



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**Evaluación del efecto funcional antioxidante del extracto liofilizado de la cáscara de toronja como ingrediente de un recubrimiento comestible en manzanas (*Malus domestica*) mínimamente procesadas**

Chipugsi Loachamin, Kevin Eduardo

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro Mgt.

29 de agosto, 2022



# INTRODUCCIÓN

# ANTECEDENTES

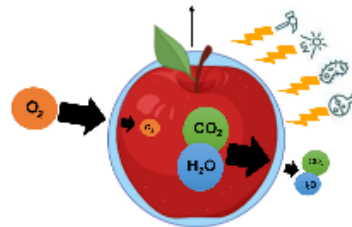


Una vez cosechado un fruto, se dan nuevos cambios metabólicos



En el mundo

Existen nuevas alternativas para controlar el pardeamiento enzimático

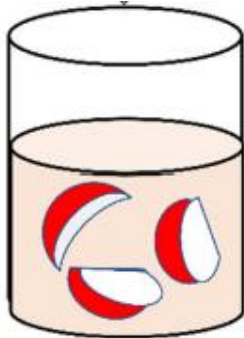


\* Compuestos **sintéticos**  
\* Bandejas con inhibidores de pardeamiento

Demanda del consumidor por **alimentos saludables** y de **origen natural**



## Recubrimiento comestible (RC)



Dip coating



Capa comestible

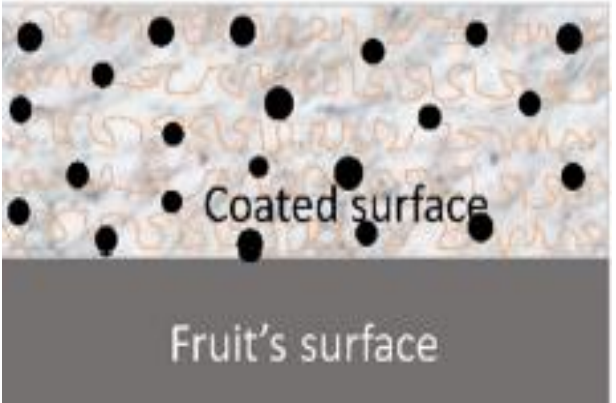
Compuestos con actividad antioxidante o antimicrobiana

Extractos de frutos cítricos y sus semillas

Ácido cítrico, ascórbico, aceites esenciales.

Alargar la vida útil

Inhibir el pardeamiento



Protección de la superficie cortada



Protección ante microorganismos

Consumo (Alimento Gama IV)



## General

Evaluar el efecto funcional antioxidante del extracto liofilizado de la cáscara de toronja como ingrediente de un recubrimiento comestible en manzanas (*Malus domestica*) mínimamente procesadas.

## Específicos

Obtener el principio activo presente en la cáscara de toronja para su liofilización.

Formular un recubrimiento a base del principio activo extraído de la toronja, bajo diferentes niveles, sobre trozos de manzana.

Evaluar los parámetros físico-químicos, microbiológicos y sensoriales de la manzana con y sin la aplicación de 3 recubrimientos comestibles bajo refrigeración a 4°C, a los 0, 3, 6, 9 y 12 días de almacenamiento

## HIPÓTESIS

H0: La aplicación de un recubrimiento comestible a base del extracto liofilizado de la cáscara de toronja no mantiene las características físico-químicas a lo largo de 12 días de estudio, en los trozos de manzana.



H1: La aplicación de un recubrimiento comestible a base del extracto liofilizado de la cáscara de toronja mantiene las características físico-químicas a lo largo de 12 días de estudio, en los trozos de manzana.



## Manzana cv. Anna (*Malus domestica*)

vitaminas

ácidos orgánicos

Origen israelí

Polifenoles

rico en enzimas oxidadas



4.500 ha sembradas  
(6.8 ton/ha/Ecuador)

consumo per cápita  
3,79Kg/Ecuador

0,4-1,2 % ácido málico

10-14°Brix

pH: 3-5

4-7 Kg-f (firmeza)

## Toronja (*Citrus paradisi*)

Polifenoles

Terpenos



Antioxidante y antimicrobiano

0,7-3,5 % ácido cítrico

5-6 °Brix

pH: 3-5

4° cítrico más consumido a nivel mundial

## Recubrimiento comestible

Capa comestible generada por materiales de origen natural

Polisacárido

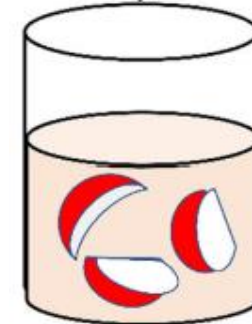
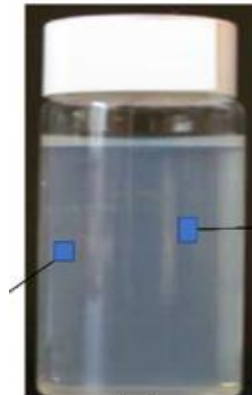
Agua

Aceite vegetal

Extracto liofilizado de la cáscara de toronja (ELT)

Tween 80

Glicerina



Dip coating



## Ubicación del proyecto UIC



## Etapa 1. Adquisición del material vegetal



(INEN 1872:96)



INEN 2807

## Etapa 2. Limpieza y desinfección del material vegetal



Cloro comercial al 5% por 5 min



UV-C por 7min

## Etapa 4. Encapsulación



Congelación por 24h a -15°C

10% p/v de maltodextrina

## Etapa 3.2 Extracto de la cáscara de toronja



1600 mL de solución (agua +aceite esencial)

## Etapa 3.1. Hidrodestilación



(1500g + 1500mL de agua), por 3h a 91°C

## Etapa 3. Obtención del extracto de la cáscara de toronja



Pelado (Flavado)



Pesaje (1500g)



0,5% de bicarbonato de sodio (24h. °T ambiente)

## Etapa 5.

Liofilización del extracto de la cáscara de toronja (ELT)



-40°C por 18h



## Etapa 6.

Formulación del recubrimiento comestible (RC)



Componentes	%	RC (0%)	RC (2%)	RC (4%)	RC (6%)
Agua	91,1	227,75	222,75	217,75	212,75
Aceite vegetal	4	10	10	10	10
Glicerina grado alimentario	2,5	6,25	6,25	6,25	6,25
Tween 80	0,4	1	1	1	1
Polisacárido (almidón)	2	5	5	5	5
ELT	0	0	5	10	15
Total	100	250	250	250	250

## Etapa 7.

Aplicación del RC



Secado (40°C, 2h)



Almacenamiento a 4°C



## Etapa 8.

Medición de las variables

### Microbiológica

- Presencia o ausencia de microorganismos (Prueba dicotómica)



### Variables no destructivas

- Peso (Balanza digital)
- Color (App Color Grab)

### Variables destructivas:

- Brix (Refractómetro)
- Acidez (Titulación-NaOH 0,1N)
- Textura (Penetrómetro)

### Análisis sensorial (Cata tipo Flash Profile)



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Fisicoquímico

Microbiológico

Sensorial

DCA con parcelas divididas

Tabla de contingencia  
(Prueba de chi cuadrado)

DBCA

3 tratamientos + 1 control, con 3 repeticiones

Tratamiento	Concentración del extracto de la cáscara de toronja (lío­filizado y encapsulado en maltodextrina) (%)
T0	0
T1	2
T2	4
T3	6

Croquis experimental

<b>T1R1</b> 0   3 6   9 12	<b>T0R3</b> 3   6 6   9 12	<b>T3R2</b> 6   0 3   12 9	<b>T2R1</b> 0   12 9   6 3
<b>T0R1</b> 12   3 9   6 0	<b>T1R2</b> 3   0 9   12 6	<b>T2R2</b> 12   9 6   3 0	<b>T3R3</b> 12   6 3   9 0
<b>T3R1</b> 9   6 0   12 3	<b>T2R3</b> 12   3 6   9 0	<b>T0R2</b> 12   9 3   6 9	<b>T1R3</b> 0   12 6   9 3

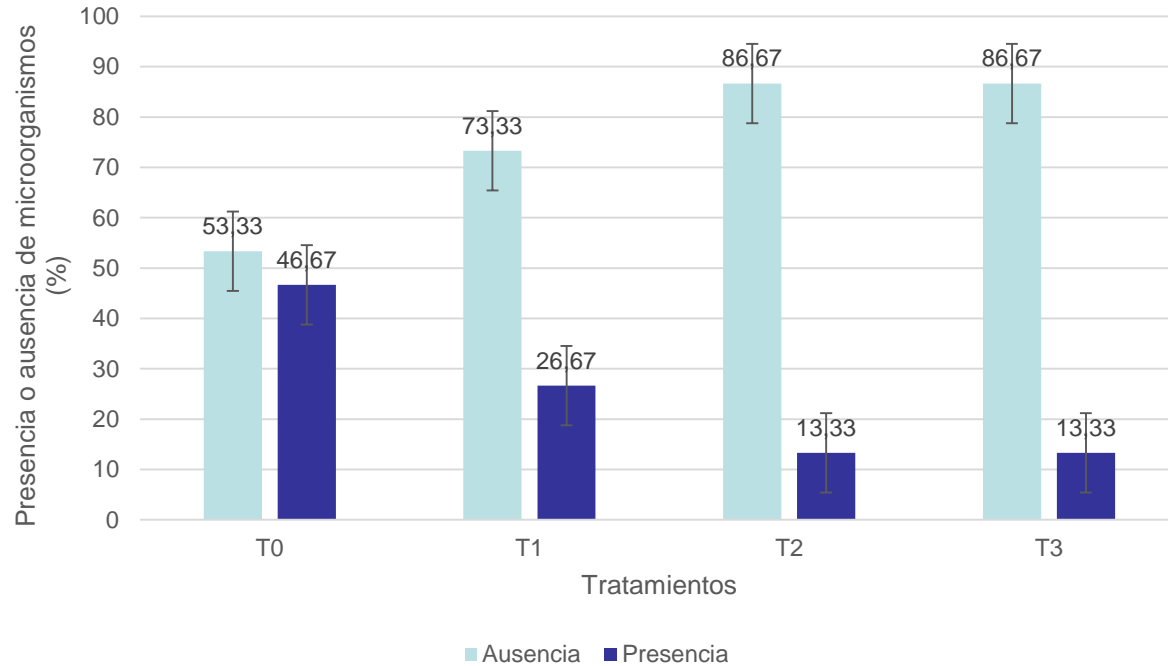
Software-Infostat

LSD 5%, (P<0,05)





Porcentaje de presencia o ausencia de microorganismos en los diferentes tratamientos



No existe relación entre el nivel de extracto liofilizado y la presencia de microorganismos en los trozos de manzana a los 12 días de evaluación ( $P=0,1138$ ;  $\alpha:0,05$ )

No se identificó ni cuantificó los microorganismos.



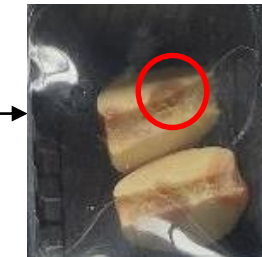
T2R3-0 día



T2R3- 9día



T0R2-0 día



T0R2- 3 día

$\alpha$ -terpineno y d-limoneno (actividad antimicrobiana) (Villa, 2007)

*Penicillium expansum* (Lanciotti et al., 2004)

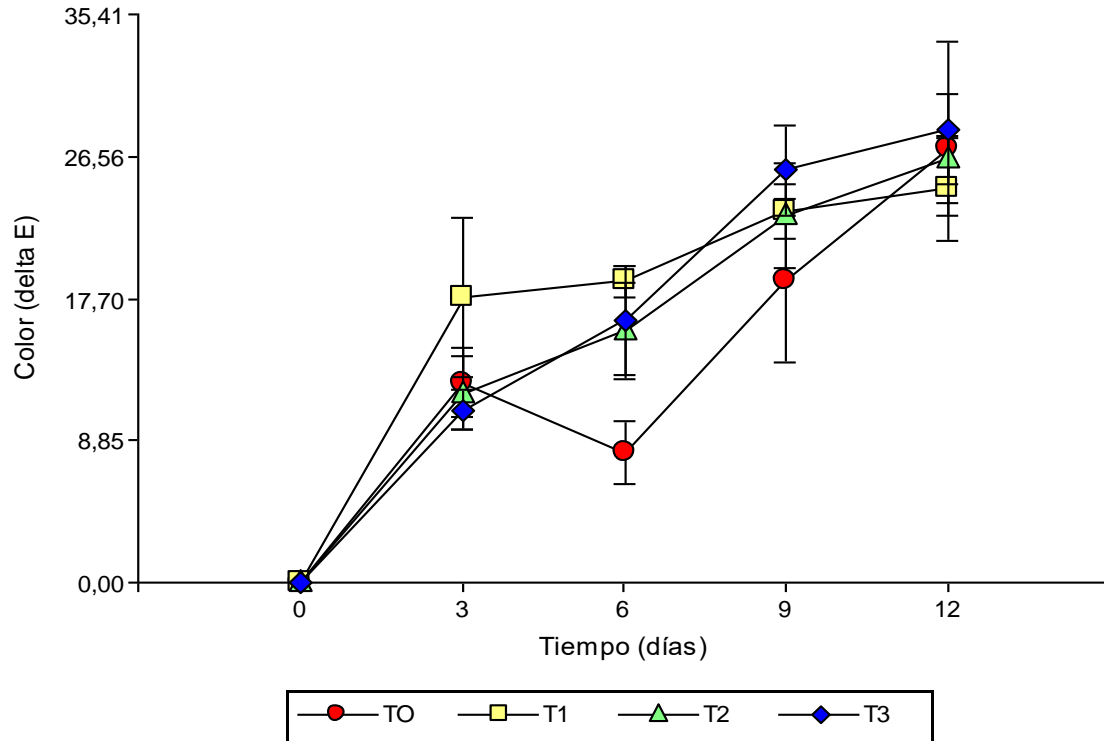
ANOVA de las variables fisicoquímicas de los trozos de manzana.

Fuente de variación	gl	Pérdida peso (%)	Color ( $\Delta E$ )	TEXTURA (kg-f)	°Brix	Acidez (% ác málico)
Nivel de ELT	3	P=0.2890	P=0.2632	<b>P&lt;0.0001</b>	P=0.326	P=0.5265
Días	4	<b>P&lt;0.0001</b>	<b>P&lt;0.0001</b>	<b>P&lt;0.0001</b>	P=0.8999	P=0.3604
Nivel de ELT*días	12	P=0.9984	P=0.5838	<b>P=0.0044</b>	P=0.4370	P=0.6309

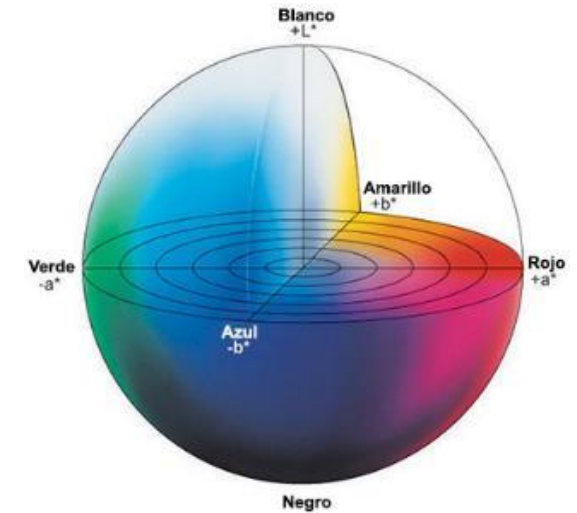
pH 3,7-4 (Rojas, 2018)

# Resultado del análisis fisicoquímico

Media  $\pm$  error estándar del color de los trozos de manzana a lo largo del tiempo



T1 presentó la menor diferencia en la variación del color ( $\Delta E$ ) siendo de 24,53, mientras que, para los tratamientos 0, 2 y 3 se mostraron similares cuantitativamente, con resultados superiores a 26,36  $\Delta E$ .

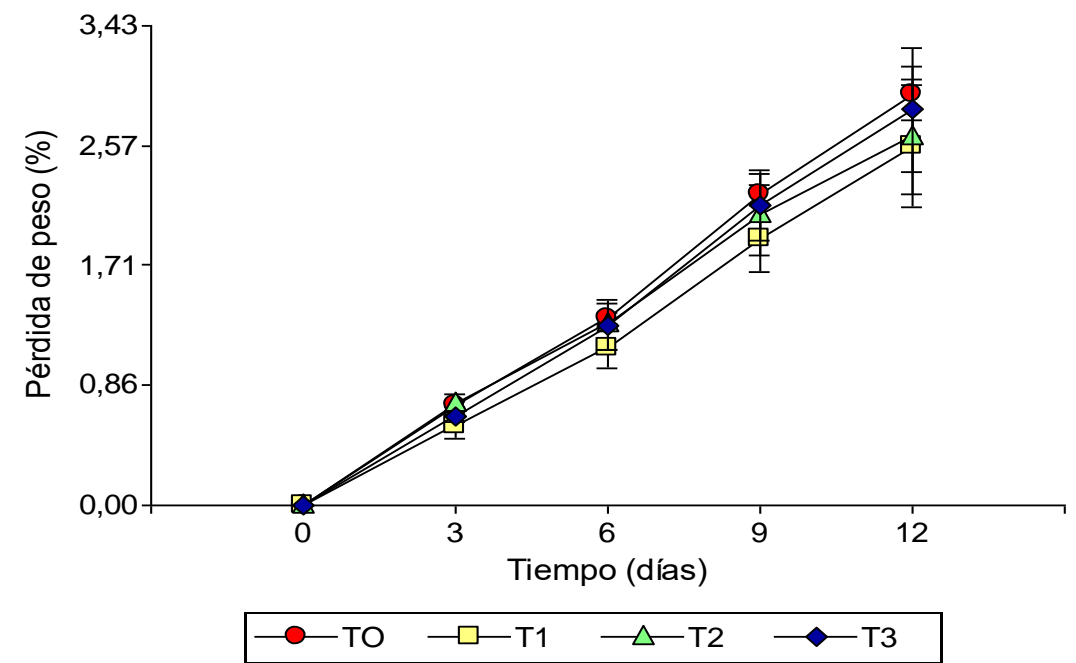
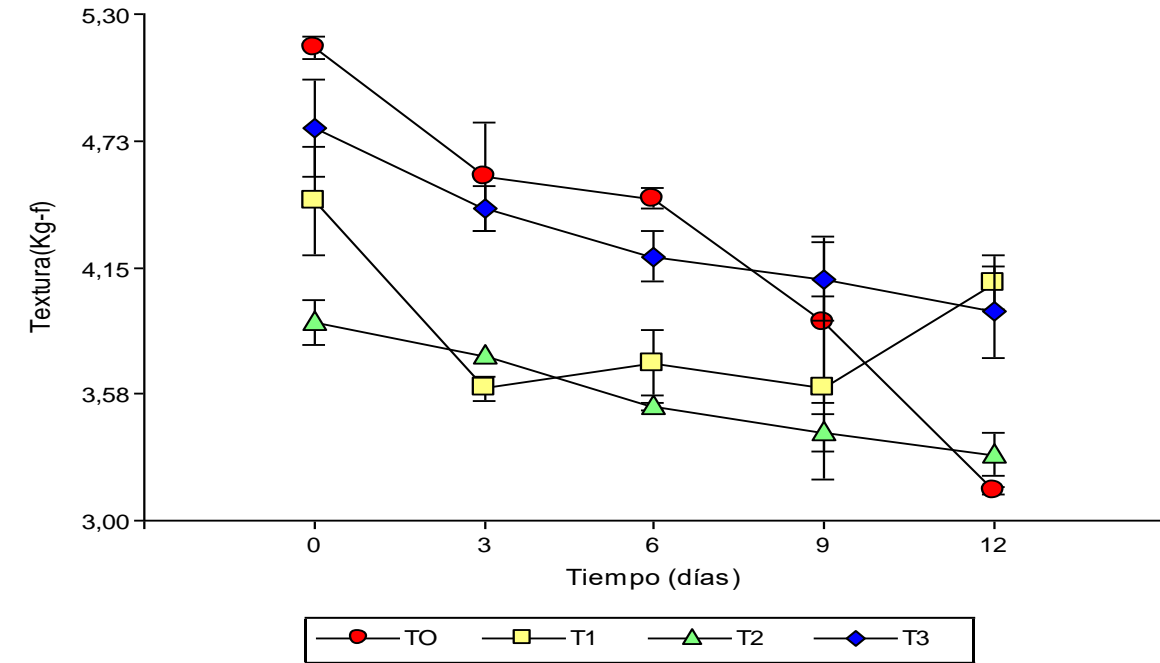


Altas dosis –prooxidación, grosor de la capa de RC y pureza de los compuestos (Assis et al., 2012)

# Resultado del análisis fisicoquímico

Media  $\pm$  error estándar de la textura (Kg-f) de los trozos de manzana a lo largo del tiempo

Media  $\pm$  error estándar de la pérdida de peso de los trozos de manzana en el tiempo



Los T1 y T3, mantuvieron la textura a 4,08 Kg-f y 3,95 Kg-f a los 12 días, siendo estos valores superiores a los obtenidos en T0 y T2, con 3,13 Kg-f y 3,3 Kg-f, respectivamente.

Luego de los 12 días de evaluación, el T1 y T2 muestran la menor pérdida de peso con 2,56% y 2,63% respectivamente, respecto al T0 y el T3 fueron los de mayor pérdida de peso con 2,94% y 2,83%.

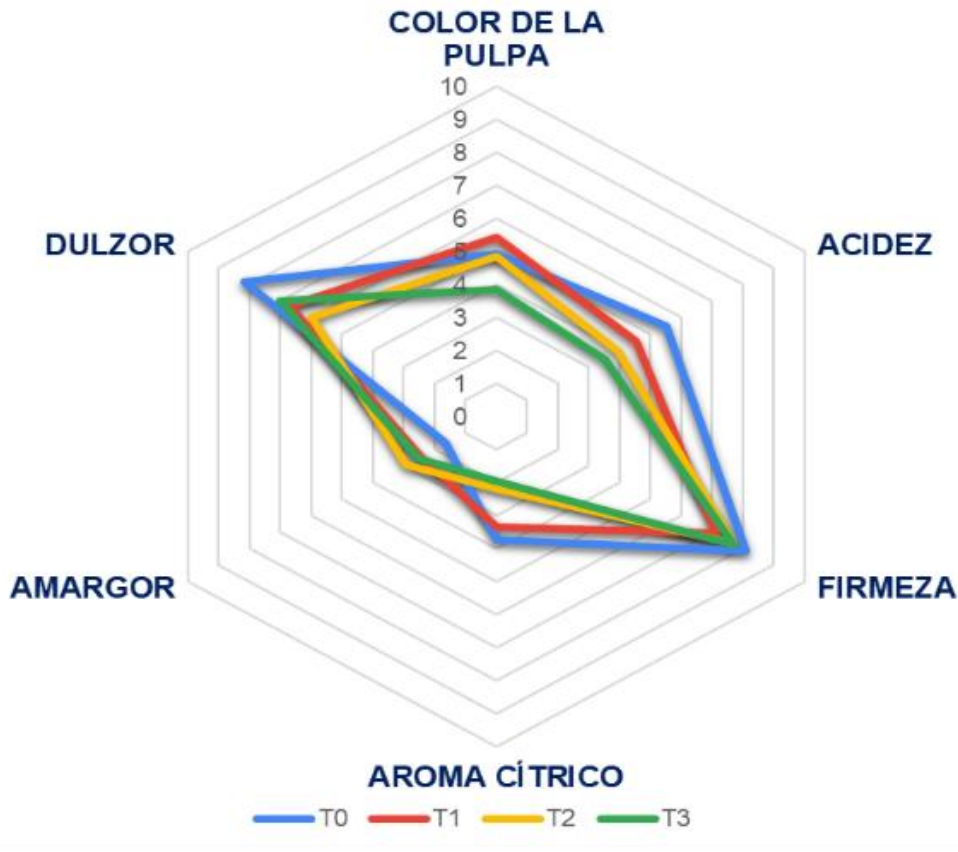
Terpinenos, afectan la acción de la enzima pectin metil esterasa, por lo que la estructura de las paredes celulares se mantiene (Radi & Amiri, 2017).

Mantiene la firmeza y no la oxidación de la pulpa (Alandes et al., 2011)

# RESULTADOS Y DISCUSION

## Análisis sensorial

Media  $\pm$  desviación estándar para los atributos sensoriales de los trozos de manzana



ATRIBUTOS	Concentración de extracto liofilizado de toronja			
	T0	T1	T2	T3
COLOR DE LA PULPA	4,92 $\pm$ 2,06 a	5,44 $\pm$ 1,96 a	4,87 $\pm$ 1,47 a	3,84 $\pm$ 2,05 a
ACIDEZ	5,51 $\pm$ 2,12 a	4,56 $\pm$ 1,78 a	3,95 $\pm$ 1,88 a	3,51 $\pm$ 2,51 a
FIRMEZA	8,11 $\pm$ 1,18 a	7,1 $\pm$ 1,73 a	7,68 $\pm$ 1,92 a	7,72 $\pm$ 1,92 a
AROMA CÍTRICO	3,74 $\pm$ 3,2 a	3,35 $\pm$ 1,75 a	2,18 $\pm$ 2,39 a	1,97 $\pm$ 1,46 a
AMARGOR	1,61 $\pm$ 2,52 a	2,41 $\pm$ 3,21 a	2,94 $\pm$ 3,5 a	2,5 $\pm$ 2,82 a
DULZOR	8,16 $\pm$ 1,58 a	6,7 $\pm$ 2,21 a	6 $\pm$ 2,01 a	7,01 $\pm$ 1,31 a



RC a base de aceites esenciales de cítricos contrarrestan la acción de enzimas oxidasas (Farina et al., 2020).

Evita la salida de aromas (Hasan et al., 2019)

Atributos de: **acidez, color de la pulpa, amargor y aroma a cítrico:** Atributos de: **firmeza y dulzor**  
 1-3 (producto organolépticamente comercial) 1-3 (atributo no deseado y no permiten su comercialización)  
 4-7 (límite comercial) 4-7 (límite comercial)  
 8-10 (atributo no deseado y no permiten su comercialización) 8-10 (producto organolépticamente comercial) (Bustingorri, 2021)

- El extracto liofilizado de la cáscara de toronja obtenido fue un aceite esencial, el cual mostró ser un líquido oleoso, transparente, con un aroma cítrico e inmiscible en agua, que de acuerdo con la literatura contiene  $\alpha$ -terpineno y d-limoneno los que, además, tienen actividad antioxidante y antimicrobiana.
- El recubrimiento comestible a base de un extracto liofilizado de toronja (ELT) al 6% mantuvo constante la textura (Kg-f) de los trozos, esto debido a la acción de la composición del extracto ( $\alpha$ -terpineno y d-limoneno) que inhiben la acción de la enzima pectin metil esterasa, manteniendo las paredes celulares estables a lo largo de 12 días de análisis. Además, estadísticamente este recubrimiento no fue efectivo para controlar el pardeamiento en los trozos de manzana.
- Sensorialmente el recubrimiento comestible con 6% de ELT, mostró un mejor comportamiento en cuanto a firmeza, dulzor, acidez y un menor pardeamiento enzimático (color) a los 5 días de la evaluación de los atributos descritos.
- Tras 12 días de análisis, se identificó que los tratamientos T2 y T3, inhibieron aparentemente el crecimiento de microorganismos hasta el día 9, donde empezaron a presentar variaciones en la coloración de la pulpa, mientras que el tratamiento control y el T1, presentaron este problema a partir del día 3 y 6 respectivamente.

- Para tener un mejor rendimiento en la obtención de aceite esencial de la cáscara de toronja se debería mejorar el equipo de hidrodestilación incorporando un termómetro para controlar la temperatura y un serpentín metálico para mejorar la condensación, lo que permitiría obtener un aceite con mayor pureza.
- En futuras investigaciones se debe realizar la cuantificación e identificación de los microorganismos presentes, por medio de un antibiograma o un recuento microbiano.
- Se debería caracterizar al aceite esencial obtenido por medio de espectrofotometría, para conocer y cuantificar cada uno de los componentes que lo conforman, así como un estudio económico de su obtención y procesamiento.
- Durante la elaboración de un recubrimiento comestible, se debe considerar el orden de los productos y la temperatura al realizar la mezcla, pues de hacerlo de manera indistinta, los componentes no se llegan a mezclar o existen precipitados.

- Alandes, L., Quiles, A., Pérez, I., & Hernando, I. (2011). Manzana fresca cortada tratada con aditivos naturales: calidad y aspectos estructurales. *Journal of Food*, 9(1), 17-24. doi:10.1080/19476330903503361
- Allauca, A. (2018). *Análisis de la cadena agroproductiva de la manzana (Malus) en tres provincias de la sierra-centro zona 3*. Riobamba: ESPOCH.
- Berk, Z. (2016). Morphology and chemical composition. En *Citrus fruit processing* (págs. 9-54).
- Botero, N., & Morales, G. (2000). Producción del manzana (Malus sp. cv Anna) en el oriente antioqueño con la abeja melífera, Apis mellifera L. (Hymenoptera apidae). *Facultad de Ciencias Agropecuaria*, 849-862.
- Cerpa, M. (2007). *Hidrodestilación de aceites esenciales: modelado y caracterización*. Universidad de Valladolid.
- Deng, W., Lui, K., Cao, S., & Sun, J. (2020). Chemical composition, antimicrobial, antioxidant, and antiproliferative properties of grapefruit essential oil prepared by molecular distillation. *MDPI*, 25(1). doi:10.3390/molecules25010217
- Gezer, B., Yilmaz, Z., & Akbal, U. (2020). *Distillation: typer and applications-a review*. Uskudar University.
- Jadán, F. (2017). *Control del pardeamiento enzimático en manzanas cortadas (Red delicious) mediante un sistema de envasado activo*. Universidad Técnica Equinoccial.
- Khettal, B., Kadri, N., & Tighilet, K. (2017). Phenolic compounds from Citrus leaves: antioxidant activity and enzymatic browning. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 14(1). doi:10.1515/jcim-2016-0030
- Kokoszka, S. (2007). Edible coatings, formation, characteristics and use - a review. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 57(4).
- Loreto, A. (2021). *Caracterización espacial de la incidencia de bitter pit en manzanas, en función de índices no destructivos de madurez y posición en la planta*. Talca: Universidad de Talca.
- Paredes, E. (2012). *Estudio del proceso de horneado con microondas y su efecto sobre la textura instrumental del fruto de cuadro variedades de manzana (Pyrus malus L.)*. Quito: EPN.
- Park, M., & Kim, G. (2013). The oxidative and antibrowning effects of citrus peel extracts on freshcut apples. *Korean Journal of food science and technology*, 45(5), 598-604. doi:http://dx.doi.org/10.9721/KJFST.2013.45.5.598
- Pérez, J. (2020). *Obtención de aceite esencial y pectinas de la cáscara de naranja y diseño de la unidad de extracción*. Universidad Nacional de Colombia.
- Rosa, M., Wong, J., & Muñiz, D. (2016). Compuestos fenólicos bioactivos de la toronja (Citrus paradisi) y su importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 47(2), 22-35.



# Gracias



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA