Dictaminador encargado de administrar el proceso de dictamen correspondiente a la tesis en formato artículo, titulada “Efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca, quitosano y glicerol sobre el peso postcosecha de mandarinas”, presentado por **Leydy Lilian Astete Escobar** y **Rafael Hernando Lopez Ysla**, otorgándoles un plazo máximo de diez (10) hábiles, posterior a la fecha de recepción de la presente resolución, para emitir el dictamen respectivo a través de la plataforma oficial.

Dictaminador 1: Dr. Santiago Ramirez Lopez
Dictaminador 2: Mg. Sc. Daniel Sumire Qquenta

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Mg. Ketty Magaly Arellano Lino
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Interesado
-Jurado (02)
-Archivo