

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentaria



Una Institución Adventista

Efecto del recubrimiento comestible de Uncucha (Colocasia antiquorum) para conservación poscosecha de fresa

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Industrias
Alimentarias

Autor:

Elizabeth Guizado Urrutia
Carmen Limachi Viamonte

Asesor:

Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe

Juliaca, febrero de 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EFECTO DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE DE UNCUCHA (COLOCASIA ANTIQUORUM) PARA CONSERVACIÓN POSCOSECHA DE FRESA”** constituye la memoria que presenta los Bachiller(es) Elizabeth Guizado Urrutia y Carmen Limachi Viamonte para obtener el título de Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 11 días del mes de febrero del año 2022.

Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe



Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 11 día(s) del mes de febrero del año 2022, siendo las 08:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Ing. Enrique Mamani Suela, el secretario: Mac. Carmen Rosa Apaza Numerez y los demás miembros: Ing. Ana Mónica Torres Jimenez

y el asesor Ing. Joel Terson Loaguira Quispe con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: Efecto del recubrimiento comestible de Ucuacha (Coccoloba antiquorum) para conservación postcosecha de fresa

de el(los)/la(las) bachiller(es): a) Elizabeth Quizado Urutia b) Carmen Jimachi Viamonte conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias (Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

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

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

Candidato (a): Elizabeth Quizado Urutia

Table with columns: CALIFICACIÓN, ESCALAS (Vigesimal, Literal, Cualitativa), Mérito. Row 1: Aprobado, 17, B+, Muy Bueno, Sobresaliente

Candidato (b): Carmen Jimachi Viamonte

Table with columns: CALIFICACIÓN, ESCALAS (Vigesimal, Literal, Cualitativa), Mérito. Row 1: Aprobado, 17, B+, Muy Bueno, Sobresaliente

(*) Ver parte posterior

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

Signatures of Presidente, Asesor, Candidato/a (a), Secretario, Miembro, and Candidato/a (b).

ÍNDICE

Resumen	5
Abstract.....	5
1. Introducción.....	6
2. Material y métodos	7
2.1. Materia Prima	7
2.2. Extracción de almidón de Uncucha	7
2.3. Preparación de recubrimiento de fresas	8
2.4. Determinación del Color	8
2.5. Determinación de potencial de hidrógeno (pH).....	9
2.6. Determinación de acidez Titulable (AT)	9
2.7. Determinación de sólidos solubles totales (SST).	9
2.8. Pérdida de Peso (%pp).....	9
2.9. Medición de la tasa de respiración	9
2.10. Diseño experimental	10
2.11. Análisis estadístico	11
3. Resultados y discusión.....	11
3.1. Caracterización de la materia prima y almidón extraído	11
3.2. Ritmo respiratorio O ₂ % y CO ₂ %	15
3.3. Pérdida de peso %pp.....	15
3.4. Sólidos solubles totales SST.....	16
3.5. Acidez titulable AT	16
3.6. Potencial de hidrógeno pH	17
3.7. Variación de color ΔE^*	25
4. Conclusiones.....	26
Referencias bibliográficas	27

Efecto del recubrimiento comestible de Uncucha (*Colocasia antiquorum*) para conservación poscosecha de fresa

Effect of the edible coating of Uncucha (*Colocasia antiquorum*) for postharvest conservation of strawberry

Carmen Limachi Viamonte ^{*1,a}; Elizabeth Guizado Urrutia ^{1,b}; Joel Coaquira Quispe²

¹*Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentaria, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú*

Resumen

Las fresas son susceptibles a lesiones mecánicas durante la cosecha y almacenamiento debido a que poseen una epidermis muy delgada. El objetivo fue determinar las influencias de las concentraciones de sorbato de potasio y almidón de Uncucha (*Colocasia antiquorum*) para evaluar la vida útil de la fresa (*Fragaria ananassa Duch*). La fruta se sumergió en diferentes concentraciones de sorbato de potasio (0.01 %, 0.05 %, 0.09%) y almidón de Uncucha (0.5 %, 1%, 1.5 %). Se aplicó diseño compuesto central para la optimización de los factores durante los 10 días de almacenamiento se encontró que los recubrimientos comestibles redujeron la tasa respiratoria de nivel de O₂ 13.14% y con 0.14% de incremento de CO₂ en comparación con muestras de control a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento disminuyó la acidez titulable, tienden a subir la pérdida de peso, sólidos solubles totales y pH. Los análisis de varianza mostraron significancia a valor $p \leq 0.05$ para variables dependientes presentando puntos críticos de optimización, por otro lado, la variación de color (ΔE) presenta percepción perceptible a valores de a^* (rojo – verde) en fresas recubiertas y en control presentan valores negativos indicando un color verde. Se concluye que el recubrimiento comestible a base de almidón de Uncucha es una alternativa para conservar las fresas, ampliando la durabilidad y el aumento de seguridad alimentaria para consumidores.

Palabras clave: Fresas; recubrimiento; tasa de respiración; color.

Abstract

Strawberries are susceptible to mechanical injury during harvest and storage due to their very thin epidermis. The objective was to determine the influences of the concentrations of potassium sorbate and starch of Uncucha (*Colocasia antiquorum*) to evaluate the shelf life of strawberry (*Fragaria ananassa Duch*). The fruit was submerged in different concentrations of potassium sorbate (0.01%, 0.05%, 0.09%) and Uncucha starch (0.5%, 1%, 1.5%). The central composite design was applied for the optimization of the factors during the 10 days of storage, it was found that the edible coatings reduced the respiratory rate of O₂ level by 13.14% and with a 0.14% increase in CO₂ compared to control samples as the storage time increases, the titratable acidity decreases, tend to increase weight loss, total soluble solids and pH. The analysis of variance showed significance at p value ≤ 0.05 for dependent variables, presenting critical optimization points, on the other hand, the color variation (ΔE) presents perceptible values of a^* (red - green) in coated strawberries and in control it presents negative values that indicate a green color. It is concluded that the edible coating based on starch from Uncucha is an alternative to preserve strawberries, extend shelf life and increase food safety for consumers.

Keywords: Strawberries; coating; respiration rate; color.

*Autor correspondencia: Limachi Viamonte Carmen
Correo electrónico: carmen.lv@upeu.edu.pe

1. Introducción

La fresa (*Fragaria ananassa Duch*) es un fruto no climatérico apreciado por sus buenas propiedades organolépticas, es considerado una buena fuente de antioxidantes, principalmente por su alto contenido en vitamina C y antocianinas, sin embargo es una fruta perecedera siendo susceptibles a lesiones mecánicas descomposición durante su almacenamiento presenta una alta tasa de ablandamiento y alta sensibilidad al ataque de hongos, presentando una vida útil poscosecha muy corta de 5 días a 0-4°C (Nadim et al., 2015). El principal cambio en la composición de la fruta generalmente se asocia con la maduración tiene lugar cuando todavía está adherido a la planta madre, las fresas deben cosecharse listas para consumir (Seeram et al., 2006). Una de las características de su deterioro de las fresas se debe principalmente a un pH más bajo, una actividad de agua óptima para el crecimiento de hongos, otra es que el fruto tiene una piel que se desgarrar fácilmente.

En los últimos años la industria alimentaria busca nuevas alternativas para mejorar métodos y desarrollar nuevas tecnologías que puedan producir productos de alta calidad con color, sabor, textura y conservar sus valores nutricionales (Galletto et al. 2010). Por otro lado, es necesario encontrar métodos adecuados para preservar la calidad de las fresas durante el almacenamiento (Miele & Rizzon, 2017). Los recubrimientos comestibles juegan un rol importante en la conservación distribución y comercialización (Zambrano et al., 2017), asimismo actúan como barrera de controlar el crecimiento microbiano, preserva el color, textura y humedad del producto y eficazmente extender la vida útil (Mehyar et al., 2014), Thakur et al.(2018) investigó los recubrimientos y películas comestibles fabricadas a partir de compuestos de almidón posee una permeabilidad y puede ser una solución potencial para mejorar la calidad de la fresa siendo un polisacárido ampliamente utilizado en la industria alimentaria debido a fuentes renovables de bajo costo fácilmente accesible adecuado para formar recubrimientos comestibles. Por otro lado fuentes no convencionales como raíces, bulbos y tubérculos de origen local, pueden tener importancia comercial o nutricional (Lovera et al., 2017), lo que emergería como nuevas fuentes botánicas para la industria alimentaria cultivos tropicales como la Uncucha es un alimento básico para los pueblos indígenas de Amazonía Peruana, selva baja y no han considerado seriamente posibles fuentes de almidón, una de las formas para

valorar este tubérculo es realizando recubrimiento comestibles procesarlas para obtener almidón que oscila entre 22-44% según el (Instituto Nacional de Nutrición (INN), 1999).

La emisión de conservantes puede prolongar la vida útil de los alimentos y ayudar a controlar el crecimiento de microorganismos y bacterias probablemente por esta razón, los envases antimicrobianos son una de las tecnologías más prometedoras y de rápida aparición. El sorbato de potasio se usa comúnmente debido a su estabilidad naturaleza y mayor solubilidad de 58,2 % en comparación con ácido ascórbico de 32% el efecto de inhibir del sorbato de potasio puede ser letales, dependiendo de la concentración y del pH medido concentraciones bajas de barbato de potasio es de (0.05 a 0.3% en peso) son suficientes para reducir el crecimiento microbiano en alimentos, pero el uso de sorbato de potasio es eficaz hasta pH 6.5 (Kowalczyk et al., 2015).

El propósito de esta investigación fue determinar las concentraciones de almidón de Uncucha (*Colocasia antiquorum*) y sorbato de potasio para extender la vida útil de las fresas (*Fragaria ananassa Duch*) y comparar con fresas no recubiertas. Evaluar la influencia de recubrimientos comestibles sobre atributos de calidad de las fresas como pérdida de peso, sólidos solubles totales, acidez titulable, pH, tasa de respiración y color buscando así reducir las pérdidas ocasionadas en almacenamiento.

2. Material y métodos

2.1. Materia Prima

Se trabajaron con tubérculos de Uncucha blanca provenientes del Altiplano Peruano de la Región Puno - Sandia. Las fresas de variedad Chandler americana fueron adquiridas del mercado local en la ciudad de Juliaca, Perú.

Las fresas se seleccionaron cuidadosamente por uniformidad de tamaño y color, las muestras se clasificaron en similares tamaños y masa (9-6 g) sin ningún daño físico se desinfectó por (inmersión con hipoclorito a 50 ppm durante 5 min) y se almacenaron en envases pet a 17°C.

2.2. Extracción de almidón de Uncucha

La extracción del almidón se hizo por vía húmeda se aplicó la metodología descrita por (Morales, 2012) con algunas modificaciones, donde se pesó 4 kg de Uncucha previamente lavadas y peladas se aplicó alcohol etílico de 96° para reducir el contenido de mucílago, luego se cortó en cubos de 3 x 3 mm para facilitar el triturado y se licuó por un 1 min en

una procesadora de alimentos Oster con agua destilada en una relación de materia prima/ solvente (MP:S) 1:2. La pulpa resultante se filtró en tamiz de 300µm con el fin de separar la suspensión del almidón del agua restante y se hizo un segundo filtrado. El filtrado se dejó decantar por 24 horas, posteriormente se realizó el secado en estufa a horno de laboratorio a 50°C (peso constante) por 4 horas. En la materia seca se realiza una molienda para luego ser tamizada en tamices de 150µm, 180 µm, 250 µm, 300µm. Se determinó Índice de solubilidad en agua (ISA), Índice de adsorción de agua (IAA), poder de hinchamiento (PH).

2.3. Preparación de recubrimiento de fresas

Para el recubrimiento comestible se aplicó el método descrito por (Paredes, 2017), con distintas proporciones en almidón de Uncucha al 0.5%, 1% y 1.5%, también se agregó ácido cítrico a una concentración de 0.2% y sorbato de potasio al 0.01 %, 0.05% y 0.09% y estabilizante Carboximetilcelulosa (CMC) al 0.2%. El calentamiento se realizó a 85 °C durante 5 min con agitación continua a 1500 rpm. La emulsión se enfrió a 25 °C y se sumergió por lotes de 15 fresas durante 5 minutos cada tratamiento, quedando un grupo sin recubrir como muestra de control, luego fueron secadas a temperatura de 17°C por 1 hora. Las fresas (recubiertas y de control) se almacenaron en Envase Pet Ventilado (10.7 cm x 10.7 cm) a temperatura ambiente hasta sus análisis.

2.4. Determinación del Color

El color de las muestras de fresas se midió utilizando el analizador de color portátil colorímetro color Difference Meter Tester con iluminación de focos led en luz fría con potencia de 12 w y un voltaje de 120 v. Los resultados se expresaron en coordenadas de color a* (índices rojo-verde), b*(índice amarillo-azul) y L* indica luminosidad de 0 (negro) al 100 (blanco) de la Commission Internationale d'Eclairage en 1976 (CEI). Se calculó la diferencia del color (E*) mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta L^* = L^*_m - L^*_{ref} \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta a^* = a^*_m - a^*_{ref} \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta b^* = b^*_m - b^*_{ref} \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \dots\dots (4)$$

2.5. Determinación de potencial de hidrógeno (pH)

Se utilizó la metodología descrita por (Nguyen et al., 2020). Donde se determinó utilizando el sensor de pH Go direct de vernier con rango de (0-14) la cual transmite lectura y captura de datos en tiempo real con conexión cableado e inalámbrico. Para ello se determinó directamente a la pulpa de la fruta.

2.6. Determinación de acidez Titulable (AT)

La acidez titulable se midió utilizando el método de titulación de pH (Nguyen et al., 2020) se utilizó un 1g de pulpa de fresa y 0.9 ml de agua destilada con NaOH al 0.5 N hasta alcanzar un pH de 8.3. Los datos de acidez titulable (TA) se expresaron como porcentaje de ácido cítrico, se calcula de la siguiente manera.

$$AT (\%) = \frac{\text{Volumen NaOH (mL)} \times 0.5 \text{ N} \times 0.064}{10 \text{ g de muestra} \times 10^2} \times 100 \dots \dots (5)$$

2.7. Determinación de sólidos solubles totales (SST).

Los sólidos solubles totales se determinaron utilizando un refractómetro. Según AOAC (1994), la prueba se realizó por triplicado, y las lecturas se muestran como un porcentaje de sólidos disueltos expresados en ° Brix.

2.8. Pérdida de Peso (%pp)

La pérdida de peso de la fresa se expresó como diferencias entre el peso original y el peso registrado después de intervalos de 2 días. (Nguyen et al., 2020). Se midió el peso con una balanza analítica digital. El porcentaje de pérdida de peso se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$\%Pp = \frac{m_o - m}{m_o} \dots \dots \dots (6)$$

Donde m_o : peso de la muestra antes del almacenamiento (g), y m : peso de la muestra después de los intervalos de almacenamiento (g).

2.9. Medición de la tasa de respiración

Para la determinación de la frecuencia respiratoria se midió utilizando sensor de gases Vernier Go Direct Sensor de gas Oxígeno GDX-O₂, Dióxido de Carbono GDX-CO₂ (Scientific Technology for Educators & Students EE. UU). Los resultados se expresaron en la aplicación Vernier Graphical Analysis Pro y LabQuest. Donde se utilizó 6 g de fresa y se incluyó en botella de Nalgene de 250 ml por 10 minutos para realizar los experimentos y se expresaron en porcentajes.

2.10. Diseño experimental

Para el análisis de los datos se aplicó el diseño compuesto central DCC, se realizaron 10 corridas por triplicado que constan de 22 puntos factoriales, 4 puntos estrella y 2 puntos centrales con 2 factores. Todos los experimentos se realizaron por triplicado y se registraron como media desviación estándar, los datos fueron analizados con Microsoft Excel (2016) y Statistica (versión 10).

Las unidades y niveles codificados se presentan en la tabla 1. Los valores de la variable respuesta para este diseño se utilizó el siguiente modelo cuadrático o de segundo orden.

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \varepsilon \dots \dots \dots (8).$$

Tabla 1

Diseño Compuesto Central Fase Centered, Niveles de Factor Codificado y Reales para la Optimización del Recubrimiento Comestible

Factores	Nivel codificado			
	-1	0	1	
% Almidón Uncucha (AU)	0.5	1	1.5	
% Sorbato de potasio (SK)	0.01	0.05	0.09	
Corridas	Valores Codificadas			
	% Almidón	% Conservante	% Almidón	% Conservante
T1	-1	-1	0.5	0.01
T2	1	-1	1.5	0.01
T3	-1	1	0.5	0.09
T4	1	1	1.5	0.09
T5	-1	0	0.5	0.05
T6	1	0	1.5	0.05
T7	0	-1	1	0.01
T8	0	1	1	0.09
T9(c)	0	0	1	0.05
T10(c)	0	0	1	0.05

Nota. C: Punto central, T: Tratamiento.

Donde (Y) representa la variable respuesta; X_1 , X_2 corresponden variables independientes codificadas; β_0 es el coeficiente constante de interacción; β_1 y β_2 son efectos lineales; β_{11} y β_{22} son los efectos cuadráticos, β_{12} es la interacción lineal y ε es el término del error experimental. Las variables dependientes o respuesta fueron: % pérdida de peso, pH, SST, % AT, % CO₂ y O₂.

2.11. Análisis estadístico

Se determinó mediante análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la significancia de los efectos de las variables independientes sobre las variables dependientes, para determinar los análisis estadísticos de regresión el término de error total se separó por error puro lo que representa la prueba de ajuste para modelos de superficie de respuesta (Montgomery, 2006). Con un intervalo de confianza del 95% y valor ($p < 0.05$). Mediante el programa se analizó efectos de las variables independientes (% de almidón de Uncucha y % sorbato de potasio), sobre las variables de respuesta.

3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización de la materia prima y almidón extraído

En la Tabla 2 se muestra los análisis fisicoquímicos del almidón extraído de Uncucha, donde los valores en índice de solubilidad en agua ISA muestran la capacidad a dispersarse indicando la existencia del enlace intergranular, el índice de absorción en agua IAA se ve influenciada a tamaños del gránulo, el poder de hinchamiento PH muestra la capacidad de retención de agua a temperaturas altas.

Tabla 2

Caracterización del almidón de Uncucha

Análisis	Valores
Índice de solubilidad en agua (ISA) %	3.33 ±0.96
Índice de absorción de agua (IAA)	2.50 ±0.76
Poder de hinchamiento (PH)	7.22 ±1.25
Humedad (%)	8.5±0.70

Los resultados obtenidos en las propiedades tecno funcionales el índice de solubilidad en agua ISA, índice de adsorción de agua IAA y poder de hinchamiento PH fue

comparado con los valores reportado por (Huamaní R, 2018), con índice de solubilidad fue superior con $2,79 \pm 0,20$ en Pituca blanca, $3,85 \pm 0,08$ Pituca morada respectivamente el índice de absorción fue inferior con $2,87 \pm 0,1$ en Pituca blanca, $2,70 \pm 0,2$ Pituca morada quien además menciona que esta diferencia está relacionada con el tamaño del granulo y poder de hinchamiento fue superior con $2,96 \pm 0,18$ Pituca blanca, $2,60 \pm 0,13$ Pituca morada. Con rendimiento de almidón de Uncucha de 15% y humedad de 8.5%.

Por otro lado, las propiedades tecno funcionales están relacionados al contenido amilosa y amilopectina. Según (Falade & Okafor, 2013) menciona que la solubilidad en agua es la capacidad de reaccionar en agua y disolverse en ella e indica la asociación existente del enlace intra-granular entre los polímeros del almidón amilosa y amilopectina. (García & Pinzón, 2016) menciona que el ISA debe variar entre 0.27 – 12.32 %, según los resultados obtenidos el almidón de Uncucha tiene baja solubilidad este comportamiento también puede deberse al tamaño del granulo, temperatura de gelificación fue de 52°C y a los componentes del almidón, a menor valor de solubilidad en agua en almidones se da mayor contenido de amilopectina presente, a menor granulometría en almidones la solubilidad en agua será menor por otro lado la diferencia de solubilidad en agua entre almidón de Pituca blanca y morada se podría deber al contenido de amilopectina presente en dichos almidones ya que la ramificación lateral de amilopectina de moléculas del almidón y en menor facilitan la entrada de agua (Torres et al., 2013). El índice de absorción aumenta debido a los enlaces de hidrógeno entre el agua y las cadenas de amilopectinas, a medida que la temperatura aumenta retiene más agua y los gránulos del almidón empieza a hincharse y gelificar en tanto las moléculas de agua se unen en grupos hidroxilo (Markusse et al., 2018), la diferencia está en los polímeros presentes en distintas variedades de Uncucha. La fuerza hinchamiento (Lalaleo, 2017) afirma que está con la unión asociativa dentro del gránulo ya que la fuerza y las propiedades de la red de micelas están relacionadas con la proporción de amilosa. Mientras mayor sea el contenido de amilosa mayor será el índice de solubilidad en agua, y mientras menor sea el contenido de esta, mayor será su poder de hinchamiento y su capacidad de absorción de agua, además, cuanto menor sea el índice de solubilidad, el almidón es de buena calidad.
























































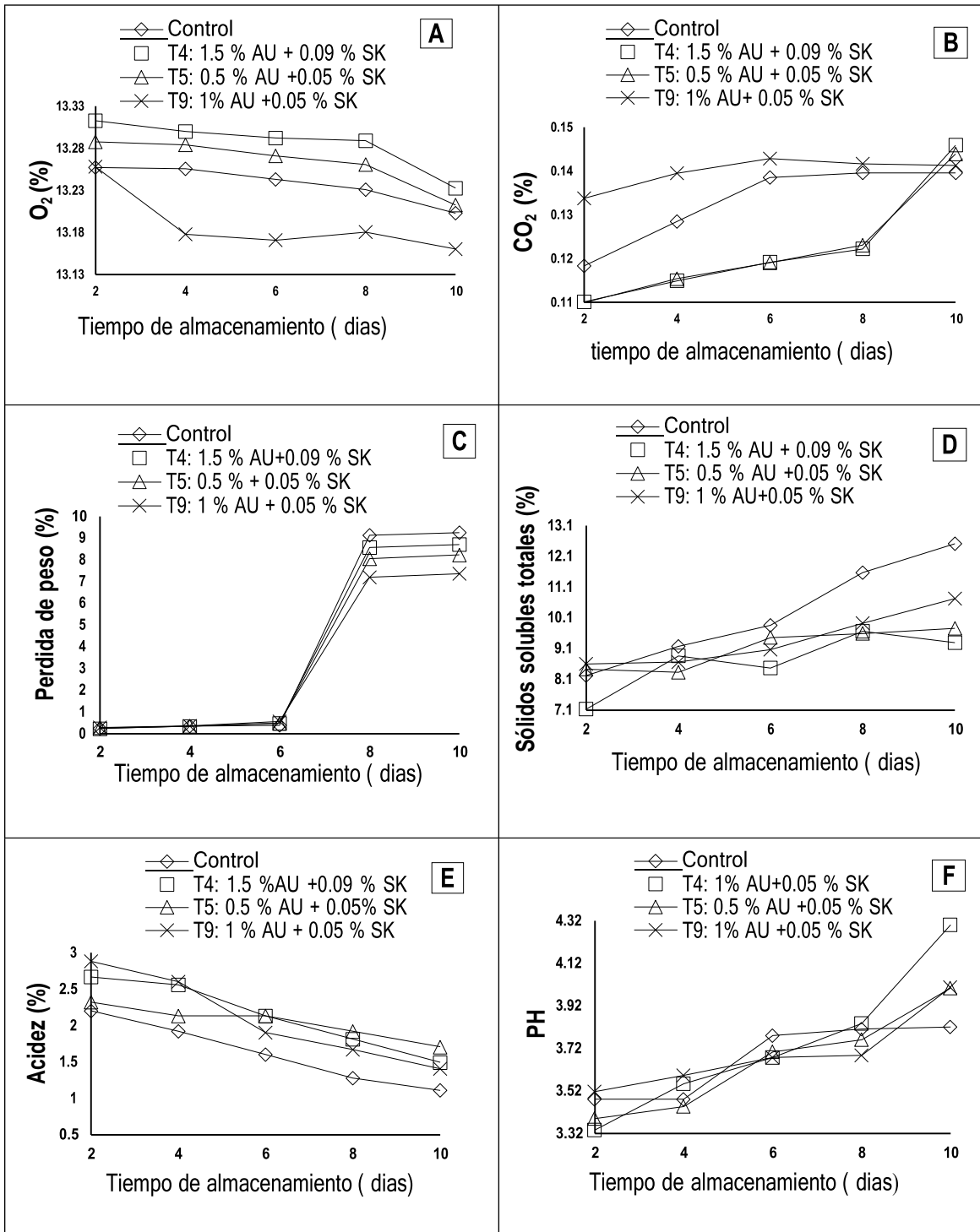
Días	Control	T1 (0.5%AU: 0.01%SK)	T2 (1.5%AU: 0.01% SK)	T3 (0.5%AU: 0.09%SK)	T4 (1.5%AU: 0.09%SK)	T5 (0.5%AU: 0.05%SK)	T6 (1.5%AU: 0.05%SK)	T7 (1%AU: 0.01%SK)	T8 (1%AU: 0.09%SK)	T9 (1%AU: 0.05%SK)	T10 (1%AU: 0.05%SK)
2											
4											
6											
8											
10											

Figura 1. Aspecto visual de la fruta de fresa recubierta con (almidón de Uncucha, sorbato de potasio) y de control durante los 10 días de Almacenamiento.

En la (Figura.1) se aprecia las imágenes de los diferentes tratamientos, en muestras de control sin recubrimiento mostró signos de descomposición por mohos después del sexto día de almacenamiento, las fresas recubiertas al octavo día fueron infectadas por mohos. Según (Ventura-Aguilar et al., 2018) indica que los agentes causales, *Colletotrichum fragariae* es un hongo importante que causa la enfermedad denominada pudrición de la corona por antracnosis, mientras que ningún signo de descomposición pudo ser detectado durante el tiempo de almacenamiento en los siguientes tratamientos (T4 (almidón de Uncucha 1.5 % + 0.09 % de sorbato de potasio), T5 (almidón de Uncucha 0.5 % + 0.05 % de sorbato de potasio) y T9.(almidón de Uncucha 1 % + 0.05 % de sorbato de potasio), siendo los mejores tratamientos. Según (Muley & Singhal.,2020) obtuvieron resultados similares las fresas de control tenían una vida útil de 5 y 3 días mientras que las fresas recubiertas mostraron mayor vida útil de 8 y 5 días. Asimismo (García et al., 2010) menciona que los recubrimientos con 3% de almidón de yuca + 0.05 % de sorbato de potasio fueron los seleccionados para un estudio de vida útil de fresas mínimamente procesadas.



Nota: AU (almidón de Uncucha), SK (sorbato de potasio).

Figura 2. Se observa comportamiento de los datos del T4, T5, T9 y muestras de control, la variación del contenido de nivel de O₂ (A), CO₂ (B), Pérdida de peso (C), Sólidos solubles (D), Acidez Titulable (E), Y pH (F) almacenadas por un tiempo 10 días.

3.2. Ritmo respiratorio O₂ % y CO₂ %

En la Figura. 2 a y b. Muestra la velocidad de la respiración en fresas, presentando una respiración alta y un máximo incremento de la producción de CO₂ de 0.14% con pérdida de nivel en O₂ de 13.21% en fresas de control durante los 10 días de almacenamiento demostrando que existe diferencia con otros tratamientos en fresas recubiertas con diferentes concentraciones, ya que en día 2 inicio con producción de CO₂ de 0.11 % en T4, T5 estos valores se incrementaron al día 10 de su almacenamiento presentó nivel de CO₂ de 0.15 % y O₂ de 13.23 % en T4 y con nivel CO₂ de 0.14 % y O₂ de 13.21 % en T5. Por otro lado, el T9 inicia con valor CO₂ de 0.14 % y O₂ de 13.16 %, al día 10 de su almacenamiento presentó nivel de CO₂ de 0.14 %, donde se interpreta que a medida que transcurre el tiempo presenta un incremento paulatino lento en respiración ya que sus valores se mantuvieron hasta el día 10 demostrándose que existe diferencia con los demás tratamientos en fresas recubiertas con diferentes concentraciones. Por tanto, la respiración se incrementa en fresas de control, la aplicación de recubrimientos comestibles interviene como barrera protectora en transferencia de gases y humedad, y que grandes cantidades de CO₂ y niveles extremadamente bajos en O₂ pueden resultar una respiración anaeróbica y aceleración como deterioro de las fresas.

Las fresas recubiertas se mantuvieron durante 10 días, el T4 con una menor reducción de niveles de O₂ de 13.32 %, el T9 de CO₂ con un menor incremento de 0.14 %. Fueron los mejores tratamientos para prevenir la reducción de niveles de O₂ y el incremento de CO₂ en la fresa. Una concentración alta en CO₂ y/o una baja concentración de O₂ inducen el metabolismo anaerobio y daños fisiológicos que deprecian la calidad de la fruta (Cheng et al., 2019). Además, el O₂ alto y el CO₂ bajo pueden aumentar la tasa de respiración de las frutas (Yun et al., 2017).

3.3. Pérdida de peso %pp

En la Figura.2c. Las fresas de control mostraron una pérdida de peso 9.24%. El T4 tuvo una pérdida de peso de 8.70%, T5 con una pérdida de peso de 8.22 %, T9 con una pérdida de peso 7.35% como resultado se obtiene menor pérdida de peso en el T9, y con mayor pérdida de peso en las muestras de control con 9.24%. El aumento durante el almacenamiento se debe a la pérdida de agua causada por la transpiración y respiración, esto también puede causar debilitamiento de la fruta, la temperatura de almacenamiento juega un papel crucial en la pérdida de peso (Lan et al., 2019). Esta investigación es considerada con los resultados anteriores informados por Muley & Singhal, (2020) tuvo

una reducción en el peso de las muestras de control y recubierto, las fresas de control almacenados a temperatura 20°C se deterioraron a los 5 días con pérdida de peso de 1.17%. Las fresas recubiertas con quitosano - aislado de proteína de suero almacenadas a temperatura 20°C se mantuvieron durante 8 días con una pérdida de peso 2.13%. (Nasrin et al., 2017) también obtuvo resultados a los 9 días de almacenamiento las fresas sin recubrir mostraron 10.67% de pérdida de peso, mientras que en fresa recubierta 4,68% y 3.68% de pérdida de peso.

3.4.Sólidos solubles totales SST

En la (Figura.2d) se observa que hubo un aumento de sólidos solubles totales en los 10 días almacenamientos a temperatura de 17°C, las fresas de control mostraron signos de descomposición por hongos después del sexto día de almacenamiento con aumento de SST de 12.51%. El T4 tuvo un aumento de SST de 9.3% siendo el mejor tratamiento para prevenir el incremento de SST en la fresa, T5 con un aumento de SST de 9.7%, T9 con un aumento de SST de 10.73 %, como resultado se obtiene un menor aumento de SST el T4 con 9.3% y con mayor aumento de SST la prueba de control con 12.51%. El resultado de esta investigación tiene concordancia con los resultados de (Nasrin et al., 2017), las fresas recubiertas con quitosano almacenaron durante 12 días, las muestras de control al día 0 tenía 7.5% de SST y a los 12 días 10.4% de SST, mientras que las muestras recubiertas el día 0 tenían 7.5% y el día 12 tenía 9.3% de SST. El proceso metabólico inicial de una fresa se convierte en carbohidratos y azúcares y otros compuestos solubles, lo que aumenta sólidos solubles totales.

3.5.Acidez titulable AT

En la Figura.2e. Se observa que hubo una reducción gradual de acidez titulable durante su almacenamiento en 10 días, las fresas de control mostraron una reducción de acidez de 1.11%. El T4 tuvo una reducción de acidez de 1.49%, T5 con una reducción de acidez de 1.70 % siendo el mejor tratamiento para prevenir la reducción de acidez en la fresa, T9 con una reducción de acidez de 1.40%, existe una menor reducción de acidez de 1.70% en el T5 y con mayor reducción de acidez la muestra de control con 1.11%. Estos resultados concuerdan con los de (Sogvar et al., 2016) donde las fresas recubiertas se mantuvieron durante 12 días, las muestras de control al día 1 presento una acidez de 1.60% y el día 12 con 1.07%, mientras que los recubiertos el día 1 presento 1.60% y el día 12 con 1.10%. La reducción de los niveles de acidez titulable después de los 6 días de almacenamiento podría

deberse a cambios metabólicos en la fruta producidos por el uso de ácido orgánicos en el proceso respiratorio.

3.6.Potencial de hidrógeno pH

En la Figura.2f. Se observa que hubo un aumento de pH en fresas de control mostrando signos de descomposición al sexto día, presentando aumento de pH de 3.82. El T4 tuvo un aumento de pH de 4.3 el T5 con un aumento de pH de 4.00 y T9 con un aumento de pH de 4.00 como resultado se obtiene un menor aumento de pH la muestra de control con 3.82, T5 y T9 con 4.00 y con mayor aumento de pH el T4 con 4.3. El resultado de esta investigación es similar al (Lan et al.,2019) las fresas de control tuvieron un pH de 3.88, mientras que sus muestras recubiertas tenían un pH de 3.59. (Sogvar et al., 2016) también obtuvo resultados donde las fresas recubiertas se mantuvieron durante 12 días, los controles tenían un pH de 3.58, mientras que los recubiertos tenían un pH de 3.45.

En la Tabla 3. Se aprecia promedios y desviación estándar en fresas recubiertas de Almidón de Uncucha y Sorbato de potasio para diferentes tratamientos en pérdida de peso al día 10 de su almacenamiento presenta una disminución ligera ya que los recubrimientos comestibles ayudan a reducir la transferencia de humedad, en SST en el día 4 de su almacenamiento presentó variaciones estadísticas entre tratamientos se debe al estado de madurez ya que este comportamiento se explica por la hidrólisis de diversos polisacáridos estructurales como el almidón o por pectinas presentes en la pared celular de las frutas por lo que acumulan azúcares, el efecto de acidez para diferentes tratamientos donde se aprecia diferencias estadísticas donde los promedios más altos fueron en el T2 y T3 asimismo se muestra el comportamiento de gases de %CO₂ y %O₂ durante los 10 días de almacenamiento.

Tabla 3
Pérdida de peso, pH, SST, % Acidez, % CO₂, % O₂

Corridas	% pp	pH	SST	% AT	%CO ₂	%O ₂
1	7.913±0.074	3.490±0.286	8.467±1.955	2.347±0.370	0.103±0.004	13.340±0.011
2	9.247±0.024	3.317±0.085	9.503±3.094	1.813±0.489	0.101±0.004	13.315±0.001
3	8.022±0.006	3.337±0.289	11.700±0.656	2.027±0.185	0.100±0.003	13.301±0.011
4	8.701±0.016	3.560±0.017	7.133±0.551	1.813±0.489	0.100±0.006	13.292±0.014
5	8.225±0.019	3.447±0.012	9.333±1.570	1.920±0.320	0.110±0.004	13.261±0.015
6	7.464±0.041	3.400±0.108	8.600±3.351	1.707±0.185	0.150±0.008	13.178±0.035
7	7.200±0.006	4.290±0.242	8.100±0.200	1.280±0.320	0.141±0.015	13.196±0.027
8	7.585±0.022	3.710±0.157	8.600±1.823	1.493±0.185	0.113±0.003	13.203±0.034
9	7.357±0.025	3.517±0.006	8.600±1.200	1.387±0.489	0.134±0.010	13.180±0.011
10	6.987±0.049	3.547±0.159	7.100±2.905	1.600±0.320	0.132±0.006	13.166±0.017

*Desviación estándar media basada en determinaciones por triplicado.

El análisis de varianza (ANOVA) y las interacciones de los factores (% Almidón de Uncucha y % Sorbato de Potasio) de efecto lineal cuadrático e interacción se presentan en la tabla Tabla 4.

Los factores (% almidón de Uncucha, % Sorbato de potasio), en modelo lineal, cuadrática e intersección fueron estadísticamente significativos a valor ($p < 0.05$) sobre las variables de respuestas de pérdida de peso, pH, acidez %CO₂ y %O₂. Según (Garcia et al., 2012) que estudio la calidad de las fresas recubiertas con almidón de yuca y sorbato de potasio almacenadas a 5°C presento efecto significativo ya que hubo una reducción en respiración del 1 al día 5 y a partir del quinto día incrementaron la tasa respiratoria donde indica que este incremento puede deberse a la senescencia y el crecimiento microbiano o al estrés causado al tejido vegetal por las operaciones de procesamiento como la manipulación por otro lado el índice de respiración disminuye cuando estos productos se almacenan a bajas temperaturas. Por otro lado (Vargas et al., 2006), observo reducción de tasa de respiración en fresas debido al uso de recubrimientos comestibles a base de quitosano, pero sin embargo (Lee et al., 2003), reporta que en recubrimientos comestibles a base de proteína de suero y carragenina reduce la tasa de respiración en manzanas mínimamente procesadas a 25°C.

En pH se vio el efecto significativo en el modelo cuadrático con un valor ($p < 0.05$). En acidez titulable presentó efecto significativo en el modelo cuadrático en % de Almidón de Uncucha. Los SST no mostro cambios significativos a ($p < 0.05$) dicho esto da concordancia

con (Ventura-Aguilar et al., 2018) ya que no mostro efectos significativos seria por la temperatura y tiempo de almacenamiento, indicando que el quitosano puede modificar la atmosfera interna de los productos de (O₂ y CO₂) y en consecuencia la degradación de carbohidratos y la síntesis de azúcares se acelera a 20°C o se retrasa a 5°C. Por otro lado (Gomes et al., 2017) reporta que el proceso de deshidratación y pérdida de peso favorece una mayor cuantificación de SST.

Tabla 4

Análisis de varianza (ANOVA) de las variables independientes almidón y conservante respecto a la variable dependiente.

Factor	df	% pp		pH		SST		% Acidez		% CO ₂		% O ₂	
		SS	P	SS	P	SS	P	SS	P	SS	P	SS	P
Lineal													
X ₁ % Almidón Uncucha	1	0.785	0.000	0.000	0.989	9.088	0.150	0.461	0.067	0.001	0.001	0.007	0.001
X ₂ % Sorbato de Potasio	1	0.001	0.734	0.120	0.051	0.001	0.992	0.006	0.832	0.000	0.005	0.001	0.071
Cuadrático													
X ₁ ²													
% Almidón Uncucha	1	5.724	0.000	0.982	0.000	12.677	0.092	1.664	0.001	0.002	0.000	0.050	0.000
X ₂ ²													
% Sorbato de Potasio	1	1.434	0.000	0.286	0.004	0.027	0.936	0.026	0.651	0.003	0.000	0.029	0.000
Interacción													
X ₁ por X ₂	1	0.322	0.000	0.118	0.053	23.548	0.025	0.077	0.439	0.000	0.794	0.000	0.496
Error	21	0.230		0.588		85.512		2.594		0.001		0.009	
Total, SS	29	13.454		2.716		134.357		5.260		0.011		0.124	

*p ≤ 0.05 significativo; SS: Suma de cuadrados

En la Tabla 5. Se muestran las constantes de regresión de la ecuación para %pp, pH, SST, %AT y comportamiento de gases (O₂%, CO₂%).

El modelo matemático presento un coeficiente de determinación (R²: 0.70) en pérdida de peso, (R²:0.60) en %CO₂ y (R²: 0.82) en %O₂ indicando que no son dispersos al modelo

lineal de, superficie de respuesta de segundo orden estimada donde las variables dependientes se incrementan nítidamente a medida que el valor independiente. En pH presento un ($R^2:0.5$) indicando que es disperso al modelo lineal presentando una baja correlación positiva, donde la variable independiente aumenta ligeramente a medida que el valor dependiente.

En SST muestra ($R^2:0.3$), no presenta relación y no es recomendable aplicar regresión lineal ya que no se aprecia ninguna correlación entre las dos variables.

En % de acidez titulable con ($R^2:0.4$) indicando que es disperso al modelo lineal, presentando una baja correlación positiva, donde la variable independiente aumenta ligeramente a medida que el valor dependiente.

Tabla 5

Coefficientes de regresión calculados para %pp, pH, SST, % AT, CO₂% y O₂ %

Factor	Coeficiente de regresión (β)					
	% pp	pH	SST	% Acidez	% CO ₂	% O ₂
Constante (β_0)	10.56±0.1652	2.83±0.26	11.13±3.18	3.99±0.55	0.041±0.011	13.65±0.03
Lineal						
β_1	-6.41±0.33	2.75±0.53	-8.68±6.34	-4.42±1.105	0.14±0.022	-0.72±0.06
β_2	-20.305±2.96	-19.63±4.74	66.27±57.11	-8.25±9.95	1.05±0.202	-4.44±0.57
Cuadrático						
β_{11}	3.62±0.158	-1.50±0.25	5.38±3.05	1.95±0.53	-0.06±0.011	0.34±0.0306
β_{22}	282.83±24.72	126.31±39.53	38.99±476.69	38.095±83.02	-12.08±1.68	40.12±4.79
Interacción						
β_{12}	-8.19±1.51	4.96±2.42	-70.04±29.13	4.000±5.073	0.027±0.103	0.203±0.29
R ²	0.702	0.5008	0.342	0.447	0.60	0.823
Falta de ajuste	0.01095*	0.0280*	4.0719*	0.1235	0.00005	0.0004*

“SS residual” es utilizado para coeficientes de regresión y el error puro expresado en desviación estándar.

En la (Figura 3) se aprecia los gráficos de contorno para la optimización de variables dependientes donde se visualizan y denominan puntos estacionarios que representan máximas o mínimas respuestas o punto silla donde las respuestas aumentan o disminuyen

a partir del punto estacionario, mediante la ecuación de superficie de respuesta de segundo orden estimada para variables dependientes donde: (X: % de Almidón de Uncucha, Y: % de Sorbato de potasio) mostrando como resultado un máximo de superficie de respuesta y valores codificados de almidón de Uncucha y sorbato de potasio donde se alcanzan valores críticos de optimización para las variables independientes. La diferencia de colores nos permite diferenciar curvas de nivel para diferentes respuestas.

En la (Figura 3.a) en pérdida de peso nos muestra puntos mínimos lo que indica que la función tiene un mínimo relativo que es (0.5% en almidón de Uncucha y 0.01% en sorbato de potasio) presentando valores críticos en optimización en (%pp con 0.94% en Almidón de Uncucha, 0.049% en sorbato de potasio) con solución mínima de valor predicho de 7.04. A mayores y menores % en almidón de Uncucha y sorbato de potasio la pérdida de peso disminuye. Según (García et al., 2019), menciona que los recubrimientos comestibles brindan protección a la fruta frente a la pérdida de humedad y retardan la deshidratación. Por otro lado (Ventura-Aguilar et al., 2018) indica que en recubrimiento comestible con quitosano la pérdida de peso se ve afectada por la temperatura de 5 - 20°C mostrando una pérdida de peso de 33 y 20%.

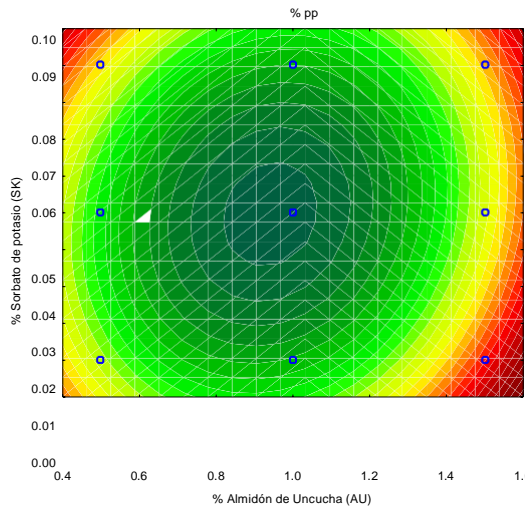
En la (Figura 3.b) en pH nos muestra puntos silla donde las derivadas parciales son igual a cero ya que no se alcanza un máximo y mínimo relativo indicando que el pH aumenta o disminuye a partir del centro de la superficie, a mayores y menores proporciones en % de almidón de Uncucha y % sorbato de potasio el pH disminuye. Presentando valores críticos en optimización de: (pH con 1.01% en almidón de Uncucha y 0.057% en sorbato de potasio con solución de valor predicho de 7.75). Según (García et al., 2019), menciona que el incremento del pH está asociado al consumo o rompimiento de ácidos orgánicos durante el almacenamiento de la fresa los cuales son empleados durante la respiración u otros procesos metabólicos.

En la (Figura 3.c) los SST muestra solución punto silla y no alcanza un máximo y un mínimo donde a 0.5% de Almidón de Uncucha y 0.09% de sorbato de potasio los SST aumenta, donde se recomienda maximizar en (1.5% en almidón de Uncucha y 0.09% en sorbato de potasio) para que los SST disminuyan. Presentando valores críticos en optimización de: (SST con 0.74% en Almidón de Uncucha y 0.04% en sorbato de potasio con solución punto silla y valor predicho de 7.93). Según (Hernández-Muñoz et al., 2008),

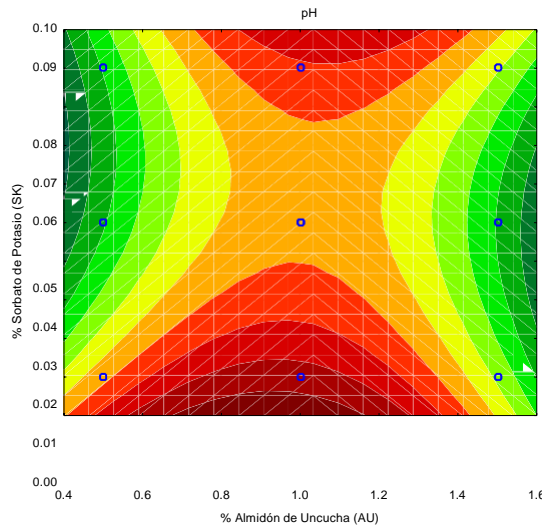
indica que el incremento de sólidos solubles se debe a la pérdida de agua que sufren durante el almacenamiento, ya que la solubilización de los poliuronidos y hemicelulosas de la pared celular en fresas maduras contribuyen al aumento de SST.

En la (Figura 3.d) en % AT muestra puntos mínimos donde la función presenta un mínimo relativo que es (0.5% en almidón y 0.01% en sorbato de potasio), presentando valores críticos en optimización de: (AT con 1.08% de almidón de Uncucha y 0.05% de sorbato de potasio con solución mínima de valor predicho de 1.39). A menores % de almidón de Uncucha y mayores a menores concentraciones de sorbato de potasio los niveles de acidez aumenta, y en punto intermedio la acidez presenta niveles bajos comparado con (García et al., 2019), que realizó recubrimiento con A. vera y alginato de sodio presentó mayor porcentaje en acidez titulable que en muestras de control este comportamiento puede atribuirse a que los recubrimientos con alginato y A. vera reducen el ingreso de oxígeno requerido para los procesos de respiración del fruto protegiendo la reducción de los ácidos orgánicos, principalmente, el ácido cítrico de la fresa.

En la (Figura 3.e y d) muestran comportamiento de gases en dióxido de carbono CO₂ nos muestra la solución máxima relativa que es (1.5% en almidón de Uncucha y 0.09% en sorbato de potasio) ya que en puntos críticos intermedios en % almidón de Uncucha y sorbato de potasio los niveles en CO₂ aumentan, con valores críticos en optimización de: (CO₂ con 1.098% en Almidón de Uncucha y 0.044% en sorbato de potasio con solución máxima de valor predicho de 0.14). En Oxígeno O₂ nos muestra solución mínimo relativa que es (0.5% en almidón de Uncucha y 0.01% en sorbato de potasio) y que a mayores y menores % de almidón de Uncucha y sorbato de potasio el oxígeno disminuye presentando valores críticos en optimización de: (O₂ con 1.05% en Almidón de Uncucha y 0.05% en sorbato de potasio con solución mínima de valor predicho 7.04). Según (Tzoumaki et al.2009), menciona que los recubrimientos actúan como barrera a los gases modificando la atmósfera interna de la fruta.



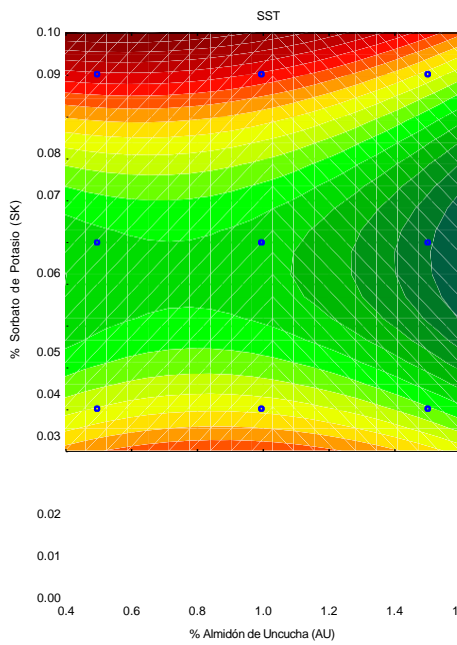
A



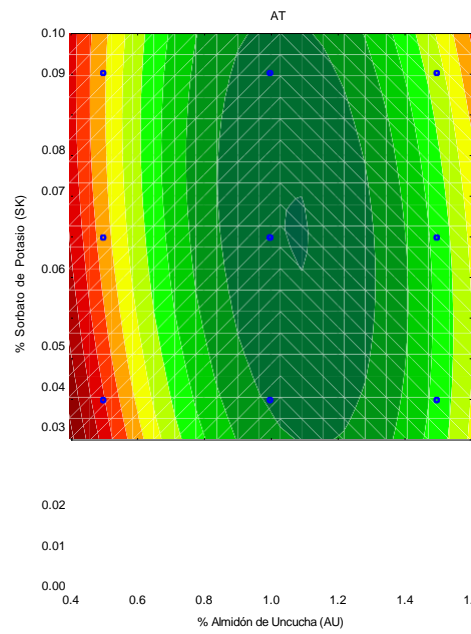
B

$$\%pp=10.56-6.41*x+3.62*x^2-20.305*y+282.83*y^2-8.191*x*y+0.$$

$$pH=2.83+2.75*x-1.498*x^2-19.634*y+126.34*y^2+4.96*x*y+0$$



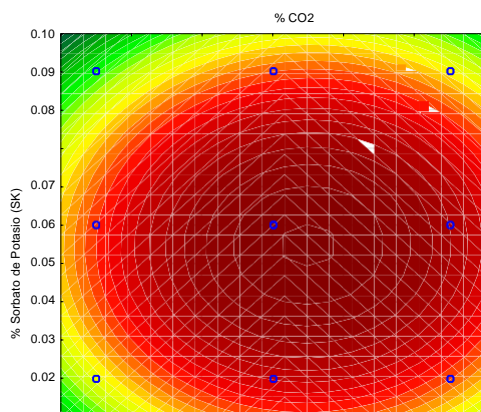
C



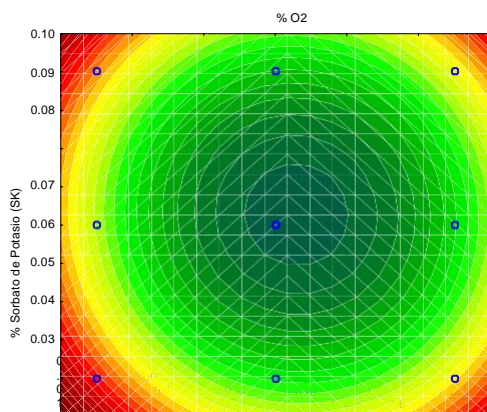
D

$$SST= 8.59+2.76*x-1.57*x^2-75.39*y+983.04*y^2-9.99*x*y+0.$$

$$\%AT=3.99-4.42*x+1.95*x^2-8.25*y+38.09*y^2+3.99*x*y+0.$$



E



F

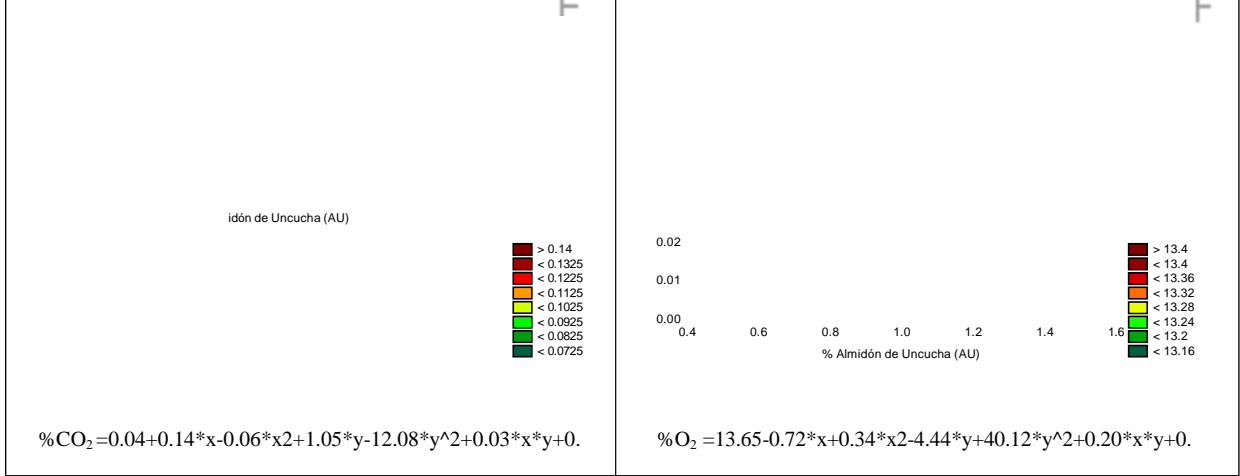


Figura 3. Se muestra la variación de pérdida de peso(%pp) (A), potencial de hidrógeno pH(B), sólidos solubles totales SST(C), Acidez titulable AT (D), Dióxido de carbono CO₂ (E), Oxígeno O₂ (F) en fresasrecubiertas con almidón de Uncucha.

3.7. Variación de color ΔE^*

En la Figura.4.a. Se aprecia la diferencia de color ΔE^* que existe entre fresas recubiertas y control para ello se comparó con la norma ISO 12647-2: 2004 la cual es la encargada de denotar los estándares de color donde se observa que en fresas de control existe una gran diferencia de color ya que sus valores son mayores > 5 . En fresas recubiertas se aprecia que ΔE^* . Existe poca diferencia en el T3, T9 y T10 que son puntos centrales ya que sus valores son inferiores a 5 por lo que se denotará una percepción perceptible. En la figura 4.b. Se aprecia valores en a^* (rojo - verde) en fresas de control presento valores negativos al octavo día con (-1.40) y al día 10 con (-1.34) esta diferencia indica que el color tiende a verde debido al deterioro o presencia en mohos, en fresas recubiertas mantuvieron su color en rojo y están dentro de los valores CIElab en rojo excepto del día 10 del T6 ya que presento valor negativo con (-2.29) tendiendo a un color verde, se puede observar la influencia que presenta el almidón en las fresas ya que retarda su cambio de color debido a la acción del recubrimiento. Siendo que la Luminosidad L^* en fresas recubiertas y control, presentó un valor máximo de luminosidad en fresas de control de 67% en el día 2 con una luminosidad de semi claro a claro, en fresas recubiertas presentó un valor máximo de 65.76 al día 10 de su almacenamiento en el T6 con 1.5% de almidón Uncucha y 0.05% en sorbato de potasio tendiendo en luminosidad a claro.

Los valores en ΔE^* revelan diferencias de color para distintos tratamientos si bien presentan valores bajos se debe a pérdida de brillo del recubrimiento comestible, asimismo interfieren con el color original de las fresas debido a que las antocianinas tienen éxito en recubrimiento comestibles a base de almidones. Por otro lado, los niveles de pH inducen transformaciones estructurales que están directamente afectados por el patrón de hidroxilación y metilación del anillo B de las antocianinas, afectando tanto a la calidad como a la intensidad del color (Stintzing et al., 2002). Las antocianinas son más estables a un pH ácido donde la calidad del color rojo de los pigmentos puede estar completamente adscrito al ion flavylium por encima de un pH de 3.1, la estabilidad del color rojo disminuye hasta alcanzar un pH de 6.0. debido a la transformación del ión flavilio en chalconas, que son incoloras (Fossen et al., 1998).

En valores de a^* (rojo - verde) hubo una pequeña disminución en fresas de control al octavo día con (-1.40) y al décimo día con (-1.34) durante el almacenamiento presentando valores negativos esto se debe a que la fruta tendió a presentar colores verdes

esto se puede deber a las presencias por mohos también por el estado de madurez de las fresas que están estrechamente ligado con el color rojo, por lo contrario en fresas de recubiertas con almidón de Uncucha mantuvieron su color rojo y están dentro de los valores de color rojo en cielab en a*. Las fresas dependen de diferentes pigmentos entre ellos se encuentra pelargonidin-3-glucósido y el cianidin - 3- glucósido el pelargonidin - 3 - monoglucósido proporciona un color rojo brillante, mientras que el cianidin - 3 - monoglucósido es de color púrpura por otro lado la solidez de estos pigmentos se ve afectada por el pH, la temperatura, la luz, el oxígeno, los metales y el contenido de azúcar y los agentes oxidantes. Siendo el color un indicador muy importante e intuitivo de frutas y verduras (Buve et al., 2019).

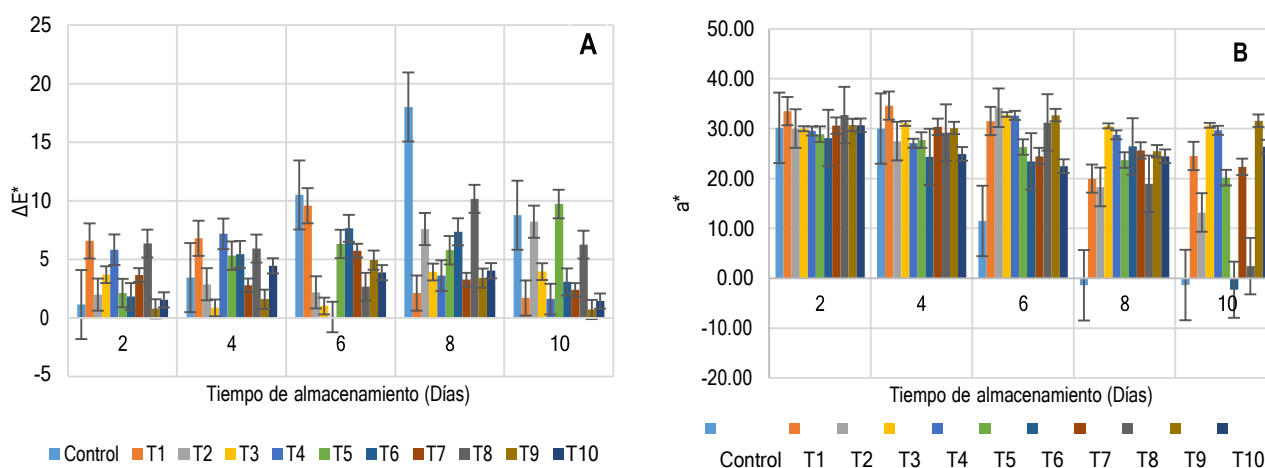


Figura 4. Diferencia total de color (ΔE) y valor a^* (rojo – verde) durante los días de almacenamiento.

4. Conclusiones

La aplicación de recubrimiento comestible a base de almidón de Uncucha en fresas permitió disminuir la tasa de respiración en comparación con fresas sin recubrir, mejorando y protegiendo la calidad de las fresas. Además, la adición de sorbato de potasio mostró cierta actividad conservadora. Todos los recubrimientos mostraron efecto de la influencia del almidón de Uncucha frente a parámetros fisicoquímicos, presentando una vida útil de 6 días en fresas de control y 10 días en fresas recubiertas. Este conocimiento se puede aplicar directamente a estándares de la industria para el envasado de fresas, ampliando la durabilidad en la fruta y el aumento de seguridad alimentaria para los consumidores demostrando que el recubrimiento comestible de almidón de Uncucha puede ser una alternativa prometedora para conservar la vida útil de la fruta durante el almacenamiento.

Referencias bibliográficas

- Buvé, C., Kebede, B. T., De Batselier, C., Carrillo, C., Pham, H. T. T., Hendrickx, M., ... Van Loey, A. (2018). Kinetics of colour changes in pasteurised strawberry juice during storage. *Journal of Food Engineering*, 216, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.08.002>
- Cheng, P., Yun, X., Xu, C., Yang, Y., Han, Y., & Dong, T. (2019). Use of poly(ϵ -caprolactone)-based films for equilibrium-modified atmosphere packaging to extend the postharvest shelf life of garland chrysanthemum. *Food Science and Nutrition*, 7(6), 1946–1956. <https://doi.org/10.1002/fsn3.909>
- Falade, K. O., & Okafor, C. A. (2013). Physicochemical properties of five cocoyam (*Colocasia esculenta* and *Xanthosoma sagittifolium*) starches. *Food Hydrocolloids*, 30(1), 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.05.006>
- Fossen, T., Cabrita, L., & Andersen, M. (1998). Colour and stability of pure anthocyanins influenced by pH including the alkaline region. 63(4), 435–440.
- Galetto, C. D., Verdini, R. A., Zorrilla, S. E., & Rubiolo, A. C. (2010). Freezing of strawberries by immersion in CaCl₂ solutions. *Food Chemistry*, 123(2), 243–248. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.018>.
- García, L. C., Pereira, L. M., de Luca Sarantópoulos, C. I. G., & Hubinger, M. D. (2010). Selection of an Edible Starch Coating for Minimally Processed Strawberry. *Food and Bioprocess Technology*, 3(6), 834–842. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0313-9>
- García, L. C., Pereira, L. M., De Luca Sarantópoulos, C. I. G., & Hubinger, M. D. (2012). Effect of antimicrobial starch edible coating on shelf-life of fresh strawberries. *Packaging Technology and Science*, 25(7), 413–425. <https://doi.org/10.1002/pts.987>
- García, Omar, and Magda Pinzón. 2016. “Efecto de recubrimientos de almidón de plátano guayabo (*musa paradisiaca* l.) en la calidad de fresas.” 24(39):92–102.
- García-Figueroa, A., Ayala-Aponte, A., & Sánchez-Tamayo, M. I. (2019). Efecto de recubrimientos comestibles de Aloe vera y alginato de sodio sobre la calidad poscosecha de fresa. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1320>
- Gomes, M. de S., Cardoso, M. das G., Guimarães, A. C. G., Guerreiro, A. C., Gago, C. M. L., Vilas Boas, E. V. de B., Dias, C. M. B., Manhita, A. C. C., Faleiro, M. L., Miguel, M. G. C., & Antunes, M. D. C. (2017). Effect of edible coatings with essential oils on the quality of red raspberries over shelf-life. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(3), 929–938. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7817>
- Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Valle, V. Del, Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria × ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110(2), 428–435. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.020>
- Huamaní R, E. (2018). Extracción y caracterización del almidón de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*) de la región de Ayacucho [Universidad Nacional de San Cristóbal de Humanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3331>

- Lalaleo, D. (2017). Caracterización reológica de suspensiones elaboradas a partir harina y residuos de banano de rechazo. (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador). Retrieved from <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24739>
- Lan, W., Zhang, R., Ahmed, S., Qin, W., & Liu, Y. (2019). Effects of various antimicrobial polyvinyl alcohol/tea polyphenol composite films on the shelf life of packaged strawberries. *Lwt*, 113(June), 108297. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108297>
- Lovera, M., Pérez, E., & Laurentin, A. (2017). Digestibility of starches isolated from stem and root tubers of arracacha, cassava, cush-cush yam, potato and taro. *Carbohydrate polymers*, 176, 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.049>
- Markusse, D., Marcel, N. R., Aboubakar, X., Nicolas, N. Y., Joël, S., & Moses, M. F. C. (2018). Production, physicochemical and sensory characterization of cocoyam mixed flours and pastes (achu). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(2), 1242–1252. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9738-z>
- Miele, A., & Rizzon, L. A. (2017). Interação entre copa e porta-enxerto: 1. efeito nos componentes de produção da videira Cabernet Sauvignon. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(1), 1–7. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017>
- Morales Orccottoma, A. F. (2012). Fitogeografía e industrialización del almidón de pituca (*Colocasia esculenta*). *Espacio Y Desarrollo*, (24), 97-117. Recuperado a partir de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/7587>
- Muley, A. B., & Singhal, R. S. (2020). Extension of postharvest shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*) using a coating of chitosan-whey protein isolate conjugate. *Food Chemistry*, 329(January), 127213. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127213>
- Nadim, Z., Ahmadi, E., Sarikhani, H., & Amiri Chayjan, R. (2015). Effect of methylcellulose-based edible coating on strawberry fruit's quality maintenance during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(1), 80–90. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12227>
- Nasrin, T. A. A., Rahman, M. A., Hossain, M. A., Islam, M. N., & Arfin, M. S. (2017). Postharvest quality response of strawberries with aloe vera coating during refrigerated storage. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 92(6), 598–605. <https://doi.org/10.1080/14620316.2017.1324326>
- Nguyen, V. T. B., Nguyen, D. H. H., & Nguyen, H. V. H. (2020). Combination effects of calcium chloride and nano-chitosan on the postharvest quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Postharvest Biology and Technology*, 162(July 2019), 111103. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111103>
- Paredes, V. (2017). Efecto de un recubrimiento comestible de gelatina y ϵ -polilisina en la calidad microbiológica de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth). (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).
- Seeram, N. P., Lee, R., Scheuller, H. S., & Heber, D. (2006). Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. *Food Chemistry*, 97(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.047>

- Sogvar, O. B., Koushesh Saba, M., & Emamifar, A. (2016). Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 114, 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.019>
- Stintzing, F. C., Stintzing, A. S., Carle, R., Frei, B., & Wrolstad, R. E. (2002). Color and antioxidant properties of cyanidin-based anthocyanin pigments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 6172–6181. <https://doi.org/10.1021/jf0204811>
- Lee, J. Y., Park, H. J., Lee, C. Y., & Choi, W. Y. (2003). Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *LWT - Food Science and Technology*, 36(3), 323–329. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00014-8](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00014-8)
- Tzoumaki, M.V., Biliaderis, C.G., Vasilakakis, M., 2009. Impact of edible coatings and packaging on quality of white asparagus (*Asparagus officinalis* L.) during cold storage. *Food Chem.* 117, 55–63.
- Torres, A., Durán, M., & Montero, P. (2013). Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (*Colocasia esculenta*). In *Revista Ciencias e Ingeniería al Día* (Vol. 8, Issue 2). www.revistaciad.org
- Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., & González-Martínez, C. (2006). Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 41(2), 164–171. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.03.016>
- Ventura-Aguilar, R. I., Bautista-Baños, S., Flores-García, G., & Zavaleta-Avejar, L. (2018). Impact of chitosan based edible coatings functionalized with natural compounds on *Colletotrichum fragariae* development and the quality of strawberries. *Food Chemistry*, 262, 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.063>
- Zambrano, J., Valera, A., Maffei, M., Materano, W., Quintero, I., & Graterol, K. (2017). Efecto de un Recubrimiento Comestible Formulado con Mucílago del Cactus (*Opuntia Elatior* Mill.) Sobre la Calidad de Frutos de Piña Mínimamente Procesado.

ANEXOS

Cielab

Muestra	Tiempo	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
Control	2	68.01	30.74	11.90	67.25	30.18	11.24	0.763	0.558	0.661	1.15326
	4	45.10	29.47	12.93	48.46	30.03	13.50	-3.357	-0.550	-0.570	3.44956
	6	58.51	1.40	9.75	55.59	11.48	9.26	2.915	-10.081	0.493	10.5057
	8	58.55	-2.14	6.51	40.67	-1.40	4.42	17.877	-0.744	2.085	18.014
	10	65.01	-0.20	3.55	56.35	-1.34	4.34	8.666	1.143	-0.790	8.77639
T1	2	52.63	27.06	16.52	53.90	33.51	16.33	-1.274	-6.455	0.192	6.58242
	4	56.24	31.46	16.43	50.33	34.63	17.64	5.905	-3.170	-1.216	6.81116
	6	41.70	22.15	14.59	42.64	31.54	12.90	-0.936	-9.390	1.693	9.58749
	8	41.58	20.51	14.17	40.83	19.98	12.24	0.749	0.531	1.927	2.13429
	10	45.64	25.95	10.90	46.60	24.53	10.83	-0.959	1.418	0.069	1.71323
T2	2	50.34	29.09	15.96	51.02	30.03	14.33	-0.679	-0.940	1.632	2.0017
	4	59.84	27.06	11.35	60.01	27.51	8.51	-0.161	-0.450	2.844	2.88346
	6	45.98	33.42	14.41	43.94	34.20	14.65	2.038	-0.778	-0.241	2.19501
	8	51.77	25.88	14.83	52.34	18.32	14.24	-0.566	7.557	0.590	7.60127
	10	45.14	19.69	15.58	49.90	13.20	13.89	-4.760	6.491	1.688	8.22391
T3	2	53.82	27.73	13.96	50.92	30.01	14.26	2.900	-2.281	-0.302	3.70167
	4	51.00	31.31	11.73	50.17	31.07	11.67	0.830	0.235	0.066	0.86533
	6	50.72	33.12	12.05	49.86	32.85	12.55	0.863	0.261	-0.494	1.02812
	8	43.05	26.79	12.26	42.32	30.57	13.07	0.728	-3.778	-0.810	3.93144
	10	46.00	26.97	10.82	45.21	30.67	11.96	0.793	-3.708	-1.145	3.96047
T4	2	56.56	25.76	15.40	60.67	29.52	17.11	-4.112	-3.765	-1.711	5.83243
	4	48.48	31.51	13.69	52.34	27.08	9.55	-3.855	4.425	4.144	7.1842
	6	40.97	32.62	13.79	41.03	32.65	13.83	-0.069	-0.028	-0.042	0.08536
	8	44.72	28.94	12.72	47.98	28.77	11.16	-3.263	0.171	1.561	3.62083
	10	52.48	31.05	11.61	53.28	29.66	11.37	-0.802	1.385	0.241	1.61798
T5	2	59.78	28.40	15.44	57.75	28.91	15.86	2.027	-0.505	-0.421	2.1305
	4	55.41	25.36	12.61	50.67	27.73	12.09	4.737	-2.368	0.521	5.32152
	6	46.03	30.97	15.35	48.19	26.32	19.05	-2.154	4.649	-3.701	6.32037
	8	48.64	28.70	14.86	45.93	23.71	15.97	2.706	4.993	-1.109	5.78622
	10	42.97	29.30	10.47	46.34	20.18	10.46	-3.372	9.128	0.016	9.73151
T6	2	59.97	29.14	21.11	59.02	28.13	19.90	0.952	1.010	1.201	1.83526
	4	56.01	29.62	16.28	55.85	24.36	14.95	0.160	5.261	1.330	5.42841
	6	50.37	26.89	17.44	44.19	23.46	14.48	6.179	3.435	2.955	7.66256
	8	50.76	30.35	17.56	44.65	26.45	16.30	6.112	3.902	1.262	7.36079
	10	63.74	-0.02	6.65	65.76	-2.29	6.17	-2.021	2.271	0.484	3.07826
T7	2	58.77	29.13	18.94	57.46	30.62	15.85	1.305	-1.486	3.093	3.6709
	4	52.45	32.08	17.24	54.27	30.37	16.00	-1.821	1.710	1.241	2.78963
	6	43.44	30.10	14.10	44.47	24.51	13.24	-1.029	5.593	0.854	5.75068
	8	45.48	28.89	14.99	45.22	25.63	15.14	0.256	3.262	-0.151	3.27594
	10	43.83	24.25	9.66	45.26	22.34	9.90	-1.437	1.909	-0.246	2.40229
T8	2	52.01	27.60	9.58	55.25	32.73	11.49	-3.235	-5.132	-1.911	6.36011
	4	58.14	28.34	16.36	52.32	29.22	17.08	5.821	-0.883	-0.718	5.93144
	6	44.98	29.14	11.48	46.20	31.24	12.58	-1.226	-2.102	-1.094	2.66776
	8	43.32	28.68	12.92	46.17	18.96	12.00	-2.843	9.727	0.924	10.1765
	10	49.68	-0.18	6.13	54.89	2.44	8.42	-5.214	-2.619	-2.290	6.26865
T9	2	61.23	31.03	17.41	60.50	30.74	17.48	0.729	0.290	-0.077	0.78801
	4	53.82	29.70	13.54	53.16	30.14	14.94	0.652	-0.448	-1.398	1.60616
	6	44.24	36.32	16.09	47.50	32.72	15.16	-3.258	3.596	0.931	4.94089
	8	45.58	23.19	14.84	47.75	25.48	16.11	-2.171	-2.293	-1.273	3.40526
	10	49.05	32.08	12.70	49.60	31.61	12.75	-0.550	0.470	-0.053	0.72509
T10	2	54.79	31.28	10.56	53.38	30.68	10.79	1.404	0.603	-0.228	1.54515
	4	53.75	21.25	9.30	55.60	24.95	10.94	-1.851	-3.697	-1.638	4.44656
	6	45.85	24.90	11.12	44.75	22.47	13.93	1.098	2.432	-2.809	3.87441
	8	46.95	25.36	15.02	43.36	24.45	13.40	3.588	0.905	1.620	4.03973
	10	48.91	27.22	10.98	50.03	26.39	10.60	-1.122	0.834	0.380	1.44865

