

Application of a waxy coating to improve the quality and marketing of Tahiti lemons.

Angie Yaqueline Castro Barrios, Bachiller¹, Manuel Balcazar Seclen, Bachiller², Walter Manuel Hoyos Alayo, Maestro³, and Jorge Luis Leiva Piedra, Maestro⁴
^{1,2,3,4}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u17206815@utp.edu.pe, u17105472@utp.edu.pe, c23712@utp.edu.pe, jleiva@utp.edu.pe

Abstract– Peruvian Tahitian lemons are experiencing a growing international demand, making it essential to maintain their post-harvest quality and extend their shelf life to ensure their commercial competitiveness. The present study sought to evaluate the performance of a commercial waxy coating in improving the quality and shelf life of Tahiti lemons. For this purpose, Citrosol A extra UE® coating was applied by spraying on the different export formats (4 kg, 16 kg, and 24 kg) under 7 °C conditions, then the effects of the coating on the parameters of weight loss, juice yield, °Brix, pH and acidity were evaluated; and an economic analysis was carried out to determine the feasibility of its use. The results showed that the Citrosol A extra UE® coating significantly reduced weight loss, with values of 29.4%, 18.0%, and 41.7% for the 4 kg, 16 kg, and 24 kg formats, respectively. No significant differences were observed in the °Brix and pH levels, all remaining within the optimum commercial range. Acidity showed a slight decrease in the coated fruits, while juice yield remained stable with no significant differences between treatments. The economic analysis showed that the application of the coating is economically viable, outweighing the costs associated with the benefits obtained in terms of loss reduction and maintenance of fruit quality. It is concluded that the application of the Citrosol A extra EU® coating maintained the commercial quality and prolonged the shelf life of Tahiti lemons, while offering a high economic profitability, showing itself as an alternative for producers and exporters of Tahiti lemons in Peru.

Keywords: Waxy coatings, Tahiti lemon, physico-chemical parameters, shelf life, profitability.

Aplicación de recubrimiento céreo para la mejora de la calidad y comercialización de limón Tahití

Angie Yaqueline Castro Barrios, Bachiller¹, Manuel Balcazar Seclen, Bachiller², Walter Manuel Hoyos Alayo, Maestro³, and Jorge Luis Leiva Piedra, Maestro⁴
^{1,2,3,4}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u17206815@utp.edu.pe, u17105472@utp.edu.pe, c23712@utp.edu.pe, jleiva@utp.edu.pe

Resumen– El limón Tahití peruano, viene experimentando una creciente demanda internacional, haciéndose indispensable mantener su calidad postcosecha y extender su vida útil para asegurar su competitividad comercial. El presente estudio, buscó evaluar el comportamiento de un recubrimiento céreo comercial, en la mejora de la calidad y vida útil del limón Tahití. Para ello se aplicó el recubrimiento Citrosol A extra UE®, mediante aspersión en los diferentes formatos de exportación (4 kg, 16 kg y 24 kg) en condiciones de 7 °C, posteriormente, se evaluaron los efectos del recubrimiento sobre los parámetros de pérdida de peso, rendimiento de jugo, °Brix, pH y acidez; y un análisis económico para determinar la viabilidad de su uso. Los resultados mostraron que el recubrimiento Citrosol A extra UE® redujo significativamente la pérdida de peso, con valores de 29.4%, 18.0% y 41.7% para los formatos de 4 kg, 16 kg y 24 kg, respectivamente. En los niveles de °Brix y pH no se observaron diferencias significativas, manteniéndose todos dentro del rango óptimo comercial. La acidez presentó una ligera disminución en los frutos recubiertos, mientras que el rendimiento de jugo se mantuvo estable sin diferencias significativas entre los tratamientos. El análisis económico demostró que la aplicación del recubrimiento es económicamente viable, superando los costos asociados con los beneficios obtenidos en términos de reducción de pérdidas y mantenimiento de la calidad del fruto. Se concluye que, la aplicación del recubrimiento Citrosol A extra UE® mantuvo la calidad comercial y prolongó la vida útil del limón Tahití, ofreciendo además una alta rentabilidad económica; mostrándose como una alternativa para los productores y exportadores de limón Tahití en Perú.

Palabras clave– Recubrimientos cerosos, limón Tahití, parámetros fisicoquímicos, vida útil, rentabilidad.

I. INTRODUCCIÓN

El limón Tahití (*Citrus latifolia*) es una variedad de cítrico altamente valorada en la producción y exportación agrícola del Perú [1], siendo cultivado principalmente en las regiones de Piura, Lambayeque y Tumbes [2]; asimismo, este fruto se destaca por su jugosidad y alto contenido de ácido cítrico [3], características que lo han convertido en un producto demandado tanto en el mercado nacional como en el internacional [4]; además, en los últimos años, la producción de limón Tahití ha mostrado un notable incremento, pasando de 17,562 Tn en 2021 a 24,499 Tn en 2022 [5], consolidando al Perú como uno de los principales exportadores de esta variedad de limón [1]. La creciente demanda mundial de

limón Tahití se debe a sus múltiples aplicaciones en la gastronomía, la industria de bebidas y su consumo directo [6], gracias a sus propiedades nutricionales y beneficios para la salud [7]; sin embargo, la comercialización exitosa del limón Tahití enfrenta importantes desafíos, especialmente en la etapa de postcosecha [8] generando que la conservación de la calidad del fruto durante el almacenamiento y el transporte sea crucial para mantener su valor comercial y competitividad en los mercados internacionales [9].

El limón es un fruto pericarpio que experimenta deterioro fisiológico cuando no se envasa, se transporta o no se manipula correctamente [10], reduciendo su comerciabilidad a lo largo del tiempo [11]. Durante las etapas de postcosecha y procesamiento, se produce una pérdida de calidad a lo largo de la cadena de suministro, lo que resulta en una disminución de la producción [12]; en ese sentido, [13] estimó que, debido al mal manejo postcosecha del limón, las pérdidas económicas alcanzaron los 455 millones de soles en el 2019, provocando un impacto importante en el sector comercial y elevación de los precios.

Uno de los principales problemas en la postcosecha del limón Tahití es la rápida pérdida de calidad del fruto [14], ya que factores como la deshidratación, la pérdida de firmeza [15], los cambios en el color [8] y la incidencia de enfermedades postcosecha, debido a hongos y bacterias [16], que afectan negativamente la vida útil del fruto [17]; así mismo, estas deficiencias no solo disminuyen su valor comercial [18], sino que también resultan en pérdidas económicas significativas para los productores y exportadores [19]; además, el manejo inadecuado, las condiciones climáticas adversas [20] y las técnicas de conservación ineficaces contribuyen a la degradación del fruto durante el almacenamiento y transporte [21].

En este contexto, la necesidad de encontrar soluciones que prolonguen la vida útil del limón Tahití [22] y mantengan su calidad es imperativa para asegurar su comercialización efectiva y sostenible [23]; así también, la implementación de recubrimientos cerosos en frutas y vegetales ha demostrado ser una técnica efectiva para mejorar la conservación de productos frescos [4], ya que actúan como una barrera protectora que reduce la pérdida de humedad, minimiza la incidencia de enfermedades [16], [24] y mantiene las propiedades físicas y químicas del fruto [25]; además, ofrecen una solución viable para los problemas de postcosecha del limón Tahití,

contribuyendo a la mejora de la calidad y vida útil del fruto [26].

El uso de recubrimientos céreos naturales es especialmente relevante en la actualidad debido a las crecientes regulaciones internacionales que limitan el uso de ceras sintéticas y fungicidas en productos frescos [27]; por lo tanto, los recubrimientos naturales no solo cumplen con estos estándares, sino que también responden a la demanda de los consumidores por productos más saludables y sostenibles [28]; además, la investigación sobre la efectividad del recubrimiento céreo Citrosol AK extra UE, compuesto principalmente de cera carnauba y goma laca [29], en el limón Tahití puede proporcionar información valiosa para la industria agroexportadora, ayudando a reducir pérdidas y mejorar la competitividad del fruto en el mercado global.

El objetivo principal de este estudio es evaluar la efectividad de Citrosol AK extra UE en la mejora de la calidad y vida útil del limón Tahití durante su almacenamiento y distribución en los formatos de exportación de 4 Kg, 16 Kg y 24 Kg; asimismo, se busca determinar cómo este recubrimiento influye en la mejora de la vida útil y calidad física y química del fruto en condiciones controladas de temperatura (7 °C).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Preparación de las muestras:

Los limones de la variedad Tahití utilizados para el presente estudio, procedieron de dos fundos ubicados en el distrito de Olmos, departamento de Lambayeque, a los cuales, se les aplicó, el procedimiento establecido de procesamiento primario, el cual inicio, con la recepción del fruto y su posterior disposición en jabas de 22 y 21 kg, luego fueron llevados a la zona de abastecimiento, y descargados sobre la faja transportadora con una capacidad de 5500 a 6500 kg/hora, para darles un prelavado con agua e hipoclorito (0.6 a 2 ppm), posteriormente se los paso al área de lavado, en la que por medio de escobillas giratorias y la inyección de una solución de agua y detergente alcalino (0.1 ppm), se eliminó toda la suciedad, luego fueron enjuagados con agua de línea e hipoclorito (0.6 a 2 ppm), y puestos en el túnel de secado, seguido a ello se separó la fruta que no cumplía con los calibres mínimo requeridos o con presencia de deterioro u otros daños (oleoselosis, ácaros, espinados, etc.).

B. Encerado de las muestras:

Los limones lavados y seleccionados fueron colocados sobre unos rodillos para su respectivo encerado, el cual fue aplicado por aspersión, la dosis aplicada fue de 1 L de cera / Tn de limón; posteriormente los limones encerados ingresaron al túnel de secado, el cual por medio de una sistema de inyección de aire constante, a una temperatura de 35 a 40°C y por un tiempo de 1.5 minutos, fueron secados, culminado este proceso, los limones fueron puestos en los formatos

comerciales con los que trabaja la empresa, tanto para mercado nacional como para exportación, de los cuales se tomaron un número de cajas por formato (ver Fig. 1). El recubrimiento céreo utilizado es un recubrimiento comercial recomendado para la comercialización de cítricos a nivel nacional y exportación, en la Tabla I, se muestran las características fisicoquímicas según su ficha técnica. En la Tabla II, se muestran los tratamientos definidos para la toma de datos.



Fig. 1 Formatos comerciales de la empresa utilizados para el desarrollo del estudio.

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DE LA CERA UTILIZADA EN EL ESTUDIO

Características	Citrosol AK extra UE
Coloración	Marrón Lechoso
Estado físico (20 °C)	Líquido
Olor	Amoniacal
Densidad	1.012 - 1.021 g/cc
pH	8.8 - 10.2
Viscosidad	ND
Brillo	Mayor intensidad
Punto de inflamación	No es fácilmente inflamable
Contenido de solventes	No contiene
Duración del producto	2 años
Composición	Cera Carnauba y Goma laca (20%). Hidróxido Amónico (0.5%)

Nota. Composición de la cera según ficha técnica.

TABLA II
TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Tratamientos	Características
1	Testigo - temperatura 7°C (4kg) mercado exportación
2	Testigo - temperatura 7°C (16kg) mercado exportación
3	Testigo - temperatura 7°C (24kg) mercado exportación
4	Citrosol AK Extra UE - temperatura 7°C (4kg) mercado exportación
5	Citrosol AK Extra UE - temperatura 7°C (16kg) mercado exportación
6	Citrosol AK Extra UE - temperatura 7°C (24kg) mercado exportación

C. Parámetros evaluados:

Para determinar el efecto de los recubrimientos céreos los parámetros evaluados fueron:

1) *Pérdida de peso*: Se tomaron muestras diarias de 20 limones por formato, los cuales fueron pesados utilizando una

balanza electrónica. El periodo de medición se extendió hasta que los limones mantuvieron características organolépticas óptimas para su comercialización. Bajo condiciones de temperatura en cámara (7°C), esto fue hasta los 8 días, y en temperatura ambiente, hasta los 5 días.

2) *Rendimiento*: Se tomaron muestras diarias de 10 limones por formato, los cuales fueron cortados y exprimidos. Las semillas y la cáscara se separaron, y el jugo se depositó en un beaker para ser pesado en una balanza analítica.

3) *°Brix*: Se tomaron unas gotas de jugo de cada muestra evaluada diariamente, y utilizando un refractómetro, se determinó el contenido de °Brix. Esto se hizo hasta el día en que los limones mantuvieron un parámetro aceptable para su comercialización.

4) *pH*: La muestra del beaker con el jugo de los limones se llevó a un refrigerador para alcanzar una temperatura de 20°C, óptima para medir el pH. Con la ayuda de un potenciómetro, se midió el pH hasta el día en que los limones mantuvieron un parámetro aceptable para su comercialización.

5) *Acidez*: Se pesó una muestra de 10 gramos de jugo de limón en una balanza analítica, utilizando un beaker. Luego se añadieron 50 ml de agua destilada y se tituló con una bureta Schilling, empleando una solución de soda cáustica (NaOH) al 1%. Se registró el gasto empleado hasta obtener un rango de titulación entre 8.1 y 8.2. Los datos obtenidos se calcularon utilizando la fórmula que se muestra a continuación.

$$\frac{\text{Gasto NaOH (ml)} * \text{Factor de solución (64)} * \text{Concentración de la NaOH (1\%)}}{\text{Peso Muestra (gr)}}$$

7) *Análisis económico*: Para el análisis económico (costo/beneficio) sobre el uso de recubrimientos céreos en la comercialización se siguió el siguiente procedimiento:

Se calculó la cantidad de cajas obtenidas después del procesamiento del limón sutil, según el formato definido. Para ello, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Kg} * \text{Redimiento}}{\text{Formato (Kg)}}$$

Se estableció el precio comercial de la caja según el formato, agregando el costo de la cera utilizada (cera nacional o de exportación). Para ello, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\frac{\text{Precio Comercial de cera nacional}}{\text{N}^\circ \text{ de cajas procesadas}}$$

$$\frac{\text{Precio Comercial de cera de exportación} * 1.5 \text{ litros}}{\text{N}^\circ \text{ de cajas procesadas}}$$

Se estimó el porcentaje de pérdida de peso por caja para cada uno de los tratamientos en estudio (con cera y sin cera).

A continuación, se determinó la ganancia por caja utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdida de precio por caja (testigo)} - \text{Pérdida de precio por caja (recubrimiento)}$$

Finalmente, se obtuvo el costo-beneficio por caja y luego se estimó el costo-beneficio por tonelada para cada uno de los tratamientos en estudio, utilizando la siguiente fórmula:

$$(\text{Costo beneficio}) * \frac{(\text{Tonelada} * \text{Redimiento})}{\text{Formato (Kg)}}$$

III. RESULTADOS

A. Pérdida de peso:

TABLA III
RESUMEN ESTADÍSTICO DE LA PÉRDIDA DE PESO EN EL LIMÓN TAHITI A TEMPERATURA DE 7°C PARA MERCADO EXPORTACIÓN.

Tratamientos	4 kg	16 kg	24 kg
Testigo	3.40 ± 0.12 ^a	0.50 ± 0.11 ^a	0.60 ± 0.08 ^a
Citrosol - A - Extra UE	2.40 ± 0.10 ^a	0.44 ± 0.13 ^{ab}	0.35 ± 0.09 ^b
Valor P	0.000	0.000	0.000
Nivel de Sig.	**	**	**

(**) Altamente Significativo

En la tabla III, donde se muestra el resumen estadístico de la pérdida de peso del limón Tahiti bajo diferentes formatos comerciales (4 kg, 16 kg y 24 kg), podemos observar que el valor p (0.000) es < 0.05, por lo que podemos inferir que los recubrimientos céreos si tuvieron un efecto sobre la pérdida de peso (gr) de los frutos.

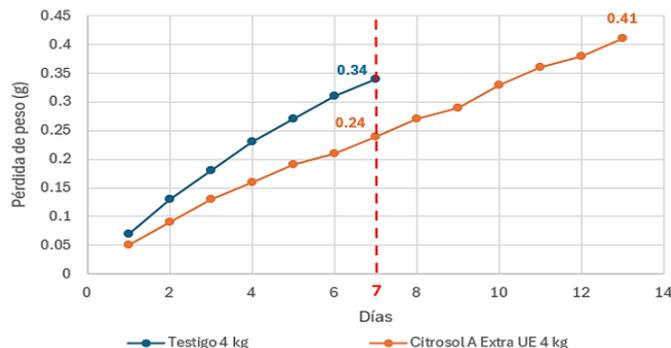


Fig. 2 Evolución de la pérdida de peso en el limón tahiti (formato 4 kg - 7°C) para mercado de exportación.

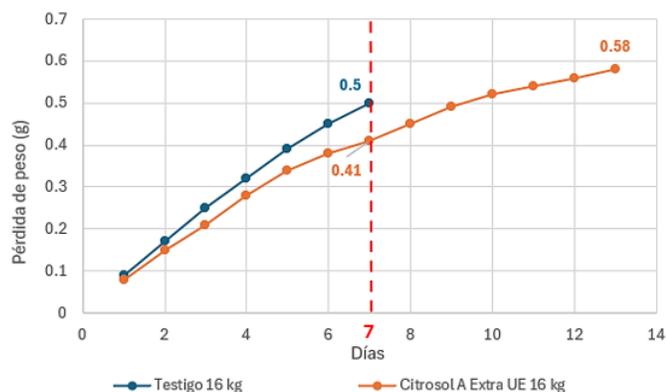


Fig. 3 Evolución de la pérdida de peso en el limón tahítí (formato 16 kg - 7°C) para mercado de exportación.

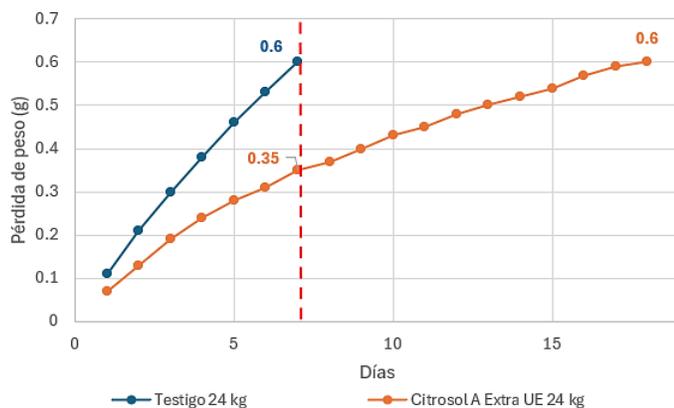


Fig. 4 Evolución de la pérdida de peso en el limón tahítí (formato 24 kg - 7°C) para mercado de exportación.

En las figuras 2, 3 y 4, donde se muestran la evolución de la pérdida de peso en el limón Tahiti (formatos 4 Kg, 16 Kg y 24 Kg, conservados a 7°C), podemos observar que el recubrimiento Citrosol A Extra UE, en todos los formatos, mostró una diferencia significativa frente a sus respectivos testigos, reduciendo de manera considerable la pérdida de peso en la fruta con valores de 29.4%, 12.0% y 41.7%, respectivamente, asimismo se evidenció que el recubrimiento alargó la vida útil de la misma en hasta 10 días, cabe resaltar que, complementar dicha tecnología con el uso de baja temperatura de conservación, también aporta a este comportamiento, sin embargo, se demuestra que el recubrimiento protege a la fruta de la pérdida de humedad generada por el frío. Tal como lo menciona [30] quienes nos dicen que, la vida útil de los cítricos puede reducirse regulando la temperatura de almacenamiento, permitiendo un mejor control de la tasa respiratoria de la fruta y por consiguiente, una disminución de la deshidratación. Esto debido a que los cítricos al estar sujeto a bajas temperaturas se ve afectado directamente en su morfología y composición de la cera cuticular durante su almacenamiento, conllevando al aumento de la deshidratación [31]. Sin embargo, el uso de recubrimientos céreos ayuda a reducir la pérdida de agua

(deshidratación), bajo condiciones de baja temperatura, ya que actúa como una barrera protectora, entre la parte interna de la fruta con el exterior, manteniendo el contenido de agua al interior de la fruta (Babarabie et al., [32], esto debido a que, los recubrimientos debido a su composición, permiten mantener las condiciones óptimas del cítrico al ser expuesto a bajas temperaturas durante tiempos de conservación prolongados, manteniendo sus características organolépticas [33]. Así también, la estabilidad química del recubrimiento es muy importante, ya que de esta, dependerá su respuesta al frío y posterior efecto sobre la deshidratación del fruto (Hassan et al., [34].

B. Propiedades fisicoquímicas

1) °Brix

TABLA IV
RESUMEN ESTADÍSTICO DE LOS °BRIX EN EL LIMÓN TAHITÍ EN DIFERENTES FORMATOS A TEMPERATURA DE 7°C

Tratamientos	4 kg	16 kg	24 kg
Testigo	8.20 ± 0.12 ^a	8.00 ± 0.11 ^a	8.20 ± 0.08 ^a
Citrosol - A - Extra UE	7.40 ± 0.10 ^a	7.60 ± 0.13 ^a	7.40 ± 0.09 ^a
Valor P	4.22	4.20	4.16
Nivel de Sig.	N.S	N.S	N.S

N.S: No Significativo.

En la tabla IV, donde se muestra, el resumen estadístico de los °Brix, de los limones Tahití en diferentes formatos comerciales, podemos observar que los valores p (4.22), (4.20) y (4.16) fueron > 0.05, por lo que podemos concluir que, la aplicación del recubrimiento céreo no tuvo ningún efecto sobre este parámetro de la fruta al séptimo día de evaluación, sin embargo, se evidencia una ligera reducción frente al testigo entre el 5.0% y 9.75%. Así también, los valores de los testigos estuvieron en el rango de 8.0 y 8.2 °Brix, estando en el límite de los valores de calidad comerciales permisible en el limón, el cual es de 8.0°Brix; por lo que, el recubrimiento céreo mantuvo los valores de los tratamientos dentro del rango óptimo de calidad (6.5 – 8 °Brix). En este sentido, Hardy & Sanderson [35] mencionan que al presentarse el proceso de senescencia se genera el aumento de los sólidos solubles a partir de la acumulación de sacarosa en el cítrico. Asimismo, Kaur et al., [36] mencionan que el aumento de sólidos solubles puede atribuirse a numerosos procesos catabólicos durante los periodos de almacenamiento, con lo cual podría incidir en el valor total de sólidos presentes en el cítrico [37]. Resaltando así, la importancia del recubrimiento en un cítrico, ya que este al reducir la tasa de respiración de la fruta, durante el proceso de senescencia, contribuye a conservar su calidad [38]. Así también, Nie et al., [39] mencionan que el uso de recubrimientos, complementados con bajas temperaturas, permite la retención de °Brix durante la etapa almacenamiento.

2) pH

TABLA V
RESUMEN ESTADÍSTICO DEL PH EN EL LIMÓN TAHITÍ EN DIFERENTES
FORMATOS A TEMPERATURA DE 7°C

Tratamientos	4 kg	16 kg	24 kg
Testigo	2.41 ± 0.09 ^a	2.45 ± 0.10 ^a	2.44 ± 0.09 ^a
Citrosol – A - Extra UE	2.37 ± 0.11 ^a	2.39 ± 0.13 ^a	2.32 ± 0.10 ^b
Valor P	0.100	0.100	0.100
Nivel de Sig.	N.S	N.S	N.S

N.S: No Significativo.

En la Tabla V, donde se muestra el resumen estadístico del efecto de la aplicación del recubrimiento sobre el pH limón Tahití, podemos observar que el valor p (0.100) es > 0.05, lo que nos permite inferir que la aplicación del recubrimiento no tuvo un efecto sobre este parámetro de la fruta, evaluadas hasta el séptimo día, sin embargo, podemos notar una leve reducción del 1.66%, 2.44% y 4.91%, respectivamente, frente a sus respectivos testigos. Asimismo, los valores de los tratamientos con recubrimientos se mantuvieron dentro del rango óptimo de calidad de 2.2 – 2.5, a diferencia de los testigos que se encontraban al límite de este. En ese sentido, Cuomo et al., [40] mencionan que durante la senescencia el contenido de pH disminuye a consecuencia de la oxidación de los ácidos orgánicos. Asimismo, Joo et al., [41] mencionan que el aumento del pH en los cítricos, se atribuye a la unión de fragmentos de pectina libres en la pared celular con los polifenoles; efecto que se da como resultado del proceso de maduración o también llamado senescencia. Además, los cambios significativos que se presentan en dicho parámetro se dan a partir de factores como el estado bioquímico del cítrico y la tasa de respiración [42]. Por lo tanto, el uso de ceras durante periodos de almacenamiento en frío ayudan a mantener niveles de pH estables en el limón [43]. Esto debido a que algunos recubrimientos, por su composición, permiten mantener las condiciones óptimas del cítrico al ser expuesto a bajas temperaturas durante tiempos de conservación prolongados, manteniendo sus características organolépticas [33].

3) Acidez

TABLA VI
RESUMEN ESTADÍSTICO DE LA ACIDEZ EN EL LIMÓN TAHITÍ EN DIFERENTES
FORMATOS A TEMPERATURA DE 7°C

Tratamientos	4 kg	16 kg	24 kg
Testigo	67.59 ± 0.1 ^a	67.96 ± 0.2 ^b	67.15 ± 0.1 ^{ab}
Citrosol – A - Extra UE	67.19 ± 0.2 ^{ab}	67.16 ± 0.1 ^{ab}	67.24 ± 0.1 ^{ab}
Valor P	0.088	0.224	0.220
Nivel de Sig.	N.S	N.S	N.S

N.S: No Significativo.

En la tabla VI, donde se muestra el resumen estadístico del efecto del recubrimiento sobre la acidez del limón Tahití, podemos observar que los valores p (0.08), (0.224) y (0.220)

fueron > 0.05, permitiéndonos concluir, que la aplicación del recubrimiento no tuvo un efecto sobre este parámetro de la fruta, evaluadas hasta el séptimo día, sin embargo, los mejores valores para cada formato lo obtuvieron Citrosol A extra UE 4kg (67.19), testigo 16kg (67.96) y Citrosol A extra UE 24kg (67.24); en comparación con el testigo 4kg (66.59), Citrosol A extra UE 16kg (67.16) y testigo 24kg con 67.15; a pesar de ellos, los valores obtenidos, se mantuvieron en el rango óptimo de calidad comercial requerido ≤70%. En tal sentido, podemos mencionar que, el cambio de acidez se da a partir de la hidrólisis y degradación de los carbohidratos poliméricos (sustancias pépticas y hemicelulosa) aumentando los azúcares de las soluciones [44]; además, los periodos prolongados de almacenamiento en frío influyen de manera directa sobre la acidez, a consecuencia de la transformación de los ácidos orgánicos en carbohidratos producto de la senescencia [45]. Asimismo, la disminución de ácidos se relaciona con la tasa de respiración y la madurez puesto que propicia la descomposición de ácido cítrico [46]. De igual forma, Moing et al., [47] señalan que la madurez y la extensión de periodos de almacenamiento en cítricos tienden a influir en la disminución de ácidos orgánicos. Por ende, Tsantili et al., [48] mencionan que el uso de un recubrimiento en cítrico permite mantener un grado de acidez aceptable, debido a que retrasa el proceso de senescencia y la degradación interna del cítrico. Así mismo, García et al., [49] nos dicen que la estabilidad del recubrimiento frente a las bajas temperaturas es importante, ya que con una composición más estable, muestran una eficacia en la conservación de la acidez, puesto que reducen el proceso respiratorio, desacelerando así la conversión de ácidos orgánicos durante el periodo de almacenamiento.

4) Rendimiento de jugo

TABLA VII
RESUMEN ESTADÍSTICO DEL RENDIMIENTO DE JUGO EN EL LIMÓN TAHITÍ EN
DIFERENTES FORMATOS A TEMPERATURA DE 7°C

Tratamientos	4 kg	16 kg	24 kg
Testigo	20.1 ± 1.20 ^a	21.8 ± 1.14 ^a	21.5 ± 1.18 ^a
Citrosol – A - Extra UE	19.5 ± 1.10 ^a	21.3 ± 1.30 ^{ab}	19.3 ± 1.19 ^b
Valor P	0.357	0.074	0.000
Nivel de Sig.	N.S	N.S	**

N.S: No Significativo.

(**) Altamente Significativo.

En la tabla VII, donde se muestra el resumen estadístico para determinar el efecto del recubrimiento sobre el rendimiento de jugo del limón Tahití, podemos observar que los valores p (0.357), (0.074) fueron > 0.05 en los formatos 4Kg y 16 Kg, a diferencia del formato 24 Kg, en donde el valor p (0.000) fue < 0.05, resultados que nos hacen inferir que el recubrimiento solo en el formato 24 Kg, tuvo un efecto sobre este parámetro de la fruta, evaluadas hasta el séptimo día, a pesar de ello, en todos los formatos se observa una diferencia, siendo leve en los formatos de 4 kg y 16 Kg con

2.98% y 2.29%, mientras que en el de 24 Kg, fue del 10.23% de mantenimiento del rendimiento del jugo, en comparación con los testigos; sin embargo, los valores obtenidos se mantuvieron en el rango óptimo de calidad comercial $\leq 25\%$. En ese sentido, el aumento del rendimiento de jugo se debe al desarrollo de los lóculos propio del proceso de senescencia, con lo cual las vesículas de zumo llegan a alcanzar su máxima longitud y el contenido de zumo de sus células aumenta [50]. Por otro lado, Fischer et al., [51] mencionan que el almacenamiento en frío genera una degradación de los componentes pépticos que al pasar al jugo aumentan su proporción disminuyendo el grosor de la cascara, durante los periodos de conservación [52]. Por ende, Hassan et al., [53]

mencionan que el uso de un recubrimiento céreo bajo condiciones de frío debe presentar una composición eficiente en lo que respecta a la resistencia mecánica, baja permeabilidad de vapores, líquidos y gases. Así mismo, Nasrin et al., [54] indican que el ambiente de almacenamiento a bajas temperaturas, debe mantener altos niveles de humedad relativa y control de la circulación del aire, los cuales permiten una mejor gestión del proceso de conservación, puesto que se retrasa el proceso de senescencia y la degradación interna del cítrico. Es por ello que, la industria del limón utiliza recubrimientos céreos para mejorar las características del cítrico siendo una de éstas el contenido de jugo [55].

C. Análisis económico

TABLA VIII
COSTO – BENEFICIO POR TONELADA DE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS CÉREOS EN LIMÓN TAHITI 7°C – FORMATO 4 KG PARA EXPORTACIÓN

Testigo / céreos	Cajas	Precio de caja / cera	Pérdida de peso	% de pérdida de peso	Perdida de precio/caja	Ganancia/ caja	Costo beneficio	Costo beneficio / tn
Testigo	181	0.00	0.340	7.91%	\$0.353	0.000	0.000	-\$64.04
Citrosol A-extra UE	181	\$0.022	0.240	5.58%	\$0.312	\$0.041	\$0.019	\$3.515

TABLA IX
COSTO – BENEFICIO POR TONELADA DE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS CÉREOS EN LIMÓN TAHITI 7°C – FORMATO 16 KG PARA EXPORTACIÓN

Testigo / céreos	Cajas	Precio de caja /cera	Pérdida de peso	% de pérdida de peso	Perdida de precio/caja	Ganancia / caja	Costo beneficio	Costo beneficio / tn
Testigo	52	0.00	0.500	3.03%	\$0.648	0.000	0.000	-33.356
Citrosol A-extra UE	52	\$0.077	0.410	2.48%	\$0.563	\$0.085	\$0.008	\$0.391

TABLA X
COSTO – BENEFICIO POR TONELADA DE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS CÉREOS EN LIMÓN TAHITI 7°C – FORMATO 24 KG PARA EXPORTACIÓN

Testigo / céreos	Cajas	Precio de caja /cera	Pérdida de peso	% de pérdida de peso	Perdida de precio/caja	Ganancia / caja	Costo beneficio	Costo beneficio / tn
Testigo	35	0.00	0.600	2.47%	\$0.622	0.000	0.000	-\$21.760
Citrosol A-extra UE	35	\$0.114	0.350	1.44%	\$0.403	\$0.219	\$0.105	\$3.689

En la tabla VIII, IX y X, donde se muestran los análisis económicos de la aplicación de los recubrimientos céreos en los formatos de 4 kg, 16 kg y 24 kg, podemos observar que la

implementación del recubrimiento Citrosol A-extra UE generó una mejora significativa en los índices de costo-beneficio. Tal es así que, en el formato de 4 kg, la aplicación de Citrosol A-

extra UE mostró, una pérdida de peso del 7.91% en comparación con el testigo con un 5.58%, generando esto, una disminución en la pérdida de precio por caja de \$0.353 a \$0.312, brindando una ganancia de \$3.515/tonelada, en comparación con el testigo, que presentó una pérdida de -\$64.04/tonelada. Asimismo, en el formato de 16 kg, Citrosol A-extra UE redujo la pérdida de peso del 3.03% al 2.48%; lo que ocasiono, que la pérdida de precio por caja disminuyera de \$0.648 a \$0.563, resultando en una ganancia de \$0.391/toneladas, a diferencia del testigo que arrojó una pérdida de -\$33.356/tonelada. Del mismo modo, en el formato de 24 kg, el uso de Citrosol A-extra UE resultó en una reducción de la pérdida de peso del 2.47% al 1.44%; trayendo consigo, que la pérdida de precio por caja se redujera de \$0.622 a \$0.403, generando una ganancia de \$3.689/tonelada, en comparación con la pérdida del testigo que fue de -\$21.760/tonelada.

Los valores económicos obtenidos, en base a la pérdida de peso, evidencian que los recubrimientos céreos reducen de manera considerable la deshidratación, lo que conlleva a mantener el peso de la fruta durante el almacenamiento y el transporte [56] [57]. Asimismo, se demuestra que el uso de recubrimientos céreos es una estrategia rentable para prolongar la vida útil y mejorar la calidad de los productos frescos [58] [59], lo que, a su vez, aumenta su valor en el mercado [60]. Lo que sugiere que la utilización de recubrimientos céreos mejora la competitividad comercial del limón Tahití garantizando productos de alta calidad [61], convirtiéndose en excelente opción para satisfacer las demandas de los mercados internacionales [62]; a su vez, la mejora en la calidad del producto durante el transporte y almacenamiento reduce de manera considerable los rechazos y devoluciones [56], traduciéndose en una mayor eficiencia y menores pérdidas en la cadena de suministro [63].

IV. CONCLUSIONES

Los tratamientos con recubrimiento céreo Citrosol AK Extra UE demostraron una reducción significativa en la pérdida de peso de los limones Tahití y extensión de su vida útil, comparado con los testigos sin tratamiento. En condiciones de almacenamiento a 7°C para mercado exportación, los limones tratados con Citrosol AK Extra UE presentaron una pérdida de peso del 29.4% en el formato de 4 kg (tratamiento 4), 12.00% en el formato de 16 kg (tratamiento 5) y 41.7% en el formato de 24 kg (tratamiento 6); asimismo, en todos los casos se alargó la vida útil en hasta 10 días.

Por otro lado, en la evaluación de parámetros fisicoquímicos del limón Tahití, se determinó que la aplicación de los recubrimientos céreos no mostró un efecto significativo en el contenido de °Brix, pH, acidez y rendimiento de jugo hasta el séptimo día de evaluación. Los valores de °Brix se mantuvieron dentro del rango de calidad comercial (6.5 – 8 °Brix), con una ligera reducción frente al

testigo de entre el 5.0% y 9.75%. El pH también se mantuvo estable, con una leve reducción del 1.66% al 4.91% frente a los testigos, sin superar el rango óptimo de 2.2 – 2.5. La acidez mostró valores estables en todos los formatos, permaneciendo dentro del límite de calidad comercial requerido ($\leq 70\%$). En cuanto al rendimiento de jugo, se observó una diferencia significativa solo en el formato de 24 kg, con una mejora del 10.23% en comparación con el testigo, manteniendo los valores dentro del rango óptimo de calidad comercial ($\leq 25\%$)

Finalmente, el análisis económico del uso de recubrimientos céreos en limón Tahití durante el almacenamiento a 7°C para mercado exportación indicó un beneficio considerable en términos de costo-beneficio basándonos en la pérdida de peso. En los formatos 4 Kg y 24 Kg se evidenció la mayor ganancia con \$3.515/t y \$3.689/t, respectivamente, en comparación con sus testigos que arrojaron -\$64.04 y -\$21.76; mientras que en el formato 16 Kg se obtuvo una leve ganancia con \$0.391/t, en comparación con el testigo que arrojó -\$33.356/t.

REFERENCIAS

- [1] C. Janampa-Paitan, J. E. Flores-Llallico, B. F. Orellana-Garcia, y H. A. V. Baca, «Automated Sorting System for Tahiti Lemons Using Raspberry Pi», presentado en 2023 8th Asia-Pacific Conference on Intelligent Robot Systems, ACIRS 2023, 2023, pp. 128-134. doi: 10.1109/ACIRS58671.2023.10239685.
- [2] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), «Nota Técnica de Coyuntura Económica Agraria N.º019-2023-MIDAGRI - Situación productiva y comercial de los cítricos en el Perú.» 2023. Accedido: 25 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5491402/3836752-n-019-situacion-productiva-y-comercial-de-los-citricos-en-el-peru.pdf?v=1701187024>
- [3] L. C. Neves, R. M. Benedette, V. X. Da Silva, R. L. Vieites, y S. R. Roberto, «Cold damage in Tahiti acid limes harvested in different periods and submitted to termichal and biochemical treatments», *Rev. Bras. Frutic.*, vol. 30, n.º 2, pp. 377-384, 2008, doi: 10.1590/S0100-29452008000200019.
- [4] X. Sun, P. Follett, C. Shu, Z. Yusufali, J. Bai, y M. Wall, «Effect of X-ray Irradiation and Carnauba Wax Coating on Quality of Lime (Citrus latifolia Tan.) Fruit», *HortScience*, vol. 59, n.º 5, pp. 684-690, 2024, doi: 10.21273/HORTSCI17743-24.
- [5] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Compendio Estadístico Perú 2023 - Tomo 2.» 2023. Accedido: 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5547450/4932612-tomo-2-compendio-estadistico-peru-2023.pdf?v=1702563212>
- [6] I. O. A. M. de Carvalho *et al.*, «The use of lemon juice and its role on polyunsaturated fatty acids and cholesterol oxides formation in thermally prepared sardines», *J. Food Compos. Anal.*, vol. 104, 2021, doi: 10.1016/j.jfca.2021.104087.
- [7] L. V. Jiménez Nemepeque, A. P. Gómez Cabrera, y J. Y. Colina Moncayo, «Evaluation of Tahiti lemon shell flour (Citrus latifolia Tanaka) as a fat mimetic», *J. Food Sci. Technol.*, vol. 58, n.º 2, pp. 720-730, 2021, doi: 10.1007/s13197-020-04588-y.
- [8] M. B. Bassan, F. A. A. Mourão Filho, R. F. Alves, D. F. Bezerra, H. T. Z. Couto, y A. P. Jacomino, «Postharvest packing process of 'tahiti' acid lime affects their quality and conservation», *Cienc. Rural*, vol. 46, n.º 1, pp. 184-190, 2016, doi: 10.1590/0103-8478cr20141492.
- [9] D. M. Mattos Jr., T. F. Milaneze, F. A. Azevedo, y J. A. Quaggio, «Soil nutrient availability and its impact on fruit quality of tahiti acid lime»,

- Rev. Bras. Frutic.*, vol. 32, n.º 1, pp. 335-342, 2010, doi: 10.1590/s0100-29452010005000032.
- [10] F. G. Santeramo, V. Martínez-Gomez, L. Márquez-Ramos, y E. Lamonaca, «The Import Effects of the Entry Price System», *J. Agric. Resour. Econ.*, vol. 49, n.º 1, pp. 143-161, 2024, doi: 10.22004/ag.econ.337555.
- [11] H. Kwak *et al.*, «Protective coating of strawberries with cellulose nanofibers», *Carbohydr. Polym.*, vol. 258, p. 117688, abr. 2021, doi: 10.1016/j.carbpol.2021.117688.
- [12] F. Dilucia, V. Lacivita, A. Conte, y M. Nobile, «Sustainable Use of Fruit and Vegetable By-Products to Enhance Food Packaging Performance», *Foods*, vol. 9, p. 857, jun. 2020, doi: 10.3390/foods9070857.
- [13] SENASA, «Costos del limón se multiplicarían por enfermedad incurable», SENASA al día. Accedido: 25 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/costos-del-limon-se-multiplicarian-por-enfermedad-incurable/>
- [14] B. L. Botina A, M. C. García M, y Y. Romero B, «Pre- and post-harvest factors that affect the quality and commercialization of the Tahiti lime», *Sci. Hortic.*, vol. 257, 2019, doi: 10.1016/j.scienta.2019.108737.
- [15] S. R. Da Silva, D. N. F. Bezerra, M. M. Bassan, T. Cantuarias-Avilés, y V. Arthur, «Postharvest of irradiated tahiti lime fruits», *Rev. Bras. Frutic.*, vol. 38, n.º 4, 2016, doi: 10.1590/0100-29452016272.
- [16] K. C. Kupper, A. L. L. Cervantes, M. N. Klein, y A. C. da Silva, «Assessment of antagonistic micro-organisms *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis* for controlling *Penicillium digitatum*», *Rev. Bras. Frutic.*, vol. 35, n.º 2, pp. 425-436, 2013, doi: 10.1590/S0100-29452013000200011.
- [17] C. C. Díaz-Candelas, J. P. Morales-Payán, R. Románach, D. A. Kolterman, y S. M. Garrastazú, «Tahiti lime postharvest and non-destructive assessment of essential oils by NIR spectroscopy», *Acta Hortic.*, vol. 1065, pp. 1463-1470, 2015, doi: 10.17660/ActaHortic.2015.1065.185.
- [18] D. Richard *et al.*, «First report of *Xanthomonas citri* pv. *Citri* pathotype a causing asiatic citrus canker in Martinique, France», *Plant Dis.*, vol. 100, n.º 9, p. 1946, 2016, doi: 10.1094/PDIS-02-16-0170-PDN.
- [19] J. Muñoz-Guerrero, B. E. Guerra-Sierra, y J. C. Alvarez, «Fungal Endophytes of Tahiti Lime (*Citrus citrus* × *latifolia*) and Their Potential for Control of *Colletotrichum acutatum* J. H. Simmonds Causing Anthracnose», *Front. Bieng. Biotechnol.*, vol. 9, 2021, doi: 10.3389/fbioe.2021.650351.
- [20] D. N. Duque-Gamboa, M. F. Castillo-Cárdenas, L. M. Hernández, Y. C. Guzmán, M. R. Manzano, y N. Toro-Perea, «The bud midge *Prodiplosis floricola* in citrus crops in Colombia», *Entomol. Exp. Appl.*, vol. 166, n.º 3, pp. 204-214, 2018, doi: 10.1111/eea.12654.
- [21] H. P. Fernandes *et al.*, «Metabolomic Investigation of *Citrus latifolia* and the Putative Role of Coumarins in Resistance to Black Spot Disease», *Front. Mol. Biosci.*, vol. 9, 2022, doi: 10.3389/fmolb.2022.934401.
- [22] M. L. L. Jomori, R. A. Kluge, y A. P. Jacomino, «Cold storage of 'tahiti' lime treated with 1-methylcyclopropene», *Sci. Agric.*, vol. 60, n.º 4, pp. 785-788, 2003, doi: 10.1590/S0103-90162003000400027.
- [23] R. A. Kluge, M. L. L. Jomori, A. P. Jacomino, M. C. D. Vitti, y D. C. C. Vitti, «Intermittent warming of 'tahiti' lime to prevent chilling injury during cold storage», *Sci. Agric.*, vol. 60, n.º 4, pp. 729-734, 2003, doi: 10.1590/S0103-90162003000400018.
- [24] G. D. S. Oliveira *et al.*, «Antimicrobial Coating Based on Tahiti Lemon Essential Oil and Green Banana Flour to Preserve the Internal Quality of Quail Eggs», *Animals*, vol. 13, n.º 13, 2023, doi: 10.3390/ani13132123.
- [25] C. R. S. Montero, L. L. Schwarz, L. C. dos Santos, R. P. dos Santos, y R. J. Bender, «Oleocellosis incidence in citrus fruit in response to mechanical injuries», *Sci. Hortic.*, vol. 134, pp. 227-231, 2012, doi: 10.1016/j.scienta.2011.10.026.
- [26] O. K. Yamanishi y A. C. Queiroz Pinto, «Integrated fruit production system traces quality and safety for Brazilian fruits», *Acta Hortic.*, vol. 894, pp. 247-254, 2011, doi: 10.17660/actahortic.2011.894.29.
- [27] G. O. Everton, A. M. Teles, A. N. Mouchrek, y V. E. Mouchrek Filho, «Extraction, chemical characterization and antimicrobial potency of essential oil of tahiti lemon (*Citrus latifolia* Tanaka)», *Period. Tche Quimica*, vol. 15, n.º 30, pp. 428-437, 2018.
- [28] J. Núñez-Morales, L. I. Jaramillo, P. J. Espinoza-Montero, y V. E. Sánchez-Moreno, «Evaluation of Adding Natural Gum to Pectin Extracted from Ecuadorian Citrus Peels as an Eco-Friendly Corrosion Inhibitor for Carbon Steels», *Molecules*, vol. 27, n.º 7, 2022, doi: 10.3390/molecules27072111.
- [29] Citrosol, «Ficha Técnica - CITROSOL A K EXTRA UE». 2024. Accedido: 25 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.citrosol.com/en/citrosol-new-coatings-that-imitate-nature/>
- [30] A. Bisen y S. K. Pandey, «Effect of Post Harvest Treatment on Biochemical Composition and Organoleptic Quality in Kagzi Lime Fruit during Storage», *J. Hortic. Sci.*, vol. 3, n.º 1, pp. 53-56, 2008, doi: 10.24154/jhs.v3i1.596.
- [31] S. Ding, J. Zhang, R. Wang, S. Ou, y Y. Shan, «Changes in cuticle compositions and crystal structure of 'Bingtang' sweet orange fruits (*Citrus sinensis*) during storage», 2018.
- [32] M. Babarabie, A. S. Sardoei, B. Jamali, y M. Hatami, «Carnauba wax-based edible coatings retain quality enhancement of orange (*Citrus sinensis* cv. Moro) fruits during storage», *Sci. Rep.*, vol. 14, n.º 1, pp. 1-20, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-54556-1.
- [33] N. Bhandari, R. Bika, S. Subedi, y S. Pandey, «Essential oils amended coatings in citrus postharvest management», *J. Agric. Food Res.*, vol. 10, n.º August, p. 100375, 2022, doi: 10.1016/j.jafr.2022.100375.
- [34] Z. H. Hassan, S. Lesmayati, R. Qomariah, y A. Hasbianto, «Effects of wax coating applications and storage temperatures on the quality of tangerine citrus (*Citrus reticulata*) var. Siam Banjar», *Int. Food Res. J.*, vol. 21, n.º 2, pp. 641-648, 2014.
- [35] S. Hardy y G. Sanderson, «Citrus Maturity Testing», 2010.
- [36] S. Kaur, S. K. Jawandha, y H. Singh, «Response of baramasi lemon to various post-harvest treatments», *Int. J. Agric. Environ. Biotechnol.*, vol. 7, n.º 4, p. 895, 2014, doi: 10.5958/2230-732x.2014.01402.8.
- [37] C. Pelayo Zaldivar, «Tecnología poscosecha de cultivos hortofrutícolas.», 2011.
- [38] R. Al-Mouei, «Physiochemical Juice Characteristics of Various Citrus Species in Syria», 2014.
- [39] Z. Nie, Q. Huang, C. Chen, C. Wan, y J. Chen, «Chitosan coating alleviates postharvest juice sac granulation by mitigating ROS accumulation in harvested pummelo (*Citrus grandis* L. Osbeck) during room temperature storage», *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 169, n.º July, p. 111309, 2020, doi: 10.1016/j.postharvbio.2020.111309.
- [40] F. Cuomo, S. Iacovino, G. Cinelli, M. C. Messia, E. Marconi, y F. Lopez, «Effect of additives on chia mucilage suspensions: A rheological approach», *Food Hydrocoll.*, vol. 109, n.º June, p. 106118, 2020, doi: 10.1016/j.foodhyd.2020.106118.
- [41] M. Joo, N. Lewandowski, R. Auras, J. Harte, y E. Almenar, «Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions», 2011.
- [42] P. Jitareerat, S. Paumchai, S. Kanlayanarat, y S. Sangchote, «Effect of chitosan on ripening, enzymatic activity, and disease development in mango (*Mangifera indica*) fruits», 2007.
- [43] L. Sumita Devi, K. Sweety, M. Avik, y K. Santosh, «Carnauba wax-based composite films and coatings: recent advancement in prolonging postharvest shelf-life of fruits and vegetables», 2022.
- [44] A. Kader, «Postharvest Technology of Horticultural Crops.», 2002.
- [45] I. Klimczak, M. Malecka, M. Szlachta, y A. Gliszczyńska-Świągło, «Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices», 2007.
- [46] M. El-Otmani, A. Ait-Oubahou, y L. Zacarias, «orange, mandarin, tangerine, clementine, grapefruit, pomelo, lemon and lime», 2011.
- [47] A. Moing, C. Renaud, M. Gaudillère, P. Raymond, P. Roudeillac, y B. Denoyes-Rothan, «Biochemical changes during fruit development of four strawberry cultivars», *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, vol. 126, n.º 4, pp. 394-403, 2001, doi: 10.21273/jashs.126.4.394.
- [48] E. Tsantili, K. Konstantinidis, P. E. Athanasopoulos, y C. Pontikis, «Effects of postharvest calcium treatments on respiration and quality attributes in lemon fruit during storage», 2002.
- [49] G. A. García-Mera, C. A. Salas-Macias, y H. G. Canales-Torres, «Recubrimiento comestible natural con base en Aloe vera como estrategia de conservación de Psidium guajava», *Rev. Científica*, vol. 3, n.º 30, p. 224, 2017, doi: 10.14483/23448350.11790.

- [50] B. L. Botina A, M. C. García M, y Y. Romero B, «Pre- and post-harvest factors that affect the quality and commercialization of the Tahiti lime», *Sci. Hort.*, vol. 257, n.º July, p. 108737, 2019, doi: 10.1016/j.scienta.2019.108737.
- [51] U. Fischer, R. Carle, y D. Kammerer, «Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD–ESI/MSn», 2011.
- [52] Y. Sun, Z. Singh, V. Y. Tokala, y B. Heather, «Harvest maturity stage and cold storage period influence lemon fruit quality», *Sci. Hort.*, vol. 249, n.º July 2018, pp. 322-328, 2019, doi: 10.1016/j.scienta.2019.01.056.
- [53] B. Hassan, S. A. S. Chatha, A. I. Hussain, K. M. Zia, y N. Akhtar, «Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review», *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 109, pp. 1095-1107, 2018, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097.
- [54] T. A. A. Nasrin, M. S. Arfin, Md. A. Rahman, M. M. Molla, A. A. Sabuz, y M. Md Abdul, «Influence of novel coconut oil and beeswax edible coating and MAP on postharvest shelf life and quality attributes of lemon at low temperature», 2023.
- [55] N. Singh, J. Jaiswal, P. Tiwari, y B. Sharma, «Phytochemicals from Citrus Limon Juice as Potential Antibacterial Agents», *Open Bioact. Compd. J.*, vol. 8, n.º 1, pp. 1-6, 2020, doi: 10.2174/1874847302008010001.
- [56] S. Phothisuwan, P. Koomhin, N. Matan, y N. Matan, «Quality maintenance of salacca fruit with a carnauba wax coating containing orange oil and detection of sensory perception improvement with electroencephalography to appraise brain responses», *LWT*, vol. 147, 2021, doi: 10.1016/j.lwt.2021.111628.
- [57] F. M. A. Leyva-Gutierrez, T. Fei, y T. Wang, «Synthesis of Functionalized High-Oleic Soybean Oil Wax Coatings and Emulsions for Postharvest Treatment of Fresh Citrus Fruit», *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, vol. 122, n.º 6, 2020, doi: 10.1002/ejlt.202000005.
- [58] A. Ahmed *et al.*, «Formulation of date pit oil-based edible wax coating for extending the storage stability of guava fruit», *J. Food Process. Preserv.*, vol. 44, n.º 2, 2020, doi: 10.1111/jfpp.14336.
- [59] K. B. S. Gill, «Techniques for extending shelf life of guava fruits: A review», *Acta Hort.*, vol. 1205, pp. 959-969, 2018, doi: 10.17660/ActaHortic.2018.1205.124.
- [60] J. P. Morales-Payan, «Yellow passionfruit conservation for the fresh market as affected by postharvest wax and cytokinin treatments», *Acta Hort.*, vol. 1344, pp. 245-247, 2022, doi: 10.17660/ActaHortic.2022.1344.36.
- [61] N. K. S. Kithmini, W. A. H. Champa, M. S. W. De Silva, y R. M. N. A. Wijewardhana, «A coating formula developed from Neolitsea cassia leaf extract extends storage life of lime (*Citrus aurantifolia*) fruit», *Acta Hort.*, vol. 1336, pp. 181-188, 2022, doi: 10.17660/ActaHortic.2022.1336.24.
- [62] M. Z. Elsabee, R. E. Morsi, y M. Fathy, «Chitosan-Oregano Essential Oil Blends Use as Antimicrobial Packaging Material», en *Antimicrobial Food Packaging*, 2016, pp. 539-551. doi: 10.1016/B978-0-12-800723-5.00044-9.
- [63] Y. Zou *et al.*, «Effects of wax coating on off-flavor compound accumulation in the pulp of satsuma mandarin», *Sci. Agric. Sin.*, vol. 53, n.º 12, pp. 2450-2459, 2020, doi: 10.3864/j.issn.0578-1752.2020.12.012.