

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación

**Desarrollo de un recubrimiento comestible a
base de proteína de suero para camote (*Ipomoea batatas*)**

Estudiantes

Laura Sofía Araujo Henríquez

David Andres Bustillo Flores

Asesores

Jorge A. Cardona, Ph.D.

Edward M. Barahona, Mgtr.

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Anexos.....	6
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos.....	12
Revisión de Literatura	12
Estrategia de Búsqueda	12
Experimento.....	12
Ubicación del Estudio.....	12
Diseño Experimental.....	13
Elaboración del Recubrimiento a Base de Proteína de Suero	13
Elaboración de Recubrimiento Comercial	14
Análisis Físicoquímicos.....	14
Medición de Diámetro	14
Análisis de Textura	14
Análisis de Humedad.....	15
Análisis de pH.....	15
Análisis de Grados Brix.....	15
Análisis Estadístico	16
Resultados y Discusión.....	17
Antecedentes Históricos del Camote.....	17
Descripción del Cultivo de Camote (Ipomoea batatas)	17
Requerimientos Nutricionales	18

Importancia Económica y Social	19
Importancia Alimenticia.....	20
Condiciones de Almacenamiento	21
Experimento.....	21
Medición de Diámetro	21
Resultados de pH	24
Resultados de Grados Brix (%)	25
Resultados de Textura Externa	27
Resultados de Textura Interna.....	29
Resultados de Humedad	32
Resultados de Valor L* Externo	33
Resultados de Valor Hue Externo	35
Conclusiones	43
Recomendaciones.....	44
Referencias.....	45
Anexos.....	51

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Descripción de los tratamientos de camote (Ipomoea batata)	13
Cuadro 2 Efecto del tiempo en el diámetro (cm) del camote durante los 60 días de almacenamiento.	23
Cuadro 3 Efecto del tiempo en el pH del camote durante los 60 días de almacenamiento.	25
Cuadro 4 Efecto del tiempo en los grados brix (%) del camote durante los 60 días de almacenamiento	26
Cuadro 5 Efecto del tratamiento y tiempo en la textura externa (Kgf) durante 60 días.....	28
Cuadro 6 Efecto del tratamiento y tiempo en la textura interna (Kgf) durante 60 días.....	31
Cuadro 7 Efecto del tratamiento y tiempo en la humedad durante 60 días.	33
Cuadro 8 Resultados del valor L externo del camote a través de los 60 días.....	34
Cuadro 9 Resultados del valor hue externo del camote durante los 60 días	35
Cuadro 10 Resultados del valor L interno del camote durante los 60 días	37
Cuadro 11 Resultados del valor a* interno del camote durante los 60 días	38
Cuadro 12 Resultados del valor b* interno del camote durante los 60 días	40
Cuadro 13 Resultados del valor hue interno del camote durante los 60 días.....	41
Cuadro 14 Resultados del valor croma interno del camote durante los 60 días.....	42

Índice de Anexos

Anexo A Fotografías de la cantidad de brotes y mohos en los 4 tratamientos evaluados.....	51
Anexo B Fotografías de la cantidad de brotes y mohos en los 4 tratamientos evaluados.....	52
Anexo C Fotografías de la aplicación ColorMeter Free para color externo e interno	53
Anexo D Fotografías del color del camote externo a lo largo del tiempo de almacenamiento	54

Resumen

Las Proteínas del Suero de Leche (PSL) pueden ser aprovechadas en la elaboración de recubrimientos comestibles para extender la vida útil de frutas y vegetales. El objetivo de este estudio fue evaluar las características fisicoquímicas del camote (*Ipomoea batatas*) durante almacenamiento con la aplicación de recubrimientos a partir de PSL. Se realizaron pruebas preliminares para determinar el proceso de elaboración e ingredientes en la formulación. Se usó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) con medidas repetidas en el tiempo a los 0, 30 y 60 días. Las variables de la investigación fueron dos recubrimientos a base de PSL (6 y 8%) contrastadas con un recubrimiento comercial (ENLASA® FRESH 15 EC) y un control (camotes sin recubrimiento) con tres repeticiones para un total de 12 unidades experimentales. Se realizaron análisis de diámetro, humedad, textura, color, pH y grados brix. Se observó que el tiempo y condiciones de almacenamiento fueron influyentes en todas las variables evaluadas reduciendo el diámetro y humedad, incrementando el pH, generando ablandamiento y oscurecimiento durante los 60 días del estudio. Los recubrimientos evaluados sólo mostraron diferencias para textura, color y humedad, donde los recubrimientos a base de PSL mostraron resultados iguales o mejores que el recubrimiento comercial, manteniendo condiciones de los camotes a través del tiempo. Los camotes sin recubrimiento presentaron reducciones importantes en ablandamiento, oscurecimiento y pérdida de humedad. Más estudios deben ser desarrollados en camote y otros productos para evaluar la efectividad de PSL como ingrediente en recubrimientos comestibles.

Palabras clave: almacenamiento, desnaturalización, exportación, plastificante, recubrimiento.

Abstract

Whey proteins (WP) can be used in the production of edible coatings to extend the shelf life of fruits and vegetables. The objective of this study was to evaluate the physicochemical characteristics of sweet potato (*Ipomoea batatas*) during storage with the application of coatings from WP. Preliminary tests were carried out to determine the manufacturing process and ingredients in the formulation. A Complete Randomized Block (CBR) design was used with repeated measures over time at 0, 30 and 60 days. The research variables were two PSL-based coatings (6 and 8%) contrasted with a commercial coating (ENLASA® FRESH 15 EC) and a control (uncoated sweet potatoes) with three replicates for a total of 12 experimental units. Analyzes of diameter, humidity, texture, color, pH and brix degrees were carried out. It was observed that the time and storage conditions were influential in all the variables evaluated, reducing the diameter and humidity, increasing the pH, generating softening, and darkening during the 60 days of the study. The evaluated coatings only showed differences for texture, color, and moisture, where the WP-based coatings showed equal or better results than the commercial coating, maintaining the conditions of the sweet potatoes over time. Uncoated sweet potatoes showed significant reductions in softening, browning, and moisture loss. More studies must be carried out on sweet potatoes and other products to evaluate the effectiveness of PSL as an ingredient in edible coatings.

Keywords: denaturation, export, plasticizer, storage, coating.

Introducción

En los últimos años, los desperdicios en alimentos han crecido de manera acelerada. De acuerdo con la Organización para la Agricultura y la Alimentación, las pérdidas que se experimentan durante la cadena de distribución rondan el 22% (FAO 2014). Por esta razón, la industria alimentaria ha desarrollado diferentes métodos de conservación de los alimentos y de empaques, con el fin de protegerlos de los posibles daños a lo largo de la cadena de almacenamiento y distribución.

La mayoría de los empaques se obtiene a partir del petróleo. Los plásticos son muy utilizados en la industria de alimentos debido a que son: económicos, livianos y tienen la facilidad de sustituir otros materiales (Valero et al. 2013). Sin embargo, estas mismas ventajas pueden ser sus peores inconvenientes. La alta resistencia a la corrosión, al agua y a la descomposición bacteriana los convierte en residuos difíciles de eliminar y, consecuentemente, en un grave problema ambiental (Valero et al. 2013).

Con el fin de innovar soluciones amigables con el medio ambiente que pretendan extender la vida de anaquel de frutas, se espera investigar el efecto de recubrimientos comestibles. Debido a que estos cumplen con la función de mantener la calidad de productos hortofrutícolas; al retardar el transporte de gases (O_2 y CO_2), agua y retener compuestos volátiles de aroma (Mora Palma et al. 2021).

Existe gran variedad de materias primas para la realización de recubrimientos o biopelículas comestibles, entre ellas se encuentran concentrado de proteína de suero, residuos de cáscaras de productos hortofrutícolas, uso de pectinas, entre otros (Valencia y Torres 2016). Las películas basadas en proteínas de suero son excelentes barreras al O_2 , aunque resultan ser muy frágiles. Como solución a este inconveniente se detectó que sus propiedades mecánicas mejoran considerablemente mediante la adición de un agente plastificante, como el glicerol (Chacha Curillo 2016). Asimismo, poseen buenas propiedades de formación de película y excelentes propiedades de obstrucción de gases (Shojaei et al. 2021). Más del 50% de suero lácteo generado por las industrias queseras no

maneja un adecuado tratamiento por lo que suponen fuente de contaminación ambiental debido a la alta carga orgánica que presenta este subproducto, por lo cual una alternativa prometedora para darle un valor agregado a este residuo es utilizarlo como sustrato para producir bioplásticos o recubrimientos gracias a sus propiedades mecánicas (Mendoza y Rolando 2017).

Actualmente, la industria alimentaria busca estrategias para afrontar los inconvenientes que dañen la calidad en frutas y verduras. Por esta razón, el estudio se enfoca en evaluar el efecto del recubrimiento a base de proteína concentrada de suero de leche en las características físicas y químicas de *la Ipomoea batatas* durante la etapa de almacenamiento en comparación del uso de recubrimientos químicos. Las principales razones por las cuales se rige la necesidad de innovar en revestimientos comestibles para productos como la *Ipomoea batatas* es su impacto en las relaciones mercantiles de exportación de países como Honduras.

Debido a esto, Honduras tendría la problemática de lidiar con distintos métodos poco eficientes en la preservación de sus productos para la exportación, debido a que Honduras se sitúa entre uno de los 10 principales exportadores y productores de camote a nivel mundial, con un promedio de 15,000 toneladas al año (Trade Map 2019). La relación entre la exportación y la conservación de las características de calidad en el camote están directamente relacionadas con el desarrollo de nuevas alternativas como ser el uso de biopelículas con un costo rentable y alta efectividad que asegure el mantenimiento de la calidad del camote principalmente, en la etapa de almacenamiento.

Considerando que los principales importadores de camote hondureño son países europeos, especialmente Inglaterra, es importante estudiar métodos para aumentar el tiempo de mantenimiento de las características de calidad e inocuidad de un producto tan importante para Honduras (SAG 2017). Generalmente, las empresas exportadoras de camote optan por el uso de recubrimientos químicos que pueden mantener la vida anaquel del producto, sin embargo, es importante destacar que pueden existir efectos negativos con el uso de estas alternativas iniciando

en que no son de tipo comestible como por ejemplo la parafina que generalmente al ser un producto de carácter sintético ha manifestado tener algunas repercusiones en la salud del consumidor (Morales Posada y Robayo Rodríguez 2015). Lo que resulta ser un doble esfuerzo para el consumidor debido a que debe deshacerse de la cáscara del producto, restando a la facilidad de consumo de dicho alimento para una población con un estilo de vida ajetreado en un mundo muy cambiante.

Las biopelículas a base de proteína significan una alternativa muy novedosa y con ventajas muy notorias como ser el aprovechamiento de un residuo de la industria láctea y al ser un recubrimiento comestible mejora la facilidad de consumo para el comprador ahorrando tiempo y esfuerzo. Por ejemplo, Ac Pangán et al. (2011), utilizaron un recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche para queso Cheddar. El mismo, no tuvo efecto en las características sensoriales de apariencia, aroma, textura, sabor, acidez y aceptación general del queso, al contrario, la proteína de suero tuvo un efecto significativo en el aumento del brillo (valor L) e incluso tuvo un costo menor que los recubrimientos convencionales que son usados en productos frescos.

En otro estudio, Mora et al. (2016), desarrollaron y optimizaron un recubrimiento comestible a base de concentrado de proteínas de lactosuero y cera de abeja, logro reducir la pérdida de peso y firmeza en el fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.).

Por esta razón el estudio se enfocó en evaluar el efecto del recubrimiento a base de proteína de suero de leche en las características fisicoquímicas del camote durante el almacenamiento, siendo los objetivos del estudio: Evaluar el efecto de la adición de un revestimiento comestible en las características físicas y químicas del camote para mejorar sus condiciones de manejo en la etapa de almacenamiento y, determinar el efecto de dos concentraciones de proteína concentrada de suero de leche en el desarrollo del recubrimiento comestible en las propiedades físicas y químicas del camote.

Materiales y Métodos

Revisión de Literatura

Como etapa inicial del proyecto, se realizó una breve revisión de literatura sobre el uso de películas basadas en proteínas del suero. A su vez, se incluyó información que involucra aspectos importantes de la industria alimentaria respecto al uso de coproductos y reducción en el uso de empaques plásticos. Entre esta información se encuentra lo siguiente: importancia alimenticia, social y económica, descripción del cultivo del camote, antecedentes históricos, datos de comercialización y almacenamiento. Esta información fue utilizada como complemento para entender la importancia del camote en la industria alimentaria.

Estrategia de Búsqueda

Se realizó una revisión sistemática de fuentes primarias y secundarias que incluyeran información sobre el cultivo del camote y sobre el uso de suero concentrado como recubrimiento comestible. Se hizo uso de bases de datos académicas como: Science Direct, Springer Link, Scielo, Research Gate, entre otras. En la búsqueda de información se hizo uso de fuentes en los idiomas español e inglés y se usó un rango en fechas de 10 años, a menos que se determinara la importancia para este estudio de un artículo con más antigüedad.

Experimento

Ubicación del Estudio

El proyecto fue realizado en las instalaciones de la Planta Hortofrutícola Postcosecha que se encuentra ubicada en la zona norte de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Los análisis físicos y químicos fueron realizados en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ).

Diseño Experimental

Se utilizó un BCA (Bloques Completos al Azar). Se evaluaron tres recubrimientos con los factores: proteína (6 y 8% p/v) y sorbitol como plastificante (70 % de pureza) y 15% de ENLASA® FRESH 15 EC diluido en agua contrastados con camote sin recubrimiento alguno (control). En total se establecieron 4 tratamientos (Cuadro 1) y tres repeticiones, los cuales se analizaron con medidas repetidas en el tiempo a los 0, 30 y 60 días. Cada unidad experimental estuvo conformada por 4 camotes dando un total de 12 unidades experimentales por tratamiento.

Cuadro 1

Descripción de los tratamientos de camote (Ipomoea batata).

Tratamiento	Formulación de tratamiento
1	6% de proteína concentra al 80% + 4% de sorbitol al 70% de pureza (plastificante) + 2000 mL de agua.
2	8% de proteína concentra al 80% + 4% de sorbitol al 70% de pureza (plastificante) + 2000 mL de agua.
3	15% de ENLASA® FRESH 15 EC +750 mL de agua.
4	Camotes sin recubrimiento

Elaboración del Recubrimiento a Base de Proteína de Suero

El procedimiento que se utilizó fue adaptado de un estudio previo (Ac Pangán et al. 2011) para el desarrollo de dos tratamientos, los cuales fueron elaborados con: proteína concentrada de suero de leche (6 y 8% p/p) disuelto en 2000 mL de agua potable (pH neutro), sorbitol que fue agregado como plastificante en una proporción 1:2 (sorbitol: proteína p/p). Luego la solución fue homogenizada en una hornilla eléctrica No. SP131325, Thermo Scientific a 30 °C, 300 rpm por 20 minutos; se incrementó gradualmente la temperatura hasta alcanzar (90 y 100 °C) por 30 minutos para lograr la desnaturalización de las proteínas. Una vez realizada la mezcla, los camotes fueron sumergidos a 60 °C por 5 minutos para asegurar su recubrimiento total. A su vez, fueron almacenados a temperatura ambiente (25 °C) durante la duración del estudio.

Elaboración de Recubrimiento Comercial

El procedimiento que se utilizó para el desarrollo del tercer tratamiento fue: ENLASA® FRESH 15 EC y agua potable. Se diluyó dicha cera al 15% en agua (750 mL) y se homogenizó. Una vez realizada la mezcla, los camotes fueron sumergidos a 25 °C por cinco minutos para asegurar el recubrimiento total del camote. A su vez, fueron almacenados en las mismas condiciones anteriormente mencionadas durante la duración del estudio.

Análisis Fisicoquímicos

Para los análisis físicos se utilizó camote (*Ipomoea batatas*), el cual es ampliamente consumido en Honduras. Se realizó la recepción del camote en la Planta de Postcosecha el cual fue previamente seleccionado, pasado por un proceso de suberización y lavado. Se analizó diámetro, textura externa e interna, color, pH, humedad y grados brix en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ) y en la Planta de Postcosecha, a los días 0, 30 y 60.

Medición de Diámetro

Para la medición del diámetro de los camotes se hizo uso de calibradores universales de vegetales, se procedió a medir cada camote de manera individual para luego reportar su tamaño en cm.

Análisis de Textura

Se utilizó el penetrómetro marca Wagner Modelo FT 02 para analizar la textura interna y externa de los camotes. Para el análisis de la textura externa, se hizo un raspado leve de la cáscara de las muestras de camote y se apretó progresivamente hasta hacer penetrar en la pulpa del tubérculo. De igual forma, para el análisis de la textura interna, se cortaron por la mitad las muestras de camote y se introdujo el penetrómetro progresivamente en la pulpa. Los resultados se expresaron en kilogramo fuerza (Kgf).

Análisis de Color

Para realizar el análisis de color, se hizo uso de la aplicación Color Meter Free, la cual genera datos con el modelo RGB. Para obtener los datos, se diseñó un espacio que garantizó iluminación y distancia homogénea entre todas las muestras que fueron analizadas. En total se tomaron 4 fotografías por cada camote para lo cual se tomaron fotografías al color interno y externo del camote. Posteriormente, los datos en formato RGB fueron convertidos a los valores de CIELAB $L^*a^*b^*$, hue y croma haciendo uso de una plantilla en Excel.

Análisis de Humedad

Método AOAC 926.08.

El análisis de humedad se realizó por el método AOAC 926.08. Iniciando con la preparación del secado de los crisoles, se colocaron en el horno a 105 °C durante 24 horas, después del secado se colocaron los crisoles en un desecador durante 30 minutos y se tomó el peso de cada uno utilizando una balanza analítica de precisión Pioneer OHAUS. A su vez, se pesaron 3 g de las muestras de camote en cada uno de los crisoles previamente pesados y tarados. Posteriormente, se colocaron los crisoles con muestra en el horno Fisher Scientific a 105 °C durante 24 horas. Luego se retiraron los crisoles del horno y se colocaron en un desecador por 30 minutos para su enfriamiento. Finalmente se tomó el peso de los crisoles y por diferencia de peso se obtuvo el porcentaje (%) de humedad.

Análisis de pH.

El análisis de pH fue realizado usando un potenciómetro PCE-PH 22. Primero, se tomó una rodaja de camote la cual fue molida haciendo uso de un mortero hasta obtener un puré. A esta muestra se le procedió a hacer la medición de pH. Este procedimiento fue repetido para cada camote.

Análisis de Grados Brix

Esta medición se realizó con el refractómetro digital PAL-1 ATAGO. Se utilizaron 10 gotas de muestra de puré de camote previamente molido.

Análisis Estadístico

La evaluación de los datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANDEVA), con el uso de un Modelo General Lineal. Además, se realizó una separación de medias ajustadas LS-Means para determinar la interacción entre factores, y una separación de medias Duncan ($P < 0.05$) para determinar si existieron diferencias entre los tratamientos y análisis de medidas repetidas en el tiempo. Se utilizó un nivel de significancia de 95% y se hizo uso del programa estadístico SAS® versión 9.4 como herramienta de análisis.

Resultados y Discusión

Antecedentes Históricos del Camote

El origen del camote puede ser incierto, sin embargo, la mayoría de los botánicos expertos concuerdan en que la primera región de explotación de este tubérculo está ubicada en la zona tropical de América, específicamente entre México y América Central. La explicación de origen está respaldada por las características morfológicas y el posterior análisis genético de la diversidad de variedades considerando la riqueza de especies silvestres (Dapeng 2000). Su llegada a Europa sigue siendo un tema muy abierto a ideas y teorías que aún no concluyen, pero, es bien sabido que fue una de las primeras plantas introducidas al viejo continente después de los viajes de Colón en 1492. Después de su llegada a Europa, los colonizadores portugueses introdujeron al camote en las zonas asiáticas de Japón y China (Rajendran 1990). Este último se convirtió en el mayor productor de camote a nivel mundial desde el año 2009 y hasta la fecha, aportando un 80% del total mundial (Lavariega 2021).

En Honduras, la producción de camote se centra en los departamentos de Comayagua, Cortés, La paz, El paraíso, Francisco Morazán, Yoro y Santa Bárbara. En los últimos años la producción de camote ha aumentado considerablemente gracias al avance de conocimientos de producción por parte de los principales productores de la zona que registran un incremento de hasta 2,000 ha (SENASA 2018).

Descripción del Cultivo de Camote (*Ipomoea batatas*)

El camote es un cultivo del grupo correspondiente a raíces y tubérculos utilizado en la alimentación animal, consumo humano y su principal fruto se produce en el interior del suelo. Es un cultivo típico de zonas con clima tropical y tiene una alta adaptación a diferentes tipos de suelos (Bonilla 2009).

En Honduras y Centroamérica tiene una gran importancia financiera porque es utilizado para la exportación a Europa y Estados Unidos. Las condiciones de Centroamérica tienen como principal característica ser ideal para obtener buenos resultados en camote, debido a que el cultivo prefiere

suelos de franco a franco arenosos en donde generalmente se aconseja cultivarlo en camas levantadas sobre el nivel del suelo. La cosecha del cultivo puede estar lista a los cuatro meses después de su siembra si se tiene un correcto manejo y condiciones apropiadas (Bonilla 2009).

El riego del cultivo puede ser un tema que se maneje con facilidad debido a que puede soportar condiciones de sequía, sin embargo, al manejarlo correctamente los resultados pueden maximizarse. La exigencia del camote en cuanto a la calendarización del riego no es tan estricta, no obstante, se puede establecer un riego aconsejable de dos horas cada dos días, pero, esto puede variar dependiendo de las condiciones ambientales de la zona de producción y los niveles de evapotranspiración. Para mejorar el color de los camotes es aconsejable que el riego sea detenido al menos cuatro días antes de su cosecha (Lardizábal 2003).

Las condiciones ambientales del cultivo se basan en fotoperiodos muy largos que requieren entre 10 a 13 horas de luz (Ruíz 2012). Su formación de raíces es afectada por la cantidad de horas luz que reciba, sin embargo, al exceder sus periodos de exposición solar puede disminuirse en tamaño de los frutos en cosecha (Cobeña 2018). La altitud siembra tiene rangos muy altos de aceptación entre 0-3,000 MSNM. Las principales características de una sana plantación se denotan por estar libres de plagas entre las más renombradas por el camote son el Gusano alambre (*Agriotes Spp*), Joboto (*Phyllophaga Spp*), Mosca Blanca (*Bemisia Tabaci*) y Virus que provocan pudriciones en las raíces (León y Rodríguez 2013).

Requerimientos Nutricionales

La productividad del camote puede variar por factores ambientales que afecten su correcto desempeño en la etapa de crecimiento, entre dichas condiciones se engloban las plagas que afecten el cultivo, prácticas de manejo y deficiencias nutricionales. Para contrarrestar estas condiciones que afectan la productividad del camote se destaca la distancia de siembra entre cada cama que debería ser de 80-120 cm y una distancia no mayor a 30 cm entre planta. Sin embargo, esto puede variar dependiendo la variedad de camote que se vaya a sembrar, puesto que sus requerimientos

nutricionales se adaptan de mejor forma a la correcta distribución de nutrientes. Pero si es deseado un tamaño mayor de camote es recomendable trabajar con bajas densidades de producción (Castillo y Brenes 2014).

La fertilización es uno de los puntos de mayor importancia en la mayoría de los cultivos, y el camote no es la excepción puesto que, es un cultivo altamente extractor de nutrientes como potasio, nitrógeno, calcio, fósforo y magnesio. Antes de iniciar un plan de fertilización es importante reconocer las principales deficiencias del suelo y a partir de ahí realizar una programación para los planes de fertilización. Las aplicaciones foliares de macro y micronutrientes se recomiendan que se hagan entre los primeros 40 días después de la siembra, al menos una o dos veces por mes a partir de los 15 días después de la siembra. Entre los nutrientes que se debería hacer énfasis en las primeras etapas de crecimiento son el calcio, boro y magnesio foliar cada 15 días después de siembra (Castillo y Brenes 2014).

Importancia Económica y Social

El camote es un producto empleado en muchas áreas de la industria alimentaria como la alimentación humana y animal; como materia prima de la industria de la pastelería y repostería o incluso para la obtención de bebidas alcohólicas. La importancia de este cultivo radica en sus escasas exigencias para obtener buenos resultados de producción. Mundialmente, sus principales productores son China, Uganda, Nigeria, Indonesia, Japón, Burundi y Vietnam. China por ser uno de los países con mayor densidad poblacional en el mundo, no tiene la capacidad productiva de suplir las necesidades de toda su demanda y es este el punto de mayor importancia económica para países como Honduras. Las relaciones entre los países asiáticos y Honduras siempre han sido muy estrechas con lazos de hermandad y las oportunidades de exportación de este tipo de alimentos significa una gran oportunidad de crecimiento para la economía hondureña (SAG 2018).

Asimismo, Honduras exporta camote a Europa, siendo nueve empresas que se dedican a la producción de este tubérculo (SENASA 2020). A pesar de los conflictos creados por la pandemia en el

año 2020, Honduras no detuvo sus exportaciones de camote y logró aportar más de dos millones de kilo de camote hacia Francia, Holanda e Italia, entre otros países de la unión europea. Socialmente la producción de camote es muy importante por la gran cantidad de generación de empleos debido a que cada una de las nueve empresas productoras de camote provee aproximadamente entre 500-600 vacantes para personas desempleadas con oportunidad de trabajo en el área de campo o en el área de procesamiento y postcosecha (SENASA 2020). Entre el periodo de 2018, la demanda de camotes para exportación de Honduras hacia países europeos y Norteamérica aumentó considerablemente con un rendimiento de 120,000 libras que dejaron aproximadamente 14 millones de dólares. Mediante estos datos podemos inferir que la agricultura en Honduras está prosperando cada día abriendo más mercados y ofreciendo una apertura de mayores oportunidades en mejorar los ingresos del país (SAG 2017).

Importancia Alimenticia

Nutricionalmente, se han realizado múltiples estudios para conocer la composición nutricional del camote sabiendo que, es un alimento rico en carbohidratos, proteínas, lípidos, carotenoides, vitamina A, riboflavina, niacina, fibra y agua (Ibrahium y Ahmed 2014). Una de las principales características nutricionales del camote se relaciona con su proporción sodio y potasio considerado como un alimento adecuado para incluir un plan de alimentación con una restricción de sodio en pacientes con hipertensión arterial. Las cantidades de retinol en el camote actúan como fuertes antioxidantes en el cuerpo, por tal razón aportan más del 100% de la cantidad requerida por día. En cuanto a su aporte es destacable mencionar que pese a no ser un alimento que se use para la suplementación de proteínas completas, contiene aminoácidos esenciales tales como leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina e histidina (Renee y Zuñiga 2018).

Los beneficios que se obtienen por el consumo de camote pueden estar relacionados con el tratamiento de ciertos padecimientos que se contrarrestan gracias al contenido de magnesio que

ayuda al control del estrés y promueve a la relajación y un estado de ánimo favorable. Su alto contenido de Vitamina B6 ayuda a la descomposición de homocisteína la cual es una sustancia que contribuye al endurecimiento de arterias y vasos sanguíneos además su alto contenido de potasio puede disminuir problemas de la presión arterial (Mohanraj y Sivasankar 2014).

Los compuestos bioactivos del tubérculo tienen una importancia en la promoción de la salud, mejorar la función inmunológica, reducir el estrés oxidativo y el daño provocado por los radicales libres, reduciendo enfermedades y suprimiendo células malignas para el ser humano (Johnson y Pace 2010).

Condiciones de Almacenamiento

Las condiciones de almacenamiento del camote van determinadas por los índices de calidad para exportación, entre ellos se establece que los camotes deben ser lisas y firmes con una forma y tamaño uniforme, sin daños físicos y que tengan un color de la piel típica de su variedad (Kader 2002).

La temperatura óptima de almacenamiento debe ser fresca y seca, evitando las temperaturas muy frías debido a que los camotes son sensibles al frío. Se recomiendan temperaturas aproximadas a 12.5 y 15 °C con alta humedad relativa mayor a 90%. En estas condiciones los brotes en el camote retrasan su crecimiento hasta 6 meses después de la cosecha dependiendo de la variedad. Las temperaturas que superen los 15 °C pueden conducir al crecimiento de brotes y una mayor pérdida de humedad y peso. La razón de que los camotes sean tan estables en su etapa de almacenamiento se debe a que son productos que generan cantidades muy bajas de etileno (0.1 uL/Kg.h) aunque si se expone a etileno generado por otros productos puede aumentar la respiración, metabolización de fenoles y afectación negativa del sabor y color de su presentación final. (Cantwell 2007)

Experimento

Medición de Diámetro

Para el análisis de diámetro, se realizó una medición de los camotes por medio de un calibrador universal de vegetales. En este sentido, no se presentaron diferencias estadísticas

significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, pero si hubo en efecto por el tiempo de almacenamiento ($P < 0.05$). Es importante mencionar que tanto el tamaño como el peso de estas tuberosas, representan indicadores de la calidad comercial, que normalmente son utilizados para estandarizar el empaado y satisfacer las preferencias de los consumidores (García et al. 2016).

Se muestra de forma general, que el uso de cualquier tratamiento evaluado no tuvo un efecto alguno en la mitigación de reducir el diámetro debido a que se perdieron hasta 5 cm a lo largo del tiempo. Al no encontrarse diferencias estadísticas entre tratamientos, se compararon los promedios obtenidos a través del tiempo. En función de los datos obtenidos por cada fecha, se obtuvo un promedio de 20.65 (cm) para el día 0, tomándose este resultado como el punto inicial antes de que transcurrieran los 60 días. Asimismo, del día 0 al 30, se observó una reducción a 16.90 (cm). La pérdida del diámetro en el alimento se debe a que para que el recubrimiento sea exitoso, debe ser expuesto a temperaturas entre 13 - 16 °C con una humedad relativa que varía entre 85 a 90% (Motes y Criswell 2006).

A lo largo del estudio se observó que la pérdida de diámetro a través del tiempo pudo ser influenciada por las condiciones a las que fue expuesto el camote durante su almacenamiento (25 °C, 47% humedad relativa), por la misma razón, las características fisicoquímicas mencionadas son afectadas por las condiciones ambientales de producción y de almacenaje a las que están expuestas; por lo que, del día 30 al 60, se evidenció una reducción en el diámetro a 15.73 (cm). Los cambios mostrados a lo largo del tiempo fueron evidenciados en el primer mes, sin embargo, para el día 60 no existieron diferencias significativas; por consiguiente, se infiere que se debería tener mayor cuidado desde la cosecha hasta los primeros 30 días de almacén de esta materia prima.

Cuadro 2

Efecto del tiempo en el diámetro (cm) del camote durante los 60 días de almacenamiento.

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento		
	0 días	30 días	60 días
	Media±D.E ^{σ (NS)}	Media±D.E ^{σ (NS)}	Media±D.E ^{σ (NS)}
6% de proteína	20.69±1.04 ^(x)	17.24±0.17 ^(y)	15.87±0.43 ^(y)
8% de proteína	20.62±1.04 ^(x)	16.96±0.60 ^(y)	16.16±0.66 ^(y)
Comercial ENLASA®FRESH 15EC	20.66±1.04 ^(x)	16.44±0.94 ^(y)	15.54±0.20 ^(y)
Sin Recubrimiento	20.62±1.04 ^(x)	16.89±0.27 ^(y)	15.32±0.91 ^(y)
CV (%)	5.43		

Nota. NS: no hubo diferencias significativas

^{x,y,z} Promedios con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes a través del tiempo (P < 0.05).

CV (%): Coeficiente de Variación. °: Desviación Estándar. NS: No significancia.

A pesar de que las películas basadas en proteínas de suero son excelentes barreras al O₂, CO₂ y agua (Chacha Curillo 2016), el abuso de las condiciones en el almacenamiento puede llegar a afectar su efectividad. En dicho estudio se incrementaron las condiciones de temperatura durante la etapa de almacenamiento (≥ 25 °C) ya que la duración de esta materia prima, si se refrigera, tendrá mayor vida anaquel.

De igual importancia, al no poder evitar la pérdida de manera absoluta del diámetro en este alimento a pesar de que se hizo uso de los recubrimientos, sí se observó que los recubrimientos proteicos son altamente comparables y viables con los resultados obtenidos por el recubrimiento comercial ENLASA®FRESH.

Según Coolong et al. (2014), para asegurar la calidad durante el almacenamiento de camote de exportación, se debe mantener la temperatura, ventilación y humedad relativa en niveles apropiados para prevenir el exceso de brotes, marchitez, pérdida de peso y diámetro. En general, después del curado, el camote se debe almacenar a 12 - 14 °C y 85- 90% de humedad relativa, si se mantiene en las condiciones actualmente mencionadas. Condiciones que no se cumplieron en este estudio dado que el tiempo disponible era menor a 3 meses y por ello se decidió incrementar tanto la temperatura como la humedad relativa para poder acelerar el deterioro de los camotes.

Resultados de pH

Los resultados del Cuadro 3 muestran que no existieron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, sin embargo, se observó un efecto considerable a través del tiempo sobre el parámetro (pH) mostrando que a medida que transcurrían los días de almacenamiento los valores de acidez en el camote mostraron una ligera tendencia a la disminución.

Existieron diferencias significativas en los promedios obtenidos de pH para cada día. De manera inicial, se obtuvo un valor de pH de 5.72, el cual mostró un aumento progresivo a lo largo de los días. Para el día 30, aumentó a un pH de 6.74 y de 7.06 al finalizar el estudio. El uso de recubrimientos comestibles en alimentos retarda los cambios químicos, ya que actúan como barrera contra el intercambio de gases que influye en la estabilidad química, siempre y cuando las condiciones ambientales sean las correctas (McHugh 2000).

Asimismo, el tratamiento ENLASA®FRESH 15EC contiene como ingrediente activo la cera vegetal de carnauba (*Copernicia cerífera*), el efecto de recubrimientos céreos en los parámetros fisicoquímicos de los vegetales y frutas si se ve retardado al hacer uso de este, sin embargo, al tener un contenido de sólidos menor al 16 - 18% de este ingrediente, el efecto es poco efectivo en comparación con una cera ya que no se retrasa la maduración (Tovar et al. 2011) . Por lo que al solo usar un 15% de este ingrediente en la formulación de este tratamiento, la formación de ácidos orgánicos es convertido en azúcares de forma rápida dando como resultado el aumento la alcalinidad.

Para el día 60 se encontraron valores cercanos a los establecidos por la literatura, lo que indica que los recubrimientos pudieron tener un efecto en las *Ipomoeas batatas*. Pérez (2019), destaca que los valores normales del pH para camotes de exportación deben rondar entre 6 - 7. El valor del pH varía en función del tiempo, a medida que el alimento continúa respirando aumenta su producción de etileno y se acelera su maduración, por lo tanto, se reduce su acidez. Se evidenció que los cambios de pH para los tratamientos a base de proteína se presentaron entre los primeros 30 días. A partir de

este punto, no hay mayores aumentos, sin embargo, en el caso de comercial ENLASA® FRESH y sin recubrimiento todavía siguió subiendo con cambios significativos a los 60 días.

Cuadro 3

Efecto del tiempo en el pH del camote durante los 60 días de almacenamiento.

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento		
	0 días	30 días	60 días
	Media±D.E σ (NS)	Media±D.E σ (NS)	Media±D.E σ (NS)
6% proteína	5.72±0.13 ^(x)	6.71±0.19 ^(y)	6.90±0.02 ^(y)
8% proteína	5.72±0.13 ^(x)	6.91±0.17 ^(y)	7.00±0.17 ^(y)
Comercial ENLASA® FRESH 15EC	5.72±0.13 ^(x)	6.65±0.19 ^(y)	7.18±0.50 ^(z)
Sin Recubrimiento	5.72±0.13 ^(x)	6.71±0.11 ^(y)	7.16±0.17 ^(z)
CV (%)	3.21		

Nota. NS: no hubo diferencias significativas

^{xyz} Promedios con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes a través del tiempo (P < 0.05).

CV (%): Coeficiente de Variación. σ : Desviación Estándar. NS: No significancia.

Asimismo, se observó que la acidez disminuyó con el tiempo en los cuatro tratamientos, dado que, durante la maduración, los ácidos orgánicos son convertidos en azúcares (Zambrano et al. 2005). Sin embargo, a pesar de que todos los tratamientos fueron iguales y no se observaron grandes variaciones por las condiciones de almacenamiento, la proteína concentrada de suero evitó el incremento del pH por encima de valores de 7.

Investigaciones como las de Barco et al. (2009), que aplicaron un recubrimiento natural y cera comercial en bananos (*Musa sapientum*) obtuvieron resultados similares, donde la acidez disminuyó progresivamente a través del tiempo de almacenamiento, pero los recubrimientos lograron retardar este proceso alargando así el tiempo de vida útil y prolongando el sabor característico.

Resultados de Grados Brix (%)

Según Scott (2019), los grados brix se definen como una medida de los Sólidos Solubles Totales (TSS) presentes en los alimentos. Los TSS se componen principalmente de azúcares, pero también incluye otros compuestos como ácidos orgánicos. Para el análisis de grados brix, se hizo uso de un refractómetro digital PAL-1 ATAGO que permitió la generación de los resultados mostrados en el

Cuadro 4. Asimismo, se evidenció que no existió diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos utilizados, sin embargo, se mostraron promedios estadísticamente diferentes a través del tiempo ($P < 0.05$).

Cuadro 4

Efecto del tiempo en los grados brix (%) del camote durante los 60 días de almacenamiento

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento		
	0 días	30 días	60 días
	Media±D.E σ (NS)	Media±D.E σ (NS)	Media±D.E σ (NS)
6% proteína	6.24±0.84 ^(x)	12.17±0.11 ^(y)	12.82±0.30 ^(y)
8% proteína	6.25±0.84 ^(x)	13.13±0.48 ^(y)	12.44±0.49 ^(y)
Comercial ENLASA® FRESH 15EC	6.24±0.84 ^(x)	12.45±0.61 ^(y)	11.96±0.32 ^(y)
Sin Recubrimiento	6.25±0.84 ^(x)	12.43±0.51 ^(y)	11.98±0.52 ^(y)
CV (%)	7.89		

Nota. NS: no hubo diferencias significativas

^{xyz} Promedios con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes a través del tiempo ($P < 0.05$).

CV (%): Coeficiente de Variación. σ : Desviación Estándar. NS: No significancia.

Cuando se comparan los promedios, en función de los datos obtenidos por cada día se observó un promedio de 6.24% en el día 0, aumentando de manera significativa a 12.55% para el día 30. Ojijo (1991), afirma que la transformación de almidón de los camotes en sacarosa durante almacenamiento depende del tiempo y temperatura; por encima de los 15 °C, aumenta esta conversión. Para este estudio se utilizaron temperaturas de ≥ 25 °C, por lo que la conversión de azúcares se presentó en mayores concentraciones con relación a lo anteriormente mencionado.

De igual forma, para el día 60 se mostró un promedio de 12.3% demostrando una reducción en el aumento de grados brix con el paso del tiempo. A pesar de presentar de que tres de los cuatro tratamientos discutidos presentaban un recubrimiento, Kader (2002) menciona que la reducción de los sólidos solubles es probablemente debido a la continuación del proceso respiratorio que implica un mayor consumo de sustrato orgánico, es decir, azúcares.

Dicho comportamiento pudo haber sido influenciado por la poca efectividad de los recubrimientos utilizados para controlar algunos parámetros. Como anteriormente se ha mencionado

el uso de recubrimientos comestibles elaborados con carbohidratos, proteínas o carnauba; la maduración se retrasa debido al menor intercambio de gases entre el alimento y el medio, cuando no existe un abuso de las temperaturas utilizadas (≤ 15 °C) y tasas de humedad relativa altas ($>70\%$) en su etapa de almacenamiento (Pérez 2019).

Es importante mencionar que los grados brix tuvieron un incremento a medida pasaron los días en almacenamiento y ese mismo comportamiento fue observado por el pH. Se ha reportado que los ácidos orgánicos son convertidos en azúcares (Zambrano et al. 2005). Podríamos deducir que al saber que el pH y la acidez son inversamente proporcional se relaciona a que los ácidos orgánicos tuvieron un comportamiento en detrimento y por lo tanto la conversión de estos en azúcares fue fundamental para el incremento de los sólidos solubles en los camotes.

Resultados de Textura Externa

Para el análisis de textura externa se hizo uso de un penetrómetro marca Wagner Modelo FT 02. En este sentido, se presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre los tratamientos y el tiempo de almacenamiento. La modificación de la textura es uno de los principales factores asociado con el deterioro postcosecha de los frutos y verduras. A su vez, la velocidad de ablandamiento provoca una vida de anaquel más corta, reduciendo los tiempos de transporte y distribución (Bapat et al. 2010). Tal y como se evidencia en los resultados, existieron diferencias significativas a través del tiempo, tomando como referencia los resultados del día 0 al 30 de almacenamiento. Se observó un descenso de la textura externa en tres de los cuatro tratamientos evaluados.

Se demostró que a lo largo de este periodo de tiempo (60 días) el tratamiento con 8% de concentrado de proteína en su formulación obtuvo los mejores resultados manteniendo su textura externa, ya que contenía mayores porcentajes de suero concentrado, por lo que se infiere que hubo un mayor grosor del recubrimiento; reduciendo en mayor medida la tasa de respiración, por consiguiente, la pérdida de textura (Cuadro 5). En cambio, para los otros tres tratamientos (6% de proteína concentrada de suero, comercial ENLASA®FRESH 15 EC y sin recubrimiento) si existió una

reducción significativa en comparación al valor de la textura original (12 Kgf), siendo de mayor variación para aquel grupo de camotes que no presentaban ningún tipo de recubrimiento con una pérdida porcentual del 27% (0 a 60 días). La pérdida de textura externa en los camotes se presentó en los primeros 30 días para todos los tratamientos, exceptuando el tratamiento con 8% de concentración de proteína que obtuvo muy buenos resultados, demostrando su capacidad de mantener las condiciones iniciales del camote.

Cuadro 5

Efecto del tratamiento y tiempo en la textura externa (Kgf) durante 60 días.

Tratamientos	Tiempo de almacenamiento		
	0 días	30 días	60 días
	Media±D.E ^σ	Media±D.E ^σ	Media±D.E ^σ
6% de proteína	12.03±0.15 ^{a(x)}	10.55±1.09 ^{b(y)}	10.52±0.22 ^{b(y)}
8% de proteína	12.03±0.15 ^{a(x)}	11.43±0.24 ^{a(x)}	10.90±0.25 ^{a(x)}
Comercial ENLASA® FRESH 15 EC	12.03±0.15 ^{a(x)}	10.45±0.18 ^{b(y)}	9.93±0.35 ^{b(y)}
Sin Recubrimiento	12.03±0.15 ^{a(x)}	9.35±0.12 ^{c(y)}	8.74±0.15 ^{c(y)}
CV(%)	4.23		

Nota. ^{abc} Promedios con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes con respecto al tratamiento (P < 0.05).

^{xyz} Promedios con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes a través del tiempo (P < 0.05).

CV (%): Coeficiente de Variación. ^σ: Desviación Estándar.

Según Mora et al. (2016), la reducción en la firmeza de los tubérculos se ve influenciada por la pérdida de agua gracias al intercambio gaseoso que siguen realizando los procesos fisiológicos de estas tuberosa. Por lo que, en los tratamientos con recubrimiento, la firmeza tuvo menor variación en comparación con aquellos que no presentaban un recubrimiento. La afirmación anterior se puede comprobar al observar los valores obtenidos de humedad donde el uso de recubrimientos comestibles o comerciales, dieron un resultado promedio de 74.22% de humedad al finalizar el estudio.

Una vez que se cosechan los camotes, se inicia un proceso de formación de las enzimas α -amilasas las cuales en unión con la acción de las enzimas β -amilasas, provocan la conversión de los almidones y carbohidratos estructurales en azúcares simples (Hertog et al. 1997). No menos importante, el ablandamiento del fruto es un proceso complejo que involucra tres pasos

subsecuentes: 1) relajación de la pared celular mediada por expansinas; 2) despolimerización de hemicelulosas; y 3) despolimerización de poliurónidos por la poligalacturonasa u otras enzimas hidrolíticas (Payasi et al. 2009); lo cual contribuye a una pérdida de firmeza y cambios en calidad de la textura.

Al evaluar las variaciones del día 30 al 60, se observó que ninguno de los tratamientos presentó cambios significativos. Sin embargo, el tratamiento correspondiente a 8% de proteína fue el que mostró mejores resultados, superando la eficacia del recubrimiento comercial ENLASA® FRESH. Lo ocurrido, probablemente se debió al uso de la proteína dado que posee buenas propiedades de formación de película y excelentes propiedades de obstrucción de gases (Shojaei et al. 2021). Se podría suponer que, al limitar la respiración por el uso de recubrimientos, podría existir menor actividad enzimática ligada a la respiración que disminuya la dureza, como es el caso de las amilasas (Chacón y Reyes 2009) por lo que, se esperaría una menor pérdida de textura en el camote.

El ablandamiento de los camotes en estos tratamientos pudo ser causado por el efecto acumulativo de una serie de modificaciones que ocurren en las redes de polímeros que constituyen la pared celular primaria; lo cual contribuye a una pérdida de firmeza y cambios en calidad de la textura (Martínez et al. 2017). A lo largo del tiempo, el tratamiento con 8% de proteína fue el único que mantuvo menor variación en relación con la pérdida de textura externa por lo que en el Cuadro 5, no se reportan diferencias estadísticamente significativas en cuanto al factor tiempo ni recubrimiento, sin embargo, se evidencia que la ausencia de un recubrimiento en esta materia prima afecta de manera drástica en el mantenimiento de la calidad de dicho parámetro presentando un valor promedio a lo largo del tiempo < a 10 Kgf.

Resultados de Textura Interna

La interacción del tratamiento y el tiempo observado en el cuadro 6, tuvo un efecto en los resultados de textura interna del camote. Se observó que el valor más bajo de textura interna se

presentó en los camotes que fueron dejados sin recubrimiento a lo largo del tiempo de almacenamiento, presentando un valor promedio específicamente de este tratamiento de 9 Kgf.

La pérdida en la textura interna del día 0 al 30, presentó mayor variabilidad en el tratamiento comercial ENLASA®FRESH 15 EC y sin recubrimiento, presentándose una disminución del 12 y 20% respectivamente.

La textura de forma general es uno de los principales atributos de calidad utilizados en la industria de alimentos frescos y procesados, para evaluar la calidad del producto y la aceptabilidad; los atributos de textura también se utilizan a lo largo de la cadena de valor de los alimentos para monitorear y controlar la calidad en su almacenamiento (Alvis et al. 2015). De igual forma, los tratamientos si presentaron una alta variabilidad para el día 60 a excepción del tratamiento con 8% de concentrado de proteína.

Dicho tratamiento, no presento diferencias significativas entre los demás tratamientos, sin embargo, el tiempo si tuvo un efecto. Esto puede ser ocasionado ya que las modificaciones en los polímeros de la pared celular durante el ablandamiento fueron mayores y complicadas a través del tiempo. Se considera que involucran una acción coordinada e interdependiente de un rango de enzimas y proteínas modificadoras de la pared celular (Martínez et al. 2017), lo cual contribuye a una pérdida de firmeza y cambios en calidad de la textura que puede ser evidenciado en el Cuadro 6.

Al evaluar las variaciones del día 30 al 60, se observó una mayor pérdida de la textura interna que la externa; la afirmación anterior es evidenciada cuando se reportó un promedio de 10.44 Kgf para el día 30 (textura externa) el cual se redujo a 10 Kgf para el día 60 (textura externa). Asimismo, la textura interna del día 30 presentaba un promedio de 10.45 Kgf siendo muy similar a la externa, sin embargo, con el paso del tiempo dicho parámetro presento una disminución promedio para el día 60 de 8.45 Kgf.

Los tratamientos comercial ENLASA®FRESH 15 EC y sin recubrimiento tuvieron una pérdida constante de textura interna desde el día 0 hasta el 60, pero, en los tratamientos con recubrimiento

proteico dichos cambios, solo fueron significativos a partir del segundo mes (día 60). La razón por la cual se presentó este resultado es inferida, a que los tratamientos con recubrimiento a base de proteína de suero probablemente presentaban mayor grosor al recubrir el camote. Sin embargo, esto no es totalmente afirmativo dado que es considerado una inferencia.

Es importante mencionar, que el tratamiento con 8 y 6% de concentrado de proteína mantuvieron la textura de mejor manera, presentando resultados prometedores similares al del recubrimiento comercial. En el caso del tratamiento con 8% de proteína se observó que fue el mejor en mantener la calidad de la textura externa e interna, ya que como antes se mencionó, probablemente hubo un mayor grosor en la cobertura del camote. Según Chacón y Reyes (2009), es difícil afirmar que las mismas diferencias pudiesen generar un efecto sensorial considerable en las personas que consuman los camotes, por lo que su efecto, si lo hay, sería solo de valor técnico en el trasiego y manipulación pre consumo de los camotes.

Manejar un producto más suave puede incidir en un mayor porcentaje de pérdida por daño mecánico durante la cadena de almacenamiento y distribución. A demás la capacidad de carga de los camotes se vería disminuida, limitando su capacidad de estibamiento en canastas.

Cuadro 6

Efecto del tratamiento y tiempo en la textura interna (Kgf) durante 60 días.

Tratamientos	Tiempo de almacenamiento		
	0 días	30 días	60 días
	Media±D.E ^σ	Media±D.E ^σ	Media±D.E ^σ
6% de proteína	11.18±0.14 ^{a(x)}	11.31±0.71 ^{a(x)}	8.07±0.20 ^{bc(y)}
8% de proteína	11.18±0.14 ^{a(x)}	11.44±0.38 ^{a(x)}	9.80±0.83 ^{a(y)}
Comercial ENLASA® FRESH 15 EC	11.18±0.14 ^{a(x)}	9.76±0.44 ^{b(y)}	8.66±0.51 ^{b(z)}
Sin Recubrimiento	11.18±0.14 ^{a(x)}	8.89±0.86 ^{bc(y)}	7.30±0.21 ^{c(z)}
CV (%)		5.8	

Nota. ^{abc} Promedios con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes con respecto al tratamiento (P < 0.05).

^{xyz} Promedios con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes a través del tiempo (P < 0.05).

CV (%): Coeficiente de Variación. ^σ: Desviación Estándar.

Resultados de Humedad

El cuadro 7 muestra los resultados del día 0, 30 y 60, concuerdan con los obtenidos por Sugri et al. (2017), los cuales presentaron comportamientos similares durante el almacenamiento, las raíces son muy perecederas porque contienen un alto contenido de humedad (60 - 80%), valores similares a los observados. El deterioro de la calidad poscosecha emana de la respiración, la pérdida de peso, el ataque microbiano y la brotación.

Al realizar una comparación entre el día 0 y 30, no se observaron diferencias significativas para los tratamientos que contenían recubrimiento o no ($P > 0.05$), de igual forma se evidenció menor pérdida de contenido de humedad e incidencia de brotes y hongos (Anexo A). Sin embargo, si se reportó un efecto del tiempo para el tratamiento que no contenía recubrimiento, con una pérdida de 5.66%. Las propiedades funcionales de la fracción proteica del suero, especialmente los aislados de α -lactoalbúmina y la β -lactoglobulina, tienen alto potencial para la elaboración de películas comestibles. Productos que, además de contar excelentes propiedades flexibles, actúan como barreras selectivas para la migración de humedad, gas y soluto (Granda et al. 2014).

Según Sugri et al. (2017), la pérdida del contenido de humedad en los productos se ha atribuido generalmente a la diferencia en la presión del vapor de agua dentro del producto y el aire circundante. La reducción de la humedad podría verse exacerbada aún más por las actividades respiratorias tanto de los brotes como de los hongos, por lo que probablemente aquellos camotes que no presentaban ningún tipo de recubrimiento se vieron más afectados por los factores antes mencionados (Anexo B).

Al comparar los tratamientos en el día 30 al 60, no existió diferencias significativas en aquellos que presentaban el uso de un recubrimiento comestible o no, sin embargo, con el paso de los días si se demostraron efectos significativos para los mismos. Por lo que se podría inferir que, con el paso del tiempo, los procesos fisiológicos del camote continúan; lo que se traduce a pérdidas de agua de manera natural, sin embargo, el uso de recubrimientos retarda dicho evento.

Lo anterior podría tener relación con el tratamiento sin recubrimiento en el día 30 y 60, ya que al no poseer ningún tipo de protección la pérdida de humedad y diámetro es mayor (Chacón y Reyes 2009). De igual importancia durante el día 60 se obtuvieron mayor cantidad de brotes y de hongos en todos los tratamientos. Finalmente se demostró que al incorporar un recubrimiento de cualquier tipo en un producto perecedero es posible retardar el deterioro para alargar su vida útil.

Cuadro 7

Efecto del tratamiento y tiempo en la humedad durante 60 días.

Tratamientos	Humedad en el tiempo de almacenamiento		
	0 días	30 días	60 días
	Media±D.E ^σ	Media±D.E ^σ	Media±D.E ^σ
6% de proteína	79.36±2.66 ^{a(x)}	77.38±0.68 ^{a(x)}	75.00±1.25 ^{a(x)}
8% de proteína	78.91±2.66 ^{a(x)}	77.63±0.81 ^{a(x)}	74.26±0.27 ^{a(y)}
Comercial ENLASA®FRESH 15 EC	78.91±2.66 ^{a(x)}	76.71±0.33 ^{a(x)}	73.40±0.85 ^{a(y)}
Sin Recubrimiento	78.91±2.66 ^{a(x)}	74.44±0.53 ^{a(y)}	65.90±0.96 ^{b(z)}
CV (%)	1.84		

Nota. ^{abc}Promedios con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes con respecto al tratamiento (P < 0.05).

^{xyz} Promedios con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes a través del tiempo (P < 0.05).

CV (%): Coeficiente de Variación. ^σ: Desviación Estándar.

Resultados de Valor L* Externo

El espacio de color L, a*, b* también conocido como espacio CIELa*b* es en la actualidad uno de los más populares y uniformes métodos usados para evaluar el color en el área de alimentos. La razón de esto es que correlaciona los valores numéricos de color consistentemente con la percepción visual humana (Chiralt 2007). Por medio de la coordenada L es posible hacer una detección de la luminosidad del color de un producto, en este caso de los camotes en su sentido externo. La medida de luminosidad puede variar desde cero para los valores negros y hasta 100 para los valores blancos. La luminosidad (L) es el atributo de color que brinda la sensación visual en la cual una superficie refleja o emite más luz (Gilabert 2002).

En el Cuadro 8, se demostró que no existieron diferencias significativas (P > 0.05) entre los tratamientos utilizados para camote en cuanto a la variable L. De igual forma, no se reportaron

diferencias significativas a través del tiempo para todos los tratamientos entre el día 0 y 30, a excepción del tratamiento sin recubrimiento. Los camotes sin recubrir si presentaron cambios en el primer mes y dichas variaciones fueron constantes hasta la finalización del estudio. El tratamiento sin recubrimiento pudo cambiar su luminosidad debido a una relación entre el pH y la luminosidad que aumenta proporcionalmente (Andrade et al. 2016).

Cuadro 8

Resultados del valor L externo del camote a través de los 60 días.

Tratamiento	Luminosidad en Tiempo de almacenamiento		
	0 días	30 días	60 días
	Media \pm D.E σ (NS)	Media \pm D.E σ (NS)	Media \pm D.E σ (NS)
6% de proteína	50.51 \pm 2.65 ^(x)	50.52 \pm 7.68 ^(x)	55.70 \pm 1.98 ^(x)
8% de proteína	50.51 \pm 2.65 ^(x)	57.49 \pm 2.10 ^(x)	55.14 \pm 1.41 ^(x)
Comercial ENLASA® FRESH 15EC	50.51 \pm 2.65 ^(x)	50.05 \pm 0.79 ^(x)	59.96 \pm 1.63 ^(y)
Sin Recubrimiento	50.51 \pm 2.65 ^(x)	60.12 \pm 3.83 ^(y)	57.61 \pm 2.62 ^(y)
CV (%)	7.14		

Nota. NS: no hubo diferencias significativas.

^{x,y,z} Promedios con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes a través del tiempo (P < 0.05).

CV (%): Coeficiente de Variación. σ : Desviación Estándar. NS: No significancia

El recubrimiento comercial ENLASA® FRESH, fue formulado con el objetivo de brindar una calidad visual a la cutícula de los productos, gracias a su ingrediente activo de aceite de carnauba (Tovar et al. 2011). Porcentualmente hablando el tratamiento con 6% de proteína tuvo un aumento del 10%, sin embargo, no es considerado como significativo estadísticamente hablando, por lo que se podría considerar que la concentración de proteína de suero no fue lo suficientemente alta como para brindar un cambio notorio de valor L en los camotes, pero si presentó resultados similares al comercial. El tratamiento con 6 y 8% de proteína fueron los que mejor mantuvieron el valor de luminosidad a lo largo de los 60 días, por lo que el uso de este tipo de recubrimientos mantiene de manera similar las características de luminosidad e incluso son más eficaces que el recubrimiento comercial a lo largo del tiempo (60 días).

Resultados de Valor Hue Externo

El valor Hue (h) es un dato que puede medir la tonalidad del color, este valor indica específicamente el tipo de color que está presente en una muestra debido a que representa los colores primarios de donde se derivan todos los demás colores (Almonacid 2012). Los tratamientos del estudio mostraron una tendencia a no tener cambios significativos ($P > 0.05$) entre los días 0 al 30, sin embargo, entre el día 60 se mostraron cambios significativos ($P < 0.05$) entre los tratamientos con 6% de proteína y sin recubrimiento, teniendo un aumento del 39 y 26% respectivamente.

Para el tratamiento sin recubrimiento y 6% de proteína, el color de ambos tratamientos tuvo un cambio muy brusco, moviéndose hasta tonalidades pálidas y amarillentas. La razón de este cambio en los resultados está ligado a la maduración que provoca un cambio en las tonalidades de la cáscara por acciones sobre los compuestos fenólicos (Álvarez-Herrera et al. 2015).

Cuadro 9

Resultados del valor hue externo del camote durante los 60 días

Tratamiento	Hue en tiempo de almacenamiento		
	0 días	30 días	60 días
	Media \pm D.E $\sigma^{(NS)}$	Media \pm D.E $\sigma^{(NS)}$	Media \pm D.E $\sigma^{(NS)}$
6% de proteína	43.79 \pm 5.34 (x)	34.92 \pm 1.74(x)	55.29 \pm 8.89(y)
8% de proteína	43.79 \pm 5.34 (x)	44.13 \pm 3.21(x)	48.81 \pm 1.88(x)
Comercial ENLASA® FRESH 15EC	43.79 \pm 5.34 (x)	43.31 \pm 1.96(x)	48.91 \pm 2.10(x)
Sin Recubrimiento	43.79 \pm 5.34(x)	44.02 \pm 4.29(x)	59.51 \pm 7.43(y)
CV (%)	2.64		

Nota. NS: no hubo diferencias significativas

^{x,y,z} Promedios con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes a través del tiempo ($P < 0.05$).

CV (%): Coeficiente de Variación. σ : Desviación Estándar. NS: No significancia.

Entre los tratamientos al 8% y comercial no se mostraron cambios significativos al día 60. Los resultados mostrados en el Cuadro 9 evidencian que los colores se mantuvieron al cabo del día 60. Los resultados del tratamiento comercial fueron muy similares al de 8% de proteína con una tonalidad principalmente magenta que mantiene la aceptación visual por parte de los consumidores.

El tratamiento sin recubrimiento mostró tonalidades distintas que no se relacionan con la calidad de los camotes. La razón por la cual probablemente ocurrió este evento es que al no tener ningún tipo de protección la cáscara cambió su color con mayor facilidad y por tal motivo permitió un cambio de las tonalidades de color del camote (Anexo C).

Dichas tonalidades pudieron haber cambiado gracias a la acción de las antocianinas. Este grupo de pigmentos muestra una gran susceptibilidad a los cambios de pH, al aumentar dicho valor la antocianina pierde un protón produciendo la formación de la Base Quinoidal traducido a pigmentos azules o tonalidades violetas (Gilabert 2002).

Resultados de Valor L* Interno

En el Cuadro 10 se reportó que, la luminosidad de los camotes en su interior no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre cada uno de los tratamientos, sin embargo, a lo largo del tiempo se pudieron observar cambios notorios en cuanto a los tratamientos con 8% de proteína y sin recubrimiento en el día 60. Se observó un aumento porcentual de 8 tanto para el tratamiento con 8% de proteína como para el tratamiento sin recubrir. Entre los tratamientos con 6% de proteína y tratamiento comercial no existieron cambios notorios estadísticamente hablando.

Cuadro 10*Resultados del valor L interno del camote durante los 60 días*

Tratamiento	L en tiempo de almacenamiento		
	0 días ^(NS)	30 días ^(NS)	60 días ^(NS)
	Media ± D.E ^σ	Media ± D.E ^σ	Media ± D.E ^σ
6% de proteína	59.13±1.62 ^(x)	59.21±3.33 ^(x)	60.13±1.39 ^(x)
8% de proteína	59.13±1.62 ^(x)	59.00±0.80 ^(x)	63.79±1.25 ^(y)
Comercial ENLASA®FRESH 15EC	59.13±1.62 ^(x)	58.52±1.57 ^(x)	61.04±3.03 ^(x)
Sin Recubrimiento	59.13±1.62 ^(x)	58.23±1.82 ^(x)	62.07±0.82 ^(y)
CV (%)	3.65		

Nota. NS: no hubo diferencias significativas.

^{xyz} Promedios con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes a través del tiempo (P < 0.05).

CV (%): Coeficiente de Variación. σ : Desviación Estándar. NS: No significancia.

La razón por la cual se infiere que hubo un aumento en los valores blancos del interior del camote se debe a una interacción entre procesos fisiológicos naturales en donde se dan reacciones enzimáticas que degradan el contenido de carotenoides de un producto (Melendez 2004).

Es posible afirmar entonces que los diferentes procesos de almacenamiento y uso de recubrimientos o comerciales no afectan el color interno de la pulpa de camote en un período de 60 días, siendo el resultado similar si el camote se deja sin recubrir.

Resultados de Valor a* Interno

El valor a* indica los colores de verde a rojo, siendo verde los valores negativos y rojo los valores positivos (Goñi 2015). Los tratamientos no mostraron diferencias significativas entre sí (P > 0.05) pese a este resultado. El efecto del tiempo fue muy significativo (P < 0.05) entre todos los tratamientos, en el Cuadro 11 se evidenció que si existieron cambios notorios en las tres medidas de tiempo.

Del día 0 al 30 se mostró un aumento del valor a* de aproximadamente un 15 a 20% entre todos los tratamientos lo que indica valores rojos más notorios debido a que la maduración aumentó a medida pasaron los primeros 30 días y se presenta una degradación de la clorofila responsable de los colores verdes en los frutos y hortalizas. A medida que aumentan los días, se inicia una síntesis de

carotenoides en los almidones de las hortalizas y el valor a^* aumenta considerablemente (Lancaster et al. 1997).

Para el día 60 hubo cambios muy bruscos en el descenso del valor a^* de los camotes independientemente del tratamiento evaluado. Porcentualmente el valor a^* descendió entre un 48 a 46% aproximadamente. Esta pérdida se relaciona con una degradación de los mismos carotenoides que se generaron en el mayor punto de madurez entre el día 30. La razón por la cual se degradan estos compuestos responsables de la pigmentación en el camote se debe a que son compuestos altamente insaturados lo que provoca una gran inestabilidad por factores como cambios de pH, temperatura, luz y humedad relativa (Melendez 2004). Algunos de estos aspectos ambientales tuvieron que ser modificados para realizar este estudio por motivos de tiempo para acelerar el punto de deterioro de los camotes.

Cuadro 11

Resultados del valor a^ interno del camote durante los 60 días*

Tratamiento	a^* en tiempo de almacenamiento		
	0 días	30 días	60 días
	Media \pm D.E $\sigma^{(NS)}$	Media \pm D.E $\sigma^{(NS)}$	Media \pm D.E $\sigma^{(NS)}$
6% de proteína	27.44 \pm 2.43 ^(x)	33.02 \pm 3.84 ^(y)	17.82 \pm 3.99 ^(z)
8% de proteína	27.44 \pm 2.43 ^(x)	34.40 \pm 0.36 ^(y)	16.84 \pm 1.69 ^(z)
Comercial ENLASA® FRESH 15EC	27.44 \pm 2.43 ^(x)	34.01 \pm 1.40 ^(y)	17.43 \pm 1.66 ^(z)
Sin Recubrimiento	27.44 \pm 2.43 ^(x)	32.12 \pm 2.87 ^(y)	16.62 \pm 1.83 ^(z)
CV (%)	3.02		

Nota. ^{abc} Promedios con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes con respecto al tratamiento (P<0.05).

^{xyz} Promedios con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes a través del tiempo (P < 0.05).

CV (%): Coeficiente de Variación. σ : Desviación Estándar. NS: No significancia.

Resultados de Valor b* Interno

El color interno del tejido del camote puede variar desde naranja hasta blanco o amarillento entre distintos cultivares (Almeida 1992). El espectro b* representa la cantidad de valores azul y amarillo en un color, siendo las cantidades negativas para azul y positivas para amarillo. A través del tiempo hubo una diferencia significativa en todos los tratamientos ($P < 0.05$), se muestra que entre los días 0 al 30 no existieron cambios notorios en ninguno de los tratamientos.

Por su parte a través del tiempo en el día 60 todos los tratamientos mostraron una notoria diferencia significativa ($P < 0.05$) donde el tratamiento con 8% de proteína disminuyó su valor b* en un 22%, el tratamiento con 6% de proteína disminuyó en un 27%, el comercial con una reducción del 28% y el tratamiento sin recubrimiento con un valor porcentual en caída de valor b* del 28%.

Los resultados indican que los primeros 30 días los recubrimientos fueron efectivos para mantener los valores característicos de amarillo en el interior del camote, sin embargo, a causa del tiempo prolongado de almacenamiento, los camotes presentaron un aumento en los valores de azul en el día 60.

La razón de este evento se explica gracias a que la formación de ciertas manchas pardas en el interior del camote son efecto de una acción enzimática principalmente provocada por la enzima polifenol oxidasa que tiene un mayor impacto en alimentos con un tiempo de cosecha mayor (Gasull y Becerra 2006) como ser el caso de los camotes en su día 60 mostrados en el Cuadro 12.

Cuadro 12

Resultados del valor b interno del camote durante los 60 días*

Tratamiento	b* en tiempo de almacenamiento		
	0 días	30 días	60 días
	Media ± D.E ^{σ(NS)}	Media ± D.E ^{σ(NS)}	Media ± D.E ^{σ(NS)}
6% de proteína	51.21±1.02 ^(x)	51.87±1.47 ^(x)	37.53±8.78 ^(y)
8% de proteína	51.21±1.02 ^(x)	49.44±1.80 ^(x)	38.48±1.62 ^(y)
Comercial ENLASA® FRESH 15EC	51.21±1.02 ^(x)	49.32±0.72 ^(x)	35.16±0.20 ^(y)
Sin Recubrimiento	51.21±1.02 ^(x)	47.75±1.89 ^(x)	34.54±3.17 ^(y)
CV (%)	2.64		

Nota.NS: No hubo diferencias significativas.

^{xyz}: Promedios con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes a través del tiempo (P < 0.05).

CV (%): Coeficiente de Variación. σ : Desviación Estándar. SN: Sin significancia.

Resultados de Valor Hue Interno

En el Cuadro 13 se reportó el valor Hue interno mostrado por los camotes. El cual no tuvo diferencias significativas entre cada tratamiento (P > 0.05) sin embargo, a través del tiempo hubo un notorio cambio en los tratamientos con 8% de proteína, comercial ENLASA FRESH 15EC y sin recubrimiento; con aumentos en los valores del día 30 al 60 aproximados de un 18, 13 y 12% respectivamente. Por tanto, es posible inferir que al cabo de los 60 días de almacenamiento los colores y tonalidades del camote en su parte interna fueron de un naranja mayormente opaco llegando a percepciones ligeramente marrones para todos los tratamientos (Anexo D).

Las razones por las cuales se considera que existieron estos resultados es que debido al incremento de los sólidos solubles hay una asociación a la madurez del producto, por tanto, a medida la madurez del producto avanza, el color y el contenido de sólidos solubles va evolucionando (Solórzano y Salazar 2015). Y en el caso de este experimento el aumento de los sólidos solubles demostró un aumento significativo en el valor hue al cabo de los 60 días de almacenamiento. Asimismo, el efecto enzimático del polifenol oxidasa tuvo un impacto en los cambios de los valores de hue interno. la enzima polifenol oxidasa genera condiciones visuales inaceptables en los parámetros de calidad de los productos vegetales (Gasull y Becerra 2006).

Cuadro 13*Resultados del valor hue interno del camote durante los 60 días*

Tratamiento	Hue en tiempo de almacenamiento		
	0 días	30 días	60 días
	Media \pm D.E σ (NS)	Media \pm D.E σ (NS)	Media \pm D.E σ (NS)
6% de proteína	61.52 \pm 3.60 ^(x)	58.35 \pm 4.44 ^(x)	64.13 \pm 1.87 ^(x)
8% de proteína	61.52 \pm 3.60 ^(x)	55.25 \pm 1.33 ^(x)	67.44 \pm 2.11 ^(y)
Comercial ENLASA® FRESH 15EC	61.52 \pm 3.60 ^(x)	55.46 \pm 0.75 ^(x)	67.77 \pm 11.80 ^(y)
Sin Recubrimiento	61.52 \pm 3.60 ^(x)	56.38 \pm 1.48 ^(x)	64.44 \pm 1.08 ^(y)
CV (%)	6.12		

Nota. ^{abc} Promedios con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes con respecto al tratamiento (P<0.05).

^{xyz} Promedios con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes a través del tiempo (P < 0.05).

CV (%): Coeficiente de Variación. σ : Desviación Estándar. NS: No significancia.

Resultados de Valor Croma Interno

El término croma o también llamado matiz hace referencia a una frecuencia dominante en la que se encuentra un color y se entiende como una mezcla de dos colores. Croma es la fuerza del color o la intensidad de un tono distinto. En el sistema de colores CIE-Lab, los valores de luminosidad L* van de cero (negro) a 100 (blanco), a* indica el ángulo hue en una escala de verde (-60) a rojo (+60); b* indica el ángulo hue en una escala de azul (-) a amarillo (+) (Atzingen y Machado Pinto e Silva 2005).

La pureza de los colores del camote en su interior no mostró diferencias significativas entre cada tratamiento (P > 0.05). Sin embargo, existe un notorio cambio de pureza a través del tiempo. Los primeros 30 días de almacenamiento el color interno del camote mantuvo su pureza sin cambios significativos, sin embargo, al cabo del día 60 el croma de los camotes en su interior sufrió un descenso en todos los tratamientos.

Los tratamientos formulados a base de proteína de suero con 8 y 6% tuvieron un descenso del 31% en su valor de croma, por su parte el tratamiento comercial y sin recubrimiento tuvieron una reducción del 33%. Al descender el valor de croma en el color interno de los camotes se infiere que las razones por las cuales ocurrió este evento fueron a causa de una degradación de carotenoides presentes en el camote.

La razón por la cual se degradan estos compuestos responsables de la pigmentación en el camote se debe a que son compuestos altamente insaturados lo que provoca una gran inestabilidad por factores como cambios de pH, temperatura, luz y humedad relativa (Melendez 2004). Al desintegrarse estos compuestos dan entrada a otras tonalidades de color que cambian significativamente el valor de pureza o croma de los camotes a través del tiempo, tal como se presenta en el Cuadro 14.

Cuadro 14

Resultados del valor croma interno del camote durante los 60 días

Tratamiento	Croma en tiempo de almacenamiento		
	0 días	30 días	60 días
	Media \pm D.E $\sigma^{(NS)}$	Media \pm D.E $\sigma^{(NS)}$	Media \pm D.E $\sigma^{(NS)}$
6% de proteína	58.35 \pm 0.85 ^(x)	61.98 \pm 1.79 ^(x)	42.94 \pm 10.20 ^(y)
8% de proteína	58.35 \pm 0.85 ^(x)	60.60 \pm 1.52 ^(x)	42.00 \pm 3.46 ^(y)
Comercial ENLASA®FRESH 15EC	58.35 \pm 0.85 ^(x)	60.03 \pm 1.50 ^(x)	40.02 \pm 0.25 ^(y)
Sin Recubrimiento	58.35 \pm 0.85 ^(x)	57.80 \pm .31 ^(x)	38.73 \pm 3.94 ^(y)
CV (%)	6.91		

Nota. ^{x,y,z} Promedios con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes a través del tiempo (P < 0.05).

Nota. ^{abc} Promedios con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes con respecto al tratamiento (P < 0.05).

CV (%): Coeficiente de Variación. σ : Desviación Estándar. NS: No significancia.

Conclusiones

A lo largo del estudio se demostró que los recubrimientos proteicos tienen la capacidad de retardar la pérdida de ambas texturas, humedad y pérdidas de color, llegando a presentar mejores resultados ante al uso de ENLASA ®FRESH 15 EC.

El efecto del recubrimiento con 8% de proteína concentrada, obtuvo un mejor resultado en los parámetros de ambas texturas, diámetro y valor hue externo.

El tratamiento de 6% de proteína concentrada presentó mejores resultados para los parámetros de humedad, valor L externo e interno y valor hue interno a lo largo del tiempo.

Recomendaciones

Utilizar los rangos de temperatura y humedad relativa recomendados por la literatura citada.

Evaluar el recubrimiento de proteína concentrada en otro tipo de productos como ser manzanas, guayabas, frutas estrellas, entre otros.

Reducir las temperaturas de elaboración del recubrimiento debido a que en ocasiones la mezcla sufría bruscos cambios de color a causa de una reacción de Maillard.

Referencias

- Ac Pangán MF, Albizú Portillo HC, Francisco Bueso J, Luis Osorio F. 2011. Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de proteína de suero de leche para queso Cheddar [Tesis]. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 1 de jun. de 2022]. <http://hdl.handle.net/11036/48>.
- Almeida M. 1992. Relationship between carotenoid content and hunter lab colour parameters of Brazilian sweet potato (*Ipomea batatas* Lam.). Revista Espanola de Ciencia y Tecnologia de Alimentos; [consultado el 1 de jun. de 2022]. 32. <https://eurekamag.com/research/009/328/009328177.php>.
- Almonacid R. 2012. Descripción del modelo de color HSL (Hue, Saturation, Ligthness) [Tesis]. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid; [consultado el 1 de jun. de 2022]. http://guiadigital.uam.es/SCUAM/documentacion/pdfs_a_descargar/color.pdf.
- Álvarez-Herrera JG, Rozo-Romero X, Reyes AJ. 2015. Comportamiento poscosecha de frutos de ciruela (*Prunus salicina* Lindl.) en cuatro estados de madurez tratados con etileno. Rev. Colomb. Cienc. Hortic; [consultado el 1 de jun. de 2022]. 9(1):46. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v9n1/v9n1a05.pdf>. doi:10.17584/rcch.2015v9i1.3745.
- Alvis A, Jiménez J, Arrazola G. 2015. Caracterización de las Propiedades Mecánicas de dos Variedades de Batata (*Ipomoea batatas* Lam). Inf. tecnol; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 26(4):75–80. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000400010>. doi:10.4067/S0718-07642015000400010.
- Andrade RD, Blanquicett K, Rangel RD. 2016. Efecto del pH, Sólidos Solubles y Zumo Adicionado sobre el color y la Vitamina C de Zumo de Naranja Agria Cocrystalizado. Inf. tecnol; [consultado el 1 de jun. de 2022]. 27(6):129–134. https://www.researchgate.net/publication/311160361_Efecto_del_pH_Solidos_Solubles_y_Zumo_Adicionado_sobre_el_color_y_la_Vitamina_C_de_Zumo_de_Naranja_Agria_Cocrystalizado. doi:10.4067/S0718-07642016000600013.
- Atzingen MC von, Machado Pinto e Silva ME. 2005. Evaluación de la textura y color de almidones y harinas en preparaciones sin gluten. Ciencia y Tecnologia Alimentaria; [consultado el 1 de jun. de 2010]. 4(5):319–323. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/11358120509487658?needAccess=true>. doi:10.1080/11358120509487658.
- Bapat VA, Trivedi PK, Ghosh A, Sane VA, Ganapathi TR, Nath P. 2010. Ripening of fleshy fruit: molecular insight and the role of ethylene. Biotechnol Adv; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 28(1):94–107. eng. doi:10.1016/j.biotechadv.2009.10.002.
- Barco P, Burbano A, Medina M, Mosquera S, Villeda H. 2009. Efecto de recubrimiento natural y cera comercial sobre la maduración del banano (*Musa sapientum*). Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial; [consultado el 30 de may. de 2022]. 7(2). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612009000200010.
- Bonilla J. 2009. Manual de cultivo de camote (*Ipomoea Batatas*). Nicaragua: [sin editorial]; [consultado el 1 de jun. de 2022]. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01B715.pdf>.
- Cantwell M. 2007. Las condiciones de almacenamiento del camote van determinadas por los índices de calidad para exportación, entre ellos se establece que los camotes deben ser lisas y firmes con una forma y tamaño uniforme, sin daños físicos y que tengan Sweet potato production in

- California. [Tesis]. California: University of California; [consultado el 1 de jun. de 2022]. <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/7237.pdf>.
- Castillo R, Brenes A. 2014. Evaluación agronómica de trece genotipos de camote (*Ipomoea batatas* L.) [Tesis]. Costa Rica: Universidad de Costa Rica, Agronomía Costarricense; [consultado el 1 de jun. de 2022]. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43632676006.pdf>.
- Chacha Curillo CE. 2016. Utilización de tres tipos de recubrimientos comestibles en la conservación postcosecha de *Carica papaya* L. [tesis]. Ecuador: Escuela Superior politécnica de Chimborazo; [consultado el 2 de jun. de 2022]. <https://1library.co/document/zgwdl9vy-utilizacion-recubrimientos-comestibles-conservacion-postcosecha-carica-papaya-papaya.html>.
- Chacón A, Reyes Y. 2009. Efecto del empaque sobre la textura y el color del camote (*Ipomoea batatas* L.) durante el proceso de "curado". Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 20:47–57. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43711514006>.
- Chiralt B. 2007. Propiedades físicas de los alimentos. Valencia: [sin editorial]. ISBN: 9788483631584; [consultado el 2 de jun. de 2022].
- Cobeña G. 2018. Incidencia de poblaciones de siembra y longitudes de guía en rendimiento de variedades de camote (*Ipomoea batatas*). Revista Espamciencia; [consultado el 1 de jun. de 2022]. 33–36. https://www.researchgate.net/publication/325604174_INCIDENCIA_DE_POBLACIONES_DE_SIEMBRA_Y_LONGITUDES_DE_GUIA_EN_RENDIMIENTO_DE_VARIEDADES_DE_CAMOTE_EFFECT_OF_SEED_POPULATIONS_AND_GUIDE_LENGTH_ON_YIELD_OF_CAMOTE_VARIETIES_RESUMEN_Estacion_Experimental_.
- Coolong T, Seebold K, Bessin R, Woods T, Fanning S. 2014. Sweet potatoes for Kentucky. [sin lugar]: University of Kentucky; [consultado el 2 de jun. de 2022]. <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/id/id195/id195.pdf>.
- Dapeng Z. 2000. Breeding methods in sweet potato. Second international training course on sweet potato production; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 4–13. <https://doi.org/10.1023/A:1026520507223>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2014. Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 10 de feb. de 2022]. 10 p. <https://www.fao.org/3/i3942s/i3942s.pdf>.
- García AD, Pérez MY, García AA, Madriz PM. 2016. Caracterización postcosecha y composición química de la batata (*Ipomoea batatas* (L.) Lamb.) variedad Topera. Agronomía Mesoamericana: Universidad Central de Venezuela. 287-300; [consultado el 26 de may. de 2022]. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/21426>.
- Gasull E, Becerra D. 2006. Caracterización de Polifenoloxidasas Extraídas de Pera (cv. *Packam's Triumph*) y Manzana (cv. *Red Delicious*). Inf. tecnol; [consultado el 1 de jun. de 2022]. 17(6). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000600012. doi:10.4067/S0718-07642006000600012.
- Gilabert EJ. 2002. Medida del color. [Valencia]: Universidad Politécnica de Valencia. 541 p. ISBN: 9788497051743; [consultado el 1 de jun. de 2022].

- Goñi S. 2015. Color measurement from digital images. Argentina: Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos; [consultado el 1 de jun. de 2022]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/45660>.
- Granda D, Medina Y, Culebras M, Gómez C. 2014. Desarrollo y caracterización de una película activa biodegradable con antioxidantes (alfa-tocoferol) a partir de las proteínas del lactosuero. *Vitae*; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 21(1):11–19. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169831207002>.
- Hertog M, Tijskens L, Hak PS. 1997. The effects of temperature and senescence on the accumulation of reducing sugars during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers: A mathematical model. *Postharvest Biology and Technology*. 10(1):67–79. doi:10.1016/S0925-5214(97)87276-6.
- Ibrahium M, Ahmed H. 2014. Effect of replacement of wheat flour with mushroom powder and sweet potato flour on nutritional composition and sensory characteristics of biscuits [Tesis]. Egipto: Al-Azhar University; [consultado el 1 de jun. de 2022]. https://www.researchgate.net/publication/323616757_Effect_of_Replacement_of_Wheat_Flour_with_Mushroom_Powder_and_Sweet_Potato_Flour_on_Nutritional_Composition_and_Sensory_Characteristics_of_Biscuits.
- Ishiguro K, Noda T, Yamakawa O. 2003. Effect of Cultivation Conditions on Retrogradation of Sweetpotato Starch. *Starch/Stärke*; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 55(12):564–568. doi:10.1002/star.200300189.
- Johnson M, Pace RD. 2010. Sweet potato leaves: properties and synergistic interactions that promote health and prevent disease. *Nutr Rev*; [consultado el 1 de jun. de 2022]. 68(10):604–615. eng. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20883418/>.
- Kader A. 2002. Post-harvest technology of horticultural crops [Tesis]. Oakland: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Publication. 535 p; [consultado el 2 de jun. de 2022]. <http://www.scielo.org.co/scieloOrg/php/reflinks.php?refpid=S0304-2847200700020001900016&lng=es&pid=S0304-28472007000200019>.
- Lancaster JE, Lister CE, Reay PF, Triggs CM. 1997. Influence of Pigment Composition on Skin Color in a Wide Range of Fruit and Vegetables. *Jashs*; [consultado el 1 de jun. de 2022]. 122(4):594–598. <https://journals.ashs.org/jashs/view/journals/jashs/122/4/article-p594.xml>. doi:10.21273/JASHS.122.4.594.
- Lardizábal R. 2003. Manual de Producción de Camote. La Lima, Cortes: Fintrac CDA; [consultado el 1 de jun. de 2022]. https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/Manual_de_Produccion_de_Camote.pdf.
- Lavariaga K. 2021. Camote: origen y beneficios. *Gourmet México*: [sin editorial]; [consultado el 1 de jun. de 2022]. <https://gourmetdemexico.com.mx/comida-y-cultura/camote-conoce-su-origen-y-beneficios/>.
- León B, Rodríguez L. 2013. Manual de Producción de Camote. Danlí, Honduras: Cámara de comercio industrial de Danlí; [consultado el 1 de jun. de 2022]. Aprendizaje escuela superior. http://www.agronegocioshonduras.org/wp-content/uploads/2014/06/manual_de_cultivo_de_camote_para_exportacion.pdf.

- Martínez ME, Balois R, Alia-Tejacal I, Cortes-Cruz MA, Palomino-Hermosillo YA, López-Gúzman GG. 2017. Postcosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Remexca*; [consultado el 2 de jun. de 2022]. (19):4075–4087. doi:10.29312/remexca.v0i19.674.
- McHugh TH. 2000. Protein-lipid interactions in edible films and coatings. *Nahrung*; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 44(3):148–151. doi:10.1002/1521-3803(20000501)44:3<148:AID-FOOD148>3.0.CO;2-P.
- Melendez A. 2004. Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides [Tesis]. Sevilla: Universidad de Sevilla; [consultado el 1 de jun. de 2022]. https://www.researchgate.net/publication/262738748_Importancia_nutricional_de_los_pigmentos_carotenoides.
- Mendoza C, Rolando R. 2017. Obtención de polihidroxialcanoatos a partir del suero lácteo por cultivos microbianos mixtos [tesis]. La Coruña: Centro de investigaciones científicas avanzadas; [consultado el 2 de jun. de 2022]. <http://hdl.handle.net/2183/20354>.
- Mohanraj R, Sivasankar S. 2014. Sweet potato (*Ipomoea batatas L. Lam*)--a valuable medicinal food: a review. *J Med Food*; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 17(7):733–741. eng. doi:10.1089/jmf.2013.2818.
- Mora O, López DF, Cuatin LY, Andrade JC. 2016. Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de lactosuero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica de uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Acta Agron*; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 65(4):326–333. doi:10.15446/acag.v65n4.50191.
- Mora Palma RM, Feregrino Pérez AA, Contreras Padilla M. 2021. Recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. *Ciencia Latina*; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 5(4):4605–4625. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/644/856>. doi:10.37811/cl_rcm.v5i4.644.
- Morales Posada NB, Robayo Rodríguez AE. 2015. Recubrimientos para frutas: Tecnología en Gastronomía, Facultad de Artes y Arquitectura. *Alimentos hoy*; [consultado el 13 de may. de 2022]. 23(35):20–32. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/312/280>.
- Motes JE, Criswell JT. 2006. Sweet potato production. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 2 de jun. de 2022]. <http://www.osuextra.com/>.
- Ojijo N. 1991. Objective evaluation of quality changes in stored sweet potatoes [tesis]. Kenia: University of Nairobi; [consultado el 2 de jun. de 2022]. http://erepository.uonbi.ac.ke/bitstream/handle/11295/96095/Ojijo_Objective%20Evaluation%20Of%20Quality%20Changes%20In%20Stored%20Sheet%20Potatoes.pdf?sequence=2.
- Payasi A, Mishra NN, Chaves ALS, Singh R. 2009. Biochemistry of fruit softening: an overview. *Physiol Mol Biol Plants*; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 15(2):103–113. eng. doi:10.1007/s12298-009-0012-z.
- Pérez J. 2019. Tabla del pH de los Alimentos. El Salvador: Universidad de El Salvador; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 23 p. https://www.academia.edu/41203163/Tabla_del_pH_de_los_Alimentos.
- Rajendran. 1990. Origen, evolución y distribución del boniato (*Ipomoea batatas (L.) Lam.*). Colombia: Centro de Investigación Motilonia, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria; [consultado el 1 de jun. de 2022]. https://www.academia.edu/47762151/ORIGEN_

EVOLUCI%C3%93N_Y_DISTRIBUCI%C3%93N_DEL_BONIATO_Ipomoea_batatas_L_Lam_UNA_REVISI%C3%93N.

- Renee A, Zuñiga A. 2018. Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha; [consultado el 1 de jun. de 2022]. 19(2):5–8. <https://www.redalyc.org/journal/813/81357541001/81357541001.pdf>.
- Ruíz E. 2012. Manual Técnico Para Cultivo de Camote: (*Ipomoea Batatas*). Ciudad de Panamá: [sin editorial]; [consultado el 1 de jun. de 2022]. https://issuu.com/sarigua/docs/manual_te__cnico_de_la_siembra_de_c.
- [SAG] Secretaria de Agricultura y Ganadería. 2018. SAG: Exportaciones de camote suben a 18,000 toneladas. Honduras: Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG) ; [consultado el 1 de jun. de 2022]. <http://www.elsoldehonduras.com/nacionales/sag-exportaciones-de-camote-suben-a-18000-toneladas/>.
- [SAG] Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras. 2017. Exportaciones de camote suben a 18,000 toneladas. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 1 de jun. de 2022]. <https://sag.gob.hn/>.
- Scott T. 2019. Brix as a Metric of Fruit Maturity. [sin lugar]: Felix Instruments; [consultado el 2 de jun. de 2022]. <https://felixinstruments.com/blog/brix-as-a-metric-of-fruit-maturity/>.
- [SENASA] Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria. 2018. Honduras exporta camote orgánico a Europa. Tegucigalpa: [sin editorial]; [consultado el 1 de jun. de 2022]. <http://senasa.gob.hn/index.php/12-noticias/41-honduras-exporta-camote-organico-a-europa>.
- [SENASA] Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria. 2020. Honduras exporta camote a Europa. Tegucigalpa: [sin editorial]; [consultado el 1 de jun. de 2022]. <https://senasa.gob.hn/index.php/12-noticias/392-a-pesar-de-pandemia-continua-exportacion-de-camote-a-europa>.
- Shojaei M, Eshaghi M, Nateghi L. 2021. Investigation of Nano-Biocomposite for Kashar Cheese and Ground Meat Packaging. Journal of Nutrition and Food Security (JNFS); [consultado el 1 de jun. de 2022]. 6:127–136. doi:10.18502/jnfs.v6i2.6063.
- Solórzano, Salazar. 2015. Correlación entre la medida del color del fruto y la concentración de sólidos solubles totales en frutilla o fresa (*Fragaria ananassa Duch.*) [Tesis]. Argentina: Universidad Nacional de Tucumán; [consultado el 1 de jun. de 2022]. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-369X2015000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- Sugri I, Maalekuu BK, Kusi F, Gaveh E. 2017. Quality and Shelf-life of Sweet Potato as Influenced by Storage and Postharvest Treatments. Trends in Horticultural Research; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 7(1):1–10. doi:10.3923/thr.2017.1.10.
- Tovar B, Mata M, García H, Montalvo E. 2011. Efecto de emulsiones de cera y q-metilciclopropeno en la conservación poscosecha de guanaba. Revista Chapingo Serie Horticultura; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 17:53–61. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v17nsp1/v17nsp1a9.pdf>.
- Trade Map. 2019. List of importers for the selected product (Roots and tubers of manioc, arrowroot, salep, Jerusalem artichokes, sweet potatoes and similar). [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 2 de jun. de 2022]. https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7c0711%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c2%7c1%7c%7c1.

- Valencia S, Torres J. 2016. Recubrimientos comestibles aplicados en productos de IV y V gamma. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 17:162–174. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81349041004>.
- Valero MF, Ortegon Y, Uscategui Y. 2013. Biopolímeros: avances y perspectivas [Tesis]. Colombia: Universidad de La Sabana; [consultado el 2 de jun. de 2022]. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n181/v80n181a19.pdf>.
- Zambrano J, Briceño S, Materano W, Quintero I, Valera A. 2005. Calidad de los frutos de mango bocado, madurados en la planta y fuera de la planta cosechados en madurez fisiológica. *Agronomía Tropical*; [consultado el 2 de jun. de 2022]. 56(4):41–49. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2005000400001.

Anexos

Anexo A

Fotografías de la cantidad de brotes y mohos en los 4 tratamientos evaluados



Anexo B

Fotografías de la cantidad de brotes y mohos en los 4 tratamientos evaluados



Anexo C

Fotografías de la aplicación ColorMeter Free para color externo e interno



Anexo D

Fotografías del color del camote externo a lo largo del tiempo de almacenamiento



