

EVALUACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE ALMIDÓN DE YUCA PARA LA CONSERVACIÓN POSTCOSECHA DE FRESAS

EVALUATION OF A CASSAVA STARCH-BASED EDIBLE COATING FOR POSHARVEST PRESERVATION OF STRAWBERRIES

Ximena M. Tapia¹

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador

ximena.suarez@epoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3337-3316>

Fecha de recepción: 08-08-2023

Fecha de aceptación: 20-08-2023

Fecha de publicación: 15-09-2023

RESUMEN

La industria de frutas y hortalizas se enfrenta al apremiante desafío de la elevada perecibilidad inherente a estos productos alimenticios, lo que se traduce en cuantiosas pérdidas a lo largo de toda la cadena de suministro a escala mundial. El problema de investigación se da por la importancia comercial de las fresas, ya que existe la necesidad imperiosa de encontrar soluciones efectivas y sostenibles que permitan extender la vida útil y preservar la calidad de este preciado fruto. El objetivo de presente estudio tiene como propósito principal evaluar de manera exhaustiva la calidad sensorial y microbiológica de fresas sometidas a recubrimientos comestibles formulados con diferentes concentraciones de almidón de yuca. Adicionalmente, se realizará un análisis detallado de los costos asociados a la elaboración de estos recubrimientos a base de almidón de yuca. La metodología de la investigación adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño experimental, analizando muestras de fresas con y sin recubrimiento. Se llevaron a cabo pruebas sensoriales, microbiológicas y de costo-beneficio, con el fin de caracterizar de manera sistemática y objetiva el desempeño de estos recubrimientos comestibles. Los hallazgos revelan que el recubrimiento a base de almidón de yuca mejoró de manera significativa la aceptación sensorial y la vida útil de las fresas, presentando una carga microbiana notablemente menor en comparación con las muestras sin recubrimiento. Asimismo, el análisis de costos permitió identificar que la formulación al 15% de almidón de yuca presenta una mayor rentabilidad. En conclusión, se evidencia que el uso de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca se perfila como una alternativa viable y sumamente prometedora para mejorar la conservación postcosecha de fresas, optimizando tanto su calidad como su rentabilidad en el mercado.

Palabras clave

Recubrimiento comestible, película, firmeza, postcosecha

ABSTRACT

The fruit and vegetable industry faces the pressing challenge of the high perishability inherent to these food products, which translates into significant losses throughout the entire supply chain on a global scale. The research problem is given by the commercial importance of strawberries, since there is an urgent need to find effective and sustainable solutions that allow extending the shelf life and preserving the quality of this precious fruit. The main objective of this study is to comprehensively evaluate the sensory and microbiological quality of strawberries subjected to edible coatings formulated with different concentrations of cassava starch. Additionally, a detailed analysis of the costs associated with the development of these coatings based on cassava starch will be carried out. The research methodology adopted a quantitative approach with an experimental design, analyzing samples of strawberries with and without coating. Sensory, microbiological and cost-benefit tests were carried out, in order to systematically and objectively characterize the performance of these edible coatings. The findings reveal that the cassava starch-based coating significantly improved the sensorial acceptance and shelf life of strawberries, presenting a significantly lower microbial load compared to the uncoated samples. In addition, the cost analysis allowed to identify that the 15% cassava starch formulation presents a greater profitability. In conclusion, it is evident that the use of an edible coating based on cassava starch is emerging as a viable and extremely promising alternative to improve the post-harvest conservation of strawberries, optimizing both their quality and their profitability in the market.

Keywords

Edible coating, film, firmness, postharvest

INTRODUCCIÓN

La industria de frutas y hortalizas se erige como uno de los sectores más dinámicos y de mayor demanda a escala mundial, superado únicamente por los cereales y los productos cárnicos. Sin embargo, estos alimentos se caracterizan por su elevada perecibilidad, atribuible a su alta actividad de agua y a los incesantes procesos metabólicos que continúan incluso después de la cosecha, facilitando las condiciones de vida necesarias para el desarrollo de hongos y bacterias, provocando así la destrucción rápida y extensiva del tejido en toda la anatomía del producto. Esta condición fisiológica inherente conlleva cuantiosas pérdidas a nivel alimentario y económico a lo largo de toda la cadena de suministro (2).

Se estiman que las pérdidas postcosecha de los productos hortofrutícolas que se producen en el mundo sobrepasan el 20%, debido a deterioros microbiológicos y fisiológicos, como consecuencia de factores de orden tecnológico por su inadecuado proceso de recolección, empaques no apropiados e insuficientes vías para la transportación, lo que se traduce en un corto período de almacenamiento (1).

En la actualidad se ha aumentado el consumo de frutas, lo cual representa un beneficio para los productores. Sin embargo, hay que tomar en cuenta el problema que estas

siguen respirando y transpirando luego de ser cosechadas ocasionando el marchitamiento, flacidez, pérdida de peso, cambios en el color, disminuyendo a la vez su calidad y por ende su valor comercial.

En este contexto desafiante, los recubrimientos comestibles emergen como una alternativa tecnológica sumamente prometedora para abordar la problemática de la conservación postcosecha de frutas y hortalizas. Estos materiales de revestimiento tienen como propósito fundamental controlar la transferencia de gases, aromas y aceites, evitando así la pérdida prematura de firmeza y humedad. De esta manera, se logra retardar eficazmente los procesos de maduración y senescencia, preservando la calidad y extendiendo notablemente la vida útil de estos productos vegetales frescos (3).

A nivel mundial las pérdidas post cosecha de frutas y hortalizas causadas por microorganismos, son del orden de 5-25% en países desarrollados y 20-50% en países en desarrollo. La diferencia radica en que los países desarrollados poseen mayor disponibilidad de recursos tecnológicos y económicos para prevenir las pérdidas. No obstante, en los países en vías de desarrollo donde las pérdidas post cosechas son altas debido a la falta de recursos tecnológicos y a la ausencia de sistemas de protección, que provoca la baja competitividad de esta cadena de valor, limitando seriamente su mejora y afectando directamente la economía de los comerciantes (2).

Para reducir estos cambios se vienen utilizando métodos de conservación como las atmósferas controladas y atmósferas modificadas que combinadas con la refrigeración han logrado mantener por más tiempo las características de calidad de los frutos. Sin embargo, estas técnicas presentan limitaciones como: los altos costos e instalaciones especiales, así como el uso de polímeros poco biodegradables que causan gran impacto ambiental, despertado el interés de los investigadores en la búsqueda de soluciones (4).

Por lo tanto, un recubrimiento comestible (RC) se define como una capa delgada de material que se forma como un revestimiento sobre el alimento, con la finalidad de prolongar su vida útil. Por otro lado, una película comestible (PC) es una capa preformada y delgada, elaborada también con material comestible, que puede ser colocada sobre el alimento o entre sus componentes (5). Cabe destacar que, aunque las películas y recubrimientos comestibles suelen presentarse como sinónimos, lo que los diferencia es su aplicación. Las películas se forman de manera independiente del alimento y luego se aplican sobre él, mientras que los recubrimientos se forman directamente sobre la superficie del alimento, ya sea por inmersión o aspersión, proporcionando esterilidad superficial y a prevenir la pérdida de otros componentes importantes.

En los últimos 10 años se han realizado numerosos estudios científicos que demuestran que las PC y RC son una herramienta útil para mejorar la calidad de los alimentos vegetales mínimamente procesados debido a que forman una barrera semipermeable que reduce la pérdida de agua y de solutos, controlan el intercambio gaseoso incluida la velocidad de respiración (O₂ y CO₂) y la emisión de etileno, y disminuyen el riesgo de contaminación microbiológica, los desórdenes fisiológicos y los cambios bioquímicos relacionados con reacciones oxidativas (pardeamiento enzimático) y la pérdida de firmeza (5).



Esto se traduce en una mayor vida útil en almacenamiento y en mejores condiciones para su transporte y comercialización, manteniendo la calidad al minimizar la pérdida de humedad, representando un beneficio económico para los productores y distribuidores, ya que minimiza las mermas y aumenta el rendimiento comercial, además actúan como barrera física contra golpes, rozaduras y manipulación, reduciendo la incidencia de daños mecánicos que pueden afectar la apariencia y la calidad de la fruta. Adicionalmente, pueden mejorar la apariencia y calidad del producto recubierto haciéndolo más llamativo para el consumidor por su brillo, color o bajo desarrollo de microorganismos sobre la superficie (6).

Las PC y RC pueden ser elaborados a partir de una gran variedad de polisacáridos, proteínas y lípidos, solos o en combinaciones que logren aprovechar las ventajas de cada grupo, dichas formulaciones pueden incluir, conjuntamente plastificantes y emulsificantes que se utilizan de diversa naturaleza química con la finalidad de ayudar a mejorar las propiedades finales de la película o recubrimiento. Las mismas presentan bondades como comestibilidad, dureza, transparencia, buenas propiedades de barreras contra el oxígeno y vapor de agua (6).

Los polisacáridos y las proteínas son polímeros que forman redes moleculares cohesionadas por una alta interacción entre sus moléculas, estas les confieren buenas propiedades mecánicas y de barrera a gases (O₂ y CO₂), por lo cual retardan respiración y envejecimiento de muchas frutas y hortalizas, siendo los hidrocoloides más utilizados en la industria alimenticia, ya que forman parte de la mayoría de las formulaciones que actualmente existen en el mercado. Sin embargo; una desventaja que presentan es que son hidrónicos y por lo tanto, constituyen una pobre barrera a la pérdida de humedad. Los utilizados en la formación de recubrimientos comestibles son: las pectinas de alto y bajo metoxilo, la celulosa y sus derivados, el alginato, el quitosano, la dextrina, el carragenato, y la goma arábica, entre otros (7).

El mango al ser un alimento perecedero y susceptible al ataque de microorganismos perniciosos, que causan grandes pérdidas en post cosecha, requiere el uso de un recubrimiento comestible, lo cual ayudará a mantener y conservar su textura, características fisicoquímicas (pH, sólidos solubles y acidez titulable), y sensoriales (color, olor, sabor, textura) durante su tiempo de vida útil (7).

La yuca (*Manihot esculenta*), también conocida como mandioca, es un arbusto leñoso perenne que pertenece a la familia *Euphorbiaceae* y es originario de América tropical. Este cultivo se adapta bien a las zonas tropicales, incluso en suelos de baja calidad, y puede soportar períodos prolongados de sequía. Además, la yuca se considera una de las especies más eficientes en la producción de almidón, lo que la convierte en un producto versátil y confiable para la alimentación humana, animal y diversas aplicaciones industriales. Esta se puede presentar en forma de productos fermentados (modificados) o no fermentados. Entre los productos no fermentados se incluyen la harina y el almidón, los cuales se obtienen a partir de la yuca procesada en forma de pellets (8).

El almidón es la principal fuente de energía en la alimentación humana y, debido a sus propiedades de viscosidad, retrogradación y adhesividad, se utiliza como espesante, agente gelificante y estabilizante en diversos productos alimenticios. Además, el

almidón de yuca destaca por tener excelentes propiedades de barrera contra los gases, gracias a sus enlaces de hidrógeno, y por ser incoloro, inodoro e impermeable a los aromas, sumadas a su alto contenido de amilosa (aproximadamente 17%), provocando que el almidón de yuca sea un material idóneo para la elaboración de películas y recubrimientos comestibles, ya que puede formar una matriz polimérica continua (9).

El almidón de yuca puede clasificarse como agrio y nativo (dulce). El agrio sufre un proceso de fermentación que le otorga propiedades deseables para los alimentos; el nativo o dulce no es sometido a un proceso de fermentación, y es el que se usa generalmente en la industria. En el gránulo del almidón de yuca, su tamaño puede variar de 5 μm a 35 μm , su forma es entre redonda y achatada y su contenido de amilosa es alrededor del 17% (10). Por lo tanto, la gelatinización del almidón de yuca es un fenómeno fisicoquímico, que ocurre cuando el almidón se calienta en un exceso de agua, ocurriendo primero un hinchamiento de las partes amorfas del gránulo; si se continúa este calentamiento, la amilosa se difunde hacia el medio acuoso y posteriormente comienza a disolverse para que los gránulos pierdan su estructura cristalina, hasta que se destruyen irreversiblemente en intervalos de temperatura de 100- 150°C (10).

Las fresas (*Fragaria x ananassa Duchesne*) son una fruta de gran importancia que se cultiva principalmente en la provincia de Tungurahua, Ecuador. Estas frutas se caracterizan por su alto contenido nutricional y forman parte de la canasta familiar, siendo comercializadas a nivel local y nacional, con un 12% de exportación. Entre las principales variedades de fresa cultivadas en el país se encuentran Diamante, Oso Grande, Monterrey y Albion. Por ello, surge la técnica del uso de películas o recubrimientos comestibles (11).

Por ende, el presente estudio tiene como objetivo principal es evaluar exhaustivamente la calidad sensorial y microbiológica de fresas sometidas a recubrimientos comestibles formulados con diferentes concentraciones de almidón de yuca. Adicionalmente, se realizará un análisis detallado de los costos asociados a la elaboración de estos recubrimientos a base de almidón de yuca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología de la investigación:

El presente estudio adoptó un enfoque cuantitativo para llevar a cabo una evaluación sistemática y objetiva del desempeño de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca en la conservación postcosecha de fresas. Este diseño metodológico permitió recopilar y analizar datos numéricos de manera rigurosa, con el fin de obtener resultados confiables y comparables.

Selección muestral:

Se trabajó con un total de 60 fresas, las cuales fueron distribuidas de manera equitativa en tres grupos experimentales:



1. Fresas sin recubrimiento (grupo control),
2. Fresas recubiertas con una formulación al 15% de almidón de yuca
3. Fresas recubiertas con una formulación al 25% de almidón de yuca.

Esta asignación aleatoria de unidades muestrales buscó garantizar la representatividad estadística de los tratamientos evaluados y la posibilidad de realizar comparaciones significativas entre los mismos.

Entorno:

La investigación se desarrolló en los laboratorios especializados de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), ubicada en la ciudad de Riobamba, Ecuador. Este entorno controlado y debidamente equipado con instrumentos y recursos técnicos avanzados permitió llevar a cabo los diversos análisis requeridos con rigurosidad, precisión y confiabilidad.

La yuca se obtuvo en Santo Domingo, Ecuador. El criterio de selección se basó en una inspección visual. Las yucas que se utilizaron para la extracción del almidón se obtuvieron en el mismo sitio, las raíces cosechadas tenían edad de 9 meses, se seleccionaron las que no presentaran daños mecánicos, plagas, enfermedades u otros defectos.

Mediciones:

El estudio contempló un exhaustivo análisis sensorial, tanto de las materias primas (almidón de yuca y fresas) como de los tratamientos finales, con el fin de caracterizar la composición química de los insumos y los productos obtenidos.

Adicionalmente, se evaluó el recuento de mohos y levaduras en las muestras de fresas con y sin recubrimiento a lo largo de 8 días de almacenamiento, con el propósito de determinar el efecto del recubrimiento en la vida útil y seguridad microbiológica del producto.

Finalmente, se realizó una prueba de preferencia con un panel no entrenado de 70 consumidores, quienes evaluaron la apariencia y aceptabilidad sensorial de las fresas con y sin recubrimiento.

Análisis de los datos recopilados:

Se empleó estadística descriptiva que permitió caracterizar y comparar los diferentes tratamientos de manera sistemática y objetiva. En el caso de la evaluación sensorial, se utilizaron pruebas no paramétricas adecuadas para este tipo de análisis subjetivo.

Metodología empleada:

Para realizar el procedimiento o el desarrollo experimental de la práctica, se empezará con la recepción de la materia prima, los beneficios de la recepción de la materia prima es asegurar materia prima de calidad que sea inocua, procedimiento basado del Manual de Práctica de Análisis de Alimentos (5).

El cual nos menciona dos métodos o tipos de análisis que se los debe realizar a los alimentos:

El primer método es realizar el **análisis sensorial** es el cual se lo realizará en el laboratorio de los alimentos entre los cuales se evaluarán cuatro atributos en específico color, olor sabor y textura

El segundo método para realizar el **análisis microbiológico**, ya que en la mayoría de los alimentos hay una baja o alta carga microbiana, este factor debe ser controlado, debido a la carga microbiana que posee el producto, no deberá sobrepasar los límites que especifica la normativa, ya que al pasar de los límites permitidos el deterioro de los alimentos viene a darse de manera inmediata, al realizar la evaluación microbiológica de la materia se podrá identificar si es aceptable o no.

El recuento de mohos y levaduras se lo realizó en placas Petrifilm de lectura rápida y el procedimiento fue el siguiente:

Se tomó 2 g de muestra (frutilla con recubrimiento y otra sin recubrimiento) y se homogenizó en 9 ml de agua destilada, con ayuda de una pipeta se tomó 2 ml de la muestra diluida y se procedió a su cultivo en las placas rotulándolas con el valor de 10^1 . Para los siguientes exponentes, se tomó 1 ml de muestra diluida y se agregó 9 ml de agua destilada, de la misma forma se cultivó en las placas y se lo rotuló con el valor de 10^2 (12).

Una vez realizado estos parámetros para evaluar la calidad de las materias primas básicas para la elaboración de este producto, se procederá a recepcionar agua y glicerol. El agua actuará como un humectante en la mezcla de los ingredientes y el glicerol como aditivo para mejorar las características de la mezcla.

Una vez realizada la mezcla se llevará a cocción a una temperatura de 70 °C, con finalidad de estado de gelificación y retrogradación puesto que el almidón le dará estas características, una vez finalizado el proceso de cocción con la ayuda de una brocha se tomará una porción de la mezcla para recubrir las fresas, realizando tres tratamientos, tales como: fresa sin recubrimiento comestible, con una concentración al 15 % de almidón y con una concentración del 25 % de almidón (13).

Una vez culminado el proceso de colocación de recubrimiento en las fresas se dejará en reposo por ocho días a partir de so día se empezará con las evaluaciones, microbiológicas, bromatológicas y sensoriales, esto nos ayudará a determinar si el producto realizado o si las formulaciones que se ha tomado en cuenta para este proceso experimental es el adecuado, mediante los resultados obtenidos se podrá determinar la eficiencia del recubrimiento comestible en fresas.

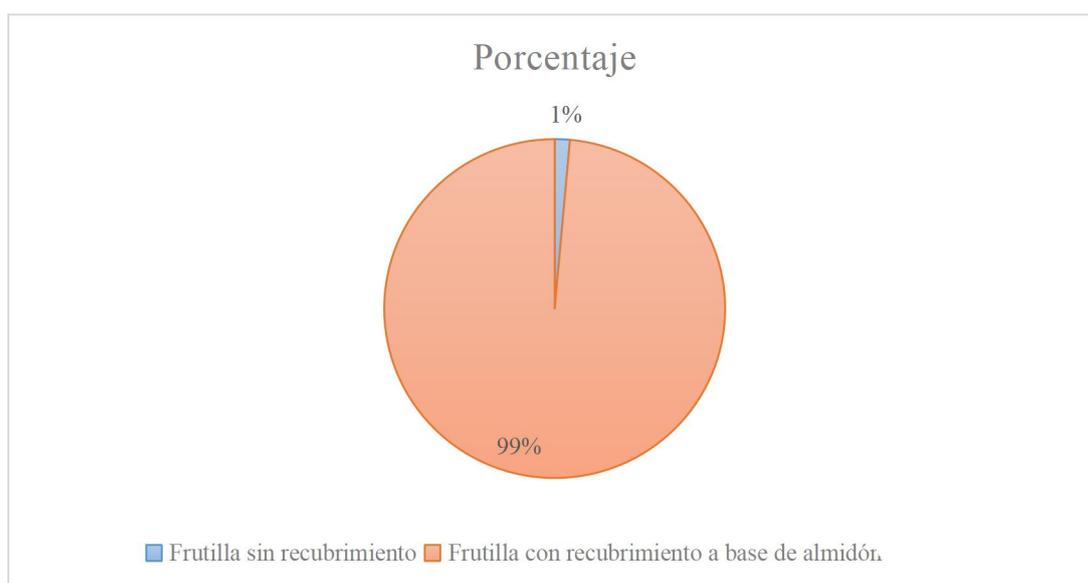
RESULTADOS

Prueba de preferencia

Tabla 1. Evaluación de la apariencia

Muestra	Porcentaje (%)
Frutilla sin recubrimiento	1
Frutilla con recubrimiento	69
TOTAL	70

En la prueba de preferencia realizada, se evaluó la apariencia de un total de 70 frutillas, las cuales se clasificaron en dos grupos: frutillas sin recubrimiento y frutillas con recubrimiento. Según los datos presentados en la Tabla 1, los resultados son elocuentes, revelando una notable inclinación hacia las frutillas con recubrimiento, ya que un 69% de los participantes optaron por este grupo. Este hallazgo indica que el recubrimiento tiene un impacto positivo en la percepción estética de las frutillas, sugiriendo que los consumidores pueden asociar esta característica con una mayor frescura o calidad del producto. En contraste, solo el 1% de los encuestados mostró preferencia por las frutillas sin recubrimiento, lo que resalta la efectividad del recubrimiento en mejorar la aceptación visual de este fruto. Estos resultados son fundamentales para futuras estrategias de comercialización y presentación de las frutillas en el mercado.

**Gráfico 1.** Resultados obtenidos

En el análisis de los resultados obtenidos presentes en la Gráfica 1, se evaluó la apariencia de frutillas con y sin recubrimiento utilizando un panel sensorial no entrenado compuesto por 70 panelistas. Las muestras fueron presentadas de manera aleatoria y codificada en platos desechables, lo que garantizó la objetividad en las elecciones de los evaluadores. Los descubrimientos son contundentes, ya que el 99% de los participantes mostró una clara preferencia por las frutillas con recubrimiento a base de almidón. Este alto porcentaje de aceptación sugiere que el recubrimiento no solo

mejora la estética visual del fruto, sino que también puede influir positivamente en la percepción general de calidad entre los consumidores. Este resultado resalta la importancia de las características de presentación en la comercialización de frutillas, indicando que el recubrimiento podría ser una estrategia efectiva para aumentar la aceptación del producto en el mercado.

Análisis microbiológico

Tabla 2: Análisis de mohos y levaduras

Días	Frutilla recubrimiento	sin Frutilla	Frutilla con recubrimiento a base de alidon de yuca (15%)	Frutilla con recubrimiento a base de almidon de yuca (25%)
1	1,7 x10 ¹		<10	<10
2	2,1 x10 ²		<10	<10
3	3,2 x10 ⁴		1,2 x10 ¹	1,1 x10 ¹
4	1.9 x10 ⁵		1,7 x10 ²	1,45 x10 ²
5	2,3 x10 ⁷		2,3 x10 ³	2 x10 ³

Los resultados que se obtuvieron de las pruebas microbiológicas descritos en la Tabla 2, realizadas en el laboratorio de ciencias biológicas de la facultad de ciencias pecuarias del primer día al 5to día con y sin recubrimiento, muestran que los datos obtenidos de la frutilla con recubrimiento cumplen con los requisitos que deberían tener según la INEN 2427 – 772 de frutas frescas, mientras que la fruta sin recubrimiento no cumple por su alto contenido microbiológico patógeno, por lo cual podemos decir que el recubrimiento comestible cumple con las condiciones adecuadas para su debida elaboración (14).

Costos

Tabla 3. Análisis de costos

Rubro	Cant	Unidad	Precio unitario
COSTOS DIRECTOS			
Almidón de yuca	6	g	0,65
Agua Embotellada	200	ml	0,5
Glicerina	3	ml	0,8
Total			1,95
Almidón de arroz	6	g	0,8
Agua Embotellada	200	ml	0,5
Glicerina	3	ml	0,8
Total			2,1

COSTOS INDIRECTOS



Cajas Petri	10		3
Papel Aluminio	1		0,5
Papel Film	1		0,75
Mano de Obra	4	h	1,25
Placa de Vidrio	1		2,5
Electricidad	6	w	0,1
Total			8,1
EGRESOS TOTALES (15%)			
Recubrimiento comestible			1,95
Costo de Producción/unidad de recubrimiento			20
Utilidad			0,15
INGRESOS TOTALES			3
Beneficio/Costo			1,05
EGRESOS TOTALES (25%)			
Recubrimiento comestible			2,1
Costo de Producción/unidad de recubrimiento			20
Utilidad			0,15
INGRESOS TOTALES			3
Beneficio/Costo			0,9

La Tabla 3, presentada ofrece un desglose exhaustivo de los costos asociados a la producción de un recubrimiento comestible, posiblemente a base de almidón, abarcando tanto los costos directos como indirectos. En los costos directos, se detallan los gastos relacionados con las materias primas esenciales, que incluyen almidón de yuca, almidón de arroz, agua embotellada y glicerina. Se comparan dos variantes de recubrimiento, destacando que la opción basada en almidón de arroz presenta un costo total ligeramente superior al de su contraparte de almidón de yuca. En cuanto a los costos indirectos, se consideran los materiales necesarios para la producción, como cajas Petri, papel aluminio, papel film y placas de vidrio, así como el costo de la mano de obra y otros gastos, incluyendo la electricidad (15).

Los resultados reflejan una proyección de los costos totales por unidad de recubrimiento, que integra tanto los costos directos como los indirectos, y proporciona una estimación de la utilidad por unidad, considerando dos escenarios de egresos totales del 15% y 25%. Esta proyección sugiere que el margen de utilidad puede fluctuar en función de diversos factores, como el volumen de producción y los precios de venta. Además, la tabla permite evaluar la sensibilidad de la utilidad ante variaciones en los costos de producción, lo que resulta crucial para la toma de decisiones estratégicas.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio ponen de manifiesto que la aplicación de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca tuvo un efecto sumamente favorable y estadísticamente significativo en la aceptación sensorial de las fresas, en comparación con el grupo control que carecía de dicho recubrimiento. Este hallazgo se encuentra en total consonancia con lo reportado por (11), (13), quienes señalan que el elevado contenido de carbohidratos presente en la yuca aporta un importante valor energético y facilita la formación de una capa protectora en la superficie del producto, tal como se evidenció en el caso de las fresas recubiertas.

No obstante, si bien el grupo con recubrimiento obtuvo una preferencia notablemente superior (99%) en la prueba sensorial realizada con un panel de consumidores no entrenados, el grupo control logró una aceptación sensorial media más elevada. Esto sugiere que, si bien el recubrimiento mejoró de manera significativa la apariencia y la aceptación general de las fresas, pudo haber tenido un leve impacto negativo en algunas de las propiedades sensoriales específicas, tal como lo indican los hallazgos del estudio de (17), quien encontró que los recubrimientos comestibles pueden alterar ligeramente ciertas características sensoriales de las frutas, pero manteniendo, aun así, una aceptabilidad general satisfactoria por parte de los consumidores (18) y (19).

En lo que respecta a la vida útil de las fresas, los resultados microbiológicos demostraron que las muestras recubiertas presentaron una carga microbiana significativamente menor de mohos y levaduras en comparación con el grupo control. Estos datos se correlacionan de manera contundente con lo reportado por (20), (21) y (22), quienes encontraron que los recubrimientos a base de compuestos como el quitosano, el glicerol y la goma arábiga tienen un alto potencial para extender la vida útil de frutas como el banano y la fresa, gracias a sus probadas propiedades inhibitorias del crecimiento de microorganismos.

Posteriormente, el análisis de costo-beneficio reveló que el recubrimiento a base de almidón de yuca al 15% presenta una mayor rentabilidad en comparación con la formulación al 25%, con un margen de ganancia de \$1,05 por unidad. Esto resalta la importancia crucial de optimizar la composición del recubrimiento para lograr un equilibrio adecuado entre los costos de producción y los beneficios obtenidos en términos de calidad y vida útil del producto (23) y (24).

Finalmente, el uso de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca demostró ser una alternativa viable y sumamente prometedora para mejorar la aceptación sensorial y la vida útil de las fresas, al tiempo que ofrece una opción rentable desde el punto de vista del análisis de costos. Estos hallazgos abren la puerta a futuras investigaciones que profundicen en el efecto de diferentes concentraciones de almidón y la adición de otros componentes en la formulación del recubrimiento, con el fin de optimizar aún más su desempeño y viabilidad comercial en la conservación postcosecha de este tipo de frutas (17).

CONCLUSIONES

La prueba de preferencia realizada con un panel de consumidores no entrenados reveló que el 99% de los participantes mostraron una clara inclinación hacia las fresas con recubrimiento, lo que sugiere que este tratamiento mejora significativamente la apariencia y la percepción general de calidad del producto.

En cuanto a la vida útil, los análisis microbiológicos evidenciaron que las muestras recubiertas presentaron una carga microbiana notablemente menor de mohos y levaduras en comparación con las fresas sin recubrimiento. Esto demuestra que el recubrimiento a base de almidón de yuca tiene un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de microorganismos, lo cual se traduce en una mayor vida útil y seguridad del producto.

Posteriormente, el análisis de costo-beneficio indicó que la formulación del recubrimiento al 15% de almidón de yuca presenta una mayor rentabilidad, con un margen de ganancia de \$1,05 por unidad, en comparación con la variante al 25%. Esto resalta la importancia de optimizar la composición del recubrimiento para lograr un equilibrio adecuado entre los costos de producción y los beneficios obtenidos en términos de calidad y conservación de las fresas.

Además, el uso de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca se perfila como una alternativa viable y sumamente prometedora para mejorar la aceptación sensorial, extender la vida útil y optimizar la rentabilidad en la conservación postcosecha de fresas. Estos hallazgos abren la puerta a futuras investigaciones que profundicen en el efecto de diferentes concentraciones de almidón y la adición de otros componentes en la formulación del recubrimiento, con el fin de potenciar aún más su desempeño y viabilidad comercial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Paredes A. Efecto de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de fresas (*Fragaria x ananassa*) durante el almacenamiento [Internet]. *Ciencia Digital*. 2024 [citado el 4 de junio de 2024]. Disponible en: <file:///C:/Users/Hp/Downloads/3001-Article%20Text-12736-1-10-20240509.pdf>
2. Fernández D. Aplicación de recubrimientos comestibles a base de quitosano y aceites esenciales para la conservación de frutas y hortalizas [Internet]. *SCIELO*. 2015 [citado el 17 de junio de 2024]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000300008
3. Senesi S. Characteristics of edible films made from wheat and corn proteins [Internet]. *IFT*. 2008 [citado el 14 de junio de 2024]. Disponible en: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.2000.tb16032.x>

4. Mora R. Efecto de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca sobre la calidad de mango (*Mangifera indica* L.) durante el almacenamiento [Internet]. CIENCIA LATINA. 2021 [citado el 17 de junio de 2024]. Disponible en: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/644/856>
5. Peña D. Desarrollo y caracterización de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca para la conservación de mango (*Mangifera indica* L.) [Internet]. REDALYC. 2015 [citado el 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81339864002.pdf>
6. Rodríguez F. Efecto de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca sobre la vida útil de banano (*Musa paradisiaca*) [Internet]. REDALYC. 2015 [citado el 17 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/932/93241559008.pdf>
7. LÓPEZ C. Evaluación de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca para la conservación de mango (*Mangifera indica* L.) [Internet]. ESPAM. 2019 [citado el 14 de junio de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1069/1/TTMAI15.pdf>
8. Aguilar C. Características de la glicerina generada en la producción de biodiesel, aplicaciones generales y su uso en el suelo.
9. SOLANO, Luz, et al. "Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados". TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas [en línea], 2018. vol. 21, pág. 30. [Consulta: 10 noviembre 2023] ISSN <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
10. Cañar P. Elaboración de una bebida fermentada a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta*) [Internet]. UNIVERSIDAD DE CUENCA. 2023 [citado el 23 de junio de 2024]. Disponible en: [https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/41842/1/Trabajo-de-Titulaci%
Titulaci%
Titulaci%
Titulaci%](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/41842/1/Trabajo-de-Titulaci%c3%b3n.pdf)
11. Buleon A. The crystallinity of amylose and amylopectin films [Internet]. researchgate. 2002 [citado el 10 de junio de 2024]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/223174116_The_crystallinity_of_amylose_and_amylopectin_films



12. SEGOVIA, Fernández. "Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte". . Universitat Politecnica de Valencia [en línea], 2014. vol 1, pág. 2 6. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/16338>
13. SHINGA, Mawande & FAWOLE, Olaniyi. "Opuntia ficus indica mucilage coatings regulate cell wall softening enzymes and delay the ripening of banana fruit stored at retail conditions". International Journal of Biological Macromolecules [en línea], 2023. vol. 245, pág. 1-16. [Consulta: 10 noviembre 2023]. ISSN <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125550>. 18790003
14. Restrepo A. Caracterización fisicoquímica y funcional del almidón nativo de yuca (Manihot esculenta Crantz) [Internet]. SCIELO. 2008 [citado el 19 de julio de 2024]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472008000200019
15. SÁNCHEZ, Naayeli. Evaluación de las propiedades bioestimulantes de dos productos alternativos en tres variedades de fresa (fragaria x ananassa) en la parroquia montalvo, provincia de tungurahua. [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ambato, Ecuador. 2022, págs. 10-27. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
16. Mota A. Efecto de recubrimiento comestible a base de almidón de yuca sobre la calidad de fresas (Fragaria x ananassa) durante el almacenamiento [Internet]. DIALNET. 2019 [citado el 8 de junio de 2024]. Disponible en: [file:///C:/Users/Hp/Downloads/Dialnet-EfectoDeRecubrimientoComestibleABaseDeAlmidonDeYuc-7210413%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Hp/Downloads/Dialnet-EfectoDeRecubrimientoComestibleABaseDeAlmidonDeYuc-7210413%20(1).pdf)
17. Ramirez O. Evaluación de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca con adición de ácido ascórbico para la conservación de mango (Mangifera indica L.) [Internet]. UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO. 2017 [citado el 20 de julio de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5239/6/PC-000335.pdf>



18. MÉNDEZ M. Manual de Análisis de Alimentos [Internet]. UNIVERSIDAD VERACRUZANA. 2020 [citado el 13 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Manual-Analisis-de-Alimentos-1.pdf>
19. Borja E. Estudio de la conservación de fresas (*Fragaria vesca*) mediante tratamiento térmicos.
20. Yopez J. Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca para la conservación de frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) [Internet]. SCIELO. 2017 [citado el 18 de julio de 2024]. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562010000100006
21. Castillo-Bautista, Daniela Brigitte, Cuello-Pérez, Maribel, Teresa-Blanco, Yasmin, Cabrera-Blanco, Osmir, & Arroyo-Quíñonez, Douglas E.. (2023). Aplicación de revestimientos comestibles a la frutilla (*Fragaria Vesca L.*) para conservarla post cosecha. *Tecnología Química*, 43(2), 290-308. Epub 30 de mayo de 2023. Recuperado en 28 de septiembre de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852023000200290&lng=es&tlng=es
22. Londoño Benítez, M y Preciado Romaña, D. (2022). Evaluación de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca con adición de distintos agentes activos para aumentar la vida útil y reducir infecciones fúngicas de *Musa Sp* durante la etapa de postcosecha. Universidad de los Andes. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/58508>
23. Ramirez O. Evaluación de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca con adición de ácido ascórbico para la conservación de mango (*Mangifera indica L.*) [Internet]. UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO. 2017 [citado el 20 de julio de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5239/6/PC-000335.pdf>
24. Castillo-Bautista, Daniela Brigitte, Cuello-Pérez, Maribel, Teresa-Blanco, Yasmin, Cabrera-Blanco, Osmir, & Arroyo-Quíñonez, Douglas E.. (2023). Aplicación de revestimientos comestibles a la frutilla (*Fragaria Vesca L.*) para conservarla post cosecha. *Tecnología Química*, 43(2), 290-308. Epub 30 de mayo de 2023.