



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**EFFECTOS DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE
GEL DE SÁBILA (*Aloe vera L.*) Y ACEITE ESENCIAL DE
ORÉGANO (*Origanum vulgare*) EN LA CONSERVACIÓN DE DOS
GENOTIPOS DE OCA (*Oxalis tuberosa Mol*)**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. EVANGELINA NUÑEZ RODRIGUEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2024



Evangelina Nuñez Rodriguez

EFFECTOS DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE GEL DE SÁBILA (Aloe vera L.) Y ACEITE ESENCIAL DE ORÉ

 My Files

 My Files

 Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:417841857

140 Páginas

Fecha de entrega

20 dic 2024, 8:44 a.m. GMT-5

30,238 Palabras

Fecha de descarga

20 dic 2024, 8:47 a.m. GMT-5

149,130 Caracteres

Nombre de archivo

BORRADOR WORD 20122024.pdf

Tamaño de archivo

2.8 MB





11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

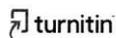
Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.




Dr. Alejandro Coloma Paxi
INGENIERO AGROINDUSTRIAL
CIP: 68697



Dr. Ulises Alvarado Mamani
Sub Director de Investigación
EPIAI - FCA





DEDICATORIA

A mi familia por sus sabios consejos y palabras de aliento, y a todas las personas importantes que me acompañaron durante esta etapa de mi vida.

Evangelina Nuñez Rodriguez



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser el padre amoroso que me cuida, me acompaña y me ayuda en todo momento. ¡Gracias por tu presencia!

A mi madre, aunque ya no esté físicamente presente, siempre la siento cerca de mi corazón, tus recuerdos me han dado fuerza para seguir adelante. Gracias mamá por inculcarme valores de perseverancia y dedicación, sé que siempre estarás presente en cada logro, en cada sonrisa y en cada lágrima.

Expreso mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por su valiosa enseñanza y apoyo.

Mi sincero agradecimiento al Dr. Alejandro Coloma Paxi, director de mi tesis, por su apoyo constante, por su valioso tiempo y por el asesoramiento brindado durante la ejecución de este trabajo de investigación.

Mis agradecimientos a los distinguidos miembros del jurado Ing. Edgar Gallegos Rojas, Dra. Rosario Edely Ortega Barriga y a la M. Sc Nury Yaneth Mayta Barrios; por sus recomendaciones y correcciones del presente trabajo de investigación.

Evangelina Nuñez Rodríguez



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	17
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	20
ABSTRACT.....	21
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL	23
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	25
2.2. MARCO TEÓRICO	29
2.2.1. La oca (<i>Oxalis tuberosa</i> Mol.).....	29
2.2.1.1. Generalidades de la oca.....	29
2.2.1.2. Morfología y estructura general de la oca.....	30
2.2.1.3. Genotipos de la oca	32
2.2.1.4. Clasificación taxonómica de la oca.....	33
2.2.1.5. Composición química.....	34



2.2.1.6.	Cambios en las propiedades fisicoquímicas.....	35
2.2.1.7.	Mecanismos de endulzamiento	35
2.2.2.	Aloe vera	36
2.2.2.1.	Origen.....	36
2.2.2.2.	Descripción botánica.....	36
2.2.2.3.	Clasificación taxonómica.....	37
2.2.2.4.	Composición química del gel.....	37
2.2.3.	Orégano 38	
2.2.3.1.	Clasificación taxonómica.....	38
2.2.3.2.	Composición química del orégano.....	39
2.2.3.3.	Aceite esencial de orégano.....	40
2.2.4.	Parámetros de calidad	41
2.2.4.1.	Pérdida de peso	41
2.2.4.2.	Acidez titulable	41
2.2.4.3.	pH.....	42
2.2.4.4.	Sólidos solubles.....	42
2.2.4.5.	Color.....	43
2.2.4.6.	Actividad de agua (a_w)	44
2.2.5.	Análisis microbiológicos.....	45
2.2.6.	Placas Petrifilm™ 3M™	45
2.2.7.	Recubrimiento comestible.....	46
2.2.7.1.	Propiedades	47
2.2.7.2.	Compuestos utilizados en los recubrimientos.....	48
2.2.7.3.	Polisacáridos	48
2.2.8.	Aditivos para la elaboración de recubrimientos.....	49



2.2.8.1. Glicerina.....	49
2.2.8.2. Goma xantana	50
2.2.8.2.1. Propiedades	50
2.2.8.2.2. Uso de goma en recubrimiento comestible	51
2.2.9. Aplicación de recubrimiento comestible en frutos.....	51

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	53
3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	53
3.2.1. Materia prima	53
3.2.2. Insumos	53
3.2.3. Reactivos	54
3.3. EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO	54
3.3.1. Materiales	54
3.3.2. Equipos	55
3.3.3. Instrumentos de medición	55
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	56
3.4.1. Metodología para obtención de gel de sábila	56
3.4.1.1. Descripción del proceso para la obtención del gel.....	57
3.4.2. Metodología para elaboración y aplicación del recubrimiento comestible	58
3.4.2.1. Descripción del proceso	59
3.4.2.2. Descripción del proceso	61
3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS	62
3.5.1. Determinación de acidez titulable	62



3.5.2.	Determinación de pérdida de peso	63
3.5.3.	Determinación de pH	63
3.5.4.	Determinación de color	63
3.5.5.	Determinación de solidos solubles.....	64
3.5.6.	Actividad de agua (a_w)	64
3.5.7.	Determinación de análisis microbiológico (mohos y levaduras)	64
3.6.	VARIABLES DE ESTUDIO	65
3.6.1.	Factores de estudio	65
3.6.1.1.	Genotipos de oca.....	65
3.6.1.2.	Formulación del recubrimiento comestible.....	65
3.6.2.	Variables de respuesta	65
3.6.2.1.	Para primer objetivo: Análisis fisicoquímico.....	65
3.6.2.2.	Para el segundo objetivo: Análisis microbiológico.....	66
3.7.	DISEÑO EXPERIMENTAL	66

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS (PÉRDIDA DE PESO, PH, SOLIDOS SOLUBLES, ACIDEZ TITULABLE, COLOR Y ACTIVIDAD DE AGUA), DE DOS GENOTIPOS DE OCA (<i>Oxalis tuberosa</i> <i>Mol.</i>) DURANTE LOS 90 DÍAS DE ALMACENAMIENTO.....	68
4.1.1.	Efecto del recubrimiento comestible en la pérdida de peso	68
4.1.2.	Determinación de pH	71
4.1.3.	Determinación de sólidos solubles.....	74
4.1.4.	Determinación de acidez titulable.....	78



4.1.5. Determinación de color	81
4.1.5.1. Determinación de color L*	81
4.1.5.2. Determinación de color b*	85
4.1.5.3. Determinación de color a*	89
4.1.6. Determinación de actividad de agua	93
4.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE EL CRECIMIENTO MICROBIANO (Mohos y Levaduras) APLICADOS EN DOS GENOTIPOS DE OCA (<i>Oxalis tuberosa</i> Mol.) DURANTE LOS 90 DÍAS DE ALMACENAMIENTO.....	96
4.2.1. Determinación de Levaduras.....	96
4.2.2. Determinación de mohos.....	99
V. CONCLUSIONES	103
VI. RECOMENDACIONES	104
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
ANEXOS.....	115

Área: Ingeniería y tecnología.

Tema: Propiedades físicas y estructurales.

Fecha de sustentación: 27 de diciembre del 2024.



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Forma y tamaño de la oca	33
Tabla 2 Clasificación taxonómica de la oca.....	34
Tabla 3 Composición química de la oca en estado fresco y deshidratado	34
Tabla 4 Datos taxonómicos de Aloe vera.....	37
Tabla 5 Componentes químicos de Aloe vera.....	37
Tabla 6 Datos taxonómicos de órgano (Origanum vulgare)	38
Tabla 7 Compuestos químicos del orégano	39
Tabla 8 Recuento de microorganismos (Levaduras).....	125
Tabla 9 Recuento de microorganismos (Mohos)	125
Tabla 10 Análisis de Varianza (ANOVA), para la pérdida de peso	126
Tabla 11 Análisis de comparación Duncan en la variación de peso, según formulación	126
Tabla 12 Análisis de Varianza (ANOVA), para el pH	126
Tabla 13 Análisis de comparación Duncan en a variación de pH, según formulación	127
Tabla 14 Análisis de Varianza (ANOVA), para sólidos solubles.....	127
Tabla 15 Análisis de comparación Duncan en la variación de sólidos solubles, según genotipo.....	127
Tabla 16 Análisis de comparación Duncan en la variación de sólidos solubles, según formulación	128
Tabla 17 Análisis de Varianza (ANOVA), para Acidez titulable	128
Tabla 18 Análisis de comparación Duncan en la variación de Acidez titulable, según genotipo.....	128



Tabla 19	Análisis de comparación Duncan en la variación de Acidez titulable, según formulación	129
Tabla 20	Análisis de Varianza (ANOVA), para el parámetro de color L*	129
Tabla 21	Análisis de comparación Duncan en la variación del parámetro de color L*, según genotipo	129
Tabla 22	Análisis de comparación Duncan en la variación del parámetro de color L*, según formulación.....	130
Tabla 23	Análisis de Varianza (ANOVA), para el parámetro de color a*	130
Tabla 24	Análisis de comparación Duncan en la variación del parámetro de color a*, según genotipo	130
Tabla 25	Análisis de comparación Duncan en la variación del parámetro de color a*, según formulación.....	131
Tabla 26	Análisis de Varianza (ANOVA), para el parámetro de color b*	131
Tabla 27	Análisis de comparación Duncan en la variación del parámetro de color b*, según genotipo	131
Tabla 28	Análisis de comparación Duncan en la variación del parámetro de color b*, según formulación.....	132
Tabla 29	Análisis de Varianza (ANOVA), para actividad de agua (aw).....	132
Tabla 30	Análisis de comparación Duncan en la variación de actividad de agua (aw), según formulación.....	132
Tabla 31	Análisis de Varianza (ANOVA), para el desarrollo de Levaduras	133
Tabla 32	Análisis de comparación Duncan sobre el análisis microbiológico – Levaduras, según formulación	133
Tabla 33	Análisis de Varianza (ANOVA), para el desarrollo de mohos	134



Tabla 34	Análisis de comparación Duncan sobre el análisis microbiológico – Mohos, según formulación.....	134
-----------------	--	-----



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Cortes transversales de un estolón mostrando la cantidad proporcional de tejido en las zonas principales	31
Figura 2 Planta e inflorescencia de la oca.....	32
Figura 3 Forma y tamaño de la oca.....	33
Figura 4 Espacio de color CIELab.....	43
Figura 5 Diagrama de flujo para obtención de gel de sábila.....	56
Figura 6 Flujograma para elaboración de recubrimiento comestible.....	59
Figura 7 Flujograma para aplicación del recubrimiento comestible.....	60
Figura 8 Comportamiento de pérdida de peso durante el almacenamiento en el genotipo rojo.....	71
Figura 9 Comportamiento de pérdida de peso durante el almacenamiento en el genotipo amarillo.....	71
Figura 10 Efecto de aplicación de recubrimiento en el pH durante el almacenamiento del genotipo rojo.....	74
Figura 11 Efecto de aplicación de recubrimiento en el pH durante el almacenamiento del genotipo amarillo.....	74
Figura 12 Efecto de aplicación del recubrimiento en sólidos solubles durante el almacenamiento del genotipo rojo.....	77
Figura 13 Efecto de aplicación de recubrimiento en sólidos solubles durante el almacenamiento del genotipo amarillo.....	77
Figura 14 Efecto de aplicación de recubrimiento en acidez durante el almacenamiento del genotipo rojo.....	80



Figura 15	Efecto de aplicación de recubrimiento en acidez durante el almacenamiento del genotipo amarillo.....	81
Figura 16	Comportamiento de color L^* durante el tiempo de almacenamiento del genotipo rojo.....	84
Figura 17	Comportamiento de color L^* durante el tiempo de almacenamiento del genotipo amarillo.....	85
Figura 18	Comportamiento de color b^* durante el tiempo de almacenamiento del genotipo rojo.....	88
Figura 19	Comportamiento de color b^* durante el tiempo de almacenamiento del genotipo amarillo.....	89
Figura 20	Comportamiento de color a^* durante el tiempo de almacenamiento del genotipo rojo.....	92
Figura 21	Comportamiento de color a^* durante el tiempo de almacenamiento del genotipo amarillo.....	93
Figura 22	Efecto de aplicación de recubrimiento para actividad de agua durante el almacenamiento del genotipo rojo.....	95
Figura 23	Efecto de aplicación de recubrimiento en actividad de agua durante el almacenamiento del genotipo amarillo.....	96
Figura 24	Crecimiento de levaduras en las muestras del genotipo rojo durante el almacenamiento.....	98
Figura 25	Crecimiento de levaduras en las muestras del genotipo amarillo durante el almacenamiento.....	99
Figura 26	Desarrollo de mohos en las muestras del genotipo rojo durante el almacenamiento.....	101



Figura 27	Desarrollo de mohos en las muestras del genotipo amarillo durante el almacenamiento	102
Figura 28.	Selección de genotipo amarillo	135
Figura 29	Selección de genotipo rojo	135
Figura 30	Insumos para elaboración de recubrimiento comestible	135
Figura 31	Recubrimiento comestible elaborado	136
Figura 32	Genotipo rojo con recubrimiento comestible	136
Figura 33	Genotipo amarillo con recubrimiento comestible	136
Figura 34	Almacenamiento final del genotipo amarillo sin recubrimiento	137
Figura 35	Almacenamiento final del genotipo rojo sin recubrimiento	137
Figura 36	Almacenamiento final del genotipo amarillo con la formulación 3	137
Figura 37	Almacenamiento final del genotipo rojo con la formulación 3	138



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Constancia de espécimen botánico	115
ANEXO 2 Registro de datos de pérdida de peso durante los días de evaluación	116
ANEXO 3 Registro de datos del pH durante los días de evaluación	118
ANEXO 4 Registro de datos de sólidos solubles durante los días de evaluación.....	119
ANEXO 5 Registro de datos de acidez titulable durante los días de evaluación	120
ANEXO 6 Registro de datos del parámetro de color (L^* , a^* , b^*) durante los días de evaluación.....	121
ANEXO 7 Registro de datos de actividad de agua (a_w) durante los días de evaluación.....	124
ANEXO 8 Resultados del efecto del recubrimiento comestible sobre el crecimiento microbiano (mohos y levaduras)	125
ANEXO 9 Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación Duncan para la pérdida de peso	126
ANEXO 10 Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación Duncan para el pH	126
ANEXO 11 Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación Duncan para sólidos solubles	127
ANEXO 12 Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación Duncan para acidez titulable.....	128
ANEXO 13 Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación Duncan para el parámetro de color L^*	129
ANEXO 14 Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación Duncan para el parámetro de color a^*	130



ANEXO 15 Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación Duncan para el parámetro de color b^*	131
ANEXO 16 Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación Duncan para la actividad de agua (a_w).....	132
ANEXO 17 Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación Duncan para el desarrollo de Levaduras.....	133
ANEXO 18 Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación Duncan para el desarrollo de Mohos	134
ANEXO 19 Condiciones ambientales	134
ANEXO 20 Álbum fotográfico	135
ANEXO 21 Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	139
ANEXO 22 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional....	140



ACRÓNIMOS

AEO:	Aceite esencial de orégano.
AE:	Aceite esencial
RC:	Recubrimiento comestible.
MC:	Muestra control.
ANOVA:	Análisis de varianza.
DBCA:	Diseño de bloques completamente al azar.
UFC:	Unidades formadoras de colonia.
%PP:	Porcentaje de Pérdida de Peso.
PF:	Peso final.
PI:	Peso inicial.
PPM:	Partes por millón.
pH:	Potencial de hidrogeniones.
LAB:	Espacio color L*, a* y b*
RPM:	Revoluciones por minuto.
MIN:	Minutos.
L:	Litros.
MI:	Mililitros.
°C:	Grados Celsius.
G:	Gramos.
K:	Kilogramos.
H.R:	Humedad relativa
AOAC:	Association of Official Analytical Chemists methods.



RESUMEN

La oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) es un tubérculo andino con mayor cultivo después de la papa, sin embargo, su alto contenido de humedad (80.1%) lo convierte en un alimento perecedero, para evitar pérdidas y su valor nutricional es fundamental desarrollar métodos de conservación. Por ello, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del recubrimiento comestible a base de gel de sábila (*Aloe vera* L.) y aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de dos genotipos de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) durante su almacenamiento. Para ello, se desarrollaron tres diferentes formulaciones, para lo cual, se utilizó las siguientes concentraciones: Aceite esencial de orégano (1%, 2% y 3%) y gel de sábila (50%, 60% y 70%). Se determinó la pérdida de peso (método gravimetría), color (método colorimétrico), pH, sólidos solubles, acidez titulable, actividad de agua (a_w) y análisis microbiano (mohos y levaduras) por UFC. Los datos obtenidos se analizaron mediante un DBCA con arreglo factorial con tres repeticiones. El método de comparación Múltiple de Duncan nos indicó con mejores resultados a la formulación 3 (70% de gel de sábila y 3% de aceite esencial de orégano), que presenta menor pérdida de peso con 6.98%, pH (5.17), sólidos solubles (4.76 °Brix), acidez (0.04%), color: L^* 47.75, a^* 14.41, b^* 17.92, a_w (0.98) y crecimiento microbiano: mohos (ausente) y levaduras (1×10^2 Ufc/g), siendo el genotipo amarillo el mejor. Por lo tanto, el recubrimiento comestible demostró su mayor efectividad en la conservación de sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas en el genotipo amarillo por 90 días.

Palabras clave: Aceite esencial, Genotipos, Propiedades fisicoquímicas, Recubrimiento comestible.



ABSTRACT

Oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) is an Andean tuber with the greatest cultivation after the potato, however, its high moisture content (80.1%) makes it a perishable food; to avoid losses and its nutritional value it is essential to develop methods of conservation. Therefore, the objective of this research work was to determine the effect of the edible coating based on aloe vera gel (*Aloe vera* L.) and oregano essential oil (*Origanum vulgare*) on the physicochemical and microbiological properties of two oca genotypes (*Oxalis tuberosa* Mol.) during storage. For this, three different formulations were developed, for which the following concentrations were used: Oregano essential oil (1%, 2% and 3%) and aloe vera gel (50%, 60% and 70%). Weight loss (gravimetry method), color (colorimetric method), pH, soluble solids, titratable acidity, water activity (aw) and microbial analysis (molds and yeasts) were determined by CFU. The data obtained were analyzed using a DCA with factorial arrangement with three repetitions. Duncan's Multiple comparison method indicated the best results for formulation 3 (70% aloe vera gel and 3% oregano essential oil), which presents less weight loss with 6.98%, pH (5.17), soluble solids. (4.76 °Brix), acidity (0.04%), color: L* 47.75, a* 14.41, b* 17.92, aw (0.98) and microbial growth: molds (A) and yeasts (1×10^2 CFU/g), the best being the yellow genotype. Therefore, the edible coating demonstrated its greatest effectiveness in preserving its physicochemical and microbiological properties in the yellow genotype for 90 days.

Keywords: Essential oil, Genotypes, Physicochemical properties, Edible coating.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los cultivos de raíces y tubérculos son alimentos básicos en Asia, África y América Latina, por ser la principal fuente de calorías (AGS FAO, 2015). La oca (*Oxalis tuberosa Mol.*) es uno de los tubérculos oriundo de los Andes, cultivado principalmente en Ecuador, Perú, y Bolivia (Flores et al., 2003). En el Perú durante el mes de abril de 2024, la producción de oca incrementó +109%, con mayor superficie cosechada en el departamento de Puno, debido a las condiciones climáticas favorables que permitieron obtener mayor rendimiento, comparado con el año anterior (MIDAGRI-DGESEP-DEIA, 2024).

Se afirma que la oca es considerada como una fuente de carbohidratos y ácido ascórbico (Flores et al., 2003), posee beneficios para la salud humana, mejorando la salud cerebral, Alzheimer, elimina las manchas por el contenido de oxalato (Benítez et al., 2016). Sin embargo, los tubérculos se mantienen en buen estado solo por un tiempo determinado, es decir aproximadamente 14 días durante el almacenamiento a temperatura ambiente, al pasar ese tiempo son perecibles a daños por hongos y otros factores fisiológicos (Tapia & Fries, 2007). A consecuencia de ello, se generan pérdidas en la postcosecha, por lo que se requiere técnicas especializadas de manipulación, almacenamiento y conservación con el fin de reducir las pérdidas, extender la duración de los productos y mantener su calidad (AGS FAO, 2015).

Una alternativa más común en la industria de alimentos es el uso de las películas y recubrimientos comestibles, lo que disminuye el deterioro de la calidad fisicoquímica y organoléptica, retardando la maduración, reduciendo la pérdida de peso por deshidratación, mejora el brillo y textura de la corteza. Dentro de estos recubrimientos se



tiene a los polisacáridos, proteínas y lípidos, el gel de sábila es una alternativa muy importante en los recubrimientos debido a sus características mucilaginosas y antimicrobianas, ha llamado el interés de la agroindustria para ser usado como ingrediente funcional en productos de consumo masivo, hoy en día, es parte de diversas investigaciones en conservación de productos frescos como recubrimiento comestible, conservando su calidad y prologando su vida útil (Chauhan et al., 2011). Entre los agentes antimicrobianos añadidos a las películas comestibles pueden tomarse en cuenta a los aceites esenciales (Shaviklo, 2013), estos han mostrado una actividad fungicida contra patógenos post cosecha en un amplio intervalo de hongos (Daferera et al., 2000) como el aceite esencial de orégano al ser rico en carvacrol (66.09%) y timol (1.98%). Hasta el momento, no existen reportes de uso de aloe vera y aceite esencial de orégano para la conservación de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*) en estado fresco.

Por ende, la presente investigación pretende utilizar gel de sábila y aceite esencial de orégano como recubrimiento comestible en la conservación de dos genotipos de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*). Con este propósito se plantearon los siguientes objetivos.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto del recubrimiento comestible a base de gel de sábila (*Aloe vera L.*) y aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de dos genotipos de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*) durante su almacenamiento.



1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar el efecto del recubrimiento comestible sobre las propiedades fisicoquímicas (pérdida de peso, pH, sólidos solubles, acidez titulable, color y actividad de agua), de dos genotipos de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) durante los 90 días de almacenamiento.

Evaluar el efecto del recubrimiento comestible sobre el crecimiento microbiano (mohos y levaduras) aplicados en dos genotipos de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) durante los 90 días de almacenamiento.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Pontigo et al. (2015), desarrollaron un recubrimiento a base de carboximetilcelulosa, incorporando aceite esencial de orégano con efecto antibacteriano y antifúngico para ayudar a resolver problemas de inocuidad y calidad de la papaya. El recubrimiento se elaboró con CMC a una concentración de 0.5%, como plastificante se usó 1% de glicerol, Tween 80 al 0.5% como emulsificante y 5000 ppm de aceite esencial de orégano, para ello, extrajeron el aceite esencial por destilación y arrastre con vapor. La aplicación de recubrimiento sobre las papayas mostró un efecto positivo en el crecimiento de *Salmonella* spp, disminuyendo la población bacteriana hasta 2.5 ciclos log UFC/ml, así mismo la firmeza de las papayas recubiertas se vieron favorecidos con respecto a las papayas sin recubrimiento, siendo este el recubrimiento con efecto antimicrobiano y antifúngico además de favorecer en algunas medidas de calidad.

Uceda (2019), evaluó el efecto de adición de aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) a un recubrimiento comestible sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica de la fresa (*Fragaria vesca* L.) almacenadas en refrigeración durante 9 días. Trabajó a una concentración de 1.5%, 2.0% y 2.5% de aceite esencial, teniendo como resultado la concentración 2% de aceite esencial en las fresas presentó mejores resultados con 8.07 a 8.89% de pérdida de peso y mantuvo el pH en el rango de 3.5 a 3.69 con respecto a los demás tratamientos. Además la acidez se encontró entre 1.18 a 1.60% y °Brix aumento ligeramente encontrándose en el rango de 7.16 a 10.21°Brix durante 9 días de almacenamiento.



Cantero et al. (2016), determinaron el efecto de aplicación de un recubrimiento incorporado con aceite esencial de orégano sobre la calidad y control de antracnosis en pepino fresco. Trabajaron a una concentración de aceite esencial de 500, 750 y 1000 ppm, en el cual, evaluaron en el crecimiento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*. Los pepinos fueron recubiertos y almacenados a 13°C por 20 días, evaluando los parámetros de calidad como el color, respiración, pérdida de peso y efecto antifúngico contra antracnosis, donde el aceite esencial a 1000 ppm presentó al 100% de inhibición no afectando el color en los pepinos, pero si la pérdida de peso y la respiración. El recubrimiento con adición de AEO presentó una barrera antifúngica, obteniendo el 26.3% menos índice de decaimiento respecto a los controles; mejoró la apariencia de los pepinos, pero no fue apto para mantener la calidad de los frutos.

Bautista et al. (2018), evaluaron recubrimientos comestibles biodegradables en la conservación post cosecha de jitomates variedad Kenton de dos estados de madurez y almacenado a 10 y 25°C, elaboraron recubrimientos a base de quitosanos 1% adicionados con aceite esencial de orégano a una concentración de 0.005, 0.01 y 0.03% y el 1% de cera de abeja. Evaluaron pérdida de peso, firmeza, producción de CO₂, etileno, pH, acidez titulable, carotenoides y determinación microbiológica y sensorial. La concentración de AEO con mayor resultado fue 0.03%, el cual, presentó mayor firmeza, pérdida de peso al mínimo, aumento de carotenoides, mayor calidad sensorial respecto al color, olor, sabor y menor severidad de microorganismos como hongos, levaduras, bacterias y fitopatógenos, y mejor calidad sensorial en sabor, aroma y color.

Ramirez (2012), en su trabajo de investigación, evaluó la aplicación de un recubrimiento comestible a base de un gel mucilaginoso de penca de sábila (*Aloe Barbadensis* Miller) sobre la mora de Castilla, para aumentar la vida útil en almacenamiento a temperatura de refrigeración, analizando su comportamiento físico



químico, fisiológico, microbiológico y sensorial durante el período de almacenamiento, para lo cual, aplicó el recubrimiento comestible sobre los frutos por el método de inmersión y secado a temperatura ambiente, las moras fueron empacados en cajas termoformadas los cuales fueron almacenados en refrigeración por diez días, también se sumergieron las moras control en agua destilada y se les realizó el mismo procedimiento posterior. Al evaluar las moras con recubrimiento comestible, presentó menor pérdida de peso (33 % menos), reducción en sólidos solubles, pH y la acidez titulable. Preservando mejor esas propiedades desde el día tres hasta el día diez, en comparación con los frutos control. Por otro lado, las moras con recubrimiento mostraron un retraso en el cambio de color, en la pérdida de firmeza y en el crecimiento bacteriano; por ende, el uso del recubrimiento permitió incrementar la vida útil de las moras por cinco días más a comparación con las moras sin recubrir.

Escamilla (2015), al estudiar los efecto de recubrimiento a base de goma xantana (0.3%), propilenglicol y sacarosa (1, 2%) con diferentes concentraciones de nanoparticulas sólidas a 10 y 15% aplicadas en tomates (*Lycopersicum esculentum*) que fueron almacenados a 12°C por 27 días, se evaluaron perdida de peso, firmeza, pH, °Brix, acidez, color, resultando la goma xantana quien presentó menor perdida de peso respecto al control. Mientras que la concentracion de 10% de nanoparticulas lipidicas solidas, presentó menor perdida de peso al 3%, mantuvo mayor tiempo la firmeza y el color rojo por 27 días de almacenamiento.

Herrera (2018), estudió el efecto del recubrimientos comestible a base de goma de tara y goma xantana aplicadas en la palta (*Persea americana M/II*). La aplicación de recubrimiento se hizo bajo un diseño de mezclas de 23 formulaciones, siendo la formulación 19 (goma de tara al 0.46% + cera de abeja 0.31% + glicerol 1.22% + twen



80 0.1% y agua al 97.9%) a 21°C quien tuvo menor perdida de peso con 13.24% durante 16 dias de almacenamiento.

Molochó & Orbegoso (2016), en su estudio analizó el efecto de recubrimiento comestible elaboradas con sábila (*Aloe vera*) y aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*) en la vida útil del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) almacenadas a 23°C por 12 días. Para su evaluación utilizó la metodología superficie respuesta con diseño estadístico D- optimal. En sus resultados obtuvo 10.38% de pérdida de peso, 0.44% de acidez y pH entre 4.43 a 4.49. Respecto al análisis microbiano mostró ausencia de mohos en los tomates recubiertas en comparación a la muestra control la cual presentó 6×10 UFC/g durante el almacenamiento.

García et al. (2017), en su trabajo de investigación “recubrimiento natural a base de Aloe vera como estrategia de conservación de guayaba”. Realizó siete tratamientos para evaluar 10%, 20% y 30% de Aloe vera y mezclados con 1.5% y 2.5% de glicerol. Tuvo como resultado el mejor tratamiento T5 (30% de Aloe vera y 1.5% de glicerol) ya que tuvo menor pérdida de peso, mantiene un pH óptimo, bajo contenido de °brix, alto contenido en ácido cítrico y el conteo de colonias fue mínimo (UFC) durante 15 días de almacenamiento.

Sánchez et al. (2018), determinó la efectividad del recubrimiento de almidón de maíz extruido sobre los cambios de calidad en papaya minimamente procesada. En sus resultados reportó los valores de L* que se mantuvo en un rango de 52 y 62 siendo este valor dentro de los aceptados por el consumidor, en cuanto a °Brix permaneció constante durante 10 días de almacenamiento mientras que el porcentaje de acidez disminuyó considerablemente presentando valores de 0.055 hasta llegar a 0.030% en los tratamientos muestra control.



Ramos & Guzmán (2023), evaluó el efecto de recubrimiento comestible de mucílago de penca de sábila, aceite esencial de orégano y propóleo en la conservación de palta; trabajo con 4 tratamientos y un tratamiento control. En su resultado el tratamiento T4 (65% de Aloe vera, 2.5 % de aceite esencial de orégano, 0.11% de propóleo) presentó mejores valores de 0.049% a 0.040% respecto a la muestra control que presentó 0.05% a 0.032% durante 15 días de almacenamiento a 25°C.

Kader (2011), indica que los cambios de color en la piel de la frutilla, se originan por la disminución de constituyentes químicos como clorofilas, antocianinas, carotenoides, xantofilas y flavonoides después de la maduración.

Pérez et al. (2016), en su estudio de conservación de mango tommy atkins mediante la aplicación de recubrimiento de aloe vera almacenadas en refrigeración durante 12 días. En su resultado microbiológico, reportó que la aplicación de recubrimiento disminuyó el crecimiento de hongos y levaduras, respecto a la muestra sin recubrimiento sobrepasaron los límites máximos establecidos para el conteo de microorganismos de 1×10^4 UFC/g.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. La oca (*Oxalis tuberosa* Mol.)

2.2.1.1. Generalidades de la oca

La oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) es un cultivo originario de las zonas altoandinas, principalmente cultivada en zonas elevadas de Ecuador, Bolivia y Perú, estos cultivos también se hallan en algunos lugares de Colombia, Venezuela, Argentina y Chile. La forma del tubérculo varía de ovoide a cilíndrica y claviformes. La superficie de la oca puede cambiar



de blanco a crema, naranja, amarillo, rosado hasta morado. Es considerada como una buena fuente de carbohidratos, así como ácido ascórbico o vitamina C (Flores et al., 2003).

La oca es una especie que pertenece a la familia de las Oxalidáceas, cuyos rizomas son muy consumidos como alimento por los habitantes de las sierras de Ecuador, Colombia, Venezuela, Bolivia, en algunas regiones de Chile y Perú. Se considera el alimento de mayor consumo después de la papa, debido a su alto contenido de almidón, así como otros alimentos de alto valor nutricional, en actualidad es considerado un cultivo de gran importancia económica.

En el Perú existen plantaciones de importancia en los departamentos de Cajamarca, Libertad, Ancash, Lima, Huánuco, Junín (Huancayo), Ayacucho, Apurímac, Huancavelica, Arequipa, Cuzco y Puno. La oca es popular en las altas sierras del Perú por ser la planta con mayor resistencia al frío y sequía, soportando mejor las “heladas” que las papas, todas las especies de la oca producen un número elevado de tubérculos por planta. La cosecha se realiza generalmente de abril a mayo (Orbegoso, 2012).

2.2.1.2. Morfología y estructura general de la oca

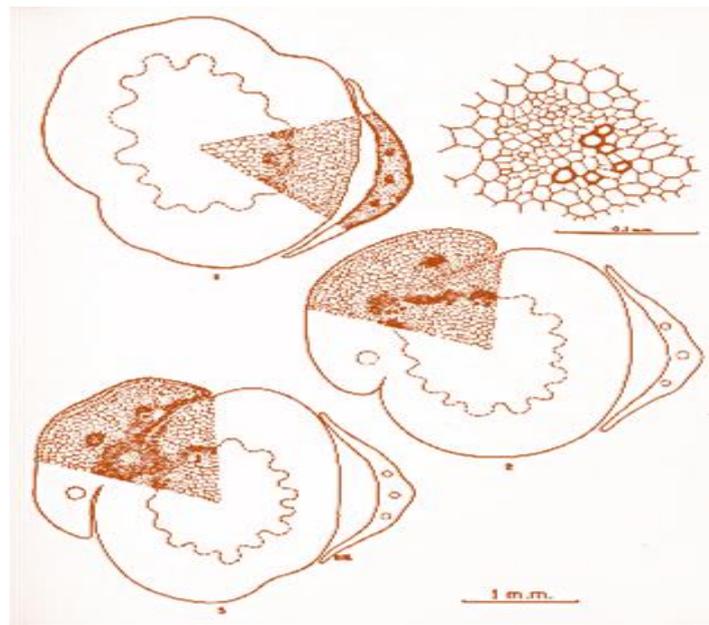
El hábito vegetativo de la oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), es similar a una dicotiledónea herbácea anual. A diferencia de la papa, la oca solo produce una yema por “ojo”, y las plantas adultas nacidas de una de estas yemas, se muestran en forma de matas con tallos simples o ramificados,

que miden de 45 a 65 cm de alto, densamente foliado en la mitad y en la copa del mismo.

La actividad inicial se produce en la medula y la corteza, pero la zona peri medular es la más activa y produce la mayor parte del tejido del rizoma maduro. Para compensar el creciente medular, en la región cortical, peri medular y vascular, se produce un ensanchamiento tangencial y divisiones radicales de células. Durante este periodo comienza la formación de rizoma, las células corticales acumulan gran cantidad de almidón y queda claramente que este es tejido de reserva. Después del crecimiento celular, las zonas pericíclicas y peri medular se convierte en la región de máxima actividad de crecimiento (Orbegoso, 2012).

Figura 1

Cortes transversales de un estolón mostrando la cantidad proporcional de tejido en las zonas principales



Nota: (Orbegoso, 2012).

Figura 2

Planta e inflorescencia de la oca



Nota: (Hernán, 2013).

2.2.1.3. Genotipos de la oca

Los genotipos de la oca se agrupan en tres categorías principales; blanco, amarillo y rojo. Las diferentes tonalidades de color que presenta la oca se derivan de estas tres, variando en la intensidad.

En el Perú los genotipos de la oca no tienen nombres específicos, sino que se identifican según su forma y color. Sin embargo, algunos genotipos reciben denominaciones particulares como: Espeja, cañara, huaricaña, shulmoca, Keni, Ruqui y entre otros.

Tabla 1

Forma y tamaño de la oca

Genotipos de oca	Seudónimos
1	Blanca chica
2	Blanca larga
3	Rosada
4	Espeja
5	Anaranjada larga
6	Negra

Nota: (Orbegoso, 2012).

Figura 3

Forma y tamaño de la oca



Nota: (Orbegoso, 2012).

2.2.1.4. Clasificación taxonómica de la oca

Rosero (2010), desde la perspectiva botánica, la oca se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 2*Clasificación taxonómica de la oca*

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Angiospermae</i>
Clase:	<i>Dicolyledoneae</i>
Orden:	<i>Geraniales</i>
Familia:	<i>Oxalidaceae</i>
Género:	<i>Oxalis</i>
Especie:	<i>Tuberosa</i>

Nota: (Rosero, 2010).

2.2.1.5. Composición química

Mediante el análisis químico proximal se determina la composición química de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*). Chirinos et al. (2009), compararon y describieron la composición química de *Oxalis tuberosa* en estado fresco y deshidratado.

Tabla 3*Composición química de la oca en estado fresco y deshidratado*

Parámetros	Oca fresca	Oca Deshidratada
Humedad (%)	80.1	15.1
Ceniza (%)	3.9	7.3
Azúcares totales (%)	14.1	59.1
Azúcares reductores (%)	4.7	21.9
Azúcares no reductores (%)	9.4	37.2
Fibra (%)	0.8	6.8
Proteína (%)	1.1	8.6
pH	4.54	6.30
Almidón (%)	10.6	23.7
Acido oxálico (mg/100g)	135	31.4

Nota: (Chirinos et al., 2009).



2.2.1.6. Cambios en las propiedades fisicoquímicas

Las propiedades fisicoquímicas de la oca, se ven influenciadas por la manipulación post -cosecha, el tiempo de almacenamiento y asoleo, lo que afecta principalmente su pH. Estudios han mostrado que el pH de las diferentes accesiones de oca varía entre 5.0 a 6.9, siendo 6.3 el valor de pH más común. Las variaciones de pH entre las distintas variedades de oca se deben a las diferencias en su contenido de ácido oxálico. El pH de oca fresca varía entre 4.0 a 6.5 y se incrementa significativamente después de la exposición solar (Castañeta et al., 2022).

2.2.1.7. Mecanismos de endulzamiento

El proceso de endulzamiento de la oca después de la cosecha no está definido claramente, pero se sabe que es estimulado por la radiación solar, algo que no ocurre en otros tubérculos.

El dulzor de la oca se debe a la degradación del almidón por acción de enzimas. Según Knowles et al. (2009), después de la exposición solar, se reduce aproximadamente una tercera parte de almidón original lo que incrementa la concentración de azúcares y por ende el aumento de sólidos solubles. La concentración de sacarosa aumenta significativamente, mientras que la concentración de fructosa y glucosa varía según la variedad de la oca, manteniéndose o incrementándose en algunos casos. El almidón está compuesto por unidades de glucosa con enlaces alfa -(1,4) y alfa -(1,6)(Jiménez & Sammán, 2014).



2.2.2. Aloe vera

2.2.2.1. Origen

Es de origen africana de la península de Arabia, conocida también como Penca de Sábila. Cultivado abundantemente en Venezuela, la cuenca del Caribe, Texas, Arizona y Florida (Ramírez, 2010).

2.2.2.2. Descripción botánica

Planta herbácea perenne, acaule (tallo vegetativo reducido) que produce grandes estolones y raíces fasciculadas. Las hojas de esta planta son gruesas y carnosas, con un tamaño aproximadamente de 50 cm de largo, 10 - 20 cm de ancho y 5 cm de grosor. Su color es verde glauco, tiene una forma estrechamente lanceolada, y se agrupan en una roseta, son sésiles y envainadoras en la base. Los bordes de las hojas están dentados y con espinas. Tallo florífero también conocido como escapo, sobresale por encima de las hojas y sostiene los racimos florales. Estos racimos son de 10 a 30 cm de largo y densos con flores pequeñas y amarillas, que son regulares y en forma de estrella. El fruto es una cápsula coriácea con dehiscencia loculicida y las semillas numerosas y negras (Ramírez, 2010).

2.2.2.3. Clasificación taxonómica

Tabla 4

Datos taxonómicos de Aloe vera

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Liliopsida</i>
Subclase:	<i>Liliidae</i>
Orden:	<i>Asparagales</i>
Familia:	<i>Asphodelaceae</i>
Subfamilia:	<i>Asphodeloideae</i>
Género:	<i>Aloe</i>
Especie:	<i>Aloe vera (L.) Burm.f., 1768</i>

Nota : International Plant - Index, (1768).

2.2.2.4. Composición química del gel

El gel está compuesto especialmente de agua, mucílagos y carbohidratos, ácidos y sales orgánicas, saponinas, enzimas, taninos, heteróxidos antracénicos, esteroides, aminoácidos, triacilglicéridos, ARN, trazas de alcaloides, vitaminas y minerales (Reynolds, 2016).

Tabla 5

Componentes químicos de Aloe vera

Composición	Compuestos
Antraquinonas	Acido aloético, antranol, ácido cinámico, barbaloina, ácido crisofánico, emodina, éster de ácido cinámico, aloína.
Vitaminas	Ácido fólico, vitamina B1, colina, vitamina B2, vitamina B6, betacaroteno.
Minerales	Calcio, magnesio, potasio, zinc, sodio, cobre, hierro, fósforo, cromo.

Carbohidratos	Celulosa, galactosa, glucosa, xilosa, manosa, arabinosa, fructosa, glucomanosa.
Enzimas	Amilasa, lipasa, catalasa, oxidasa.
Aminoácidos	Alanina, ácido aspártico, arginina, ácido glutámico, glicina, histidina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, tirosina, treonina, valina.

Nota: (Hamman, 2008).

2.2.3. Orégano

El género *Origanum* pertenece a la familia de las Lamiaceae y es originario de la región Mediterránea de Europa y Asia. Este género incluye 42 especies y 18 híbridos distribuidos principalmente en Eurasia y el norte de África. Una de las especies más conocidas y destacadas de este género es *Origanum vulgare*, que es acreditada por sus características aromáticas y es ampliamente utilizada en la medicina tradicional (Govindarajan et al., 2016).

2.2.3.1. Clasificación taxonómica

Tabla 6

Datos taxonómicos de órgano (Origanum vulgare)

Reino:	<i>plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Lamiales</i>
Familia:	<i>Lamiaceae</i>
Tribu:	<i>Mentheae</i>
Género:	<i>Origanum</i>
Especie:	<i>Origanum vulgare L.1753</i>

Nota: (Loeza et al., 2020).

2.2.3.2. Composición química del orégano

Dentro de las especies de orégano más conocidas, las principales responsables de la producción de compuestos aromáticos y bioactivos son el carvacrol y el timol, dos monoterpenos que juegan un papel importante en las propiedades medicinales y sensorial del aceite esencial de orégano. sin embargo, en menor medida se encuentra múltiples compuestos, entre ellos se encuentra la alfa- pineno, linalol, trans-sabineno, beta-mirceno, beta-cariofileno y hidrolato de trans-sabineno. Además se encuentran ácido fenólicos carboxílicos, flavonoides, triperpenos y taninos (Veenstra & Johnson, 2019).

Tabla 7

Compuestos químicos del orégano

	Componente	Propiedades
Compuestos volátiles	Carvacrol	Antimicrobianas, antioxidantes, antiinflamatoria
	Timol	Antioxidante, antibacteriano y es responsable del sabor picante y amargo.
	P- Cimeno	Antioxidante
	Linalol	Antiinflamatoria
	Terpinoleno	Antimicrobiano y antioxidante.
	Beta-Cariofileno	Es un terpeno con efectos antiinflamatorias.
Compuestos no volátiles	Acidos fenólicos	Contiene ácido rosmarínico y ácido cafeico con efectos antioxidantes.
	Flavonoides	Contiene quercetina, apigenina y luteolina
	Taninos	Antioxidante

Nota: (Arcila et al., 2004).



El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, reporta la concentración de macronutrientes del Orégano (*Origanum vulgare*) de la siguiente manera: 9.93 g de agua, 9 g de proteína, 4,28 g de lípidos, 68,92 g de carbohidratos y 7,87 g de cenizas, por cada 100 g de orégano seco, también menciona la presencia de minerales como: calcio, hierro, magnesio, fosforo, potasio, sodio, zinc, cobre, manganeso y selenio.

2.2.3.3. Aceite esencial de orégano

El aceite esencial de orégano se compone principalmente de monoterpenos y monoterpenoides que son compuestos volátiles, químicamente, los aceites esenciales están formados por terpenos, monoterpenos y sesquiterpenos (hidrocarburos, alcoholes y cetonas, que pueden ser acíclicos, monocíclicos, bicíclicos a tricíclicos), sustancias azufradas y nitrogenadas (Govindarajan et al., 2016).

Por lo general, el aceite esencial se encuentra en concentraciones que varían entre el 1 y 4% en las hojas de la planta, sus propiedades antioxidantes pueden prevenir el deterioro de los alimentos causados por la oxidación, mientras que sus propiedades antimicrobianas ayudan a inhibir el crecimiento de bacterias y hongos que pueden causar alteraciones en el sabor y textura. Estas propiedades despertaron el interés para la industria alimentaria, porque permiten combatir microorganismos patógenos, favoreciendo la inocuidad y estabilidad de los alimentos (Veenstra & Johnson, 2019).



2.2.4. Parámetros de calidad

2.2.4.1. Pérdida de peso

La pérdida de peso es el factor más importante en el periodo postcosecha de frutos, ya que estas son muy susceptibles a la deshidratación. La velocidad a la que pierden agua dependerá del gradiente de presión de vapor de agua (Velickova et al., 2013). La pérdida de peso de los productos frescos después de la cosecha impacta negativamente tanto en su calidad como en su vida útil y valor comercial. Se debe a la migración de agua del producto al medio que la rodea y por tanto depende de las características del producto y las condiciones de empaque y almacenamiento desde la cosecha hasta el mercado meta, sometidos a condiciones con distintas temperaturas y humedades relativas a lo largo de la agro cadena (Martínez, 2016).

2.2.4.2. Acidez titulable

La determinación de la acidez de alimentos se realiza mediante una valoración ácido-base; que mide la suma de los ácidos minerales y orgánicos presentes. En el caso de frutas y hortalizas, los ácidos más comunes son el cítrico, málico, oxálico y tartárico. A medida que los alimentos maduran, estos ácidos se consumen durante la respiración celular o se transforman en azúcares, lo que provoca una disminución de su contenido de ácidos conforme avanza la maduración. La acidez se valora con Hidróxido de sodio (NaOH) y se expresa en gramos de ácido /100 ml de muestra (Sánchez, 2017).



2.2.4.3. pH

Los productos alimenticios se consideran ácidos si su pH es inferior a 7, y se clasifican en dos categorías: bajo contenido de ácido (pH entre 4.6 y 7) y alimentos muy ácidos (pH inferior a 4.6).

El valor de pH de un alimento está directamente relacionado con la concentración de iones de hidrogeno libres presentes en el. Los ácidos en los alimentos liberan estos iones, que son responsables del sabor ácido característico. El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno. Por lo tanto, si un alimento tiene un pH de 3,0, su concentración de iones de hidrógeno es de 10^{-3} moles/litro (0,001 moles/litro). Mientras que, si el pH es 6,0, la concentración de iones de hidrógeno disminuye a 10^{-6} moles/litro (0,000001 moles/litro). Esto ilustra a medida que el pH aumenta, la concentración de iones de hidrogeno disminuye. Esto explica el hecho, a veces confuso, de que un alimento con un pH bajo es un alimento con un alto nivel de acidez y viceversa (Glynn, 2010).

2.2.4.4. Sólidos solubles

Los sólidos de los alimentos están compuestos principalmente por azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa) y en menor medida por los ácidos orgánicos y proteínas. El contenido de solidos solubles se mide utilizando un refractómetro, que se expresa los resultados en grados brix ($^{\circ}$ Brix). Esta unidad mide la densidad de una solución de sacarosa al 1% a una temperatura de 20 $^{\circ}$ C, lo que permite estimar la cantidad de solidos solubles en la muestra, el valor de $^{\circ}$ Brix se utiliza para determinar el

contenido de azúcares en frutas y otros productos alimenticios (Lizama, 2002).

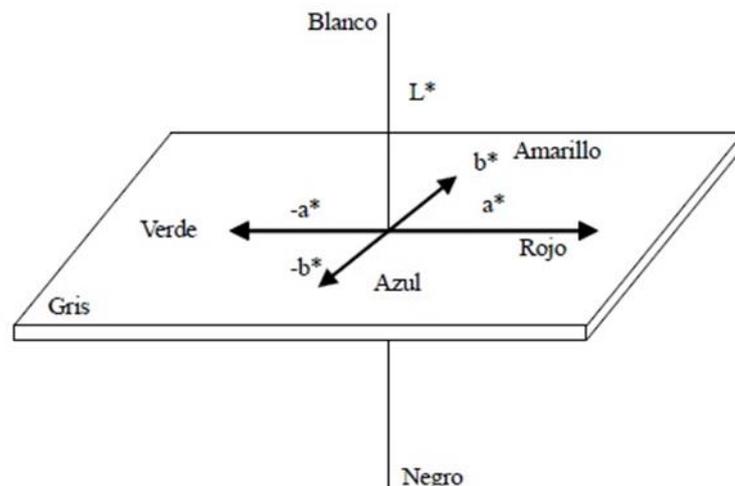
Los sólidos solubles totales en los frutos maduros están formados por compuestos orgánicos que determinan su sabor, color y en general la calidad de las frutas (Medel, 2002).

2.2.4.5. Color

La medición de color en los alimentos, en general de materiales sólidos y semisólidos de diversa naturaleza, se realiza frecuentemente por el sistema CIELab (L^* , a^* y b^*), donde L^* es una medida de brillo/blancura que varía de 0 a 100 (negro si $L^* = 0$; blanco si $L^* = 100$), a^* es un indicador de colores verde y rojo (que tanto es verde y que tanto es rojo) que varía de $-a^*$ y $+a^*$ ($-a^* =$ verde, $+a^* =$ rojo) y b^* es un indicador de colores de azul al amarillo que varía de $-b^*$ y $+b^*$ ($-b^* =$ azul, $+b^* =$ amarillo) (Carballo et al., 2022).

Figura 4

Espacio de color CIELab



Nota: (Carballo et al., 2022).



2.2.4.6. Actividad de agua (a_w)

La actividad de agua (a_w) es un parámetro clave que indica la cantidad de agua disponible en un alimento para permitir reacciones químicas y bioquímicas como la oxidación de lípidos, reacciones enzimáticas y la reacción de Maillard, así como el desarrollo de microorganismos. Por esto la actividad de agua es un indicador importante para predecir la vida útil de los alimentos.

El agua es un componente importante de todos los alimentos. La actividad mínima del agua es el límite por debajo del cual, los microorganismos ya no pueden reproducirse. La actividad de agua para la mayoría de los alimentos se encuentra en el rango de 0,6 a 0,7, lo que es suficiente para permitir la mayoría de las reacciones bioquímicas y microbiológicas, sin embargo el crecimiento microbiano está limitado por la actividad de agua, las bacterias patógenas no pueden crecer si la actividad de agua es inferior a 0,85 a 0,86, mientras que las levaduras y los mohos pueden tolerar una actividad de agua más baja, creciendo a partir de 0,80, pero normalmente no se crecen por debajo de 0,62. Es importante destacar que estos valores pueden variar dependiendo de otros factores como el pH, la salinidad, la presencia de agentes antimicrobianos, el tratamiento térmico y la temperatura. La eliminación de agua, la adición de solutos o el cambio de las interacciones soluto-agua pueden reducir la actividad del agua de un alimento (Shafiur Rahman, 2015).



2.2.5. Análisis microbiológicos

El deterioro de la calidad de alimentos es principalmente causado por la acción de microorganismos como bacterias, hongos y levaduras, que colonizan los entornos de procesamiento y afectan tanto las cualidades organolépticas (sabor, aroma, textura, color), la calidad y la vida útil de los productos. Estos microorganismos presentan un desafío para la industria alimentaria, especialmente en productos con alta actividad de agua y elevado contenido de azúcar, que son más susceptibles al crecimiento de mohos y levaduras debido a su resistencia a condiciones adversas. Las levaduras son resistentes a pH bajos y se asocian comúnmente con alimentos que contienen alta actividad de agua y azúcar como zumos pasteurizados, fruta recién cortada o yogures. Los mohos que son hongos filamentosos, también son resistentes al pH bajo y suelen estar en alimentos procesados y formulados, entre otros.

La mayoría de los mohos no se consideran patógenos, sin embargo, algunos producen toxinas en los alimentos, son estos los que causan ETA (Enfermedades Transmitidas por Alimentos), los mohos forman esporas al igual que las bacterias, estas tienen la función de reproducción mas no de supervivencia. La mayoría de las levaduras alteran los alimentos, pero no causan ETA. Las temperaturas de cocción pueden destruirlas, retardar el crecimiento por refrigeración, la congelación los detiene, aunque ninguna de ellas los mata (Enríquez, 2010).

2.2.6. Placas Petrifilm™ 3M™

La placa Petrifilm 3M es un sistema de medio de cultivo deshidratado listo para sembrar las muestras. La película base de Petrifilm™ está cubierto por



nutrientes deshidratados y agentes gelificantes solubles en frío y una película superior que contiene indicadores que facilitan el conteo de colonias. Las muestras diluidas se inoculan en la superficie de la película base que se extiende en el área determinada, después de la solidificación de la sustancia gelificante, las muestras se incuban a una temperatura determinada. Se realiza el recuento de colonias expresando los resultados en Ufc/ml (Azabache, 2016).

Las placas Petri film 3M ofrece ciertas ventajas, elimina posibles errores en la preparación de medios de cultivo, lo que reduce la variación en los resultados brindando mayor precisión y consistencia entre los resultados. Es destacado por su fácil uso, ocupa menor espacio de almacenamiento, ahorra el tiempo, facilita el recuento de colonias, reducen los residuos y los costes de su eliminación (Roth et al., 2018).

2.2.7. Recubrimiento comestible

Los recubrimientos comestibles son capas delgadas de soluciones formadas por materiales comestibles y biodegradables (polisacáridos, proteínas, lípidos, resinas, ácidos orgánicos, etc.) que se aplican sobre el producto con el objetivo de aumentar su vida útil debido a que permite una transferencia selectiva de gases, vapor de agua y compuestos aromáticos, además brindan protección de daños mecánicos y microbiológicos (Zeuthen & Bogh, 2003).

Los recubrimientos comestibles deben cumplir con una serie de requisitos esenciales para ser eficaces y seguros en su aplicación:

- No deben alterar el sabor ni el olor de los productos.



- Deben constituir una barrera eficaz para el intercambio de vapor de agua, gases (CO₂, O₂, N₂) y otros compuestos volátiles y no volátiles como los aromas.
- Deben ser inocuos, es decir, exentos de tóxicos, microorganismos u otros contaminantes que puedan afectar la seguridad alimentaria.
- La tecnología para la elaboración debe ser sencilla.
- Los costos de materia prima, equipos y elaboración deben ser bajos.

2.2.7.1. Propiedades

Las propiedades funcionales de los recubrimientos comestibles que favorecen a los productos sobre los que se aplican dependen de la naturaleza de sus componentes y de las interacciones entre estos, y pueden ser las siguientes (McHugh et al., 2009).

- Disminuye la pérdida de humedad y por ende la pérdida de peso.
- Reducen la transmisión de gases (O₂, CO₂, N₂), lo que disminuye la TR y controla la oxidación de los compuestos (deterioro del fruto).
- Forman una capa de atmósfera modificada en el interior del fruto.
- Controlan la pérdida de compuestos volátiles relacionados al olor y aroma.
- Mejoran las apariencias (color, brillo, transparencia) del fruto recubierto.



2.2.7.2. Compuestos utilizados en los recubrimientos

Los recubrimientos comestibles están compuestos por una variedad de ingredientes que se pueden tomar en cuenta a los polisacáridos, proteínas, ceras, emulsionantes, gomas, plastificantes, antimicrobianos y componentes nutricionales que pueden incluir vitaminas. Estos compuestos son de fuentes agrícolas, marinas o de subproductos industriales, que proporcionan calidad, estabilidad y protección al alimento (Lin & Zhao, 2007).

2.2.7.3. Polisacáridos

Los recubrimientos basados en polisacáridos tienen excelentes propiedades de barrera al oxígeno, pero son pobres en barrera contra la humedad debido a su naturaleza hidrofílica (Yang & Paulson, 2000).

Las proteínas y polisacáridos, se utilizan ampliamente para la formación de películas y recubrimientos comestibles gracias a que forman recubrimientos con buenas propiedades mecánicas, además son una buena barrera para los gases (oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂)) (Dickinson, 2009).

Los polisacáridos son los hidrocoloides más utilizados en la elaboración de recubrimiento como recubrimientos para frutas y hortalizas, y forman parte de la mayoría de las formulaciones comerciales en el mercado. Los polisacáridos presentan buenas propiedades barrera a los gases y pueden adherirse bien a las superficies de frutas y hortalizas troceadas proporcionando una capa protectora que mejora la conservación,



sin embargo presenta algunas limitaciones por ser hidrofílicos, que constituyen una pobre barrera a la pérdida de humedad por esta razón los recubrimientos basados en polisacáridos a menudo se combinan con otros ingredientes, como plastificantes o emulsionantes para mejorar sus propiedades y equilibrar la retención de humedad y el intercambio de gases. Los polisacáridos más utilizados en la formación de recubrimientos comestibles son: Las pectinas de alto y bajo metoxilo, la celulosa y sus derivados, el alginato, el quitosano, la dextrina, el carragenato, y la goma arábica, guar y xantan (Krochta & De Mulder, 1997).

2.2.8. Aditivos para la elaboración de recubrimientos

En la fabricación de películas y recubrimientos comestibles son añadidos otros componentes para mejorar sus propiedades, entre estos se encuentran los plastificantes, los surfactantes, los emulsionantes, los antioxidantes y los reafirmantes de la textura como el glicerol, sorbitol, polietilenglicol, goma gelana, entre otros (Gutierrez, 2015).

2.2.8.1. Glicerina

La glicerina es un líquido transparente, de consistencia viscosa, totalmente soluble en agua, con un alto punto de ebullición y con un sabor dulce. También se conoce como glicerol, 1,2,3-propanetriol, trihidroxipropano o aditivo alimentario E-422, un alcohol de azúcar de glicerol que fue obtenido por primera vez mediante la saponificación del aceite de oliva (Muller & Borges, 2008). Hoy en día la Glicerina proviene de la producción de biodisel a base de aceite soja o palma, y es un producto considerado verde, por su mismo origen. Su obtención es con una pureza



superior al 80% y tras su refinación alcanza una pureza del 99.7%, convirtiéndola así en un insumo estratégico para numerosas industrias por sus diversos usos y aplicaciones.

Algunos autores consideran al glicerol, un polialcohol que se encuentra como glicéridos en grasas animales y vegetales, como el plastificante más adecuado para elaborar películas a base de polímeros solubles en agua (Muller & Borges, 2008).

2.2.8.2. Goma xantana

2.2.8.2.1. Propiedades

La goma xantana, (también conocida como goma xantano) es un polisacárido de alto peso molecular que se obtiene mediante la fermentación de carbohidratos por la bacteria *Xanthomonas Campestris*. En la estructura de este polisacárido tiene una cadena principal muy semejante a la de la celulosa, donde se encuentran grupos de oligosacáridos unidos en las ramificaciones (Bello, 2000).

La goma xantana presenta estabilidad para suspensiones y emulsiones, además son muy sensibles a las variaciones de pH, de 1 a 13 y la viscosidad es prácticamente constante, así mismo es resistente a la degradación enzimática (Bello, 2000).

Este polisacárido puede ser soluble en agua fría y caliente, se hidrata rápidamente una vez dispersa y facilita la retención de agua produciendo soluciones viscosas a baja concentración. Las soluciones de goma xantana son altamente Pseudoplásticas lo cual mejora las



características sensoriales del producto final y garantiza un alto grado de mezclado (Carmona, 2015).

2.2.8.2.2. Uso de goma en recubrimiento comestible

Debido a que las formulaciones de los recubrimientos comestibles elaborados a base de polisacáridos principalmente pectinas, gomas, quitosano y los derivados de celulosa, presentan muy buenas propiedades de barrera; actualmente la goma guar y xantana se utilizan como componente en estas formulaciones, actuando como ligantes de agua, estabilizadores y formadores de viscosidad. La goma xantana al dispersarse fácilmente en agua, provoca que se obtenga alta consistencia rápidamente tanto en sistemas calientes como fríos, lo cual es una ventaja en la elaboración de las cubiertas para alimentos (Morales & Santacruz, 2017).

2.2.9. Aplicación de recubrimiento comestible en frutos

La aplicación de recubrimientos comestibles es uno de los métodos más efectivos para aumentar la vida útil de los frutos, ya que estos recubrimientos actúan como barrera al intercambio de gases, reduciendo las alteraciones microbiológicas y teniendo un efecto similar al almacenamiento en atmósfera modificada o controlada (Vargas et al., 2008).

La importancia del uso de una PC o RC en aplicaciones alimentarias, es fundamental para aquellos alimentos altamente perecederos, como los son los productos hortofrutícolas; el empleo y selección de una película o recubrimiento comestible se basa en ciertas características tales como costo, disponibilidad,



atributos funcionales, propiedades mecánicas (tensión y flexibilidad), propiedades ópticas (brillo y opacidad), su efecto barrera para gases, resistencia estructural al agua, a microorganismos y su aceptabilidad sensorial (Cerón, 2010).



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Las pruebas experimentales del recubrimiento comestible a base de gel de sábila (*Aloe vera l.*) y aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*), aplicadas en dos genotipos de oca, se ejecutaron en los siguientes laboratorios: Laboratorio de Postcosecha (Evaluación fisicoquímica) y Microbiología de alimentos (análisis microbiológico); ubicados en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano - Puno, a condiciones de 3827 m.s.n.m., en el periodo del mes de Junio a Setiembre del 2024.

3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

3.2.1. Materia prima

- Genotipos de oca (rosado y amarillo) procedentes del distrito de Yunguyo, cerca al lago Titicaca con una altitud de 3.839 msnm, longitud: O69°5'24.68", latitud: S16°16'58.12".
- Penca de sábila (*Aloe vera L*) procedentes de la provincia de Convención Cusco, adquirido en el establecimiento bio naturista flor de vida del distrito de Juliaca.

3.2.2. Insumos

- Aceite esencial de Orégano adquirida del establecimiento Bio naturista flor de vida.
- Goma xantana adquirida de la empresa "industria alimentaria -Puno".



- Glicerina, al 85% de pureza adquirido del Laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

3.2.3. Reactivos

- Fenolftaleína al 1%
- Solución de NaOH 0.1N

3.3. EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

Para la investigación del efecto del recubrimiento en la conservación de dos genotipos de oca, se usaron los siguientes materiales, instrumentos de medición y equipos:

3.3.1. Materiales

- Luna de reloj (9 cm x 9 cm x 3 cm).
- Toallas de microfibra (30 cm x 30 cm).
- Agua destilada.
- alcohol 96°, 100X-1LT.
- Gradilla de plástico- polipropileno (PP).
- Tubos de ensayo (16 x 125 mm).
- Papel Kraft (45 g 75 x 120 cm).
- Papel aluminio (Pro A - 40 cm).
- Micropipeta (0.5 ul - 1ml).
- Mechero bunsen.
- Dispensador de plástico 100 ml.
- Pinza (acero inoxidable 10 cm).
- Cinta Masking Pegafan 550 (2 x 55 Yds).



- Boquillas de pipeta universal (LEINZZO - polipropileno 1000uL).
- Marcador indeleble (Best 421 negro Blíster).
- Piseta de plástico (polietileno 250 ml).
- Pipetas graduadas (PYREX de 10 ml).
- Probeta graduada (PYREX de 100 ml).
- Vasos precipitados (PYREX de 50 ml y 1000 ml).
- Petrifilm 3M (Hongos y levaduras).
- Guantes de látex desechables, Talla S.

3.3.2. Equipos

- Agitador magnético (modelo CAT 400 °C y 1200 rpm).
- Autoclave (marca SM, modelo LS).
- Balanza analítica (modelo TM-PAI 214C. rango 210 - 0.0001 g).
- AQUALAB 4TEV.
- Incubadora (marca Gemmy industrial, modelo IN-601).
- Licuadora (Ostering, capacidad 1.5L).
- Contador de colonias (modelo SS, potencia 4W).

3.3.3. Instrumentos de medición

- Refractómetro digital (escala 0 – 85 HI96801-HANNA).
- Colorímetro portátil (modelo SC 20).
- Bureta de titulación (borosilicato - Schilling/Bürkle 10 ml).
- pH- metro (Mi 150- Milwaukee).
- Termómetro (LABTECBIO, temperatura: -10 a 150°C).
- Termohigrómetro (TTH-002, temperatura: 0 a 100°C - HR: 10 a 95 %).

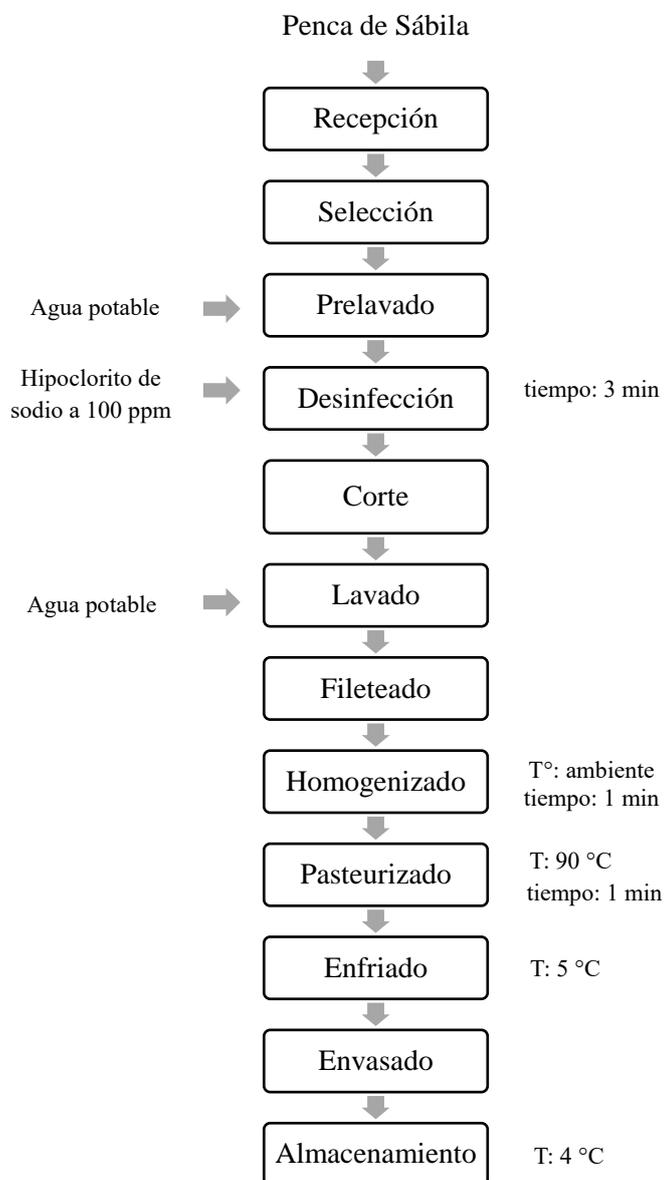
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1. Metodología para obtención de gel de sábila

La metodología aplicada para la obtención de gel de sábila (*Aloe vera L.*), se desarrolló siguiendo la metodología propuesta por (Meza, 2020), la cual se muestra en la figura 5.

Figura 5

Diagrama de flujo para obtención de gel de sábila





3.4.1.1. Descripción del proceso para la obtención del gel

- **Recepción:** Se pesaron 10 Kilos de pencas de sábila en una balanza industrial.
- **Selección:** Se seleccionó las pencas de sábila que se encontraron en óptimas condiciones sin ningún tipo de golpes, libre de abolladuras y cicatrices que se producen durante el transporte, se escogieron los de mejor aspecto en cuanto al color, tamaño y sin signo de daño, marchito o muerto.
- **Prelavado:** Se realizó el primer lavado manualmente, depositando las pencas de sábila en una tina con agua, para ello se utilizará guantes de látex para facilitar la eliminación de suciedad de las pencas, como polvos que se impregnaron durante el traslado.
- **Desinfección:** Se desinfectó las pencas de sábila con una solución de agua e hipoclorito de sodio a 100 ppm durante 3 minutos.
- **Corte:** Se realizó el corte de la penca en la parte inferior para eliminar los filos y espinos de los extremos y excluir el acíbar de aloe vera y con ello iniciar el lavado.
- **Lavado:** Se colocó las pencas en un cubo con agua, el lavado se realizó manualmente utilizando los guantes de látex, se tomó una penca de sábila y se deslizó con la mano para así excluir el acíbar del gel, posteriormente, en otra tina con agua se dejó en reposo durante seis horas, esto para eliminar el amargor y olor propio de sábila.
- **Fileteado:** El fileteado se realizó manualmente utilizando un cuchillo, donde se retiró suavemente la cáscara.



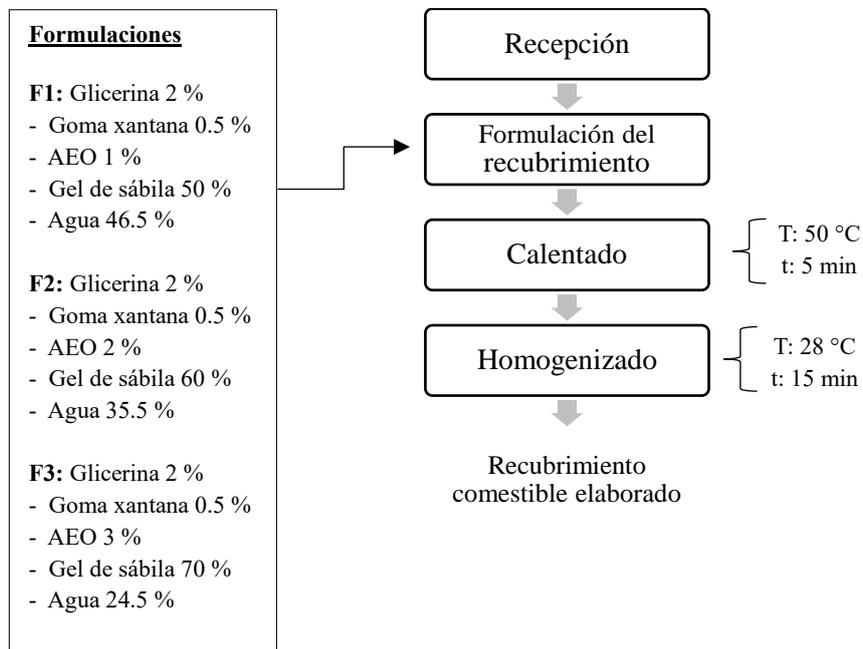
- **Homogenizado:** Este procedimiento se realizó cortando la pulpa de sábila en trozos pequeños con un promedio de 2 cm y se licuó durante 1 min a temperatura ambiente, esto para evitar su pardeamiento.
- **Pasteurizado:** El gel de sábila se pasteurizó a una temperatura de 90°C durante un minuto.
- **Enfriado:** En este proceso, el gel de sábila se enfrió de forma rápida utilizando cubos de hielo en una tina, en el cual se colocó la olla, hasta bajar la temperatura a 5°C, a continuación, se añadió el conservante ácido ascórbico con una dosis de 5 g/kg de pulpa, el ácido ascórbico se añadió con el fin de evitar el pardeamiento del gel, con la ayuda de una cuchara se removió para disolver el conservante en todo el producto.
- **Envasado:** El gel de sábila se envasó en botellas de plástico (PET) de un litro.
- **Almacenamiento:** El gel se almacenó en refrigeración a una temperatura de 4 °C, para conservar sus propiedades fisicoquímicas.

3.4.2. Metodología para elaboración y aplicación del recubrimiento comestible

En la figura 6 y 7, se presenta el diagrama de flujo para elaboración y aplicación de recubrimiento comestible en los genotipos de oca (rojo, amarillo).

Figura 6

Flujograma para elaboración de recubrimiento comestible



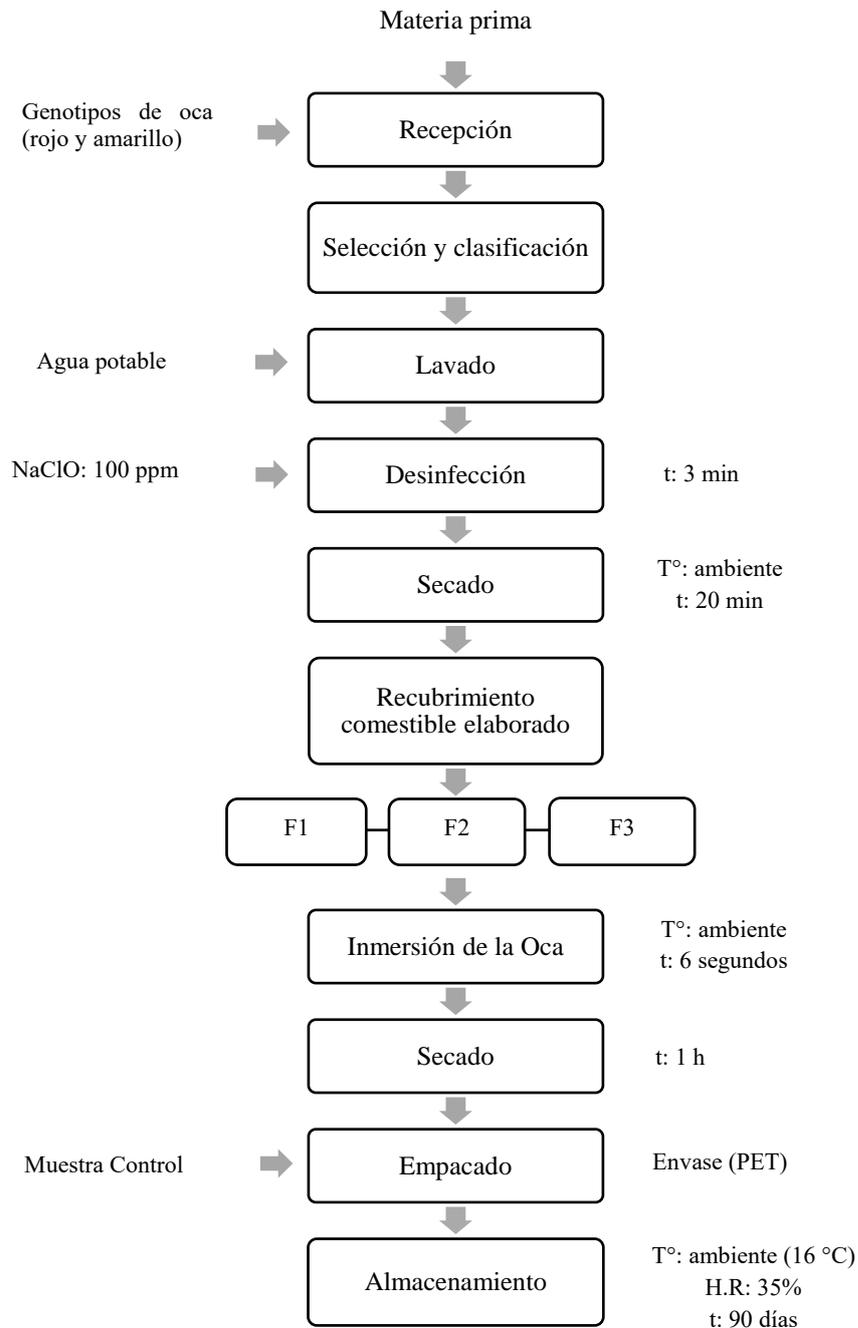
3.4.2.1. Descripción del proceso

- **Recepción:** Se obtuvieron insumos como aceite esencial del orégano (AEO), glicerina, goma xantana, gel de sábila y agua destilada para las respectivas formulaciones.
- **Formulación del recubrimiento:** Se preparó tres formulaciones de recubrimiento comestible con diferentes porcentajes de aceite esencial de orégano y gel de sábila, para la glicerina y goma xantana los porcentajes se mantuvieron constantes.
- **Calentado:** En un vaso precipitado Pírex, se calentó agua destilada y glicerina a una temperatura de 50 °C durante 5 minutos en un agitador magnético a 400 rpm.
- **Homogenizado:** Se adicionó aceite esencial de orégano y goma xantana a una temperatura de 28 °C, a continuación, se agregó gel

de sábila para ser homogenizada conjuntamente en un agitador magnético a 1000 rpm durante 15 minutos.

Figura 7

Flujograma para aplicación del recubrimiento comestible





3.4.2.2. Descripción del proceso

- **Recepción:** Como materia prima se emplearon dos genotipos de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) con 15 días de cosecha, 3 kilos por cada formulación y muestra control (12 kilos de oca roja y 12 kilos de oca amarilla) siendo un total de 24 kilos.
- **Selección y clasificación:** Se seleccionó y se clasificó por tamaños (grandes, medias y pequeñas) con formas alargadas, sin cortes y libre de enfermedades que se producen en los cultivos de oca.
- **Lavado:** Se realizó un lavado inmenso en un recipiente de plástico con agua potable, el lavado se hizo por inmersión retirando todos los restos de tierra adheridos en los ojos de la oca.
- **Desinfección:** Las ocas se desinfectaron con una mezcla de agua con hipoclorito de sodio a 100 ppm durante 3 minutos.
- **Secado:** Una vez desinfectada las ocas, se secaron manualmente utilizando toallas absorbentes para retirar el exceso de agua, esto durante 20 min.
- **Inmersión de la oca:** Se aplicaron las tres formulaciones de recubrimiento a los dos genotipos de oca, por el método de inmersión durante 6 segundos a temperatura ambiente.
- **Secado:** El proceso de secado de las ocas recubiertas se realizó usando el compresor de aire frío durante 40 min.
- **Empacado:** Una vez secado las muestras de oca, se empacó según las formulaciones, genotipo y la muestra control en envases transparentes de plástico (PET) perforados.



- **Almacenamiento:** Se almacenó las muestras con recubrimiento comestible y muestra control de ambos genotipos de oca a temperatura ambiente con un promedio de 16 °C y H.R de 35 % por 90 días, durante este periodo se evaluaron cada 15 días los parámetros como pérdida de peso, acidez titulable, pH, sólidos solubles, color, actividad de agua y crecimiento microbiológico (mohos y levaduras) cada 30 días.

3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.5.1. Determinación de acidez titulable

La determinación de acidez se refiere al contenido de ácidos existentes en la oca. Para la cuantificación de porcentaje de ácido oxálico, se utilizó el método volumetría, el cual consiste en pesar 5 g de muestra de oca, en un vaso precipitado agregar 45 ml de agua destilada, colocar la muestra y agua destilada en una licuadora marca Oster. una vez licuada la muestra, tomar 9 ml del sobrenadante de la alícuota con una pipeta de capacidad de 10 ml en un vaso precipitado de 25 ml; agregar tres gotas de fenolftaleína, y llevar a la bureta de titulación borosilicato - Schilling/Bürkle 10 ml y agregar lentamente el hidróxido de sodio al 0.1N hasta que ocurra la reacción química donde se torna a un ligero rosa y registrar el gasto de NaOH. Los resultados obtenidos se expresan en forma de porcentaje de ácido oxálico (AOAC 947.05, 1990).

$$\%Acidez = \frac{V_{NaOH} * N * Meq}{Volumen\ de\ la\ muestra} * 100$$

Nota:

V: volumen de solución de NaOH usado



N: Normalidad del NaOH = 0.1 N

Meq: Mili equivalente del Ácido Oxálico: 0.045

3.5.2. Determinación de pérdida de peso

La pérdida de peso (%PP) se determinó por gravimetría mediante la diferencia entre pesos, tomando el peso inicial (P_i) menos el peso del fruto al final (P_f) del almacenamiento y expresando los resultados como porcentaje de pérdida de peso (%) mediante la siguiente ecuación (A.O.A.C, 1995).

$$\%pp = \frac{P_{inicial} - P_f}{P_{inicial}} \times 100$$

Nota:

% PP: pérdida de peso

Pi: peso inicial

Pf: peso final

3.5.3. Determinación de pH

Para determinar el pH se utilizó un potenciómetro de marca Milwaukee-modelo Mi 150. Para llevar a cabo la medición, se pesó 5g de oca, y se añadió 45 ml de agua destilada, estos fueron licuados y filtrados; la medida de pH se realizó por medición directa introduciendo el electrodo en la muestra líquida (AOAC 973.41, 1998).

3.5.4. Determinación de color

Para el análisis de color se utilizó un colorímetro SC20, a través del modelo cromático del sistema CIE $L^*a^*b^*$ (CIE, 1986).



Donde:

L^* : es el valor de claridad/oscuridad (+ = claro; - = oscuro)

a^* : es el eje rojo/verde (+ = rojo; - = verde)

b^* : es el eje amarillo/azul (+ = amarillo; - = azul)

3.5.5. Determinación de sólidos solubles

El contenido de sólidos solubles se determinó por la lectura directa introduciendo una gota del zumo de oca en la prisma de medición del refractómetro, los resultados se expresan en grados °Brix (AOAC, 1990).

3.5.6. Actividad de agua (a_w)

La actividad de agua se determinó usando el equipo AQUALAB – 4TE, que posee un sensor óptico, espejo y sensor de infrarrojos, al cerrar la cámara de medida tanto la muestra y el aire de la cámara entran en equilibrio, proporcionando medidas en intervalos de 0 - 1 según (AOAC, 2012). Para ello, se cortó las muestras de oca en laminas delgadas con un peso de 2 gramos, el cual se introdujo en el equipo AquaLab en porta muestras a una temperatura promedio de 24 °C y se tomó la medida directamente.

3.5.7. Determinación de análisis microbiológico (mohos y levaduras)

Para determinar mohos y levaduras se utilizó las placas petrifilm™ 3M, según el procedimiento descrito por AOAC Método Oficial 997.02 para alimentos, se inoculó 1 mL de las diluciones en las placas petrifilm e incubadas a una temperatura de 28°C durante 48 horas a 5 días. El conteo de colonias se realizó utilizando un contador de colonias. Los resultados se expresan en unidades



formadoras de colonia (ufc/g), para su determinación se empleó la siguiente fórmula:

$$N = \frac{\text{número total de colonias contadas}}{\text{total de muestra sembrada}}$$

3.6. VARIABLES DE ESTUDIO

3.6.1. Factores de estudio

3.6.1.1. Genotipos de oca

- Oca amarilla
- Oca roja

3.6.1.2. Formulación del recubrimiento comestible

- Formulación 1: (Aceite esencial de orégano 1%, gel de sábila 50%, glicerina 2%, goma xantana 0.5%, agua 46.5%).
- Formulación 2: (Aceite esencial de orégano 2%, gel de sábila 60%, glicerina 2%, goma xantana 0.5%, agua 35.5%).
- Formulación 3: (Aceite esencial de orégano 3%, gel de sábila 70%, glicerina 2%, goma xantana 0.5%, agua 24.5%).
- Muestra control.

3.6.2. Variables de respuesta

3.6.2.1. Para primer objetivo: Análisis fisicoquímico

- Pérdida de peso g/día
- Sólidos solubles (°Brix)



- Color (L^* , a^* , b^*)
- pH
- Acidez titulable
- Actividad de agua

3.6.2.2. Para el segundo objetivo: Análisis microbiológico

- Mohos (UFC/g)
- Levaduras (UFC/g)

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para evaluar los datos obtenidos durante la investigación se realizó bajo el DBCA (Diseño de bloques completamente al azar) basado en un arreglo factorial de 2 x 4 con 3 repeticiones, sometidas a 90 días de almacenamiento, para determinar el efecto de los factores de estudio sobre las variables de respuesta; propiedades fisicoquímicas (pérdida de peso, sólidos solubles, color, pH, acidez titulable, actividad de agua) y microbiológicas (mohos y levaduras). La efectividad de los análisis se realizó con la prueba de análisis de varianza (ANOVA) a un 95.0% de significancia, para ello se usó el programa estadístico InfoStat versión 2020.

Modelo estadístico

$$y_{ijk} = \mu + \delta_k + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Nota:

- y_{ijk} = Observación de la variable de respuesta
- μ = Media general
- δ_k = Efecto del k-ésimo bloque (días de almacenamiento)
- A_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A (Genotipo de oca)



- B_j = Efecto del i-esimo nivel del factor B (formulaciones de recubrimiento).
- AB_{ij} = Efecto de la ij-esima interacción de genotipos de oca y formulaciones de recubrimiento.
- ε_{ijk} = Error experimental.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE

SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS (PÉRDIDA DE PESO, PH, SÓLIDOS SOLUBLES, ACIDEZ TITULABLE, COLOR Y ACTIVIDAD DE AGUA), DE DOS GENOTIPOS DE OCA (*Oxalis tuberosa* Mol.) DURANTE LOS 90 DÍAS DE ALMACENAMIENTO

4.1.1. Efecto del recubrimiento comestible en la pérdida de peso

En el Anexo 9 (Tabla 10), se presenta el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %, donde se observa que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para las formulaciones y días de almacenamiento que están considerados como bloques, sin embargo, para los genotipos e interacción no existe diferencia significativa desde el punto de vista estadístico. Por ende, se deduce que la pérdida de peso se ve afectada por las distintas formulaciones de recubrimiento y los días de almacenamiento, por esa razón, fue necesario efectuar la prueba de comparación múltiple de Duncan para confirmar las diferencias estadísticas entre las formulaciones.

La prueba de comparación múltiple de Duncan se muestra en el Anexo 9 (Tabla 11), al 5 % de nivel de significancia, con 4.5530 de error y 35 grados de libertad. En la cual se puede notar una diferencia significativa entre las formulaciones respecto a la variación en el porcentaje de pérdida de peso, siendo la formulación 3 la que obtuvo el mejor resultado con una pérdida de peso de 6.98%. Por otro lado, la formulación 1, 2 y la muestra control presentan una mayor



pérdida de peso, que varía conforme pasa el tiempo de almacenamiento. Estos resultados pueden ser explicados por las condiciones ambientales del almacenamiento, ya que durante la investigación se registró un promedio de 35 % de humedad relativa y una temperatura promedio de 16 °C, estos factores externos podrían acelerar la evaporación del agua presente en los tubérculos de oca debido a las condiciones ambientales secas, afectando principalmente a la muestra control sin cobertura que presentó mayor porcentaje de pérdida de peso en comparación con la formulación 3 (70 % de gel de sábila y 3 % de aceite esencial de orégano) que podría estar relacionada con sus propiedades barrera que retienen la humedad. Molocho & Orbegoso (2016), en su trabajo de investigación registraron menor porcentaje de pérdida de peso de 10.38% en los tomates que fueron tratadas con recubrimiento comestible a base de sábila (*Aloe vera*) y aceite esencial de canela (*cinnamomum verum*) almacenados a 23 °C con humedad relativa de 48 % a 55 % por 12 días. Esta diferencia entre los resultados podría ser, por el tipo de producto estudiado, porcentaje de humedad y temperatura (23°C y 48 -55% de H.R), lo que podría ser un factor favorable para la conservación de los tomates, sin embargo, en caso de los tubérculos de oca a condiciones secas (16 °C y 35% H.R) generaron mayor porcentaje de pérdida de peso.

En la figura 8 y 9, se muestra la comparación de los valores promedio respecto al porcentaje de pérdida de peso de los genotipos rojo y amarillo, que fueron tratadas con recubrimiento comestible a diferentes concentraciones de AEO y gel de sábila, almacenados a temperatura ambiente por 90 días. Se observa que el porcentaje de pérdida de peso para el genotipo rojo y amarillo a diferentes formulaciones y la muestra control se incrementan conforme avanza el tiempo de almacenado, donde la formulación 3 muestra menor porcentaje de pérdida de peso



con 9.7% (genotipo rojo) y 13.29% (genotipo amarillo) y ausencia de brotes en el último día de almacenamiento. La muestra control registró el mayor el porcentaje de pérdida de peso con 28.65% (genotipo rojo) y 24.56% (genotipo amarillo) y desarrollo de brotes en el último día de almacenamiento. Según Grandón, (1983), afirma que los tubérculos son órganos vivos, que durante el almacenamiento tienden a deshidratarse y a brotar después de un período de latencia, notando pérdidas de peso y la calidad. En la presente investigación, se pudo notar que los tubérculos de oca con desarrollo de brotes aumentaron el porcentaje de pérdida de peso en el último día de su almacenamiento debido a la evaporación del agua que se genera a través de la piel y brotes (Palate, 2013). Asimismo García et al. (2017), demuestra que la mayor concentración de sábila (*Aloe vera*) y menor concentración de glicerol influyen disminuyendo la pérdida de agua en los frutos. El menor porcentaje de pérdida de peso que se obtuvo en ambos genotipos de oca durante la investigación fue con la formulación 3, que posiblemente sea la concentración de gel de sábila que retardó el desarrollo de brotes y la disminución del porcentaje de pérdida de peso. Por otro lado, Embuscado & Huber (2009), indican que la menor pérdida de peso en las frutas y hortalizas recubiertas se deben a las propiedades de barrera de difusión de gases de las estomas, que son orgánulos celulares que regulan el proceso de transpiración y el intercambio de gases entre el fruto y el ambiente.

Figura 8

Comportamiento de pérdida de peso durante el almacenamiento en el genotipo rojo

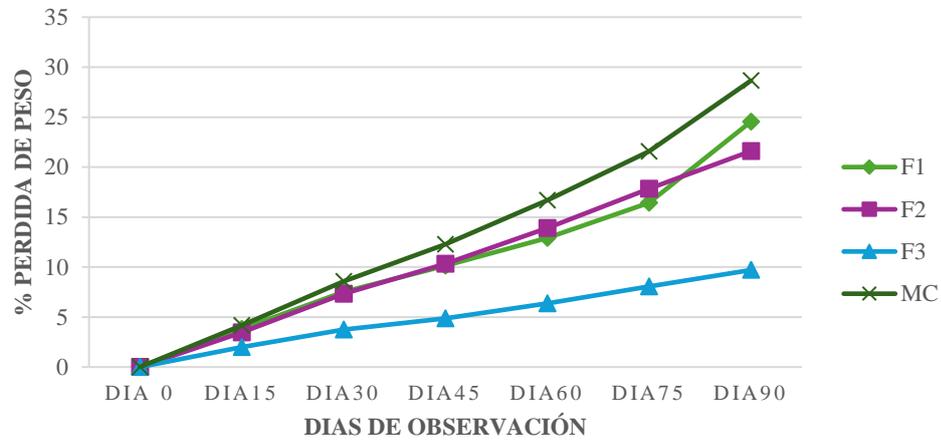
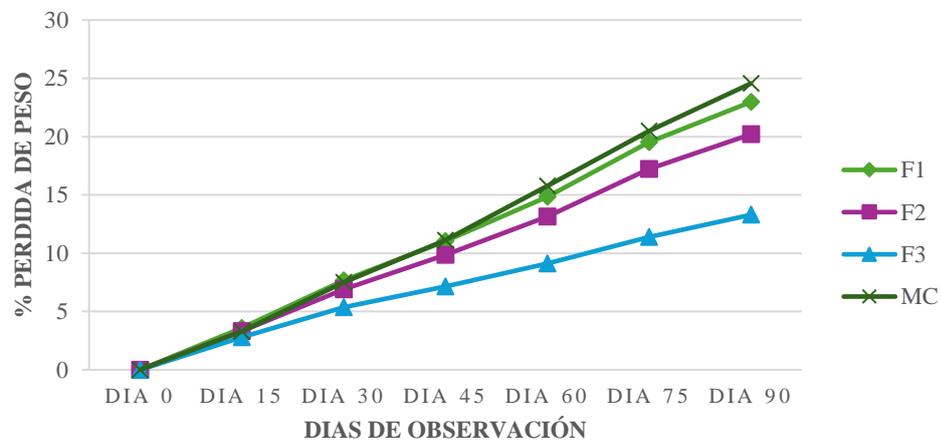


Figura 9

Comportamiento de pérdida de peso durante el almacenamiento en el genotipo amarillo



4.1.2. Determinación de pH

En el Anexo 10 (Tabla 12), se presenta el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %, donde se observa que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para las formulaciones y días de almacenamiento que están considerados como bloques, sin embargo, para los genotipos e interacción no



existe diferencia significativa desde el punto de vista estadístico. Por ende, se deduce que la variación de pH se ve afectada por las distintas formulaciones de recubrimiento y los días de almacenamiento, por esa razón, fue necesario efectuar la prueba de comparación múltiple de Duncan para confirmar las diferencias estadísticas entre las formulaciones.

La prueba de comparación múltiple de Duncan se muestra en el Anexo 10 (Tabla 13), al 5 % de nivel de significancia, con 0.0530 de error y 42 grados de libertad. En la cual se puede notar una diferencia significativa entre las formulaciones respecto a la variación de pH, siendo la formulación 3 la que obtuvo el mejor resultado con un valor de pH de 5.17. Por otro lado, la formulación 1, 2 y la muestra control presentan una mayor variación de pH, que varía conforme pasa el tiempo de almacenamiento. Jimenes (2017) en su estudio sobre el efecto del recubrimiento comestible en la variación de pH, utilizó 70% de Aloe vera en su formulación el cual resultó el mejor tratamiento al poseer el menor valor de pH con 4,09 a diferencia del 30% de Aloe vera que presentó un pH de 5,08 en las papayas de IV Gama. Los resultados obtenidos en la presente investigación tienen alguna relación con lo mencionado por el autor, respecto a la concentración de gel de sábila, donde la formulación 3 (70% de gel de sábila y 3 % de aceite esencial de orégano) obtuvo el menor valor de pH con 5.17 con respecto a las demás formulaciones que tuvieron menor concentración de gel de sábila, por lo tanto, a mayor concentración de gel de sábila proporciona un control más efectivo sobre el pH.

En la figura 10 y 11, se muestra la comparación de medias de la variación de pH de los genotipos rojo y amarillo, que fueron tratadas con recubrimiento comestible a diferentes concentraciones de AEO y gel de sábila, almacenados a



temperatura ambiente por 90 días. Se puede apreciar que la variación de pH para el genotipo rojo y amarillo a diferentes formulaciones y la muestra control se incrementan conforme avanza el tiempo de almacenado, donde la formulación 3 muestra menor incremento de pH con 5.86 (genotipo rojo) y 5.98 (genotipo amarillo) en el último día de almacenamiento. La muestra control registró el mayor incremento de pH con 7.28 (genotipo rojo) y 6.63 (genotipo amarillo) en el último día de su almacenamiento. La variación de pH en los tubérculos de oca se debe a la descomposición de ácidos orgánicos principalmente del ácido oxálico (Castañeta et al., 2022). Asimismo Berbesí et al., (2006) menciona que el incremento de pH se debe a los ácidos orgánicos de reserva que están presentes en las vacuolas de las células, estos son transformados por la propia célula a azúcares. El efecto del recubrimiento comestible, se distingue por reducir el metabolismo activo del fruto, lo que ralentiza el proceso de maduración y reduce la tasa de respiración celular en los tejidos vegetales. Esto limita la degradación de los ácidos orgánicos causando una pequeña variación del pH (Álvarez et al., 2013).

Figura 10

Efecto de aplicación de recubrimiento en el pH durante el almacenamiento del genotipo rojo.

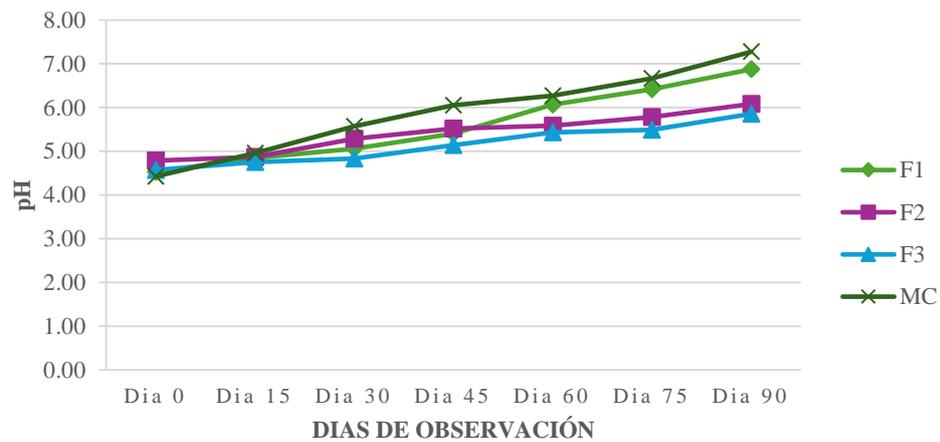
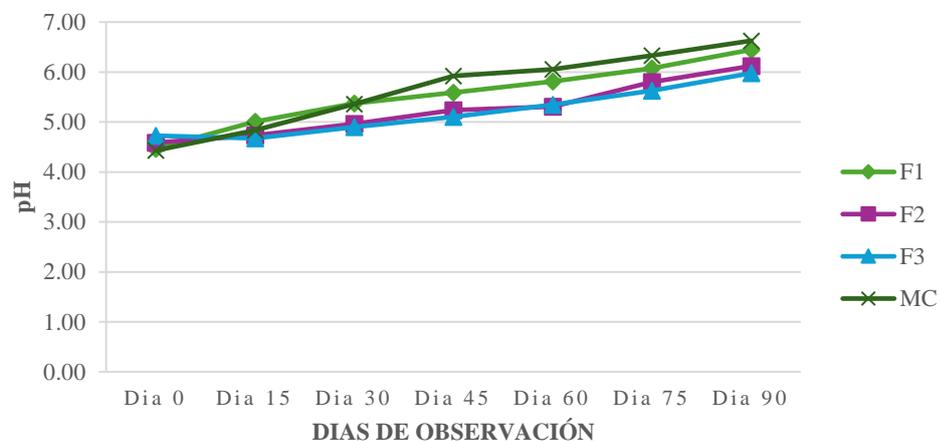


Figura 11

Efecto de aplicación de recubrimiento en el pH durante el almacenamiento del genotipo amarillo.



4.1.3. Determinación de sólidos solubles

En el Anexo 11 (Tabla 14), se presenta el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %, donde se observa que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para el factor genotipo, formulación y días de almacenamiento que están considerados como bloques, sin embargo, para la



interacción no existe diferencia significativa desde el punto de vista estadístico. Esto indica que las formulaciones tienen efectos distintos en la variación de sólidos solubles en ambos genotipos de oca que se ven reflejadas durante los días de almacenamiento, por esa razón, fue necesario efectuar la prueba de comparación múltiple de Duncan para confirmar las diferencias estadísticas para las unidades experimentales.

La prueba de comparación múltiple de Duncan se muestra en el Anexo 11 (Tabla 15), para el factor genotipo, al 5 % de nivel de significancia, con 0.1642 de error y 42 grados de libertad. Donde se observa que el factor genotipo presenta diferencias significativas en la variación de sólidos solubles. Siendo el genotipo amarillo con mejor resultado presentado 5.48 °Brix seguido el genotipo rojo que presentó 5.84 °Brix.

En el Anexo 11 (Tabla 16), se observa el análisis de comparación múltiple de Duncan para la variación de sólidos solubles según la formulación, al 5 % de nivel de significancia, con 0.1642 de error y 42 grados de libertad. Donde se aprecia que las formulaciones, si presentan diferencias significativas en la variación de sólidos solubles, siendo la formulación 3 la que obtuvo el mejor resultado presentando 4.76 °Brix. Por otro lado, la muestra control, la formulación 1 y 2 presentan mayor variación de sólidos solubles.

En la figura 12 y 13, se muestra la comparación de valores promedio de la variación de sólidos solubles de los genotipos rojo y amarillo, que fueron tratadas con recubrimiento comestible a diferentes concentraciones de AEO y gel de sábila, almacenados a temperatura ambiente por 90 días. Se puede apreciar que la variación de sólidos solubles para el genotipo rojo y amarillo a diferentes



formulaciones y la muestra control se incrementan conforme avanza el tiempo de almacenamiento, donde la formulación 3 muestra menor incremento de sólidos solubles con 6.23 °Brix (genotipo rojo) y 5.60 °Brix (genotipo amarillo) en el último día de almacenamiento. La muestra control registró el mayor incremento de sólidos solubles con 8.87 °Brix (genotipo rojo) y 8.46 °Brix (genotipo amarillo) en el último día de su almacenamiento. Este incremento se debe a la degradación de los fructooligosacáridos que se encuentran presentes en la oca (Jiménez & Sammán, 2014). Por otro lado, el contenido de azúcares totales aumenta a medida que transcurre el tiempo de maduración, debido a la eliminación de agua y la transformación de almidón en azúcares (Lucero, 2005). Asimismo, García et al., (2017) en su estudio de investigación utilizaron tres dosis de Aloe vera (10%, 20%, 30%), donde reportó como mejor tratamiento al que estuvo compuesto por 30% de Aloe vera y 1.5% de glicerol aplicados en guayaba. Se encontró que a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento los valores de sólidos solubles se incrementaron, el menor valor de sólidos solubles presentó 7.45 °Brix y el mayor valor presentó 9.16 °Brix en las muestras sin recubrimiento. Dichos valores reportados por los autores tienen la misma tendencia de incrementar los valores de sólidos solubles comparados con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde la formulación 3 (70% de gel de sábila y 3 % de aceite esencial de orégano) presentó menor valor de 4.76 °Brix con respecto a las demás formulaciones, esto sea posiblemente por la influencia del recubrimiento comestible que logra retardar el tiempo de maduración. Por otro lado, Concha et al. (2002), indica que el incremento de sólidos solubles se puede ver influenciada por el hidrólisis de los materiales de la pared celular de los vegetales. Asimismo Novoa et al. (2006) mencionan que los sólidos solubles totales normalmente se

incrementa en el periodo o tiempo de almacenamiento. Además Palate (2013), en su estudio de investigación reportó el valor de sólidos solubles en ocas frescas que obtuvieron un promedio de 3,80 °Brix, mientras que las ocas maduras resultaron con un promedio de 11,42 °Brix.

Figura 12

Efecto de aplicación del recubrimiento en sólidos solubles durante el almacenamiento del genotipo rojo.

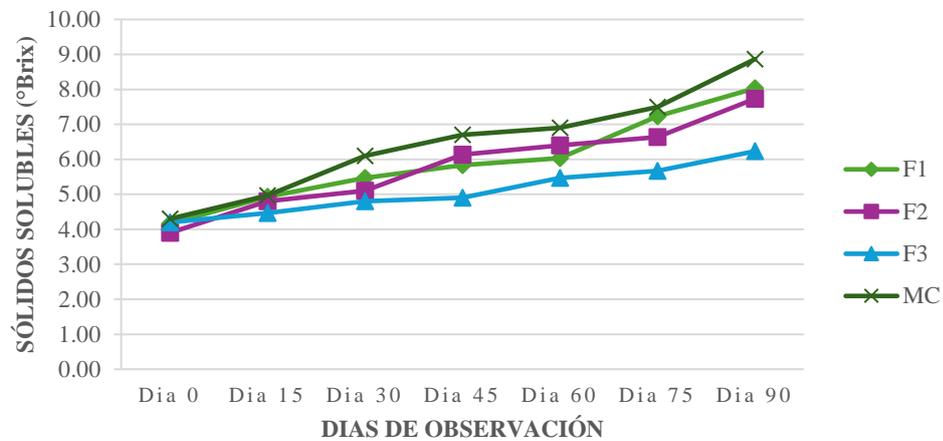
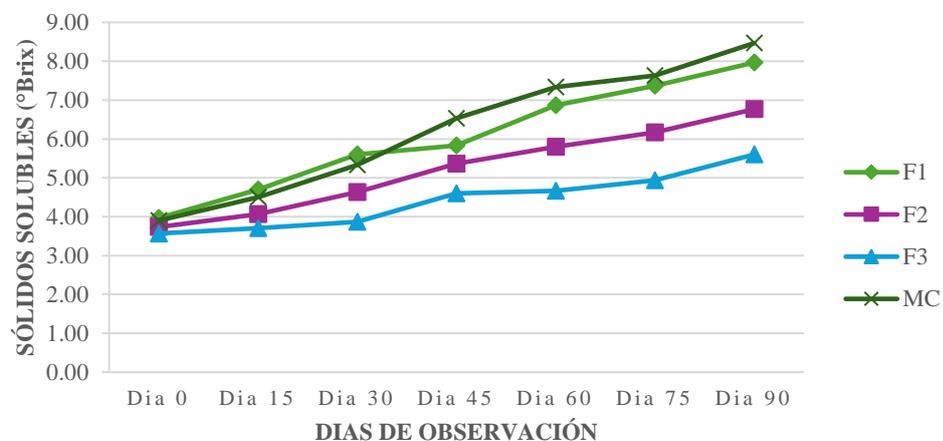


Figura 13

Efecto de aplicación de recubrimiento en sólidos solubles durante el almacenamiento del genotipo amarillo.





4.1.4. Determinación de acidez titulable

En el Anexo 12 (Tabla 17), se presenta el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %, donde se observa que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para el factor genotipo, formulación y días de almacenamiento que están considerados como bloques, sin embargo, para la interacción no existe diferencia significativa desde el punto de vista estadístico. Esto indica que el factor genotipo y las formulaciones tienen efectos distintos en la variación de acidez que se ven reflejadas durante los días de almacenamiento, por esa razón, fue necesario efectuar la prueba de comparación múltiple de Duncan para confirmar las diferencias estadísticas para las unidades experimentales.

La prueba de comparación múltiple de Duncan se muestra en el Anexo 12 (Tabla 18), para el factor genotipo, al 5 % de nivel de significancia, con 0.0000 de error y 42 grados de libertad. Donde se observa que el factor genotipo presenta diferencias significativas en la variación de acidez. Siendo el genotipo amarillo con mejor resultado presentado 0.04 % de ácido oxálico seguido el genotipo rojo que presentó 0.03 % de ácido oxálico.

En el Anexo 12 (Tabla 19), se observa el análisis de comparación múltiple de Duncan para la variación de acidez según la formulación, al 5 % de nivel de significancia, con 0.0000 de error y 42 grados de libertad. Donde se aprecia que las formulaciones, si presentan diferencias significativas en la variación de acidez, siendo la formulación 3 la que obtuvo el mejor resultado presentando 0.04 % de ácido oxálico. Por otro lado, la formulación 2, 1 y la muestra control presentan mayor variación de acidez.



En la figura 14 y 15, se muestra la comparación de valores promedio de la variación de acidez de los genotipos rojo y amarillo, que fueron tratadas con recubrimiento comestible a diferentes concentraciones de AEO y gel de sábila, almacenados a temperatura ambiente por 90 días. Se puede apreciar que la variación de acidez para el genotipo rojo y amarillo a diferentes formulaciones y la muestra control disminuyen conforme avanza el tiempo de almacenamiento, donde la formulación 3 muestra una disminución leve de acidez con 0.025% de ácido oxálico (genotipo rojo) y 0.028% de ácido oxálico (genotipo amarillo) en el último día de almacenamiento. La muestra control tuvo una disminución significativa de acidez con 0.010 % de ácido oxálico (genotipo rojo) y 0.017 % de ácido oxálico (genotipo amarillo) en el último día de su almacenamiento. Esta disminución se debe a la degradación de los ácidos orgánicos en el ciclo de Krebs en los primeros estados de maduración cuando la concentración de azúcares es baja, ocasionando así, la desaparición del sabor ácido del fruto (Saradhuldhath & Paull, 2007). Se puede apreciar que la acidez disminuye conforme pasa el tiempo de almacenamiento, García et al. (2017), indican que este parámetro mantiene una correlación negativa con los sólidos solubles totales. Asimismo, Ramos & Guzmán (2023) en su estudio evaluó el efecto del recubrimiento a base de mucilago de penca de sábila, aceite esencial de orégano y propóleo en la conservación de palta almacenados durante 15 días a 25 °C, donde reportó el mejor tratamiento elaborados con 65% de sábila, 0.11 % de aceite esencial de orégano y 2.5 % de propóleo, Dicho tratamiento mantuvo los valores de acidez con 0.040 % y la muestra sin recubrimiento llegó a disminuir hasta un valor de 0.032 %. Los resultados obtenidos de la presente investigación muestran la misma tendencia en disminuir, sin embargo, la formulación 3 (70% de gel de sábila y 3%

de orégano) mantuvo los valores de acidez con 0.04 % de ácido oxálico, este resultado podría ser explicado por la concentración de gel de sábila que juegan un papel importante en proteger el pH y por ende la acidez. Por otro lado, Tapia (1979), afirma que la acidez de la oca se debe a la presencia de concentraciones altas de ácido oxálico que se encuentran en la cáscara del tubérculo, que disminuye durante el proceso de maduración. La acidez en los tubérculos de oca en estado fresco disminuye a medida que avanza el proceso de maduración, esto debido a la actividad metabólica que experimentan los productos hortofrutícolas durante la maduración, ya que en este periodo hay una intensa actividad enzimática que provoca una complicada red de cambios metabólicos que se traslapan y acoplan, lo que da origen a la conversión de los ácidos orgánicos de reserva en azúcares (Badui, 2006).

Figura 14

Efecto de aplicación de recubrimiento en acidez durante el almacenamiento del genotipo rojo.

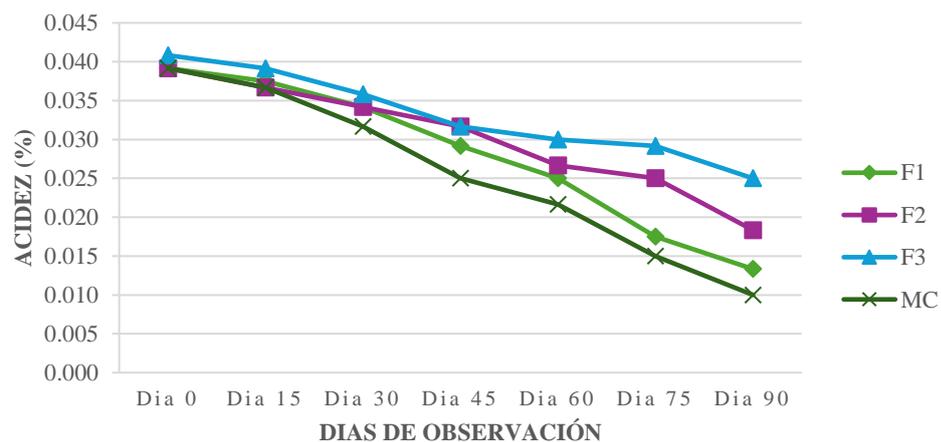
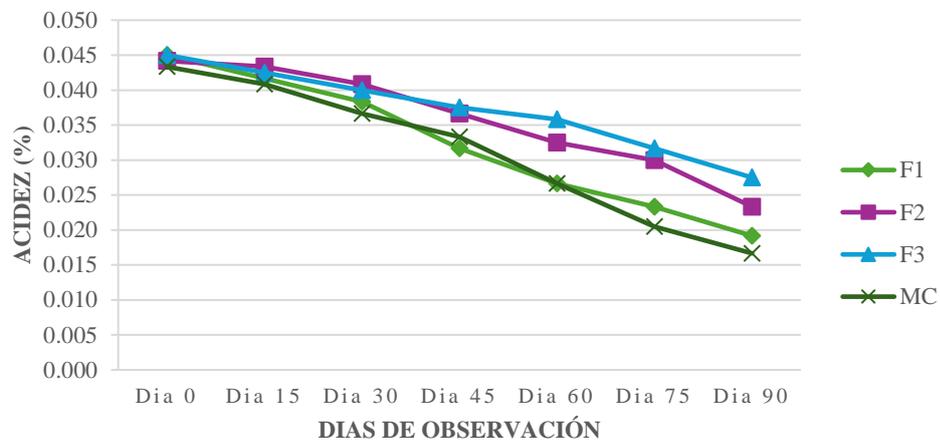


Figura 15

Efecto de aplicación de recubrimiento en acidez durante el almacenamiento del genotipo amarillo.



4.1.5. Determinación de color

4.1.5.1. Determinación de color L*

En el Anexo 13 (Tabla 20), se presenta el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %, donde se observa que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para el factor genotipo, formulación y días de almacenamiento que están considerados como bloques, sin embargo, para la interacción no existe diferencia significativa desde el punto de vista estadístico. Esto indica que el factor genotipo y las formulaciones tienen efectos distintos sobre el parámetro de color L* que se ven reflejadas durante los días de almacenamiento, por esa razón, fue necesario efectuar la prueba de comparación múltiple de Duncan para confirmar las diferencias estadísticas en las unidades experimentales.

La prueba de comparación múltiple de Duncan se muestra en el Anexo 13 (Tabla 21), para el factor genotipo, al 5 % de nivel de



significancia, con 2.6044 de error y 42 grados de libertad. Donde se observa que el factor genotipo presenta diferencias significativas en la variación de color L*. Siendo el genotipo amarillo con mejor resultado presentado un promedio de 52.32 de luminosidad seguido el genotipo rojo que presentó un promedio de 39.52. Esta variación se debe a las diferencias genéticas de la oca que controlan la producción de pigmentos.

En el Anexo 13 (Tabla 22), se observa el análisis de comparación múltiple de Duncan para la variación de luminosidad según la formulación, al 5 % de nivel de significancia, con 2.6044 de error y 42 grados de libertad. Donde se aprecia que las formulaciones si presentan diferencias significativas en la variación de color L*, siendo la formulación 3 la que obtuvo el mejor resultado presentando un promedio de 47.75, seguido la formulación 2 con un promedio de 46.67, seguido la formulación 1 con un promedio de 46.13 y la muestra control con un promedio de 43.14. Esta variación de debe a la concentración de elementos combinados utilizados en el recubrimiento comestible, esto con el fin de reducir la degradación de los pigmentos.

En la figura 16 y 17, se muestra la comparación de valores promedio de la variación de color L* de los genotipos rojo y amarillo, que fueron tratadas con recubrimiento comestible a diferentes concentraciones de AEO y gel de sábila, almacenados a temperatura ambiente por 90 días. Se puede observar que la variación de color L* para el genotipo rojo y amarillo a diferentes formulaciones y la muestra control disminuyen conforme avanza el tiempo de almacenamiento, donde la formulación 3 muestra una disminución leve en el parámetro de color L* con un



promedio de 39.57 (genotipo rojo) y un promedio de 49.77 (genotipo amarillo) en el último día de almacenamiento. La muestra control tuvo una mayor variación de color L* presentado un promedio de 32.07 para el genotipo rojo, sin embargo, la formulación 1 presentó la mayor variación de luminosidad con un promedio de 42.23 para el genotipo amarillo en el último día de su almacenamiento. Esta variación puede ser explicado por la concentración de los componentes del gel de sábila y aceite esencial del orégano en el recubrimiento comestible, lo que reduce la pérdida de peso por deshidratación y por ende los cambios de color en términos de luminosidad. Cañarejo et al. (2019), mencionan que la luminosidad en los frutos disminuyen por la deshidratación, el cual está asociado con el oscurecimiento no enzimático y a la polimerización de los compuestos fenólicos. Leiva (2012), también indica que la deshidratación reduce la luminosidad de las frutas, haciendo que el tejido se vea más opaco. Por otro lado Cano & Corales (2014), evaluaron el efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de mucilago de penca de sábila en la vida útil de la fresa, almacenadas a temperatura 5 °C durante 10 días. En su recubrimiento comestible utilizó 50 % Aloe vera + 5 % glicerol + 2 % Lecitina de soya, siendo este, el mejor tratamiento que presentó mayor luminosidad (L*) en la cáscara de la fresa con un promedio de 37.56 en el primer día y 35.23 en décimo día del almacenamiento. Este resultado puede ser explicado por la concentración de gel de sábila y otros componentes utilizados, que generan una mínima variación de color L*, sin embargo, la mayor variación se debe al pardeamiento oxidativo y a la pérdida de humedad del fruto durante el almacenamiento. Asimismo

Ramirez (2012), también evaluó los parámetros de color L^* en mora sin recubrir y en mora recubierta con mucilago de penca de sábila, almacenados a una temperatura de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 10 días. Donde las muestras con recubrimiento presentaron la menor variación en el cambio de L^* que la muestra testigo, pero con la misma tendencia a reducir los valores de luminosidad con el pasar del tiempo de almacenamiento. En la presente investigación la variación de color L^* fue mínima en las muestras recubiertas y mayor variación en la muestra control y formulación 1 con baja concentración de gel de sábila y aceite esencial de orégano, esto sea posiblemente por la deshidratación del tubérculo durante el almacenamiento, además el pH y los sólidos solubles tienen un impacto en el contenido de ácido oxálico. Esto respaldado por Wills et al. (1984), quienes mencionan que el contenido de ácido oxálico disminuye durante la maduración dando lugar a tubérculos con cambio de coloración de blanco amarillento a amarillo obscuro.

Figura 16

Comportamiento de color L^ durante el tiempo de almacenamiento del genotipo rojo.*

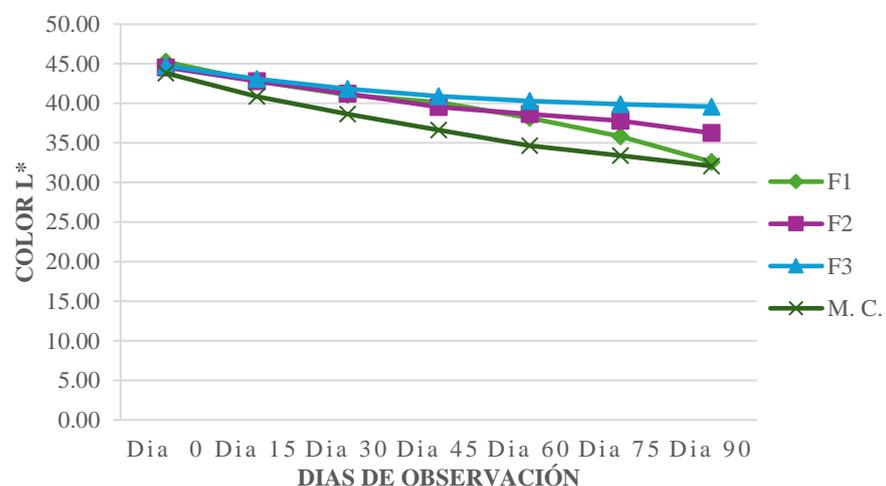
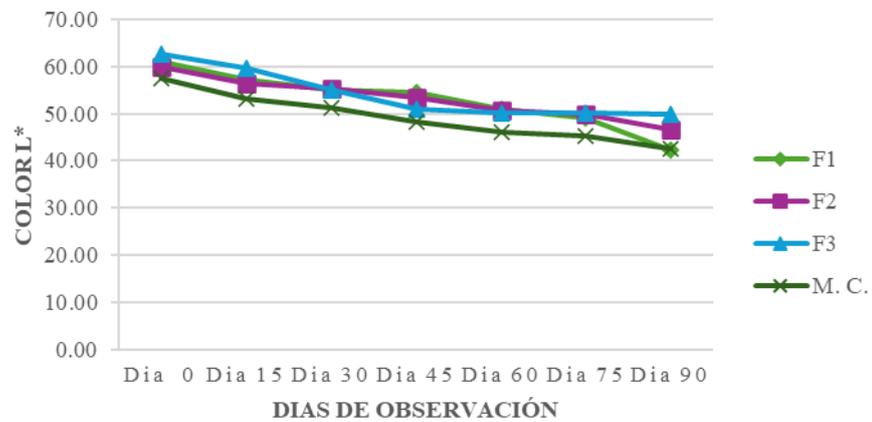


Figura 17

Comportamiento de color L durante el tiempo de almacenamiento del genotipo amarillo.*



4.1.5.2. Determinación de color b*

En el Anexo 15 (Tabla 26), se presenta el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %, donde se observa que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para el factor genotipo, formulación y días de almacenamiento que están considerados como bloques, sin embargo, para la interacción no existe diferencia significativa desde el punto de vista estadístico. Esto indica que el factor genotipo y las formulaciones tienen efectos distintos en la variación de color b* que se ven reflejadas durante los días de almacenamiento, por esa razón, fue necesario efectuar la prueba de comparación múltiple de Duncan para confirmar las diferencias estadísticas en las unidades experimentales.

La prueba de comparación múltiple de Duncan se muestra en el Anexo 15 (Tabla 27), para el factor genotipo, al 5 % de nivel de significancia, con 4.9260 de error y 42 grados de libertad. Donde se observa que el factor genotipo sí presenta diferencias significativas en la



variación de color b^* . Siendo el genotipo amarillo con mejor resultado presentado un promedio de 27.58 seguido el genotipo rojo que presentó un promedio de 5.15. Esta variación se debe a las diferencias genéticas de la oca que controlan la producción de pigmentos.

En el Anexo 15 (Tabla 28), se observa el análisis de comparación múltiple de Duncan para la variación de color b^* según la formulación, al 5 % de nivel de significancia, con 4.9260 de error y 42 grados de libertad. Donde se aprecia que las formulaciones, si presentan diferencias significativas en la variación de color b^* , siendo la formulación 3 la que obtuvo el mejor resultado con un promedio de 17.92, seguido la formulación 2 con un promedio de 17.02, seguido la formulación 1 con un promedio de 15.64 y la muestra control con un promedio de 14.89. Esta variación de debe a los elementos combinados utilizados en el recubrimiento comestible, esto con el fin de reducir la degradación de los pigmentos (carotenoides y antocianinas).

En la figura 18 y 19, se muestra la comparación de valores promedio de la variación de color b^* de los genotipos rojo y amarillo, que fueron tratadas con recubrimiento comestible a diferentes concentraciones de AEO y gel de sábila, almacenados a temperatura ambiente por 90 días. Se puede apreciar que la variación de color b^* para el genotipo rojo y amarillo a diferentes formulaciones y la muestra control disminuyen conforme avanza el tiempo de almacenamiento, donde la formulación 3 presentó una mínima variación de color b^* con un promedio de 3.63 (genotipo rojo) y un promedio de 25.13 (genotipo amarillo) en el último día de almacenamiento. La muestra control presentó mayor variación de



color b^* con un promedio de 2.73 para el genotipo rojo, sin embargo, la formulación 1 presentó mayor variación de color b^* con un promedio de 17.67 para el genotipo amarillo en el último día de su almacenamiento. Damodaran et al. (2010), menciona que los pigmentos como los carotenoides y antocianinas se degradan por el incremento del pH, el aumento de temperatura, concentración de oxígeno y durante el almacenamiento del alimento. Del mismo modo Meléndez et al. (2004) indica que los carotenoides y antocianinas son compuestos responsables de la coloración de diversos alimentos vegetales, que se ven afectadas por la temperatura, la luz o el pH, que producen cambios y pérdida de color en los alimentos, debido a las reacciones de isomerización. Por otro lado Restrepo & Aristizabal (2010), en su estudio sobre el efecto del recubrimiento a base de gel mucilaginoso de penca de sábila y cera de carnauba aplicados en fresas, que fueron evaluadas durante 10 días, Observó un notable disminución de color b^* en los frutos con recubrimiento y los frutos control. Esto puede ser explicado por las reacciones de pardeamiento enzimático y disminución de ácido ascórbico por degradación durante el almacenamiento. Asimismo Tamayo (2015), en su trabajo de investigación aplicó un recubrimiento comestible de Aloe vera en mangos mínimamente procesado, donde utilizó 50 % de gel de Aloe vera, cera de carnauba y glicerol. Obtuvo el valor de las coordenadas de color b^* en el mango, presentado una disminución progresiva durante todo el tiempo de almacenamiento, siendo la muestra control con mayor variación de color b^* que tuvo un promedio de 42 b^* y con menor variación la muestra recubierta con un promedio de 47 b^* . Los resultados

obtenidos en la presente investigación tienen la misma tendencia en disminuir los valores de cromaticidad b^* . Además Castañeta et al. (2022), reportaron valores de cromaticidad b^* en las ocas frescas, donde el parámetro de color b^* en la oca amarilla presentó un valor de 28.4 y en la oca roja 3.2. Esta variación de color se determina por los factores genéticos de la oca, el tubérculo amarillo contiene carotenoides que poseen una coloración de amarillo anaranjado en estado fresco, mientras el tubérculo rojo contiene antocianinas que tienen una coloración de rojo - rosado (Chirinos et al., 2009).

Figura 18

Comportamiento de color b^ durante el tiempo de almacenamiento del genotipo rojo.*

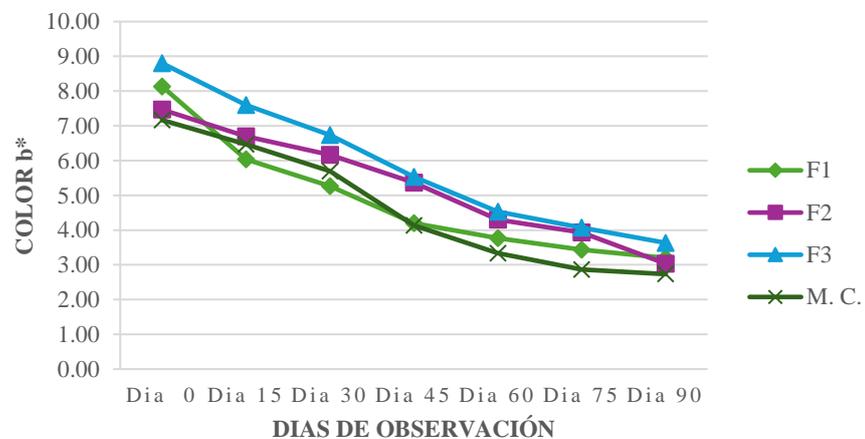
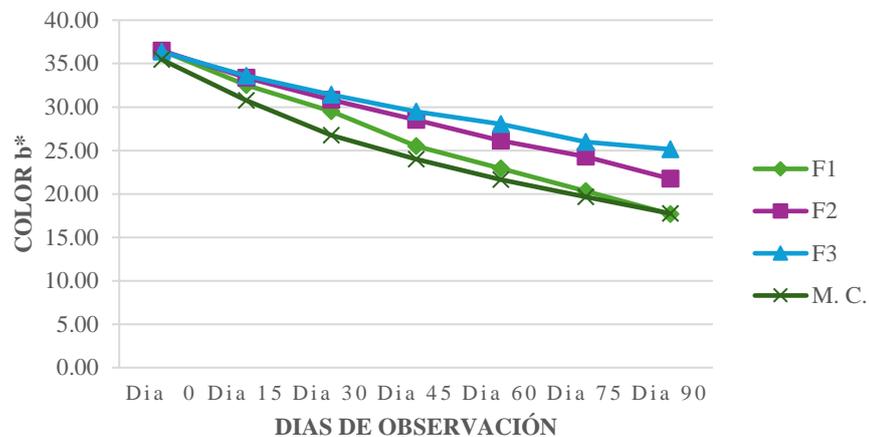


Figura 19

Comportamiento de color b^ durante el tiempo de almacenamiento del genotipo amarillo.*



4.1.5.3. Determinación de color a^*

En el Anexo 14 (Tabla 23), se presenta el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %, donde se observa que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para el factor genotipo, formulación y días de almacenamiento que están considerados como bloques, sin embargo, para la interacción no existe diferencia significativa desde el punto de vista estadístico. Esto indica que el factor genotipo y las formulaciones tienen efectos distintos en la variación de color a^* que se ven reflejadas durante los días de almacenamiento, por esa razón, fue necesario efectuar la prueba de comparación múltiple de Duncan para confirmar las diferencias estadísticas en las unidades experimentales.

La prueba de comparación múltiple de Duncan se muestra en el Anexo 14 (Tabla 24), para el factor genotipo, al 5 % de nivel de significancia, con 0.6112 de error y 42 grados de libertad. Donde se



observa que el factor genotipo si presenta diferencias significativas en la variación de color a^* . Siendo el genotipo rojo con mejor resultado presentado un promedio de 20.71 seguido el genotipo amarillo que presentó un promedio de 6.23. Esta variación se debe a las diferencias genéticas de la oca que controlan la producción de pigmentos.

En el Anexo 14 (Tabla 25), se observa el análisis de comparación múltiple de Duncan para la variación de color a^* según la formulación, al 5 % de nivel de significancia, con 0.6112 de error y 42 grados de libertad. Donde se aprecia que las formulaciones, si presentan diferencias significativas en la variación de color a^* , siendo la formulación 3 la que obtuvo el mejor resultado con un promedio de 14.41, seguido la formulación 2 con un promedio de 13.90, seguido la formulación 1 con un promedio de 12.95 y la muestra control con un promedio de 12.64. Esta variación de debe a los elementos combinados utilizados en el recubrimiento comestible, esto con el fin de reducir la degradación de los pigmentos (carotenoides y antocianinas).

En la figura 20 y 21, se muestra la comparación de valores promedio de la variación de color a^* de los genotipos rojo y amarillo, que fueron tratadas con recubrimiento comestible a diferentes concentraciones de AEO y gel de sábila, almacenados a temperatura ambiente por 90 días. Se puede apreciar que la variación de color a^* para el genotipo rojo y amarillo a diferentes formulaciones y la muestra control disminuyen conforme pasa el tiempo de almacenamiento, donde la formulación 3 presentó una mínima variación de color a^* con un promedio de 18.57 (genotipo rojo) y un promedio de 5.50 (genotipo amarillo) en el último día



de almacenamiento. La muestra control presentó mayor variación de color a^* con un promedio de 14.80 para el genotipo rojo, sin embargo, la formulación 1 presentó mayor variación de color a^* con un promedio de 1.80 para el genotipo amarillo en el último día de su almacenamiento. Restrepo et al. (2009), señalaron que la mayor variación de la cromaticidad a^* se debe posiblemente por la actividad respiratoria y enzimáticas que causa la pérdida de calidad por pardeamiento oxidativo. En relación con lo mencionado Ruiz (2016), observó la disminución de cromaticidad a^* en el último día de su almacenamiento de las frutillas recubiertas, visualizando notablemente la pérdida de su coloración. De manera similar, los resultados obtenidos en la presente investigación tienen la misma tendencia a disminuir la cromaticidad a^* en ambos genotipos de oca, esto podría ser influenciado por los componentes combinados en el recubrimiento comestible. Por otro lado, Restrepo & Aristizabal (2010), en su estudio de investigación sobre el efecto del recubrimiento comestible a base de gel mucilaginoso de penca de sábila y cera de carnauba aplicados en fresas, que fueron evaluadas durante 10 días. Observó un incremento del color a^* en los primeros días de almacenamiento luego presentó una disminución significativa hasta el último día de almacenamiento. Además Medina et al. (2016), manifiesta que el factor de cromaticidad a^* representa el cambio del color rojo a verde, es una técnica para diferenciar la madurez de los frutos, al disminuir los valores positivos se tiene una disminución en la tonalidad de color rojo. A su vez Castañeta et al. (2022), reportaron los valores de la coordenada cromática a^* en las ocas frescas,

donde presentó un valor de 0.53 en las ocas amarillas y 11.4 en las ocas rojas.

En relación al color, estudios previos analizaron el cambio de color en los tubérculos de ocas, tras la exposición solar y según los diferentes métodos de cocción como hervido, horneado y al vapor. Sin embargo, la aplicación del recubrimiento comestible en los tubérculos de oca, sería el primer estudio realizado para evaluar los cambios de color durante el almacenamiento.

Figura 20

Comportamiento de color a^ durante el tiempo de almacenamiento del genotipo rojo.*

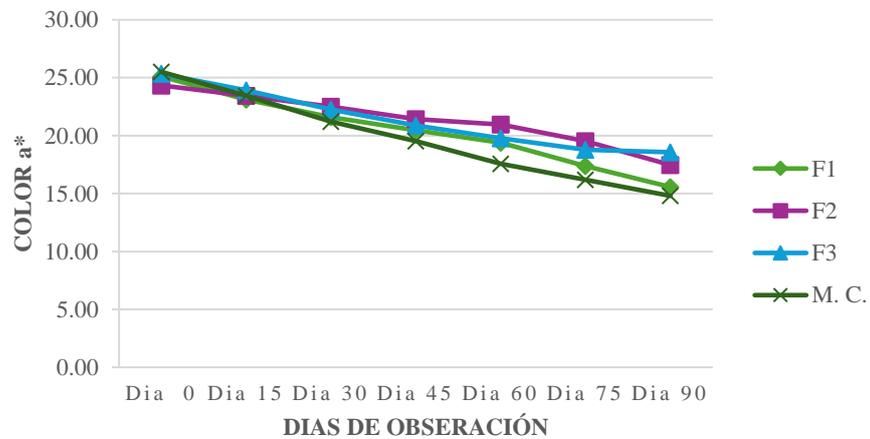
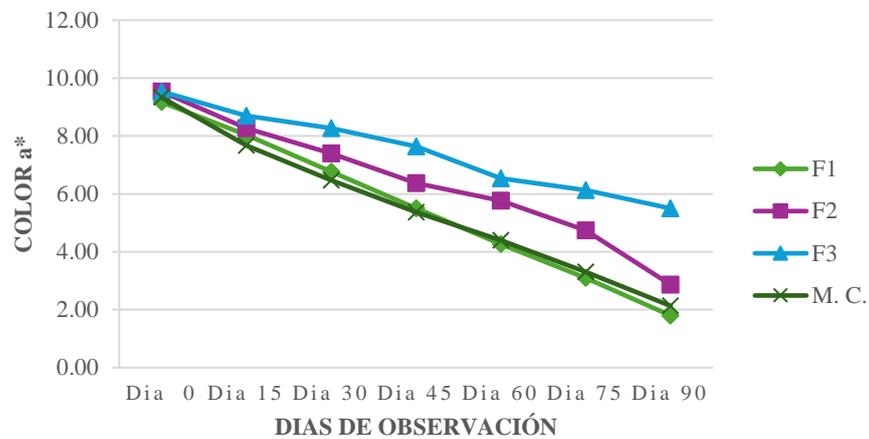


Figura 21

Comportamiento de color a^ durante el tiempo de almacenamiento del genotipo amarillo.*



4.1.6. Determinación de actividad de agua

En el Anexo 16 (Tabla 29), se presenta el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %, donde se observa que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para la formulación y días de almacenamiento que están considerados como bloques, sin embargo, para el factor genotipo e interacción no existen diferencias significativas desde el punto de vista estadístico. Esto indica que las formulaciones tienen efectos distintos en la variación de la actividad de agua (a_w) que se ven reflejadas durante los días de almacenamiento, por esa razón, fue necesario efectuar la prueba de comparación múltiple de Duncan para confirmar las diferencias estadísticas para el experimento.

En el Anexo 16 (Tabla 30), se observa el análisis de comparación múltiple de Duncan para la variación de actividad de agua (a_w) según la formulación, al 5 % de nivel de significancia, con 0.0000 de error y 42 grados de libertad. Donde se aprecia que las formulaciones, si presentan diferencias significativas en la variación de actividad de agua, siendo la formulación 3 la que obtuvo el mejor



resultado presentando un promedio de 0.98. Por otro lado, la formulación 2, 1 y la muestra control presentan mayor variación de actividad de agua.

En la figura 22 y 23, se muestra la comparación de valores promedio de la variación de actividad de agua (a_w) de los genotipos rojo y amarillo, que fueron tratadas con recubrimiento comestible a diferentes concentraciones de AEO y gel de sábila, almacenados a temperatura ambiente por 90 días. Se puede apreciar que la variación de la actividad de agua para el genotipo rojo y amarillo a diferentes formulaciones y la muestra control disminuyen conforme avanza el tiempo de almacenamiento, donde la formulación 3 muestra una disminución mínima de actividad de agua con un promedio de 0.975 para el genotipo rojo y 0.977 para el genotipo amarillo en el último día de almacenamiento. La muestra control tuvo una disminución significativa de actividad de agua con un promedio de 0.972 para el genotipo rojo y 0.970 para el genotipo amarillo en el último día de su almacenamiento. Benavidez (2017), indica que la vida útil de mashua después de la cosecha es corta al igual que los tubérculos de oca, que se deterioran fácilmente por la actividad de agua provocando la pérdida de propiedades nutricionales, textura y color. Por tal razón se aplicó el recubrimiento comestible sobre los genotipos de oca, para evitar el deterioro de los mismos, donde los resultados obtenidos en la presente investigación tuvieron una mínima variación de actividad de agua en la formulación 3 y 2 los cuales presentaron mayor capacidad de retención de agua, mientras que la formulación 1 y la muestra control resultaron con una disminución significativa, donde se pudo observar la formación de arrugas en la piel de los genotipos de oca en el último día del almacenamiento. Esto respaldado por Villacrés et al. (2016) indica que a medida se reduce la actividad de agua, se genera el endurecimiento de la textura, el desarrollo de

arrugas y el fruto se deshidrata rápidamente, siendo este un factor determinante que también influye en las reacciones químicas, físicas, microbiológicas y enzimáticas. Por otro lado Ulloa (2018), reportó el mejor resultado de actividad de agua (a_w) con un promedio de 0.995 en yucas frescas recién cosechadas. Del mismo modo Borja (2023), determinó el contenido de humedad y actividad de agua en el tubérculo de oca blanca y zanahoria blanca, donde presentó un promedio de 0.984 en el tubérculo de oca y 0.987 en la zanahoria en estado fresco sin tratamiento. El mejor resultado obtenido en la presente investigación tuvo un promedio de actividad de agua de 0.98 tratadas con la formulación 3 (70% de gel de sábila y 3% de aceite esencial de orégano), la cual muestra un valor similar a los reportados por el autor, sin embargo, la aplicación del recubrimiento comestible sobre la superficie de los tubérculos actuó como una barrera protectora contra la humedad, mientras que los tubérculos sin recubrimiento tuvieron una pérdida de agua significativo, esto puede ser influenciado por la humedad relativa baja $< a 50 \%$ en el cual se genera pérdida de agua por evaporación.

Figura 22

Efecto de aplicación de recubrimiento para actividad de agua durante el almacenamiento del genotipo rojo.

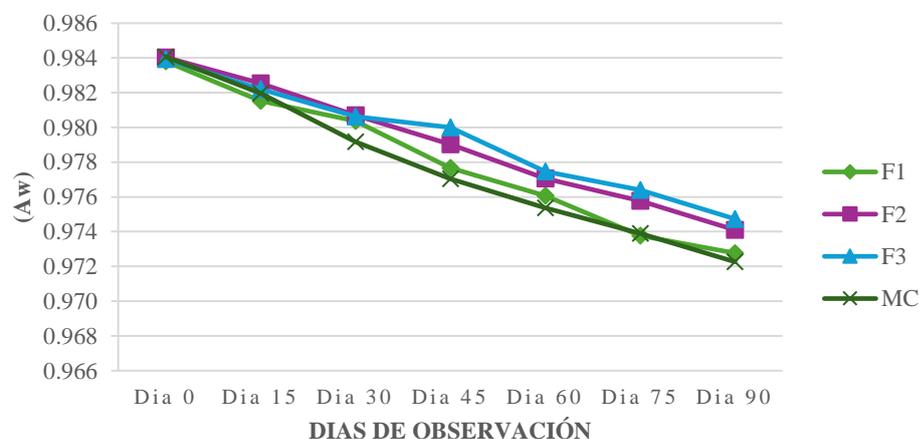
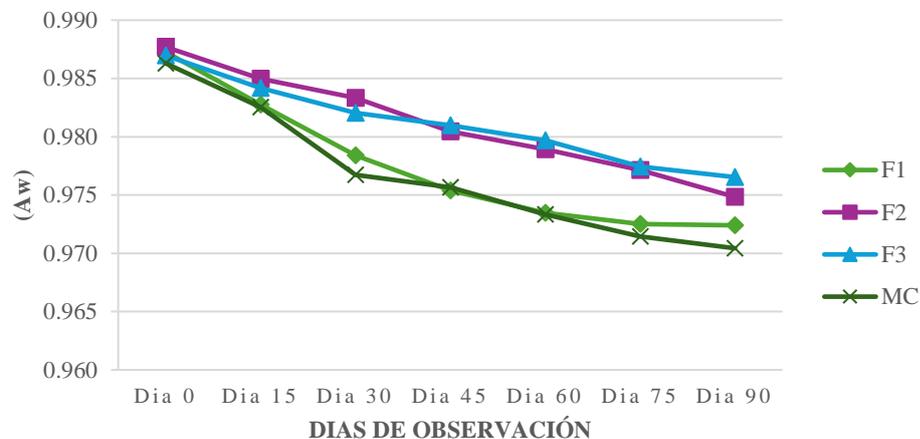


Figura 23

Efecto de aplicación de recubrimiento en actividad de agua durante el almacenamiento del genotipo amarillo.



4.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE EL CRECIMIENTO MICROBIANO (Mohos y Levaduras) APLICADOS EN DOS GENOTIPOS DE OCA (*Oxalis tuberosa Mol.*) DURANTE LOS 90 DÍAS DE ALMACENAMIENTO

4.2.1. Determinación de Levaduras

En el Anexo 17 (Tabla 31), se presenta el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %, donde se observa que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para el factor formulación y días de almacenamiento que están considerados como bloques, sin embargo, para el factor genotipo e interacción no existe diferencia significativa desde el punto de vista estadístico. Esto indica que las formulaciones tienen efectos distintos en el crecimiento de levaduras que se ven reflejadas durante los días de almacenamiento, por esa razón, fue necesario efectuar la prueba de comparación múltiple de Duncan para confirmar las diferencias estadísticas para el experimento.



En el Anexo 17 (Tabla 32), se observa el análisis de comparación múltiple de Duncan para el crecimiento de levaduras según la formulación, al 5 % de nivel de significancia, con 0.4211 de error y 21 grados de libertad. Donde se aprecia que las formulaciones si presentan diferencias significativas sobre el crecimiento de levaduras, siendo las formulaciones 3 y 2, las que obtuvieron el mejor resultado presentando 1×10^2 Ufc/g, seguido la formulación 1, el cual presentó 2×10^2 Ufc/g y la muestra control obtuvo el mayor crecimiento de levaduras de 4×10^2 Ufc/g. Esta variación puede ser explicado por la concentración de elementos combinados utilizados en el recubrimiento comestible, para inhibir el crecimiento de levaduras durante el almacenamiento.

En la figura 24 y 25, se muestra la comparación de valores del crecimiento de levaduras en genotipo rojo y amarillo, que fueron tratadas con recubrimiento comestible a diferentes concentraciones de AEO y gel de sábila, almacenados a temperatura ambiente por 90 días. Se puede apreciar que, el crecimiento de levaduras para el genotipo rojo y amarillo a diferentes formulaciones y la muestra control incrementan conforme avanza el tiempo de almacenamiento, donde la formulación 3 muestra menor crecimiento de levaduras con 2×10^2 Ufc/g para el genotipo rojo y 1×10^2 de Ufc/g para el genotipo amarillo en el último día de almacenamiento. La muestra control tuvo un crecimiento de 6×10^2 Ufc/g para el genotipo rojo y amarillo en el último día de su almacenamiento. Dichos resultados están por debajo con lo expresado por Carhuavilca & Chirinos (2024), quienes evaluaron el efecto del recubrimiento comestible a base de quitosano con almidón de semilla de mango y aceite esencial de cascara de naranja en la conservación de fresas, que fueron evaluados durante 13 días. Observaron que al transcurrir los días de almacenamiento el recuento total de levaduras incrementó, siendo más

notorio en la muestra control, que registró un aumento de $<1 \times 10^1$ a 1.5×10^3 UFC/g hasta el día 8, mientras que la muestra recubierta de $< 1 \times 10^1$ a 2×10^3 UFC/g hasta el día 15. Este resultado puede ser influenciado por el tipo de recubrimiento comestible, en la presente investigación se utilizó 70% de gel de sábila y 3% de aceite esencial de orégano, el cual muestra propiedades antimicrobianas que retardó el desarrollo de levaduras con 1×10^2 Ufc/g con respecto a la muestra control que presentó 4×10^2 Ufc/g durante 90 días de almacenamiento, estos resultados obtenidos se encuentran dentro del rango establecido en la RM N° 591 – MINSA (DIGESA, 2008). Del mismo modo, en la investigación de Palacios (2022), se observó que el recuento microbiológico de las fresas, tanto las recubiertas y muestra control aumentó con el paso del tiempo. Sin embargo, las fresas recubiertas con una mezcla de almidón, glicerol y extracto de cabuya azul presentaron los valores más bajos, con un rango de 2.1×10^3 ufc/g a 3.9×10^4 y de 5.9×10^3 a 4×10^6 ufc/g para muestras control.

Figura 24

Crecimiento de levaduras en las muestras del genotipo rojo durante el almacenamiento

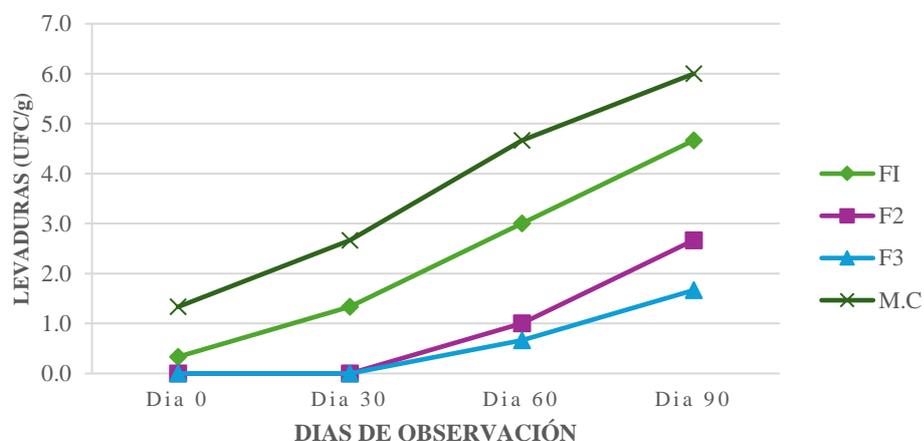
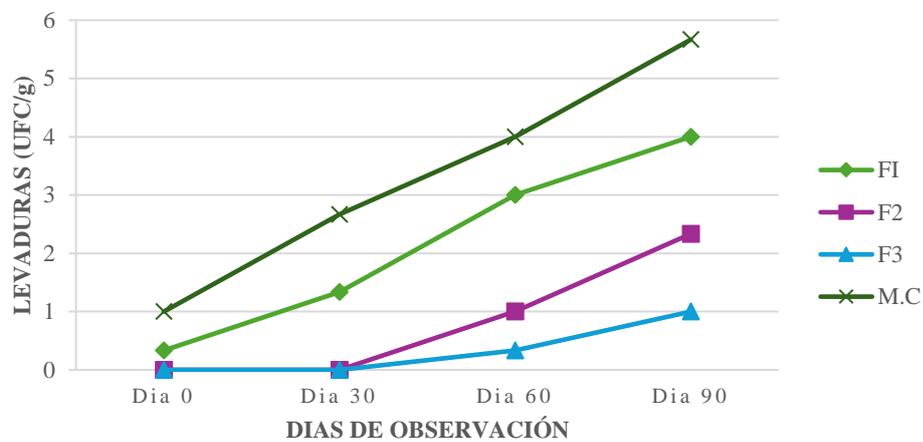


Figura 25

Crecimiento de levaduras en las muestras del genotipo amarillo durante el almacenamiento



4.2.2. Determinación de mohos

En el Anexo 18 (Tabla 33), se presenta el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %, donde se observa que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para el factor formulación y días de almacenamiento que están considerados como bloques, sin embargo, para el factor genotipo e interacción no existe diferencia significativa desde el punto de vista estadístico. Esto indica que las formulaciones tienen efectos distintos en el crecimiento de mohos que se ven reflejadas durante los días de almacenamiento, por esa razón, fue necesario efectuar la prueba de comparación múltiple de Duncan para confirmar las diferencias estadísticas para el experimento.

En el Anexo 18 (Tabla 34), se observa el análisis de comparación múltiple de Duncan para el crecimiento de mohos según la formulación, al 5 % de nivel de significancia, con 1.200 de error y 21 grados de libertad. Donde se aprecia que las formulaciones si presentan diferencias significativas sobre el crecimiento de mohos, presentándose las formulaciones 3, 2 y 1, con una mínima diferencia de



crecimiento de mohos entre sí, sin embargo, la muestra control presentó un mayor crecimiento de mohos con 1.3×10^2 Ufc/g. Esta variación podría ser por la concentración de elementos combinados utilizados en el recubrimiento comestible, para inhibir el crecimiento de mohos durante el almacenamiento.

En la figura 26 y 27, se muestra la comparación de valores promedio sobre el crecimiento de mohos en genotipo rojo y amarillo, que fueron tratadas con recubrimiento comestible a diferentes concentraciones de AEO y gel de sábila, almacenados a temperatura ambiente por 90 días. Se puede apreciar que, el crecimiento de mohos para el genotipo rojo y amarillo a diferentes formulaciones y la muestra control incrementan en el último día de almacenamiento, donde las formulaciones 3 y 2, muestran menor crecimiento de mohos con 1×10^2 Ufc/g para el genotipo rojo y ausencia de Ufc/g para el genotipo amarillo. La muestra control registró un crecimiento de mohos de 3×10^2 Ufc/g para el genotipo rojo y 2×10^2 para el genotipo amarillo en el último día del almacenamiento. Dichos resultados están por debajo con lo expresado por Contreras, (2016), quien encontró capas vellosas de color blancuzco (hongo) en la superficie de la fresa control, la cual presentó 5.1×10^2 UFC/g y 1.6×10^3 UFC/g en el día 3 y 7 respectivamente, por el contrario, la fresa recubierta con almidón de plátano verde y aceite esencial de orégano presentó hasta el día 18 de evaluación con un rango de 3.8×10^2 UFC/g a 1.8×10^3 UFC/g, comprobando la efectividad del aceite esencial de orégano como inhibidor microbiano. Por otro lado, Uceda (2019), en su investigación evaluó el efecto del aceite esencial de orégano (*origanum vulgare*) en recubrimiento comestible aplicadas sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de fresas (*fragaria vesca l.*) almacenadas en refrigeración por 9 días, donde mostró una diferencia significativa en la parte

microbiológica, el 2 % de aceite esencial de orégano ayudó a inhibir la presencia de mohos y levaduras en la fresa, sin embargo, hubo crecimiento de microorganismos en la muestra control. Los resultados obtenidos por los autores pueden ser influenciadas por la concentración de aceite esencial de orégano ya que ha demostrado ser eficaz contra los diversos tipos de mohos y por la humedad relativa, que a mayor humedad (70%) y temperatura (25°C) los mohos se desarrollan rápidamente, sin embargo, a baja humedad relativa < a 50 % es menos probable el crecimiento de mohos. En la presente investigación se pudo observar el efecto inhibitorio de mohos utilizando 70 % de gel de sábila y 3% de aceite esencial de orégano, donde demostró ausencia de mohos en las tres formulaciones de recubrimiento, sin embargo, la muestra control sin recubrimiento presentó 1.3×10^2 Ufc/g almacenadas a temperatura ambiente (16 °C y H.R: 35 %) por 90 días, estos resultados se encuentran dentro del rango establecido por RM N° 591 – MINSa (DIGESA, 2008).

Figura 26

Desarrollo de mohos en las muestras del genotipo rojo durante el almacenamiento

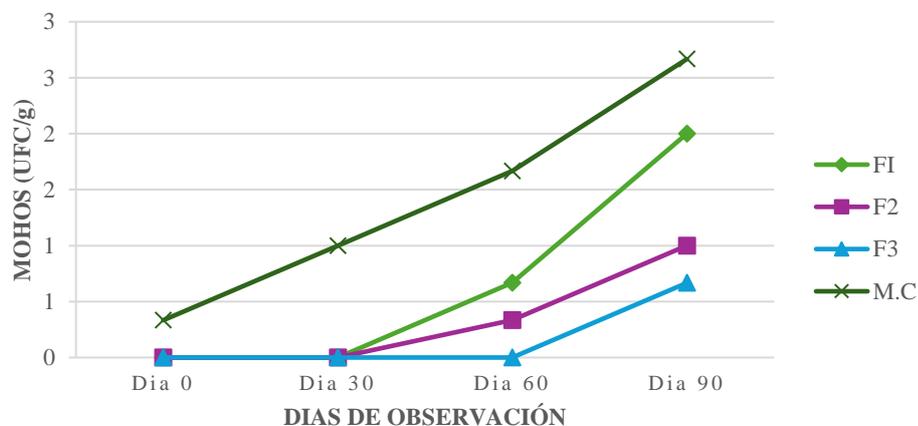
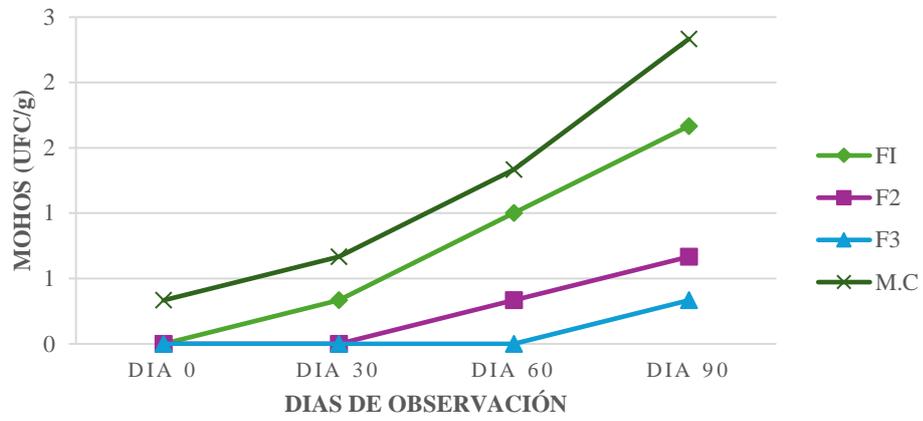


Figura 27

Desarrollo de mohos en las muestras del genotipo amarillo durante el almacenamiento





V. CONCLUSIONES

- La aplicación del recubrimiento comestible a base de gel de sábila y aceite esencial del orégano con la formulación 3, ha demostrado reducir el porcentaje de variación de pérdida de peso, pH, acidez, sólidos solubles, color y actividad de agua en el genotipo amarillo almacenados por 90 días a temperatura ambiente.
- La concentración de gel de sábila al 70% y aceite esencial de orégano al 3%, presentó un efecto inhibitorio contra los mohos y levaduras alcanzando un valor de 1×10^2 Ufc/g y ausencia de mohos en el genotipo amarillo al final del almacenamiento.



VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto del recubrimiento comestible en otros tubérculos, con el fin de determinar si produce resultados similares a los registrados en los genotipos de oca.
- Evaluar cómo interactúa el recubrimiento comestible con el tubérculo en otras condiciones de almacenamiento como a temperatura de refrigeración.
- Investigar con otras formulaciones de recubrimiento que podrían mejorar aún más los resultados.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. (1995). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International Arlington. *AOAC International*, 11, 6–7.
- AGS FAO. (2015). *Raíces y tubérculos. Gestión poscosecha*.
- Álvarez, C., Nayive, F., García, J., Peña, E., & Martínez, A. (2013). Evaluación del efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible en melones (cucumis melo L., var. Cantaloupe) cortados y almacenados en refrigeración. *Saber*, 25.
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis, Association of Analytical Chemist* (14th Ed. S).
- AOAC. (2012). *AOAC International, Official Methods of Analysis. Meat and Meat products: Water Activity (978.19)*. <https://glosariobibliotecas.com/modelo-efqm/>
- AOAC 947.05. (1990). Asociación Internacional de Químicos Analíticos. In *Método oficial para la determinación de acidez titulable*.
- AOAC 973.41. (1998). Asociación Internacional de Químicos analíticos. In *Método oficial para la determinación de pH*.
- Arcila, C. C., Loarca, G., Lecona, S., & González, E. (2004). El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54.
- Azabache, N. (2016). *Método: Recuento De Levaduras En Alimentos, Método De Película Seca Rehidratable*.
- Badui, S. (2006). Química de los alimentos. In *Química de los alimentos* (4ta edición).
- Bautista, S., Rives, S. C., Ventura, R. I., & Hernández, M. (2018). Evaluación de recubrimientos biodegradables para la conservación en fresco de jitomate Kenton. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 4(3), 80–91.
<https://doi.org/10.30973/aap/2018.4.3/2>
- Bello, J. (2000). *Ciencia bromatología: Principios generales de los alimentos*.
extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/



rpolit/v40n1/2477-8990-rpolit-40-01-00007

- Benavidez, J. (2017). *Efectos de la deshidratación osmótica y secado sobre las características físico químicas y sensoriales de snack de Mashua Tropaeolum tuberosum*. [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6071/1/03 EIA 427 TRABAJO DE GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6071/1/03_EIA_427_TRABAJO_DE_GRADO.pdf)
- Benítez, L., Pagán, M. ., & Matínez, J. (2016). Propiedades funcionales tuberculos nativos de la región andina. *Nutrición Comunitaria*, 2.
- Berbesí, M., Díaz, R., Guevara, L., & Tapia, M. (2006). *Calidad higiénica y patógenos asociados con melones mínimamente procesados expendidos en supermercados. Desarrollo de tecnologías para la conservación de vegetales frescos cortados. Simposio Ibero-Americano de Vegetais Frescos Cortados*.
- Borja, A. D. (2023). *Modelado de la cinética de secado e isoterma de adsorción de agua de oca blanca (Oxalis tuberosa variedad Blanca) y zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza Bancr.)* (Vol. 13, Issue 1). Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e Ingeniería en alimentos y biotecnología.
- Cañarejo, M. A., Cabascango, O. N., Lara, M. V., & De La Vega, J. C. (2019). Dehydrated Physalis peruviana L. In Two Ripening States and its Effect on Total Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity, Carotenes, Color and Ascorbic acid. *Informacion Tecnologica*, 30(5), 91–100. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500091>
- Cano, A., & Corales, F. (2014). Efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de mucilago de penca de sábila (Aloe Barbadensis miller) en la vida útil de la fresa (Fragaria ananassa). *Universidad Nacional Del Santa*, 1–224.
- Cantero, S., Márquez, T., Vargas, L., & Bustamante, P. (2016). *Aplicación de recubrimientos comestibles adicionados con aceite esencial de orégano en pepino (Cucumis Sativus L.)*. 1(1), 490–495.
- Carballo, R. L., Corro, V. M. A., Hernández, M. I., López-Hernández, V., & Melchor-Hernández, V. (2022). *Análisis colorimétricos de galletas utilizando el Sistema Internacional CIELAB*. 27–31. <http://remcid.utgz.edu.mx>



- Carhuavilca, Y. D., & Chirinos, B. W. (2024). *Efecto de un recubrimiento comestible a base de quitosano funcionalizado con almidón de semilla de mango (Mangifera indica) y aceite esencial de cáscara de naranja (Citrus sinensis) para la conservación de fresas (Fragaria sp.)* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/22193>
- Carmona, A. J. (2015). *Reología de dispersiones acuosas de goma xantana de prestaciones avanzadas*.
- Castañeta, G., Castañeta, R., & Peñarrieta, J. M. (2022). Cambios Físicoquímicos Por Exposición a La Radiación Solar En Tubérculos De Oxalis Tuberosa, “Oca” Cultivados En Bolivia. *Revista Boliviana de Química*, 39(2), 44–55. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.39.2.3>
- Cerón, J. . P. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Tumbaga*, 1(5).
- Chauhan, O., Raju, P., Singh, A., & Bawa, A. (2011). Shellac and aloe-gel-based surface coatings for maintaining keeping quality of apple slices. *Food Chem*, 126(3), 961–966.
- Chirinos, R., Betalleluz, I., Huamán, A., Arbizu, C., Pedreschi, R., & Campos, D. (2009). HPLC-DAD characterisation of phenolic compounds from Andean oca (Oxalis tuberosa Mol.) tubers and their contribution to the antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 113(4), 1243–1251. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.015>
- CIE. (1986). *Colorimetry* (2nd Ed. CI).
- Concha, J., Guevara, A., & Araujo, M. (2002). Obtención de polvo de papaya de monte (carica Pubescens) por atomizacion. *Ingenieria UC*, 9.
- Contreras, D. (2016). *Conservación poscosecha de fresa utilizando recubrimientos formulados con quitosano-quínoa* (Vol. 85, Issue 1). Tesis de maestría, Universidad Veracruzana.
- Daferera, D., Ziogas, B., & Polissiou, M. (2000). GC-MS analysis of essential oils from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*.



Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48:2576-2581.

- Damodaran, S., Kirk, L. ., & Fennema, O. R. (2010). *Química de los Alimentos* (3 Ed-Acr).
- Dickinson, E. (2009). Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocolloids*, 23(6), 1473–1482. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.08.005>
- DIGESA. (2008). *Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano*. Lima: El Peruano.
- Embuscado, M., & Huber, K. (2009). Películas y recubrimientos comestibles para aplicaciones alimentarias. *Springer Dordrecht Heidelberg London New York*.
- Enríquez, M. G. (2010). Incidencia de la manipulación del proceso en la contaminación por mohos y levaduras en la gelatina postre con trozos de manzana (malus pumila) en la ciudad de ambato. In *Universidad Tecnica De Ambato Facultad De Ciencia E Ingenieria En Alimentos* (Vol. 1). Universidad técnica de Ambato.
- Escamilla, P. (2015). *Recubrimiento de nanopartículas lipídicas sólidas - goma xantana para la conservacion de tomate (Lycopersicum esculentum) almacenado en refrigeración*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Flores, H., Walker, T., Guimaraes, R., & Vivanco, J. (2003). Andean Root and Tuber Crops: Underground Rainbows. *Horticultural Science*.
- García, G. A., Salas, C. A., & Canales, H. G. (2017). Recubrimiento comestible natural con base en Aloe vera como estrategia de conservación de Psidium guajava. *Revista Científica*, 3(30), 224. <https://doi.org/10.14483/23448350.11790>
- Glynn, W. (2010). pH values of food products. *Food Eng.*, 34(3), 98–99. www.fapc.biz
- Govindarajan, M., Rajeswary, M., Hoti, S., & Benelli, G. (2016). Larvicidal potential of carvacrol and terpinen-4-ol from the essential oil of *Origanum vulgare* (Lamiaceae) against *Anopheles stephensi*, *Anopheles subpictus*, *Culex quinquefasciatus* and *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae). 104:77-82. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.11.011>.



- Grandón, B. M. (1983). Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA) Estación experimental remehue. In *Cosecha y almacenamiento de semillas de papa* (Vol. 12, Issue July, pp. 321–324).
- Hamman, J. H. (2008). Composition and applications of Aloe vera leaf gel. *Molecules*, 13(8), 1599–1616. <https://doi.org/10.3390/molecules13081599>
- Hernán, C. (2013). *Cultivos Andinos*.
[http://148.202.167.116:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1572/Gestión de la calidad%2C la seguridad y el medio ambiente %284º Organización industrial%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://148.202.167.116:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1572/Gestión%20de%20la%20calidad%20la%20seguridad%20y%20el%20medio%20ambiente%20284%C3%B3%20Organizaci%C3%B3n%20industrial%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Herrera, S. E. (2018). *Aplicación de recubrimientos comestibles a base de goma de tara y goma xantan en la calidad de postcosecha de palta (Persea americana Mill)*” [Universidad Nacional del Callao]. repositorio.unac.edu.pe:20.500.12952/2299
- International Plant -Index. (1768). *Aloe vera L.* Cui Accedit Series Zoophytorum Indicorum, Nec Non Prodrumus Florae Capensis.
- Jimenes, A. (2017). Recubrimiento comestible a base de gel de Aloe vera (*Aloe barbadensis miller*) para papaya (*Carica papaya*) y guayaba (*Psidium guajava*) como alimentos de IV Gama. *Universidad Técnica Del Norte*, 8(5), 55.
- Jiménez, M. E., & Sammán, N. (2014). Caracterización química y cuantificación de fructooligosacáridos, compuestos fenólicos y actividad antirradical de tubérculos y raíces andinos cultivados en el noroeste de Argentina. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 64(2), 131–138.
- Kader, A. (2011). *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas* (3era ed.).
- Knowles, N. R., Driskill, E. P., & Knowles, L. O. (2009). Sweetening responses of potato tubers of different maturity to conventional and non-conventional storage temperature regimes. *Postharvest Biology and Technology*, 52(1), 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.08.015>
- Krochta, J., & De Mulder, J. C. (1997). Películas de polímeros comestibles y biodegradables: desafíos y oportunidades. *Food Technol*, 51, 61–74.
- Leiva, D. A. (2012). *Evaluación del efecto de la combinación de tecnologías de*



deshidratación aplicadas en tejidos de piña sobre el consumo energético del proceso y la calidad del producto terminado.

- Lin, D., & Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6(3), 60–75. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2007.00018.x>
- Lizama, L. (2002). *Madurez óptima y manejo de postcosecha de ciruelas japonesas para exportación*. Universidad de Chile.
- Loeza, H., Salgado, S., Ávila, F., Gutiérrez, R., & Dominguez, A. (2020). *Review of the use of oregano spp. oil in animal health and production*.
- Lucero, O. (2005). *Técnicas de laboratorio de Bromatología y Análisis de Alimentos*.
- Martínez, J. A. Q. (2016). Dinámica de la pérdida de peso en hortalizas de hoja durante el almacenamiento. https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/Wp-Content/Uploads/2016/09/Tesis_Dinamica_perdida_peso_hojas.Pdf.
- Mayo Gutierrez, M. (2015). *Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (Opuntia spp.)* [Universidad Autónoma de Querétaro]. <https://ri.uaq.mx/handle/123456789/2740>
- McHugh, T. H., Avena-Bustillos, R. J., & Du, W. X. (2009). Extension of Shelf Life and Control of Human Pathogens in Produce by Antimicrobial Edible Films and Coatings. *Microbial Safety of Fresh Produce*, 225–239. <https://doi.org/10.1002/9781444319347.ch12>
- Medel, F. (2002). *Arbustos frutales*.
- Medina, M., Ávila, J., & Ruales, J. (2016). Diseño de un recubrimiento comestible bioactivo para aplicarlo en la frutilla (*Fragaria vesca*) como proceso de postcosecha. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17, 276–287.
- Meléndez, M., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenóides en los alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(2), 209–215. [https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/26409/Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/26409/Estabilidad_de_los_pigmentos_carotenoides_en_los_alimentos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



- Meza, L. (2020). *Evaluación del efecto de la adición de jalea de sábila (Aloe Vera Barbadensis) sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en el yogurt.*
- MIDAGRI-DGESEP-DEIA. (2024). Valor bruto de la producción agropecuaria. *Boletín Estadístico Mensual*, 1–8.
- Molocho, L. V., & Orbegoso, L. C. (2016). Evaluación del efecto de un recubrimiento a base de sábila (*Aloe vera*) y aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*) en el tiempo de vida útil del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) roma. In *Revista de Investigación Científica* (Vol. 2, Issue 1).
<https://doi.org/10.18050/ingnosis.v2i1.1983>
- Morales, V., & Santacruz, S. (2017). Uso de Películas Comestibles a Base de Carboximetilcelulosa y Goma Xantana para la Disminución de Absorción de Grasa de Malanga Frita (*Xanthosoma Sagittifolium*). *Revista Politécnica*, 40(1), 7–12.
- Muller, C., & Borges, J. (2008). *Evaluación de los efectos de la concentración de glicerol y sorbitol y la actividad del agua sobre las propiedades de barrera de agua de películas de almidón de yuca a través de un enfoque de solubilidad.*
- Novoa, R. H., Bojacá, M., Galvis, J. A., & Fischer, G. (2006). *La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (Physalis peruviana L.)**. 24(1), 77–86.
- Orbegoso, G. (2012). Biblioteca Conmemorativa Orton. In *Intituto Interamericano de Ciencias Agrícolas*. <https://calidadgestion.wordpress.com/tag/diagrama-de-pareto/>
- Palacios, T. (2022). *Aplicación de extracto de cabuya azul (Agave salmiana) en el recubrimiento de fresas para su conservación en refrigeración.* Universidad Nacional Agraria de La Selva.
- Palate, A. J. E. (2013). *Estudio del efecto de la temperatura y el tiempo en las características físico-químicas y sensoriales de la oca (Oxalis tuberosa) durante su maduración.* 156.
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3165/1/AL502.pdf>



- Pérez, A. F., Aristizábal, I. D., & Restrepo, J. I. (2016). Conservación de mango Tommy atkins mínimamente procesado mediante la aplicación de un recubrimiento de aloe vera (*Aloe barbandensis miller*). *Revista de La Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias*, 23, 65–77.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17533/udea.vitae.v23n1a07>
- Pontigo, A. G., Trejo, M. A., & Lira, A. A. (2015). Desarrollo de un recubrimiento con efecto antifúngico y antibacterial a base de aceite esencial de orégano para conservación de papaya “maradol.” *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 16(1), 58–63.
- Ramírez, G. (2010). Aloe vera. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 18(4), 714–720. [https://doi.org/10.1016/S0190-9622\(88\)70095-X](https://doi.org/10.1016/S0190-9622(88)70095-X)
- Ramirez, J. D. (2012). *Conservación de mora de castilla (rubus glaucus benth) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucilago de penca de sábila (Aloe barbadensis Miller)* (Vol. 10, Issue 9). Universidad Nacional de Colombia.
- Ramos, C. A., & Guzmán, P. G. (2023). “Efecto de un recubrimiento a base de mucilago de la penca de sábila (*Aloe barbadensis miller*), aceite de orégano (*Origanum vulgare*) y propóleo en la conservación de la palta (*Persea americana mill*) variedad hass” (Vol. 13, Issue 1). Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Restrepo, A., Cortés, M., & Rojano, B. (2009). Shelf life of Strawberry (*Fragaria ananassa Duch.*) Fortified with vitamin E. *Revista de Ingeniería Dyna*, 76, 163–175.
- Restrepo, J., & Aristizabal, I. (2010). Conservación de fresa (Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa duch cv. camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel de mucilago de penca de sábila (*Aloe barbadensis miller*). *Vitae*, 17, 252–263.
- Reynolds, T. (2016). *Aloes, The genus Aloe* (Vol. 19, Issue 5).
- Rosero, M. (2010). Colección, caracterización y conservación de variabilidad genética de oca (*Oxalis tuberosa Mol*) en agroecosistemas paramunos del departamento



- de Nariño-Colombia. *Universidad Nacional de Colombia*, 97.
- Roth, L., Simonne, A., & House, L. (2018). Microbiological Analysis of Fresh Produce Sold at Florida Farmers' Markets. *Esevier- Food Science and Human Nutrition Department*, 90.
- Ruiz, M. (2016). Diseño de un recubrimiento comestible bioactivo para aplicarlo en la frutilla (fragaria vesca) como proceso de postcosecha. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 17(2), 276–287.
<https://www.redalyc.org/journal/813/81349041015/html/%0Ahttp://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11181>
- Sánchez, M. (2017). *Efecto de la temperatura en la calidad fisicoquímica de los frutos de zarzamora (Rubus robustus C. Presl)*.
- Sánchez, M., Aguilar, E., Camacho, I. ., Vega, M. ., Calderón, A., Fitch, P. ., & León, A. . (2018). *Efecto de recubrimientos comestibles elaborados con almidones extrudidos sobre cambios de calidad y respiración en papaya (Carica papaya L) mínimamente procesada*. 3, 258–263.
- Saradhulhat, P., & Paull, R. (2007). Pineapple organic acid metabolism and accumulation during fruit development. *Scientia Horticulturae*, 112(3), 297–303. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.031>
- Shafiur Rahman, M. (2015). Handbook of Food Preservation. In *AND TECHNOLOGY FOOD SCIENCE* (Vol. 46, Issue 4). <https://doi.org/10.6041/j.issn.1000-1298.2015.04.033>
- Shaviklo, A. (2013). Quality improvement of silver carp fingers by optimizing the level of major elements influencing texture. *Internacional Food Resarch Journal.*, 283–290.
- Tamayo, A. F. (2015). *Conservación de mango Tommy atkins mínimamente procesado mediante un recubrimiento comestible de Aloe vera (Aloe barbadensis miller)*.
- Tapia, & Fries, A. M. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. Rosell, C (ed.). In *FAO Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú (ANPE)*.
- Tapia, M. (1979). *Manual de Agricultura Andina*.



- Uceda, E. L. (2019). *Efecto de la adición de aceite esencial de orégano (Origanum vulgare) a un recubrimiento comestible sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de fresas (Fragaria vesca L.) almacenadas en refrigeración*. Universidad Cesar Vallejo.
- Ulloa, G. C. (2018). : *Evaluación de los efectos de la precocción, prefritura y congelación IQF (Individually Quick Frozen) en las características fisicoquímicas y sensoriales de yuca amarilla (Manihot esculenta crantz) de la provincia de Pastaza*. (Vol. 6, Issue 1) [Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e Ingeniería en alimentos].
<http://dx.doi.org/10.1016/j.gde.2016.09.008%0A>
- Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, D., & González, C. (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Food Sci Nutr.*, 48(6):496-511. <https://doi.org/10.1080/10408390701537344>
- Veenstra, J., & Johnson, J. (2019). Orégano (Origanum vulgare) extract for food preservation and improvement in gastrointestinal health. *National Library of Medicine National Institutes of Health*, 3–11.
- Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., Alves, V. D., & Moldão-Martins, M. (2013). Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (Fragaria ananassa cv Camarosa) under commercial storage conditions. *Lwt*, 52(2), 80–92. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.004>
- Villacrés, E., Quelal, M. B., & Álvarez, J. (2016). *Redescubriendo la oca y la mashua: Desarrollo de nuevos snacks* (Editorial).
- Wills, R., Lee, T., Gladsson, B., & Graham, D. (1984). *Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas Post-Recolección* (Acribia, pp. 18–22, 43–46, 81–83).
- Yang, L., & Paulson, A. (2000). Propiedades mecánicas y de barrera al vapor de agua de películas de gellan comestibles. *Food Research International*, 6, 563–570.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00092-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00092-2)
- Zeuthen, P., & Bogh, L. (2003). *Food preservation techniques*.



ANEXOS

ANEXO 1. Constancia de espécimen botánico



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA
LABORATORIO DE TAXONOMIA VEGETAL



CONSTANCIA

El que suscribe jefe del Laboratorio de Taxonomía Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la U.N.A. Puno, hace constar que el espécimen botánico puesto a disposición pertenece a la especie: *Oxalis tuberosa* Mol "Oca" que, según el Sistema de Clasificación Filogenético de Adolph Engler, posee la siguiente Posición Taxonómica:

REINO	Plantae
SUB REINO	Phanerogamae
DIVISIÓN	Angiospermae
CLASE	Dicotyledoneae
SUB CLASE	Archichlamydeae
ORDEN	Geraniales
FAMILIA	Oxalidaceae
GENERO	Oxalis
ESPECIE	<i>Oxalis tuberosa</i> Mol

Según la interesada esta muestra fue colectada para proyecto de tesis titulada "Efectos de recubrimiento comestible a base de gel de sábila (*Aloe vera* L.) y aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) en la conservación de dos genotipos de oca (*Oxalis tuberosa* Mol)", se expide la presente constancia a petición escrita de la interesada: **Evangélica Núñez Rodríguez**, tesista de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial, facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, para fines que viere por conveniente.



M. Sc. Javier Mamani Parides
INGENIERO AGRÓNOMO
C.I.P. N° 88234
REPOSICIONADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FAC. CIENCIAS AGRARIAS
DECANATO
M. Sc. Javier Mamani Parides
DECANO



ANEXO 2. Registro de datos de pérdida de peso durante los días de evaluación

Genotipo	F	R	Inicio	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60	Día 75	Día 90
Oca roja	F1	R1	71.46	69.07	66.8	65.22	64.09	51.72	49.26
		R2	63.57	60.81	58.26	56.57	54.34	61.08	49.57
		R3	91.01	87.57	84	81.35	78.33	74.86	72.31
	F2	R1	99.83	96.19	92.35	89.43	86.08	82.11	78.84
		R2	83.91	80.82	77.24	74.46	71.27	67.25	64.2
		R3	95.02	92.14	88.86	86.18	82.8	79.93	75.75
	F3	R1	92.44	90.76	89.34	88.35	87.13	85.78	84.48
		R2	72.47	70.87	69.44	68.52	67.35	65.98	64.78
		R3	67.77	66.48	65.26	64.57	63.53	62.31	61.07
	M.C.	R1	90.72	86.76	82.69	79.23	75.35	71.22	68.11
		R2	79.75	76.58	73.05	70.17	66.71	62.83	59.33
		R3	77.6	74.38	71.05	68.19	64.63	60.54	50.11
Oca amarilla	F1	R1	117.59	113.69	109.29	105.39	101.22	96.06	92.27
		R2	96.2	92.45	88.21	84.86	81.02	76.2	72.6
		R3	114.16	110.12	105.42	101.68	97.29	91.92	88.07
	F2	R1	109.37	105.16	100.54	96.98	92.78	87.72	84.08
		R2	122.6	118.12	113.55	109.89	105.93	101.02	97.45
		R3	112.15	109.42	106.25	103.31	100.24	96.13	93.12
	F3	R1	114.76	111.9	109.13	107.09	104.87	102.16	99.67
		R2	117.62	114.1	110.86	108.7	106.31	103.59	101.53
		R3	115.45	112.1	109.22	107.15	104.91	102.47	100.38
	M.C.	R1	100.01	96.61	92.21	88.27	83.82	78.21	73.78
		R2	97.62	94.84	91.27	88.02	84.47	79.89	76.34
		R3	110.86	106.87	101.82	97.84	91.32	87.04	82.42

Genotipo	F	R	Porcentaje de pérdida de peso (%)						Promedio (\bar{X})					
			Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
			Oca roja											
F1	R1	3.34	6.52	8.73	10.31	27.62	31.07	3.82	7.53	10.12	12.92	16.43	24.55	
	R2	4.34	8.35	11.01	14.52	3.92	22.02							
	R3	3.78	7.70	10.61	13.93	17.75	20.55							
F2	R1	3.65	7.49	10.42	13.77	17.75	21.03	3.45	7.31	10.33	13.90	17.83	21.60	
	R2	3.68	7.95	11.26	15.06	19.85	23.49							
	R3	3.03	6.48	9.30	12.86	15.88	20.28							
F3	R1	1.82	3.35	4.42	5.74	7.20	8.61	1.98	3.75	4.87	6.36	8.07	9.70	
	R2	2.21	4.18	5.45	7.06	8.96	10.61							
	R3	1.90	3.70	4.72	6.26	8.06	9.89							
M.C.	R1	4.37	8.85	12.67	16.94	21.49	24.92	4.16	8.56	12.27	16.67	21.57	28.65	
	R2	3.97	8.40	12.01	16.35	21.22	25.61							
	R3	4.15	8.44	12.13	16.71	21.98	35.43							
F1	R1	3.32	7.06	10.38	13.92	18.31	21.53	3.58	7.67	11.03	14.83	19.53	22.97	
	R2	3.90	8.31	11.79	15.78	20.79	24.53							
	R3	3.54	7.66	10.93	14.78	19.48	22.85							
F2	R1	3.85	8.07	11.33	15.17	19.80	23.12	3.31	6.91	9.86	13.13	17.23	20.20	
	R2	3.65	7.38	10.37	13.60	17.60	20.51							
	R3	2.43	5.26	7.88	10.62	14.28	16.97							
F3	R1	2.49	4.91	6.68	8.62	10.98	13.15	2.80	5.35	7.15	9.12	11.38	13.29	
	R2	2.99	5.75	7.58	9.62	11.93	13.68							
	R3	2.90	5.40	7.19	9.13	11.24	13.05							
M.C.	R1	3.40	7.80	11.74	16.19	21.80	26.23	3.28	7.49	11.11	15.76	20.48	24.56	
	R2	2.85	6.50	9.83	13.47	18.16	21.80							
	R3	3.60	8.15	11.74	17.63	21.49	25.65							

ANEXO 3. Registro de datos del pH durante los días de evaluación

Genotipo	F	R	Datos							Promedio (\bar{X})						
			Inicio	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90	
Oca roja	F1	R1	4.58	5.30	5.57	5.23	5.79	6.10	6.60	4.85	5.06	5.41	6.07	6.42	6.88	
		R2	4.45	4.12	4.19	5.64	5.85	6.17	6.83							
		R3	4.56	5.13	5.43	5.35	6.57	6.98	7.2							
	F2	R1	5.32	4.9	5.13	5.2	5.67	6.21	6.35	4.87	5.29	5.52	5.59	5.79	6.08	
		R2	4.55	4.92	5.40	5.62	5.74	5.53	6.12							
		R3	4.49	4.78	5.33	5.74	5.35	5.62	5.78							
	F3	R1	4.61	5.19	5.22	5.31	5.44	5.51	5.63	4.75	4.84	5.14	5.43	5.49	5.86	
		R2	4.73	4.61	4.47	5.00	5.32	5.64	5.82							
		R3	4.38	4.45	4.82	5.11	5.54	5.32	6.12							
	M. C.	R1	4.57	5.32	5.71	6.13	6.72	6.61	6.97	4.96	5.57	6.05	6.27	6.67	7.28	
		R2	4.41	4.35	5.65	6.08	5.65	7.13	7.62							
		R3	4.30	5.20	5.35	5.94	6.45	6.27	7.24							
	Oca amarilla	F1	R1	4.47	5.06	5.16	5.35	5.81	6.16	6.74	5.01	5.37	5.59	5.81	6.08	6.45
			R2	4.41	4.85	5.25	5.49	5.91	6.24	6.45						
			R3	4.52	5.12	5.70	5.92	5.71	5.83	6.15						
F2		R1	4.50	4.69	5.16	5.46	5.23	5.58	5.68	4.73	4.96	5.24	5.31	5.80	6.12	
		R2	4.83	4.63	4.55	4.87	5.49	6.11	6.70							
		R3	4.43	4.87	5.18	5.39	5.21	5.70	5.98							
F3		R1	4.54	4.62	4.66	4.83	5.16	5.65	5.85	4.67	4.90	5.10	5.34	5.63	5.98	
		R2	5.21	4.61	5.17	5.32	5.41	5.71	5.88							
		R3	4.42	4.79	4.87	5.15	5.46	5.53	6.20							
M. C.	R1	4.44	5.21	5.61	6.11	6.08	6.17	6.60	4.83	5.36	5.92	6.06	6.33	6.63		
	R2	4.35	5.17	4.88	5.63	6.42	6.68	6.90								
	R3	4.50	4.12	5.59	6.02	5.67	6.14	6.38								

ANEXO 4. Registro de datos de sólidos solubles durante los días de evaluación

Genotipo	F	R	Datos								Promedio (\bar{X})				
			Inicio	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
Oca roja	F1	R1	4.6	4.9	5.0	5.6	5.9	6.7	9.1	4.93	5.47	5.83	6.03	7.23	8.03
		R2	3.4	5.2	5.8	6.1	7.3	7.8	8.2						
		R3	4.5	4.7	5.6	5.8	4.9	7.2	6.8						
	F2	R1	3.2	5.2	4.9	6.3	5.8	7.3	7.9	4.80	5.10	6.13	6.40	6.63	7.73
		R2	3.9	5.8	6.2	5.8	6.3	7.2	8.6						
		R3	4.6	3.4	4.2	6.3	7.1	5.4	6.7						
	F3	R1	4.5	5.1	5.6	4.9	4.9	5.6	6.4	4.47	4.80	4.90	5.47	5.67	6.23
		R2	3.9	4.0	5.3	4.2	4.8	5.5	6.1						
		R3	4.2	4.3	3.5	5.6	6.7	5.9	6.2						
	M. C.	R1	4.7	5.4	6.6	7.2	6.2	6.8	7.1	4.97	6.10	6.70	6.90	7.50	8.87
		R2	3.9	5.8	5.4	6.1	6.8	7.9	9.1						
		R3	4.3	3.7	6.3	6.8	7.7	7.8	10.4						
Oca amarilla	F1	R1	3.6	3.8	5.6	6.3	6.7	7.5	8.9	4.70	5.60	5.83	6.87	7.37	7.97
		R2	5.1	6.2	5.4	6.7	7.0	7.9	9.0						
		R3	3.2	4.1	5.8	4.5	6.9	6.7	6.0						
	F2	R1	4.3	3.3	4.4	5.0	5.7	6.2	6.6	4.07	4.63	5.37	5.80	6.17	6.77
		R2	3.4	4.6	4.2	5.2	5.3	5.4	7.3						
		R3	3.5	4.3	5.3	5.9	6.4	6.9	6.4						
	F3	R1	3.0	3.2	3.5	4.0	4.1	4.5	4.8	3.70	3.87	4.60	4.67	4.93	5.60
		R2	3.4	4.1	4.9	6.0	5.8	4.9	6.2						
		R3	4.3	3.8	3.2	3.8	4.1	5.4	5.8						
	M. C.	R1	3.7	5.2	4.8	6.7	7.9	8.0	7.8	4.50	5.33	6.53	7.33	7.63	8.47
		R2	4.8	3.8	4.9	7.2	6.8	7.1	9.2						
		R3	3.2	4.5	6.3	5.7	7.3	7.8	8.4						

ANEXO 5. Registro de datos de acidez titulable durante los días de evaluación

Genotipo	F	R	Datos								Promedio (\bar{X})				
			Inicio	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
Oca roja	F1	R1	0.043	0.038	0.033	0.028	0.020	0.013	0.015	0.038	0.034	0.029	0.025	0.018	0.013
		R2	0.033	0.035	0.028	0.033	0.025	0.023	0.010	0.038	0.034	0.029	0.025	0.018	0.013
		R3	0.043	0.040	0.043	0.028	0.030	0.018	0.015	0.038	0.034	0.029	0.025	0.018	0.013
	F2	R1	0.045	0.040	0.038	0.035	0.033	0.023	0.018	0.037	0.034	0.032	0.027	0.025	0.018
		R2	0.040	0.038	0.030	0.033	0.025	0.030	0.020	0.037	0.034	0.032	0.027	0.025	0.018
		R3	0.033	0.033	0.035	0.028	0.023	0.023	0.018	0.037	0.034	0.032	0.027	0.025	0.018
	F3	R1	0.045	0.043	0.033	0.038	0.030	0.030	0.028	0.039	0.036	0.032	0.030	0.029	0.025
		R2	0.038	0.040	0.038	0.025	0.033	0.028	0.023	0.039	0.036	0.032	0.030	0.029	0.025
		R3	0.040	0.035	0.038	0.033	0.028	0.030	0.025	0.039	0.036	0.032	0.030	0.029	0.025
M. C.	R1	0.038	0.043	0.033	0.028	0.030	0.018	0.010	0.037	0.032	0.025	0.022	0.015	0.010	
	R2	0.043	0.035	0.040	0.033	0.023	0.018	0.013	0.037	0.032	0.025	0.022	0.015	0.010	
	R3	0.038	0.033	0.023	0.015	0.013	0.010	0.008	0.037	0.032	0.025	0.022	0.015	0.010	
Oca amarilla	F1	R1	0.043	0.040	0.038	0.040	0.033	0.025	0.023	0.042	0.038	0.032	0.027	0.023	0.019
		R2	0.045	0.043	0.040	0.025	0.020	0.023	0.018	0.042	0.038	0.032	0.027	0.023	0.019
		R3	0.048	0.043	0.038	0.030	0.028	0.023	0.018	0.042	0.038	0.032	0.027	0.023	0.019
	F2	R1	0.048	0.045	0.043	0.035	0.038	0.030	0.020	0.043	0.041	0.037	0.033	0.030	0.023
		R2	0.040	0.040	0.045	0.038	0.028	0.028	0.023	0.043	0.041	0.037	0.033	0.030	0.023
		R3	0.045	0.045	0.035	0.038	0.033	0.033	0.028	0.043	0.041	0.037	0.033	0.030	0.023
	F3	R1	0.050	0.048	0.043	0.040	0.033	0.035	0.020	0.043	0.040	0.038	0.036	0.032	0.028
		R2	0.045	0.043	0.035	0.033	0.035	0.028	0.030	0.043	0.040	0.038	0.036	0.032	0.028
		R3	0.040	0.038	0.043	0.040	0.040	0.033	0.033	0.043	0.040	0.038	0.036	0.032	0.028
M. C.	R1	0.048	0.045	0.043	0.040	0.025	0.015	0.018	0.041	0.037	0.033	0.027	0.021	0.017	
	R2	0.038	0.045	0.033	0.033	0.030	0.030	0.015	0.041	0.037	0.033	0.027	0.021	0.017	
	R3	0.045	0.033	0.035	0.028	0.025	0.020	0.018	0.041	0.037	0.033	0.027	0.021	0.017	

ANEXO 6. Registro de datos del parámetro de color (L^* , a^* , b^*) durante los días de evaluación

A. Parámetro de color L^*

Genotipo	F	R	Datos										Promedio (\bar{X})				
			Inicio	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60	Día 75	Día 90	Día 15	Día 30	Día 45	Día 60	Día 75	Día 90		
Oca roja	F1	R1	23.7	30.8	17.7	20.5	18.9	20.3	14.5	23.10	21.60	20.47	19.40	17.37	15.57		
		R2	18.2	21.8	20.2	23.7	18.5	16.4	13.1								
		R3	33.4	16.7	26.9	17.2	20.8	15.4	19.1								
	F2	R1	22.3	26.7	21.5	20.2	19.1	20.2	14.9	23.43	22.50	21.43	20.97	19.53	17.47		
		R2	26.9	20.8	21.6	23.3	21.0	19.6	20.5								
		R3	23.8	22.8	24.4	20.8	22.8	18.8	17.0								
	F3	R1	25.1	24.3	21.7	21.3	18.2	18.6	16.2	23.90	22.27	20.87	19.77	18.77	18.57		
		R2	26.4	23.8	22.3	20.6	22.0	17.3	19.6								
		R3	24.5	23.6	22.8	20.7	19.1	20.4	19.9								
M. C.	R1	25.9	22.7	23.3	19.6	16.4	17.0	16.4	23.43	21.20	19.53	17.57	16.20	14.80			
	R2	27.2	21.8	19.7	21.6	17.8	15.2	14.7									
	R3	23.4	25.8	20.6	17.4	18.5	16.4	13.3									
Oca amarilla	F1	R1	7.9	10.4	5.0	7.1	5.2	3.3	1.6	8.03	6.77	5.50	4.27	3.10	1.80		
		R2	10.8	6.5	5.5	5.1	3.4	3.2	2.2								
		R3	8.8	7.2	9.8	4.3	4.2	2.8	1.6								
	F2	R1	9.0	10.7	7.7	6.4	8.5	4.3	2.3	8.27	7.40	6.37	5.77	4.73	2.87		
		R2	13.4	5.8	10.7	3.5	5.6	3.5	4.8								
		R3	6.2	8.3	3.8	9.2	3.2	6.4	1.5								
	F3	R1	10.3	6.6	9.2	8.7	3.5	7.7	6.9	8.70	8.27	7.63	6.53	6.13	5.50		
		R2	10.6	10.0	5.9	9.3	8.1	2.9	7.5								
		R3	7.7	9.5	9.7	4.9	8.0	7.8	2.1								
M. C.	R1	8.6	9.2	5.6	4.9	4.7	2.7	2.3	7.67	6.47	5.37	4.40	3.30	2.13			
	R2	9.3	6.7	7.3	5.5	3.2	4.5	0.9									
	R3	10.1	7.1	6.5	5.7	5.3	2.7	3.2									

B. Parámetro de color a*

Genotipo	F	R	Datos								Promedio (\bar{X})				
			Inicio	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90
Oca roja	F1	R1	45.3	43.8	41.6	39.7	38.2	34.6	35.6	42.77	41.03	40.13	38.13	35.80	32.60
		R2	46.5	42.1	40.9	41.1	37.3	38.7	31.7						
		R3	43.9	42.4	40.6	39.6	38.9	34.1	30.5						
	F2	R1	48.8	38.6	44.8	42.3	34.8	40.8	33.7	42.80	41.20	39.53	38.63	37.80	36.23
		R2	45.7	43.6	37.3	40.2	39.9	34.2	40.3						
		R3	39.1	46.2	41.5	36.1	41.2	38.4	34.7						
	F3	R1	40.9	39.8	43.9	38.8	40.9	41.4	37.3	43.07	41.80	40.90	40.27	39.87	39.57
		R2	48.1	45.3	38.5	40.2	37.3	40.8	40.6						
		R3	45.2	44.1	43.0	43.7	42.6	37.4	40.8						
M. C.	R1	47	44.6	36.1	34.3	31.5	40.2	28.5							
	R2	40.5	38.5	35.7	42.4	30.8	28.8	37.1	40.83	38.63	36.63	34.63	33.40	32.07	
	R3	43.9	39.4	44.1	33.2	41.6	31.2	30.6							
Oca amarilla	F1	R1	63.7	59.1	54.1	56.7	51.3	48.1	37.7	57.27	55.10	54.47	50.83	49.13	42.23
		R2	57.9	53.5	57.8	53.2	51.6	49.5	41.5						
		R3	61.8	59.2	53.4	53.5	49.6	49.8	47.5						
	F2	R1	63.2	56.9	51.1	53.1	53.7	49.6	50.2	56.43	55.40	53.50	50.67	49.90	46.73
		R2	59.6	60.2	55.6	58.3	49.4	47.3	48.1						
		R3	57.3	52.2	59.5	49.1	48.9	52.8	41.9						
	F3	R1	60.5	59.8	51.2	52.4	49.0	50.1	48.8	59.57	55.03	51.00	50.20	50.17	49.77
		R2	64.4	59.2	55.8	50.4	50.4	49.6	50.7						
		R3	62.7	59.7	58.1	50.2	51.2	50.8	49.8						
M. C.	R1	57.5	50.9	53.5	46.2	50.8	44.9	42.8	53.03	51.27	48.17	46.20	45.30	42.53	
	R2	56.1	57.2	50.5	45.5	42	47.9	40.3							
	R3	58.6	51.0	49.8	52.8	45.8	43.1	44.5							

ANEXO 7. Registro de datos de actividad de agua (a_w) durante los días de evaluación

Genotipo	F	R	Datos									Promedio (\bar{X})				
			Inicio	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90	Dia 15	Dia 30	Dia 45	Dia 60	Dia 75	Dia 90	
Oca roja	F1	R1	0.981	0.981	0.978	0.978	0.978	0.975	0.974	0.982	0.980	0.978	0.976	0.974	0.973	
		R2	0.983	0.981	0.980	0.979	0.976	0.973	0.972							
		R3	0.987	0.983	0.983	0.977	0.974	0.974	0.973							
	F2	R1	0.988	0.981	0.981	0.979	0.976	0.974	0.981	0.983	0.981	0.979	0.977	0.976	0.974	
		R2	0.977	0.985	0.981	0.980	0.979	0.979	0.971							
		R3	0.988	0.982	0.980	0.979	0.976	0.974	0.971							
	F3	R1	0.989	0.985	0.981	0.980	0.973	0.973	0.973	0.973	0.981	0.979	0.977	0.976	0.975	
		R2	0.985	0.981	0.981	0.979	0.976	0.976	0.971							
		R3	0.978	0.980	0.980	0.982	0.983	0.981	0.981							
	M. C.	R1	0.987	0.985	0.984	0.973	0.973	0.973	0.973	0.970	0.982	0.978	0.975	0.975	0.972	
		R2	0.987	0.979	0.982	0.981	0.978	0.975	0.975							
		R3	0.978	0.982	0.972	0.977	0.975	0.974	0.972							
Oca amarilla	F1	R1	0.987	0.976	0.972	0.972	0.971	0.977	0.970	0.983	0.978	0.975	0.973	0.973	0.972	
		R2	0.986	0.984	0.983	0.975	0.971	0.970	0.974							
		R3	0.989	0.988	0.981	0.979	0.978	0.970	0.973							
	F2	R1	0.988	0.986	0.987	0.981	0.979	0.975	0.975	0.985	0.983	0.980	0.979	0.977	0.975	
		R2	0.988	0.984	0.982	0.980	0.980	0.981	0.972							
		R3	0.987	0.985	0.981	0.980	0.979	0.975	0.977							
	F3	R1	0.988	0.987	0.988	0.986	0.988	0.986	0.978	0.980	0.988	0.988	0.980	0.980	0.977	
		R2	0.985	0.981	0.980	0.970	0.971	0.976	0.975	0.984	0.982	0.981	0.980	0.977	0.977	
		R3	0.988	0.984	0.978	0.987	0.980	0.978	0.978	0.974	0.984	0.982	0.980	0.977	0.977	
	M. C.	R1	0.988	0.979	0.970	0.975	0.966	0.967	0.968	0.983	0.977	0.974	0.973	0.971	0.970	
		R2	0.987	0.987	0.983	0.974	0.973	0.971	0.970	0.983	0.977	0.976	0.973	0.971	0.970	
		R3	0.984	0.982	0.977	0.978	0.982	0.976	0.973	0.973	0.977	0.976	0.973	0.971	0.970	

ANEXO 8. Resultados del efecto del recubrimiento comestible sobre el crecimiento microbiano (mohos y levaduras)

Tabla 8

Recuento de microorganismos (Levaduras)

Genotipo	F	Promedio (\bar{X}) - 10 ² Ufc/g			
		\bar{X} Dia 0	\bar{X} Dia 30	\bar{X} Dia 60	\bar{X} Dia 90
Oca roja	F1	A	1	3	5
	F2	A	A	1	3
	F3	A	A	1	2
	M. C	1	3	5	6
Oca amarilla	F1	A	1	3	4
	F2	A	A	1	2
	F3	A	A	A	1
	M. C	1	3	4	6

Tabla 9

Recuento de microorganismos (Mohos)

Genotipo	F	Promedio (\bar{X}) - 10 ² Ufc/g			
		\bar{X} Dia 0	\bar{X} Dia 30	\bar{X} Dia 60	\bar{X} Dia 90
Oca roja	F1	A	A	1	2
	F2	A	A	A	1
	F3	A	A	A	1
	M. C	A	1	2	3
Oca amarilla	F1	A	A	1	2
	F2	A	A	A	1
	F3	A	A	A	A
	M. C	A	1	1	2

ANEXO 9. Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación

Duncan para la pérdida de peso

Tabla 10*Análisis de Varianza (ANOVA), para la pérdida de peso*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Sig.
Bloque	5	1636.83	327.37	71.90	*
Genotipo (A)	1	0.66	0.66	0.15	n. s
Formulación (B)	3	383.36	127.79	28.07	*
A x B	3	26.32	8.77	1.93	n. s
Error Exp.	35	159.36	4.55		
TOTAL	47	2206.53			
CV=18.34					

Tabla 11*Análisis de comparación Duncan en la variación de peso, según formulación*

PRUEBA DUNCAN					
Error: 4.5530 Gl: 35					
Formulación	Media	n	E.E.		
M. C	14.55	12	0.62	A	
F1	12.91	12	0.62	A	B
F2	12.09	12	0.62		B
F3	6.98	12	0.62		C

Nota: M.C: Muestra control, F1: formulación 1, F2: formulación 2, F3: formulación 3.

ANEXO 10. Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación

Duncan para el pH

Tabla 12*Análisis de Varianza (ANOVA), para el pH*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Sig.
Bloque	6	20.58	3.43	64.75	*
Genotipo (A)	1	0.16	0.16	3.07	n. s
Formulación (B)	3	2.89	0.96	18.20	*
A x B	3	0.15	0.05	0.96	n. s
Error Exp.	42	2.22	0.05		
TOTAL	55	26.01			
CV= 4.21					

Tabla 13*Análisis de comparación Duncan en a variación de pH, según formulación*

PRUEBA DUNCAN					
Error: 0.0530 Gl: 42					
Formulación	Media	n	E.E.		
M.C	5.77	14	0.06	A	
F1	5.57	14	0.06		B
F2	5.33	14	0.06		C
F3	5.17	14	0.06		C

Nota: M.C: Muestra control, F1: formulación 1, F2: formulación 2, F3: formulación 3.

ANEXO 11. Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación

Duncan para solidos solubles

Tabla 14*Análisis de Varianza (ANOVA), para sólidos solubles*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Sig.
Bloque	6	71.61	11.94	72.69	*
Genotipo (A)	1	1.79	1.79	10.87	*
Formulación (B)	3	20.05	6.68	40.69	*
A x B	3	1.32	0.44	2.67	n. s
Error Exp.	42	6.90	0.16		
TOTAL	55	101.66			

CV= 7.16

Tabla 15*Análisis de comparación Duncan en la variación de sólidos solubles, según genotipo*

PRUEBA DUNCAN					
Error: 0.1642 Gl: 42					
Genotipo	Media	n	E.E.		
Oca roja	5.84	28	0.08	A	
Oca amarilla	5.48	28	0.08		B

Tabla 16

Análisis de comparación Duncan en la variación de sólidos solubles, según formulación

PRUEBA DUNCAN				
Error: 0.1642 Gl: 42				
Formulación	Media	n	E.E.	
M.C	6.36	14	0.11	A
F1	6.00	14	0.11	B
F2	5.52	14	0.11	C
F3	4.76	14	0.11	D

Nota: M.C: Muestra control, F1: formulación 1, F2: formulación 2, F3: formulación 3.

ANEXO 12. Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación

Duncan para acidez titulable

Tabla 17

Análisis de Varianza (ANOVA), para Acidez titulable

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Sig.
Bloques	6	3.0E - 03	5.0E - 04	87.53	*
Genotipo (A)	1	4.6E - 04	4.6E - 04	81.59	*
Formulación (B)	3	3.4E - 04	1.1E - 04	19.71	*
A x B	3	2.1E - 05	7.2E - 06	1.26	n. s
Error Exp.	42	2.4E - 04	5.7E - 06		
TOTAL	55	4.0E - 03			
CV= 7.41					

Tabla 18

Análisis de comparación Duncan en la variación de Acidez titulable, según genotipo

PRUEBA DUNCAN				
Error: 0.0000 Gl: 42				
Genotipo	Media	n	E.E.	
Oca amarilla	0.04	28	4.5E - 04	A
Oca roja	0.03	28	4.5E - 04	B

Tabla 19*Análisis de comparación Duncan en la variación de Acidez titulable, según formulación*

PRUEBA DUNCAN				
Error: 0.0000 Gl: 42				
Formulación	Media	n	E.E.	
F3	0.04	14	6.4E – 04	A
F2	0.03	14	6.4E – 04	B
F1	0.03	14	6.4E – 04	B
M.C	0.03	14	6.4E – 04	C

Nota: M.C: Muestra control, F1: formulación 1, F2: formulación 2, F3: formulación 3.

ANEXO 13. Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación

Duncan para el parámetro de color L*

Tabla 20*Análisis de Varianza (ANOVA), para el parámetro de color L**

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Sig.
Bloque	6	842.90	140.48	53.94	*
Genotipo (A)	1	2293.50	2293.50	880.62	*
Formulación (B)	3	163.90	54.63	20.98	*
A x B	3	4.57	1.52	0.58	n. s
Error Exp.	42	109.39	2.60		
TOTAL	55	3414.26			
CV= 3.51					

Tabla 21*Análisis de comparación Duncan en la variación del parámetro de color L*, según**genotipo*

PRUEBA DUNCAN				
Error: 2.6044 Gl: 42				
Genotipo	Media	n	E.E.	
Oca amarilla	52.32	28	0.30	A
Oca roja	39.52	28	0.30	B

Tabla 22

Análisis de comparación Duncan en la variación del parámetro de color L, según formulación*

PRUEBA DUNCAN					
Error: 2.6044 Gl: 42					
Formulación	Media	n	E.E.		
F3	47.75	14	0.43	A	
F2	46.67	14	0.43	A	B
F1	46.13	14	0.43		B C
M.C	43.14	14	0.43		C

Nota: M.C: Muestra control, F1: formulación 1, F2: formulación 2, F3: formulación 3.

ANEXO 14. Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación

Duncan para el parámetro de color a*

Tabla 23

*Análisis de Varianza (ANOVA), para el parámetro de color a**

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Sig.
Bloque	6	325.72	54.29	88.82	*
Genotipo (A)	1	2935.39	2935.39	4802.61	*
Formulación (B)	3	28.60	9.53	15.60	*
A x B	3	2.77	0.92	1.51	n. s
Error Exp.	42	25.67	0.61		
TOTAL	55	3318.14			
CV= 5.80					

Tabla 24

Análisis de comparación Duncan en la variación del parámetro de color a, según genotipo*

PRUEBA DUNCAN				
Error: 0.6112 Gl: 42				
Genotipo	Media	n	E.E.	
Oca roja	20.71	28	0.15	A
Oca amarilla	6.23	28	0.15	B

Tabla 25

Análisis de comparación Duncan en la variación del parámetro de color a, según formulación*

PRUEBA DUNCAN				
Error: 0.6112 Gl: 42				
Formulación	Media	n	E.E.	
F3	14.41	14	0.21	A
F2	13.90	14	0.21	A
F1	12.95	14	0.21	B
M. C.	12.64	14	0.21	B

Nota: M.C: Muestra control, F1: formulación 1, F2: formulación 2, F3: formulación 3.

ANEXO 15. Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación

Duncan para el parámetro de color b*

Tabla 26

*Análisis de Varianza (ANOVA), para el parámetro de color b**

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Sig.
Bloque	6	645.04	107.51	21.82	*
Genotipo (A)	1	7042.57	7042.57	1429.69	*
Formulación (B)	3	77.81	25.94	5.27	*
A x B	3	29.78	9.93	2.02	n.s
Error Exp.	42	206.89	4.93		
TOTAL	55	8002.10			

CV= 13.56

Tabla 27

Análisis de comparación Duncan en la variación del parámetro de color b, según genotipo*

PRUEBA DUNCAN				
Error: 4.9260 Gl: 42				
Genotipo	Media	n	E.E.	
Oca amarilla	27.58	28	0.42	A
Oca roja	5.15	28	0.42	B

Tabla 28

Análisis de comparación Duncan en la variación del parámetro de color b^ , según formulación*

PRUEBA DUNCAN				
Error: 4.9260 Gl: 42				
Formulación	Media	n	E.E.	
F3	17.92	14	0.59	A
F2	17.02	14	0.59	A B
F1	15.64	14	0.59	B C
M. C.	14.89	14	0.59	C

ANEXO 16. Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación

Duncan para la actividad de agua (a_w)

Tabla 29

Análisis de Varianza (ANOVA), para actividad de agua (a_w)

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Sig.
Bloque	6	9.2E - 04	1.5E - 04	107.42	*
Genotipo (A)	1	3.0E - 06	3.0E - 06	2.10	n. s
Formulación (B)	3	1.1E - 04	3.6E - 05	25.31	*
A x B	3	2.7E - 05	9.1E - 06	0.32	n. s
Error Exp.	42	6.0E - 05	1.4E - 06		
TOTAL	55	1.1E - 03			
CV= 0.12					

Tabla 30

Análisis de comparación Duncan en la variación de actividad de agua (a_w), según formulación

PRUEBA DUNCAN				
Error: 0.0000 Gl: 42				
Formulación	Media	n	E.E.	
F3	0.98	14	3.2E - 04	A
F2	0.98	14	3.2E - 04	A
F1	0.98	14	3.2E - 04	B
M. C	0.98	14	3.2E - 04	B

Nota: M.C: Muestra control, F1: formulación 1, F2: formulación 2, F3: formulación 3.

ANEXO 17. Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación

Duncan para el desarrollo de Levaduras

Tabla 31*Análisis de Varianza (ANOVA), para el desarrollo de Levaduras*

F. de V.	G. L.	S.C.	C. M.	Fc	Sig.
Bloque	3	45.86	15.29	36.30	*
Genotipo (A)	1	0.35	0.35	0.83	n. s
Formulación (B)	3	45.97	15.32	36.39	*
A x B	3	0.07	0.02	0.05	n. s
Error Exp.	21	8.84	0.42		
TOTAL	31	101.09			
CV= 16.64					

Tabla 32*Análisis de comparación Duncan sobre el análisis microbiológico – Levaduras, según formulación*

PRUEBA DUNCAN				
Error: 0.4211 Gl: 21				
Formulación	Media	n	E.E.	
M. C	3.50	8	0.23	A
F1	2.25	8	0.23	B
F2	0.88	8	0.23	C
F3	0.46	8	0.23	C

Nota: M.C: Muestra control, F1: formulación 1, F2: formulación 2, F3: formulación 3.

ANEXO 18. Resultados de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación

Duncan para el desarrollo de Mohos

Tabla 33

Análisis de Varianza (ANOVA), para el desarrollo de mohos

F. de V.	G. L	S.C.	C. M.	Fc	Sig.
Bloque	3	8.50	2.83	23.62	*
Genotipo (A)	1	0.06	0.06	0.47	n. s
Formulación (B)	3	6.48	2.16	18.01	*
A x B	3	0.11	0.04	0.31	n. s
Error Exp.	21	2.52	0.12		
TOTAL	31	17.68			
CV= 17.35					

Tabla 34

Análisis de comparación Duncan sobre el análisis microbiológico – Mohos, según formulación

PRUEBA DUNCAN				
Error: 0.1200 Gl: 21				
Formulación	Media	n	E. E.	
M. C	1.29	8	0.12	A
F2	0.71	8	0.12	B
F1	0.29	8	0.12	C
F3	0.13	8	0.12	C

Nota: M.C: Muestra control, F1: formulación 1, F2: formulación 2, F3: formulación 3

ANEXO 19. Condiciones ambientales

Días de evaluación	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)
0	31	15.2
15	40	16.8
30	24	16.4
45	31	15.3
60	36	16.9
75	45	17
90	40	17.8

Nota: Se muestra las variaciones de temperatura y humedad relativa en la región de Puno durante los meses de junio a setiembre del 2024 <https://pelt.gob.pe/sirh/datos-historicos-meteorologia/>.

ANEXO 20. Álbum fotográfico

Figura 28

Selección de genotipo amarillo



Figura 29

Selección de genotipo rojo



Figura 30

Insumos para elaboración de recubrimiento comestible



Figura 31

Recubrimiento comestible elaborado



Figura 32

Genotipo rojo con recubrimiento comestible



Figura 33

Genotipo amarillo con recubrimiento comestible



Figura 34

Almacenamiento final del genotipo amarillo sin recubrimiento



Figura 35

Almacenamiento final del genotipo rojo sin recubrimiento



Figura 36

Almacenamiento final del genotipo amarillo con la formulación 3



Figura 37

Almacenamiento final del genotipo rojo con la formulación 3





ANEXO 21. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo EVANGELINA NUÑEZ RODRIGUEZ
identificado con DNI 77 202679 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" EFFECTOS DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE GEL DE SÁBILA
(ALOE VERA L) Y ACEITE ESENCIAL DE OREGANO (Origanum Vulgare) EN LA
CONSERVACIÓN DE DOS GENOTIPOS DE OCA (Oxalis tuberosa Mol) "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 17 de diciembre del 2024

Eul NoR

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 22. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo EVANGELINA NUÑEZ RODRIGUEZ
identificado con DNI 77202679 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"EFECTOS DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE GEL
DE SÁBILA (ALOE VERA) Y ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (Origanum vulgare)
EN LA CONSERVACIÓN DE DOS GENOTIPOS DE OCA (Dactylis glomerata)"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 19 de diciembre del 2024

E.N.R.

FIRMA (obligatoria)



Huella