



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Extracción de principios activos de plantas con posible aplicación como recubrimiento comestible en jengibre (*zingiber officinale*) y tomate Cherry (*solanum lycopersicum var. Cerasiforme*) como proceso de poscosecha

Berrazueta Jaramillo, Kimberly Daniela

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro

11 de marzo del 2022



INTRODUCCIÓN

Alimentos saludables sin proceso de industrialización



Transporte complicado desde el campo hacia los centros de acopio y el consumidor final



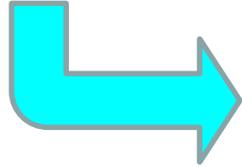
Técnica para la preservación de los alimentos: recubrimientos comestibles



Se desconocen sus beneficios y la industria ha perdido el interés

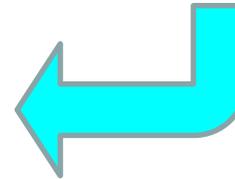
JUSTIFICACIÓN

Las frutas y las hortalizas son productos considerados altamente perecederos.

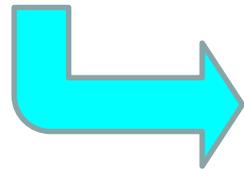


La chía es un alimento de alto valor nutricional que ha sido considerado de alta calidad.

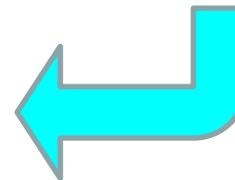
Los nopales tienen un gran contenido de fibra, además son ricos en minerales y tienen bajo contenido de sodio.



La Isomalt brinda un aspecto más brillante, no es higroscópica, soporta altas temperaturas y es resistente a la humedad.



Productos alimenticios de buena calidad por mayor tiempo.



OBJETIVOS

Objetivo general

Elaborar recubrimientos comestibles mediante la extracción de principios activos de plantas como proceso de poscosecha en jengibre (*zingiber officinale*) y tomate cherry (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*).

Objetivos específicos

Establecer los procesos metodológicos para la extracción y formulación de recubrimientos alimenticios a base de mucílago de chía y mucílago de nopal, con y sin Isomalt.

Comparar mediante pruebas mecánicas los recubrimientos a base de mucílago de chía y mucílago de nopal, con y sin Isomalt.

Evaluar en tomate Cherry (*Solanum lycopersicum var. Cerasiforme*) y jengibre (*zingiber officinale*) mediante pruebas fisicoquímicas la influencia de Isomalt y los diferentes mucílagos en el recubrimiento comestible



Hipótesis de investigación

El mucílago utilizado influye en las propiedades mecánicas y fisicoquímicas del recubrimiento alimenticio probado en jengibre (*zingiber officinale*) y tomate Cherry (*solanum lycopersicum var. cerasiforme*).

La Isomalt influye en las propiedades mecánicas y fisicoquímicas del recubrimiento alimenticio probado en jengibre (*zingiber officinale*) y tomate Cherry (*solanum lycopersicum var. cerasiforme*).

Se sustituyó en la hipótesis la raíz de jengibre por zanahoria amarilla por el rápido deterioro de las muestras de jengibre en la fase experimental.



MARCO TEÓRICO

Recubrimientos alimenticio

Son sustancias que se aplican en el exterior de las frutas y hortalizas para que el producto final tenga una mayor vida útil.



Evitan la pérdida de humedad, controlar la transferencia de gases, dar valor agregado.

Deben ser legales, seguros para los consumidores, aceptable respecto a sus características organolépticas.

Isomalt

Es considerado como un nuevo sustituto del azúcar que se fabrica a partir de la remolacha azucarera, ya que posee únicamente la mitad de las calorías que el azúcar común.



Propiedades

No es higroscópica, no cristaliza, es muy resistente a la temperatura, mantiene su color transparente, inodoro

Usos

Tiene propiedades conservantes, tiende a estabilizar, humectar y espesar otros ingredientes, puede evitar la aparición de moho.



Nopal

Las pencas o cladodios son de color verde opaco, se encuentran recubiertas por una cutícula gruesa que a su vez está cubiertas de cera o pelos, aquí podemos encontrar dos caras entre las cuales se encuentra el mucílago.

Usos

- Ayudan a inhibir la aparición y proliferación de bacterias
- Industria productora de aditivos naturales (gomas y colorantes)
- Materia prima para producir bebidas
- Elaboración de mermeladas, encurtidos y néctares



Chía



Las semillas de chía ofrecen una nueva oportunidad para mejorar la nutrición humana, siendo una fuente natural de ácidos grasos, omega-3, antioxidantes, proteínas, vitaminas, minerales y fibra dietética.

El mucílago emerge de la semilla cuando entra en contacto con agua, constituyendo un hidrocólide con potencial uso como:

Agente espesante en la industria de alimentos
Farmacéutica
Sustituto de grasas



METODOLOGÍA

Área de estudio



Figura 1 Mapa satelital de la Ubicación Geográfica del IASA I

Insumos



50 g de chía

1000 ml de agua

Mucílago de chía



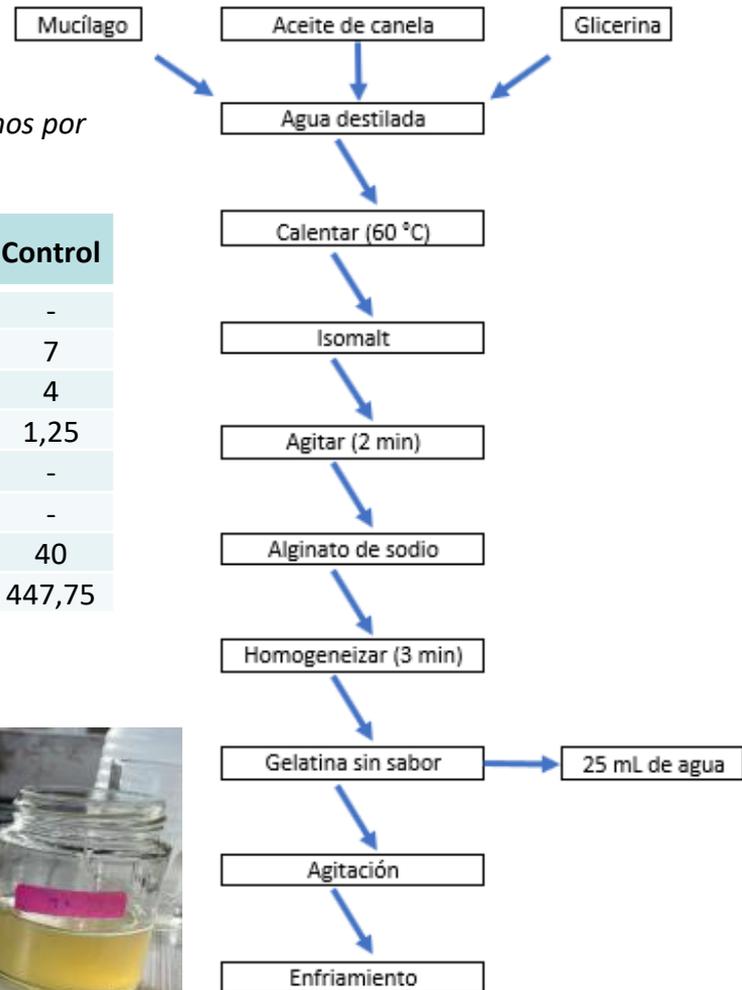
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

FORMULACIÓN

Tabla 1 Formulación de los distintos recubrimientos en gramos por cada 500g de recubrimiento

Materiales	T1	T2	T3	T4	Control
Isomalt	15	-	15	-	-
Alginato de sodio	7	7	7	7	7
Glicerol	4	4	4	4	4
Aceite de canela	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Mucílago de chíá	140	140	-	-	-
Mucílago de nopal	-	-	140	140	-
Gelatina	40	40	40	40	40
Agua destilada	292,75	307,75	292,75	307,75	447,75



METODOLOGÍA

APLICACIÓN

100g por tratamiento

Materia prima



Lavado de agentes extraños (tierra)

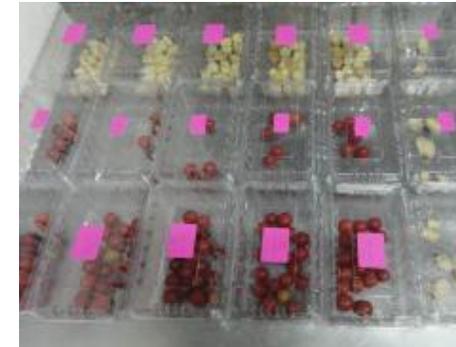


Desinfección

10 min

Inmersión en el recubrimiento

30 seg



Envasado

Escurreido

2 min

Secado

1 hora



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBAS MECÁNICAS

Se tomaron 5 mL de recubrimiento y se colocó en cajas Petri, después se colocó en la estufa por 5 horas a 50 grados Celsius para que el recubrimiento se solidifique.



Grosor



$$\text{Grosor} = \frac{\text{Promedio de la medición obtenida}}{\# \text{ de recubrimientos medidos}}$$



3 mediciones

Contenido de
humedad



$$\text{Humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$



12 horas a 40 °C



Transparencia



$$\%T = \frac{1}{10^A} * 100$$



1 mL de dilución a 590 nm



METODOLOGÍA

1 gota de solución

Brix



Cada 3 días

Pérdida de peso



$$\% Pp = \frac{\text{Peso } i - \text{peso } f}{\text{Peso } i} * 100$$

Pruebas fisicoquímicas

$$\% ac = \frac{V * N * 192.13}{M} * 100$$

Acidez titulable

30 mL de solución
Fenolftaleína al 1%
NaOH al 0.1 N



pH

10 g de pulpa en 100 mL



Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza con un diseño completamente al azar (DCA)

$$Y_{ij} = u + F_i + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Características mecánicas del recubrimiento /
Características fisicoquímicas del producto

u = Media general

F_i = Efecto de la i -ésima formulación

e_{ij} = error experimental

Tabla 2 Factores evaluados en la formulación de cinco recubrimientos alimenticios

Tipo de mucílago	Isomalt
Chía	Presencia
Nopal	Ausencia

T0: Control
T1: Chía + Isomalt
T2: Chía sin Isomalt
T3: Nopal + Isomalt
T4: Nopal sin Isomalt

Croquis experimental

T2	T1	T4	T3	T0
T1	T0	T2	T1	T4
T3	T4	T3	T0	T2

Tabla 3 Contrastes para medir el efecto del mucílago e Isomalt

Contraste 1	T0 vs T1, T2, T3 y T4
Contraste 2	T1 y T2 vs T3 y T4
Contraste 3	T1 vs T2
Contraste 4	T3 vs T4



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas físicas realizadas al recubrimiento comestible



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grosor

Tabla 4

ANOVA de grosor en cuatro recubrimientos comestibles

	DT	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	3	0.003758	0.0012528	7.517	0.0103 *
Residuals	8	0.001333	0.0001667		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.'

Tabla 5

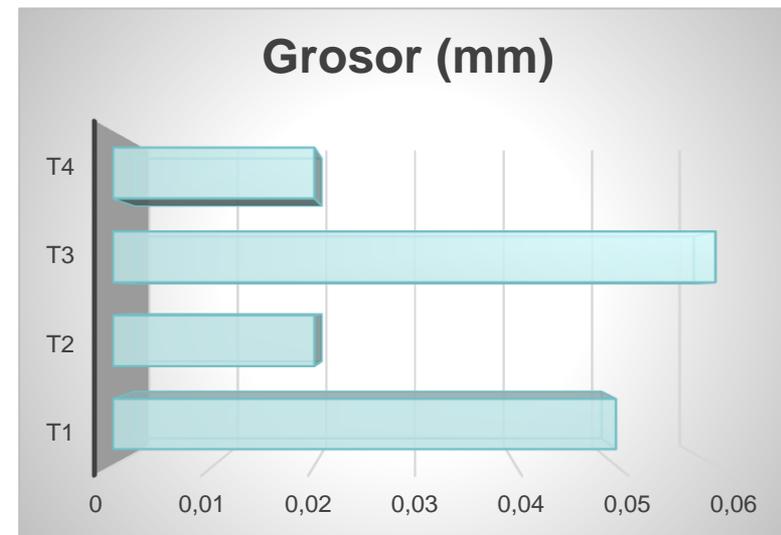
Media ± desviación estándar del grosor evaluado a los recubrimientos comestibles

Parámetro/Tratamiento	T3	T1	T2	T4
Grosor (mm)	0,06 ± 0,02 a	0,05 ± 0,02 ab	0,02 ± 0,01 b	0,02 ± 0,01 b

Nota. Los superíndices con letra distinta muestran diferencias significativas ($p \geq 0.05$).

Figura 1

Grosor evaluado en cuatro recubrimientos alimenticios



(Rico, 2003) reporta en su investigación sobre recubrimientos formulados a base de alginato y aceites esenciales que el grosor de los recubrimientos comestibles se encuentra en un rango de 0,009 a 0,143 mm de grosor dependiendo de la concentración de ingredientes en su formulación



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de humedad (%)

Tabla 6

ANOVA de contenido de humedad en cuatro recubrimientos comestibles

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F	value	Pr(>F)
Tratamiento	3	307.4	102.46	2.092	0.18	
Residuals	8	391.9	48.99			

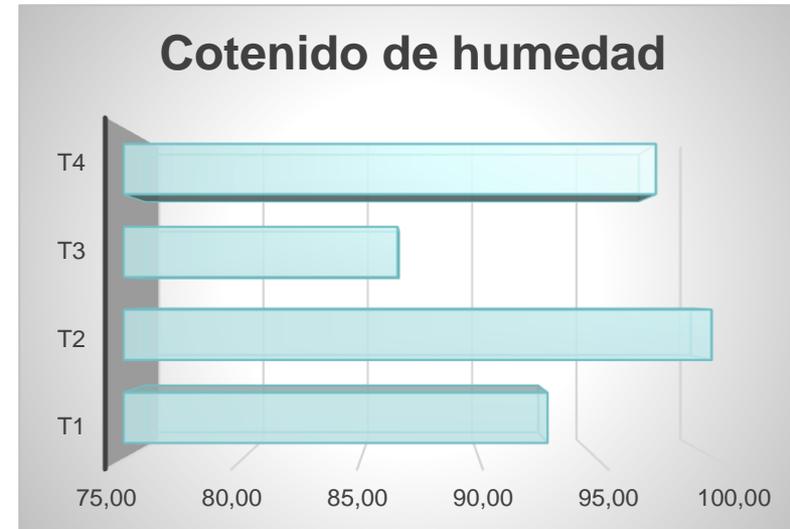
Tabla 7

Media \pm desviación estándar del contenido de humedad evaluado a los recubrimientos comestibles

Parámetro/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
Contenido de Humedad (%)	92,88 \pm 5,02	99,82 \pm 0,02	86,55 \pm 13,02	97,46 \pm 1,07

Figura 2

contenido de humedad evaluada en cuatro recubrimientos



Rojas (2006) reporta que los recubrimientos elaborados a partir de polímeros naturales como almidón, alginatos y mucílagos, poseen propiedades hidrofílicas. A medida que la película se vuelve más hidrofílica, las moléculas de agua son absorbidas con menos energía en los sitios activos del sustrato (Pastor, 2010) |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Transparencia

Tabla 8

ANOVA de transparencia en cuatro recubrimientos comestibles

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	3	674.5	224.83	1452	2.77e-11 ***
Residuals	8	1.2	0.15		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabla 9

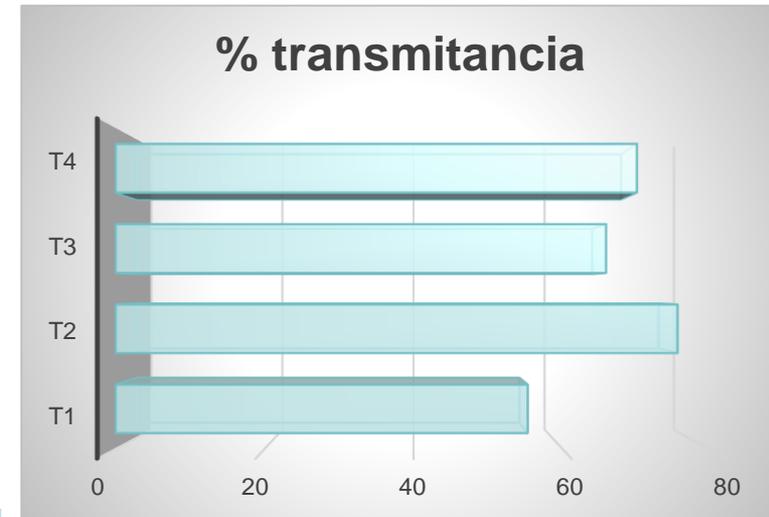
Media \pm desviación estándar de la transparencia evaluada a los recubrimientos comestibles

Parámetro/Tratamiento	T1	T3	T4	T2
Transparencia (%Transmitancia)	55,32 \pm 0,11 a	65,07 \pm 0,76 b	70,16 \pm 0,11 c	75,69 \pm 0,13 d

Nota. Los superíndices con letra distinta muestran diferencias significativas ($p \geq 0.05$).

Figura 3

Transmitancia evaluada en 4 recubrimientos



(Arredondo, 2017) obtuvo % de transmitancia en un rango de 65.2395 % a 71.875 %, al evaluar las propiedades mecánicas en recubrimientos formulados con quitosano



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contrastes en parámetros físicos

Tabla 10

Coefficientes de los contrastes en parámetros físicos evaluados a los recubrimientos comestibles

Tratamiento	Ct 1	Ct2	Ct3
T1 (Chía + Isomalt)	1	1	0
T2 (Chía sin Isomalt)	1	-1	0
T3 (Nopal + Isomalt)	-1	0	1
T4 (Nopal sin Isomalt)	-1	0	-1

Tabla 11

Contrastes en parámetros físicos evaluados a los recubrimientos comestible

Tratamiento	Grosor	Contenido de humedad	Transparencia
Contraste 1	0,8287	0,0314	<0,0001
Contraste 2	0,0216	0,2594	<0,0001
Contraste 3	0,0053	0,0926	<0,0001

Nota. Los valores representan el p-valor



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas fisicoquímicas realizadas en tomate

Cherry bajo 5 recubrimientos comestibles



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

% Pérdida de peso en tomate Cherry

Tabla 12

ANOVA de Porcentaje pérdida de peso en tomate Cherry

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Tratamiento	4	540.3	135.1	37.83	<2e-16	***
Día	4	1310.9	327.7	91.78	<2e-16	***
Residuals	66	235.7	3.6			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabla 13

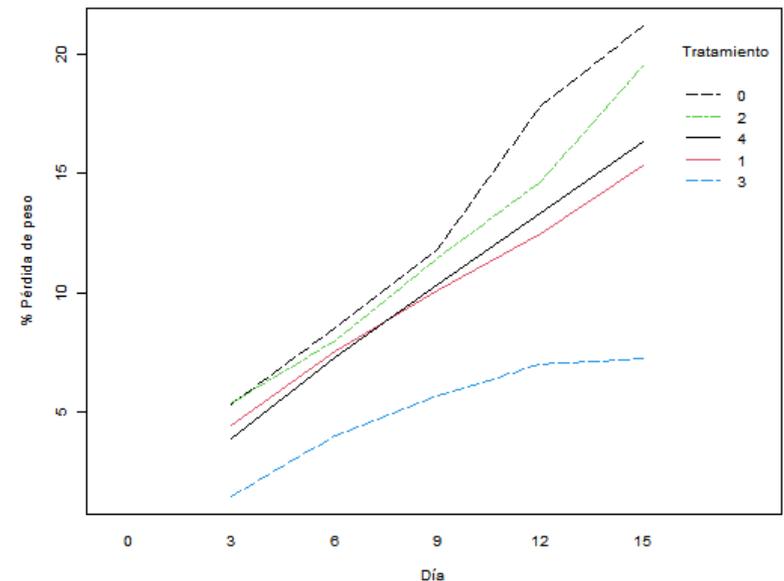
Media \pm desviación estándar de % Pérdida de peso evaluado en tomate Cherry bajo cinco tratamientos almacenado a temperatura ambiente

Tratamiento/Parámetro	% Pérdida de peso
T3 (Nopal + Isomalt)	5.09 \pm 2.29 a
T1 (Chía + Isomalt)	9.99 \pm 4.25 b
T4 (Nopal sin Isomalt)	10.25 \pm 4.67 b
T2 (Chía sin Isomalt)	11.79 \pm 5.38 b
Control	12.74 \pm 6.03 b

Nota. Los superíndices con letra distinta muestran diferencias significativas ($p \geq 0.05$).

Figura 4

Porcentaje de pérdida de peso en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente



Grijalva & Cornejo (2016), mencionan que la utilización de sales de calcio reduce la pérdida de agua en frutas y vegetales.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acidez

Tabla 14

ANOVA de acidez en tomate Cherry

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Tratamiento	4	3.973	0.9933	31.04	1.34e-15	***
Día	5	6.694	1.3388	41.84	< 2e-16	***
Residuals	80	2.560	0.0320			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Tabla 15

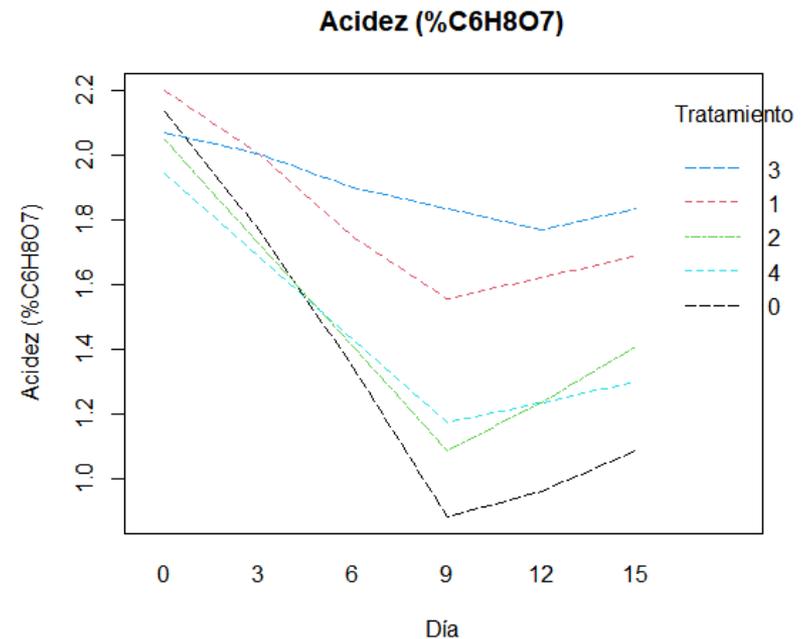
Media \pm desviación estándar de acidez evaluado en tomate Cherry bajo cinco tratamientos almacenado a temperatura ambiente

Tratamiento/Parámetro	Acidez
T3 (Nopal + Isomalt)	1.90 \pm 0.12 a
T1 (Chía + Isomalt)	1.80 \pm 0.31 a
T2 (Chía sin Isomalt)	1.49 \pm 0.34 b
T4 (Nopal sin Isomalt)	1.46 \pm 0.29 b
Control	1.36 \pm 0.48 b

Nota. Los superíndices con letra distinta muestran diferencias significativas ($p \geq 0.05$).

Figura 5

Acidez expresada en porcentaje de ácido cítrico en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente



Osorio & Yáñez, (2018) mencionaron en su estudio que naranjas tratadas con mayor cantidad de mucílago de nopal presentaron menores fluctuaciones en la cantidad de acidez y no mostraron síntomas de envejecimiento.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

pH

Tabla 16

ANOVA de pH en tomate Cherry

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Tratamiento	4	7.723	1.931	19.47	3.22e-11	***
Día	5	18.844	3.769	38.00	< 2e-16	***
Residuals	80	7.934	0.099			

Signif. codes:	0	'***'	0.001	'**'	0.01	'*' 0.05
						'.' 0.1
						' ' 1

Tabla 17

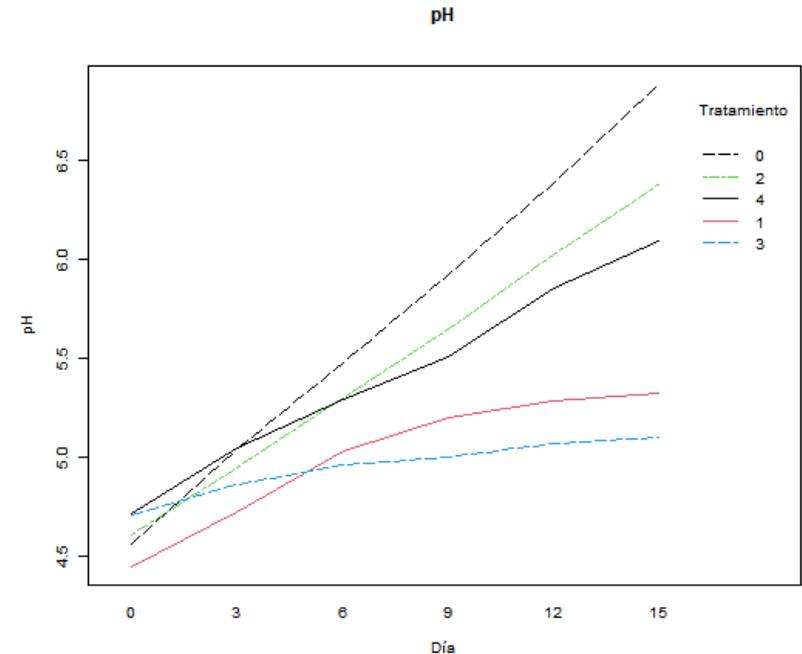
Media \pm desviación estándar de pH evaluado en tomate Cherry bajo cinco tratamientos almacenado a temperatura ambiente

Tratamiento/Parámetro	pH
T3 (Nopal + Isomalt)	4.95 \pm 0.18 a
T1 (Chía + Isomalt)	5.00 \pm 0.40 ab
T4 (Nopal sin Isomalt)	5.42 \pm 0.49 abc
T2 (Chía sin Isomalt)	5.49 \pm 0.63 bc
Control	5.72 \pm 0.86 c

Nota. Los superíndices con letra distinta muestran diferencias significativas ($p \geq 0.05$).

Figura 6

pH en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente



Gómez (2020), en su estudio en fresas encontró que el valor de pH se incrementa por proceso de maduración natural, sin embargo el mejor tratamiento no tenía mucha fluctuación, afirmando que el producto redujo la velocidad de maduración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grados Brix

Tabla 18

ANOVA de grados Brix en tomate Cherry

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	4	13.21	3.302	9.249	3.40e-06 ***
Día	5	43.89	8.779	24.592	6.46e-15 ***
Residuals	80	28.56	0.357		

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabla 19

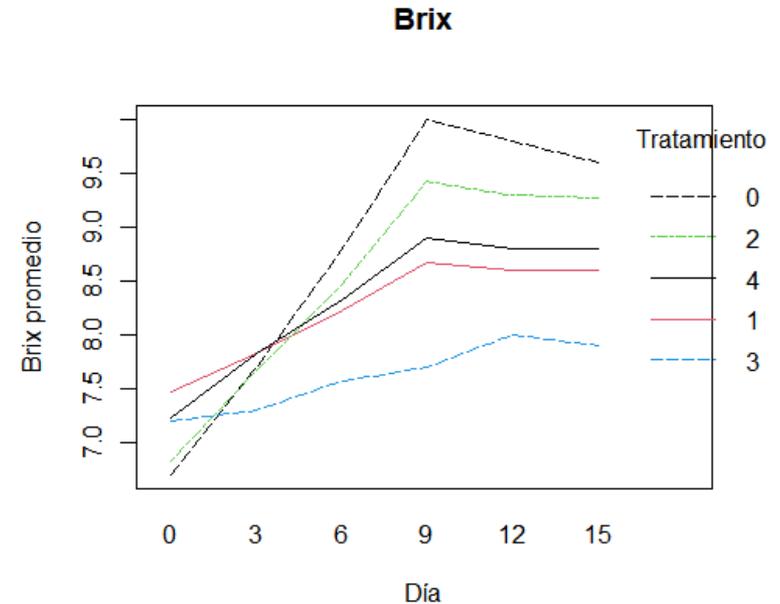
Media \pm desviación estándar de grados Brix evaluado en tomate Cherry bajo cinco tratamientos almacenado a temperatura ambiente

Tratamiento/Parámetro	Brix
T3 (Nopal + Isomalt)	7.61 \pm 0.38 a
T1 (Chía + Isomalt)	8.23 \pm 0.62 ab
T4 (Nopal sin Isomalt)	8.32 \pm 0.79 ab
T2 (Chía sin Isomalt)	8.49 \pm 1.24 b
Control	8.77 \pm 1.26 b

Nota. Los superíndices con letra distinta muestran diferencias significativas ($p \geq 0.05$).

Figura 7

Grados Brix en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente



Carvajal (2012) afirma que existe una disminución en el metabolismo lo que ocasiona que los almidones presentes en el tomate tengan una lenta conversión a azúcares, alargando el tiempo de vida de anaquel.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Jengibre

No se obtuvieron resultados durante el tiempo de duración del experimento debido a que las rodajas de jengibre presentaron daños fisiológicos y presencia de hongos a los 2 días, en todos los tratamientos almacenados a temperatura ambiente

(Oscullo, 2011) menciona que el jengibre almacenado a 90% de humedad relativa es óptimo para el crecimiento de microorganismos, además el jengibre es muy sensible al frío y no debe ser almacenado a temperaturas menores a 12°C ya que ocurre deshidratación y ataque de hongos.

Figura 8

Jengibre cortado con presencia de hongos a los 2 días almacenado a temperatura ambiente



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Zanahoria



% Pérdida de peso

Tabla 20

ANOVA de grados Brix en tomate Cherry

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Tratamiento	4	843.7	210.9	33.67	<2e-16	***
Día	5	2101.9	420.4	67.10	<2e-16	***
Residuals	80	501.2	6.3			

 signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.'

Tabla 21

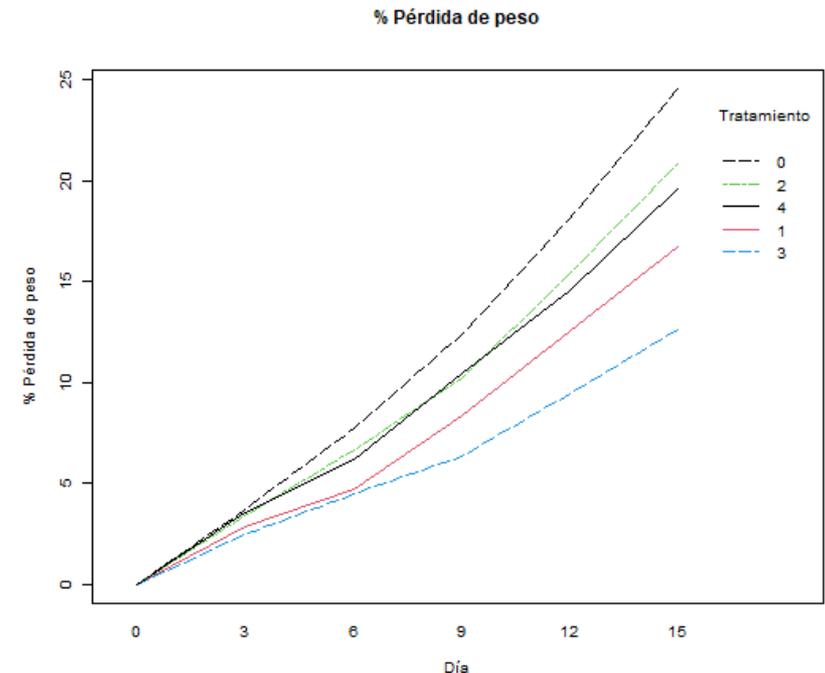
Media \pm desviación estándar del % de Pérdida de peso en zanahoria bajo cinco tratamientos almacenado a temperatura ambiente

Tratamiento/Parámetro	% Pérdida de peso
T3 (Nopal + Isomalt)	7.06 \pm 3.74 a
T1 (Chía + Isomalt)	9.04 \pm 5.26 ab
T4 (Nopal sin Isomalt)	10.88 \pm 5.95 ab
T2 (Chía sin Isomalt)	11.32 \pm 6.44 ab
Control (sin recubrimiento)	13.30 \pm 7.67 b

Nota. Los superíndices con letra distinta muestran diferencias significativas ($p \geq 0.05$).

Figura 9

Grados Brix en tomate Cherry bajo cinco recubrimientos comestibles almacenado a temperatura ambiente



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contrastes en parámetros fisicoquímicos

Tabla 22

Coefficientes de los contrastes en parámetros físicos evaluados en tomate Cherry y zanahoria

Tratamiento	Ct 1	Ct2	Ct3	Ct4
T1 (Chía + Isomalt)	4	0	0	0
T2 (Chía sin Isomalt)	-1	1	1	0
T3 (Nopal + Isomalt)	-1	1	-1	0
T4 (Nopal sin Isomalt)	-1	-1	0	1
Control	-1	-1	0	-1

Tabla 23

Contrastes en parámetros fisicoquímicos evaluados en tomate Cherry y zanahoria

Tratamiento	% Pérdida de peso	Acidez	pH	Brix
Contraste 1	0,0087	0,0009	0,0011	0,0152
Contraste 2	0,0098	0,6363	0,6619	0,0695
Contraste 3	0,2971	0,0052	0,0117	0,3986
Contraste 4	0,0037	0,0001	0,014	0,0243

Nota. Los valores representan el p-valor



CONCLUSIONES

Luego de la evaluación mecánica en los recubrimientos se pudo concluir que el tipo de mucílago y la presencia de Isomalt influyeron para la variable transmitancia, siendo los tratamientos con nopal más opacos en comparación a los tratamientos con chía, además los tratamientos con Isomalt presentaron mayor grosor, siendo esta una característica deseada, ya que permite una mayor manipulación al momento de ser retirado de la caja Petri y realizar los cortes para la evaluación.

En el caso de los tomates se puede mencionar que la Isomalt influyó positivamente en las variables de acidez y pH ayudando a mantener cinéticas con pendientes menos pronunciadas, sin embargo, para el porcentaje de pérdida de peso y Brix, la Isomalt tiene influencia solo en compañía con el mucílago de nopal, manteniendo niveles más bajos y por lo tanto retardando la maduración. Para lo que fueron las rodajas de jengibre se concluyó que este tipo de recubrimientos no es adecuado debido a la humedad, ya que genera la pudrición del producto.



CONCLUSIONES

Los tomates tratados con la formulación de mucílago de nopal en conjunto con Isomalt presentaron menor pérdida de peso durante el almacenamiento en comparación con los demás tratamientos, confirmando que dicho tratamiento posee mejores propiedades de barrera (mayor grosor), al impedir la pérdida de agua, además al interactuar el nopal con la Isomalt, se obtuvo que ayudan a mantener niveles más estables para el pH, acidez y grados Brix en relación al tiempo de duración del experimento, es decir que el recubrimiento funciona para alargar la vida de anaquel.

Al analizar el porcentaje de pérdida de peso en la zanahoria se obtuvo que el tratamiento T3 formulado a base de mucílago de nopal enriquecido con Isomalt presentó mejores características comparado con el tratamiento control.



RECOMENDACIONES

- Evaluar las características organolépticas y microbiológicas para determinar el tiempo de vida aceptado por el consumidor en el tomate Cherry.
- Formular con diferentes dosis de Isomalt utilizando como base del recubrimiento el mucílago de nopal.
- Probar a diferentes temperaturas el comportamiento de recubrimientos a base de mucílago de nopal enriquecido con Isomalt.
- Buscar algún tipo de cera para el caso del jengibre en rodajas, ya que al ser de secado rápido podría tener mejores resultados.
- Probar diferentes proporciones de nopal para ver el efecto del grosor en la conservación de productos vegetales tratados.



ANEXOS



¡Gracias!



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA