



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



**Evaluación del efecto funcional antioxidante y colorante del extracto liofilizado de arilo de semillas de tomate de árbol mora (*Solanum betaceum*) como ingrediente de un recubrimiento comestible en fresas mínimamente procesadas**

Soto Elizalde, Max Enrique

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera Agropecuaria

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

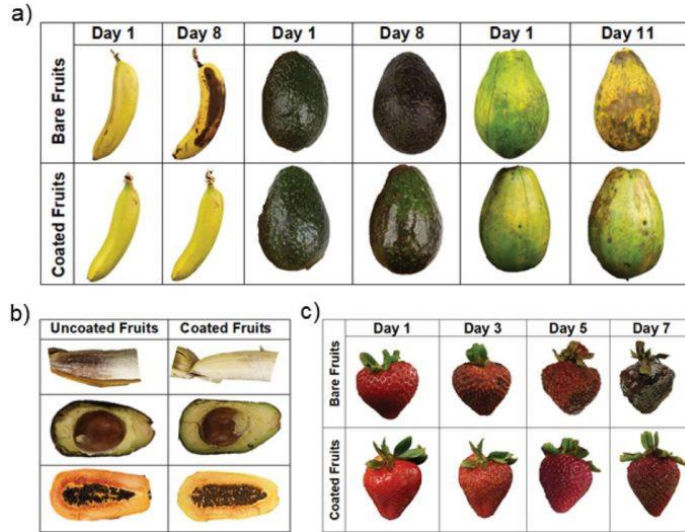
Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro Ms.c

25 de agosto del 2022



# INTRODUCCIÓN

## Antecedentes:



Tomada de Republica.com

La elaboración de recubrimientos y películas comestibles es amplio

No es universal

Castillo en 2009 →

Molécula de quitosano  
Extiende la vida útil del orito en 15.37 días a 10 °C

Almeida y colaboradores en 2007 →

Quitosano retarda la pérdida de humedad y extienden el periodo de almacenamiento a 20 °C

Cruz y Córdova en 2017 →

Mucílago de linaza y propóleo  
Conserva y disminuye las pérdidas poscosecha del mango Kent.  
Antibacteriano, antioxidante y antifúngico



# JUSTIFICACIÓN

Degradación de frutas



Frenar el deterioro con sustancias



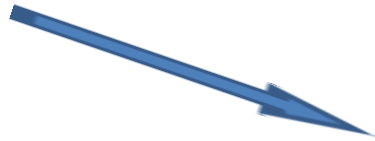
Alternativa



Recubrimiento comestible



Reducen el deterioro de frutas mínimamente procesadas



Buen manejo poscosecha



Tomado de Depositphotos



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

# Objetivos

## Objetivo General

- Evaluar el efecto funcional antioxidante y colorante de extracto liofilizado de semillas de tomate de árbol mora como ingrediente de un recubrimiento comestible en fresas mínimamente procesadas

## Objetivos específicos.

- Extraer compuestos antioxidantes y colorantes presentes en el arilo de semillas de tomate de árbol mora utilizando la técnica de liofilización.
- Evaluar los cambios físico-químicos y sensoriales de la fresa con la aplicación del recubrimiento liofilizado de semillas de tomate de árbol mora.
- Determinar el efecto sinérgico del empleo de recubrimientos comestibles mediante el uso del extracto liofilizado de semillas de tomate de árbol mora en varios niveles de adición sobre la vida útil de la fresa mínimamente procesada.



# Hipótesis

**H0:** La utilización del extracto liofilizado del arilo de tomate de árbol mora no posee un efecto funcional antioxidante y colorante al ser aplicado como recubrimiento comestible en fresas mínimamente procesadas.

**H1:** La utilización del extracto liofilizado del arilo de tomate de árbol mora posee un efecto funcional antioxidante y colorante al ser aplicado como recubrimiento comestible en fresas mínimamente procesadas.



# METODOLOGÍA



## Área de estudio

Laboratorio de Poscosecha de la Carrera Agropecuaria IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.



## Materia prima

Hacienda del Sr. Kléver Chicaiza, ubicada en la parroquia Checa, cantón Quito, provincia de Pichincha



## Materia prima

Mercado Mayorista de Ambato, ubicado en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua



## Análisis microbiológico

Laboratorio Multianalityca S.A., ubicado sector la Concepción, cantón Quito, provincia de Pichincha

Tomada de Google Maps,  
2022



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

# METODOLOGÍA

Extracción del arilo del tomate de árbol mora

Separación del arilo de las semillas de tomate de árbol mora

Empacado del arilo para refrigeración

Proceso de liofilización

Formulación de los recubrimientos comestible

Elaboración de recubrimiento comestible

Proceso de desinfección, preparación y ubicación de las fresas

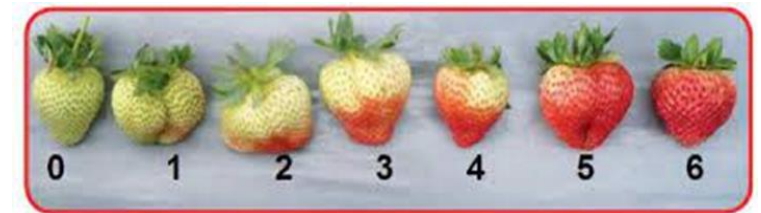
Administración de la cubierta comestible y envasado

Proceso de inoculación microbiológico y de antioxidantes

Evaluación de variables

Evaluación Sensorial

Ingredientes	Porcentaje de inclusión (%)	Peso (g)
Agua destilada	89.1	891
Aceite	4	40
Glicerina	2,5	25
Tween 80	0,4	4
Almidón de maíz	4	40
Total	100	1000



# DISEÑO EXPERIMENTAL

Al realizar el efecto del extracto liofilizado de tomate de árbol mora con las distintas concentraciones utilizadas (1, 2 y 3%), se determinó 5 tratamientos (Control, C0%, C1%, C2% y C3%) con 3 repeticiones, las cuales se analizó completamente al azar utilizando el modelo experimental:

$$Y_{ijk} = u + R_i + dk(i) + P_j + (RxD)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variables evaluadas

$u$  = Media general

$R_i$  = Tratamiento o PG.

$dk(i)$  = Error PG

$P_j$  = PP o día de evaluación

$(RxD)_{ij}$  = Intección PG X PP

$E_{ijk}$  = error experimental de PP

Las muestras utilizadas en los tratamientos son de alrededor de 11 frutillas por repetición, un total 165 frutillas en los 15 tratamientos utilizados, las cuales se analizan las diferencias significativas (5%) con el software INFOSTAT.

## Factores utilizados.

### Concentraciones utilizadas del extracto liofilizado de arilo de tomate de árbol mora.

- 0% (Control)
- 0% con película sin IA
- 1%. De IA
- 2% De IA
- 3% De IA

## Tratamientos.

- T1: 0% del extracto liofilizado del arilo de tomate de árbol mora.
- T2: 1% del extracto liofilizado del arilo de tomate de árbol mora.
- T3: 2% del extracto liofilizado del arilo de tomate de árbol mora.
- T4: 3% del extracto liofilizado del arilo de tomate de árbol mora.

## Tipo de producto.

Fresas mínimamente procesadas.



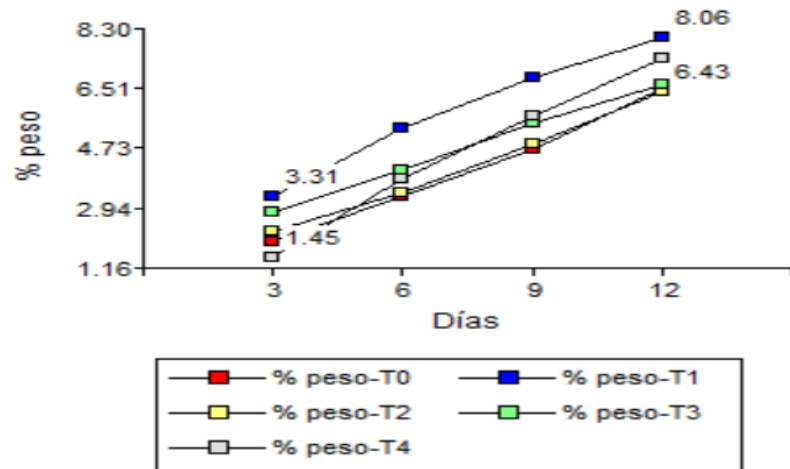


# RESULTADOS

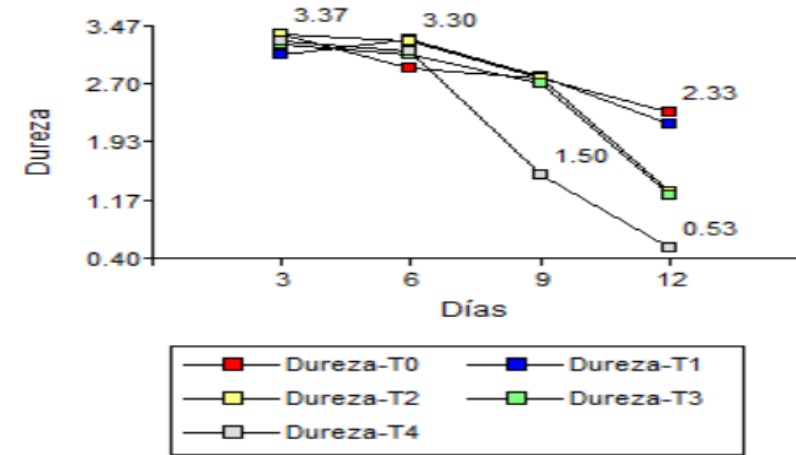
Parámetro	Resultado	Unidad
Betacaroteno	0.29	mg/100g
Vitamina C	4.29	mg/100g
Vitamina E	0.00	mg/100g

Nota: Cantidad de antioxidantes reportados en el laboratorio Multianálityca S.A., de la muestra de extracto utilizado en la tesis.

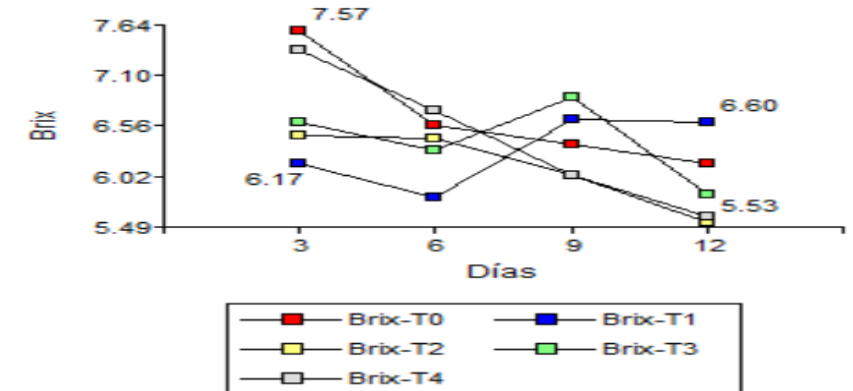
Tabla de autoría.



Nota: Gráfico de puntos en relación a los días de evaluación de la variable % de peso perdido



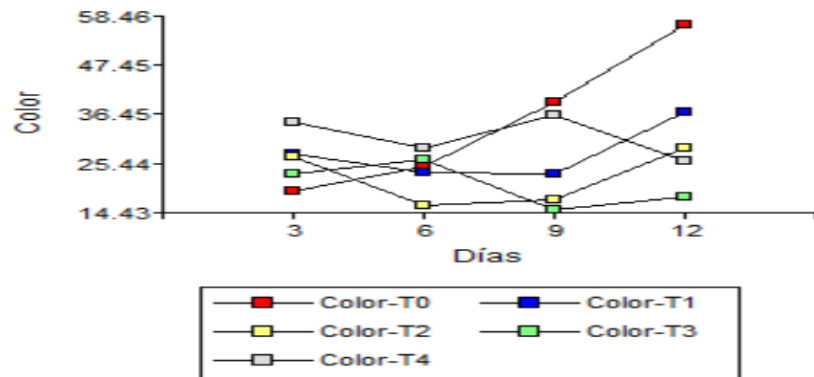
Nota: Gráfico de puntos en relación a los días de evaluación de la variable dureza.



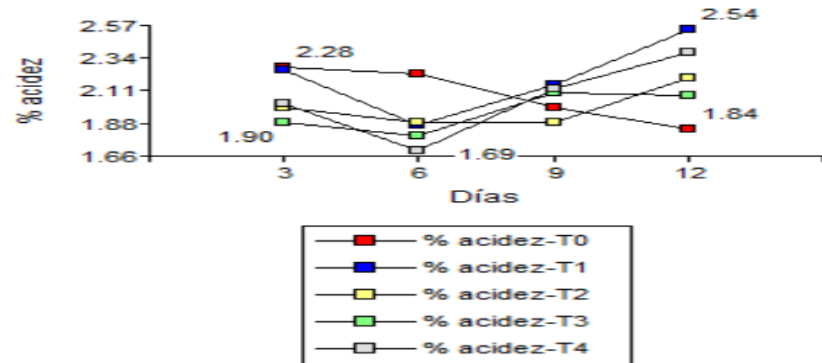
Nota: Gráfico de puntos en relación a los días de evaluación de la variable ° Brix.



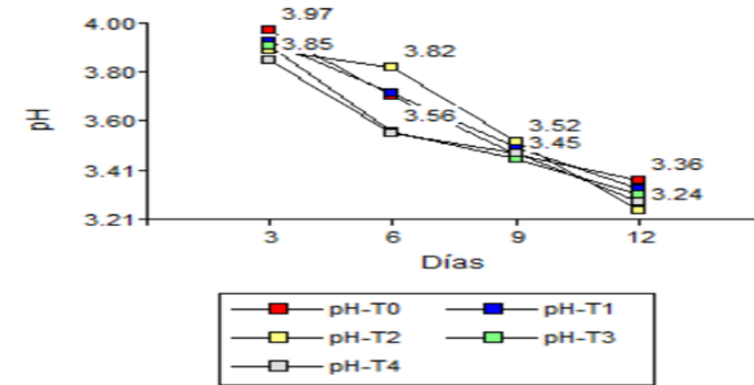
# RESULTADOS



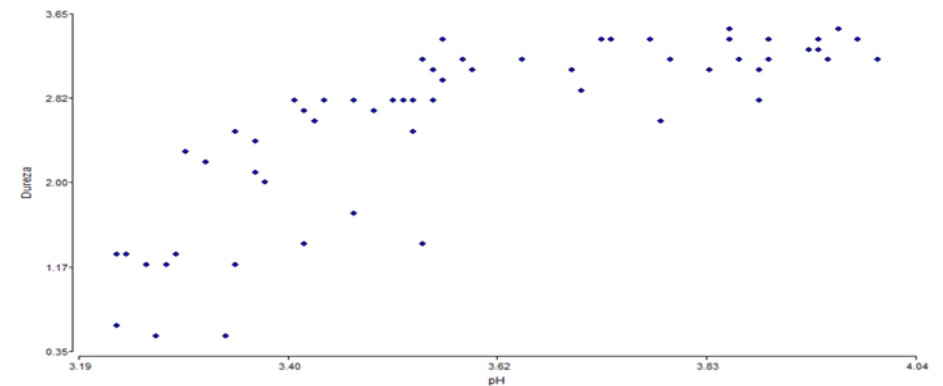
Nota: Gráfico de puntos en relación a los días de evaluación de la variable distancia de color  $\Delta E$ .



Nota: Gráfico de puntos en relación a los días de evaluación de la variable % de acidez.



Nota: Gráfico de puntos en relación a los días de evaluación de la variable pH.



Nota: Diagrama de dispersión para la correlación entre el pH y la dureza de la fresa, la misma presentó el valor más alto. Tabla de autoría.

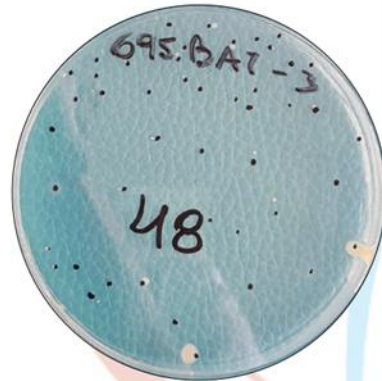


# INTRODUCCIÓN

## Fresas sin ingrediente activo



3M Placas Petrifilm para el  
Recuento de Mohos y Levaduras



Agar Plate Count (PCA)  
Recuento en Placa -Aerobios totales

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD
RECuento DE AEROBIOS MESÓFILOS TOTALES	$4.8 \times 10^4$	UFC/g
RECuento DE MOHOS	$3.0 \times 10^3$	UFC/g
RECuento DE LEVADURAS	$1.7 \times 10^5$	UFC/g

## Fresas con ingrediente activo



3M Placas Petrifilm para el  
Recuento de Mohos y Levaduras



Agar Plate Count (PCA)  
Recuento en Placa -Aerobios totales

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD
RECuento DE AEROBIOS MESÓFILOS TOTALES	$4.1 \times 10^4$	UFC/g
RECuento DE MOHOS	$1.0 \times 10^3$	UFC/g
RECuento DE LEVADURAS	$1.5 \times 10^5$	UFC/g

Nota: La cantidad de microorganismos presentes depende de su grado

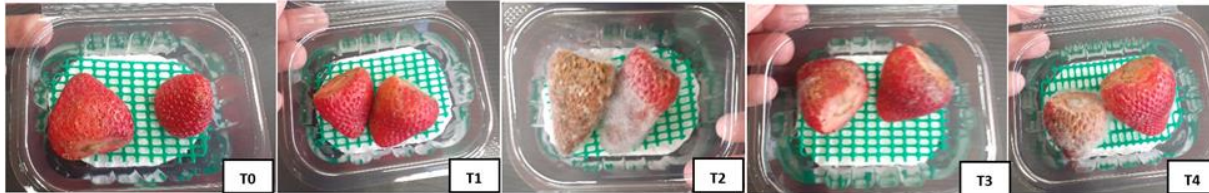
de incidencia en la fruta. Tabla de autoría.



# RESULTADOS

		T0	T1	T2	T3	T4
<b>C=Co-k(t); n=0</b>	Co	99.893	99.701	99.225	99.4	100.15
	B=K	0.5229	-0.5131	-0.6412	-0.5298	-0.6294
	R	0.9954	0.9889	0.9575	0.9646	0.9949
<b>C=Co*e^(kt); n=1</b>	Co	99.919	99.722	99.243	99.414	100.19
	B=K	-0.005	-0.005	-0.007	-0.005	-0.007
	R	0.9955	0.99	0.962	0.9677	0.9947

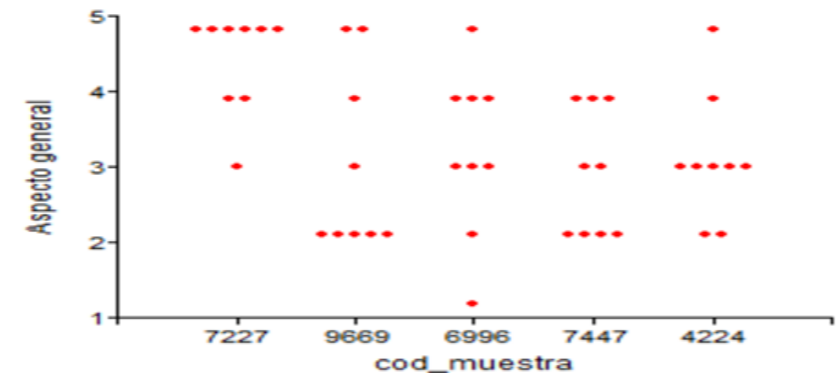
Nota: Cálculo de valores representados en la ecuación lineal (n=0) y exponencial (n=1), utilizando una temperatura constante (7 °C).



Nota: La presencia de microorganismos se relaciona con los resultados de la tabla 46, donde es evidente el crecimiento microbiano en los tratamientos T2 y T4 al día 12 de evaluación

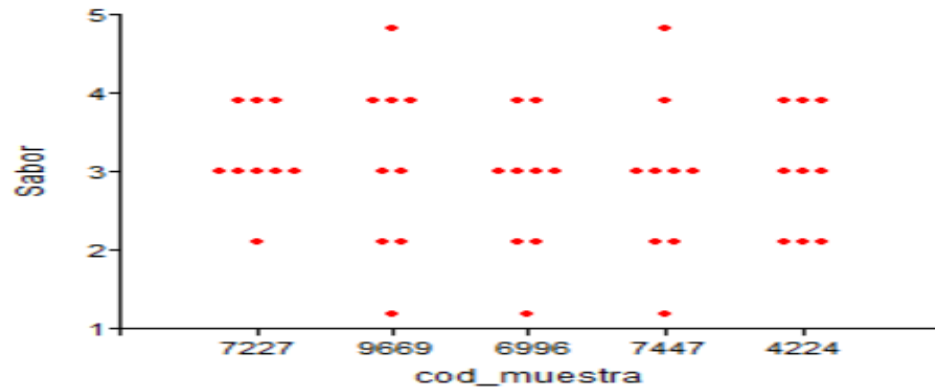
	T0	T1	T2	T3	T4
<b>Vida útil (días)</b>	12.21	11.82	7.75	11.20	9.11

Nota: Representación de la vida útil (días) de la fresa en los tratamientos evaluados a 7°C. Tabla de autoría.

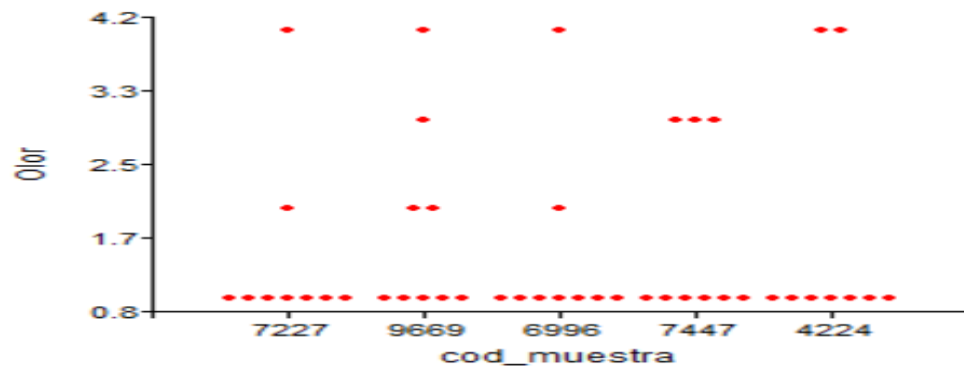


Nota: Cada punto rojo representado en el gráfico indica un voto por tratamiento analizado, los mismos van acorde al código asignado.

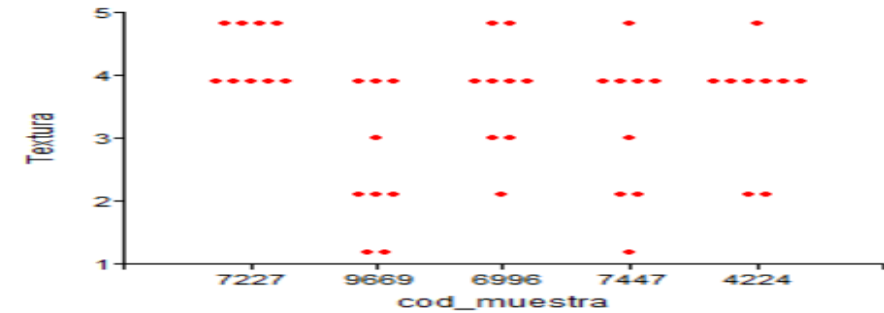
# RESULTADOS



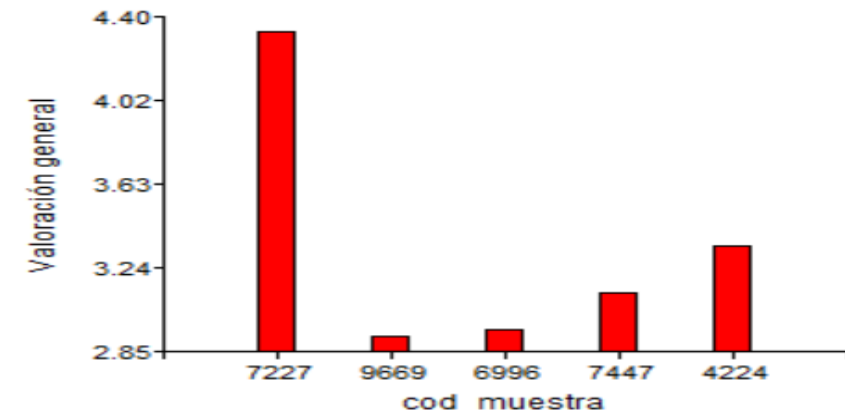
Nota: Cada punto rojo representado en el gráfico indica un voto por tratamiento analizado, los mismos van acorde al código asignado.



Nota: Cada punto rojo representado en el gráfico indica un voto por tratamiento analizado, los mismos van acorde al código asignado.



Nota: Cada punto rojo representado en el gráfico indica un voto por tratamiento analizado, los mismos van acorde al código asignado.



Nota: Cada línea roja representa la valoración media de cada tratamiento.



# DISCUSIÓN

Con respecto al método de extracción de arilo de semillas de tomate de árbol mora, este presentó una cantidad importante de vitamina C (9.09 mg/100g), aunque la pulpa de tomate mora presentada por Buono et al. (2018), contiene 28 mg/100g de Vitamina C, lo que da a entender que la mayor parte de Vitamina C se encuentra en el mesocarpio de la fruta. Por otro lado, en una investigación realizada por Muñoz. (2017) y mencionado por (Duchitanga, 2018), afirma que la cantidad de Vitamina C se encuentra en un valor  $11.59 \pm 0.26$  mg, lo que el valor de ácido ascórbico en el arilo de tomate mora se encuentra por debajo de los valores mencionados.

Para García et al. (2017), el valor de acidez en las fresas previamente tratadas para mejorar la calidad del fruto fluctúa en una cantidad de ácido cítrico de 0.73-0.89 %, al realizar el cálculo del a acidez mediante la fórmula establecida se observa que esta se encuentra en rango de 1.7-2.45%, lo que es un valor muy alto para la variedad que estamos utilizando.

Trejo et al. (2007), evaluó un recubrimiento en fresas a 5 °C durante 10 días, donde la pérdida de peso se vio reflejada en el testigo (13%), mientras que los demás tratamientos registraron una pérdida máxima de 6% con relación al peso inicial; es notoria la pérdida de agua en el testigo. A su vez, al aplicar el arilo de tomate de árbol mora, la pérdida de peso de peso al día 12 a una temperatura de 7°C, presenta un mayor valor en el T4 (3% de liofilizado de tomate de árbol mora) que corresponde a 7.52%, mientras que el que menos peso perdió en el mismo día de evaluación fue el T3 con un valor de 6.57%, la pérdida de peso no fue tan notoria debido al estado de madurez de la fresa que se utilizó en estado 4.

El pH encontrado en las fresas del análisis experimental en los primeros días de análisis se encontró en un rango de 3.86-3.94, al pasar el tiempo a los 12 días presentó un pH de 3.22-3.34, en cambio García & Pinzón en (2016), evalúan sus fresas que tiene un recubrimiento comestible a base de plátano y los datos presentados en señalan que inician con un pH de 3.5 y a los 10 días, este baja hasta 3.3 en la mayoría de sus tratamientos, por lo que el pH de la fresa se regula entre el día 10 y 12 de la aplicación del recubrimiento (sea este de plátano o de arilo de tomate de árbol mora).



# DISCUSIÓN

También García & Pinzón en (2016), realizaron el análisis de color y firmeza en fresas hasta los 10 días, dando  $\Delta E$  subió hasta alrededor de 20 puntos mientras que la firmeza empezó en 0.835 Kg/cm<sup>2</sup> y decayó hasta bajo del 0.450 kg/cm<sup>2</sup>. En el presente estudio, la distancia de color  $\Delta E$  en las fresas con el recubrimiento a base del liofilizado de tomate de árbol mora presentó un aumento de 49.11 en el testigo, dando a saber que el proceso de cambio de color fue acelerado. En la firmeza se encontró con frutillas en grado 4 de maduración, donde la parte evaluada se encontraba aún verde y presentó valores de 3.46 kg/cm<sup>2</sup> hasta llegar a valores inferiores a 2.1 kg/cm<sup>2</sup> a partir del día 12, cuando ya se observa presencia de microorganismos.

Medina en (2006), señala que, para establecer una correlación en fresas de exportación, se realizan análisis de % de acidez y se evalúan junto a pH, apariencia, color, olor y sabor. La correlación de % acidez vs. pH y Color ( $\Delta E$ ) vs % de acidez presentaron valores negativos de -0.742 y -0.383 respectivamente. Al analizar las correlaciones en el estudio realizado con los recubrimientos, se establece una correlación negativa para el % acidez vs. pH con un valor de -0.1889, pero, se presenta una correlación positiva en las variables Color ( $\Delta E$ ) vs % de acidez con 0.7409, esto representa que presentan una línea de tendencia alta y están íntimamente relacionadas.

La vida útil de las fresas es muy variada. Beltrán en (2010), señala que al aplicar rayos UVc en fresas por 7.5 minutos y luego almacenarla a 5 °C, presenta un incremento de vida útil que va de 8 a 10 días. A su vez, Falconí en (2016), señala que el tiempo de vida útil al utilizar recubrimientos comestibles de cera de abeja, gelatina y pectina, a 24 °C de secado del recubrimiento y 5 °C de almacenamiento, logran establecer 5 días de vida útil en las fresas. El estudio realizado con la utilización de arilo liofilizado de semillas de tomate de árbol mora se presenta una vida útil que va desde 7.75 en el T2 días a 11.20 días en el T3, en la que se utilizó 47 °C para el secado por 40 minutos y 7 °C de almacenamiento, sin embargo, el tratamiento control presentó 12.21 días de vida útil, siendo el que presentó mayor duración.



# CONCLUSIONES

- Los compuestos antioxidantes y colorantes extraídos con la técnica de liofilización del arilo de tomate de árbol mora son: betacaroteno con 3.42 mg/100 g de liofilizado y Vitamina C con 50.4 mg/100 g de liofilizado. Teniendo el liofilizado a la mano, el mismo fue añadido en varios niveles de adición en los tratamientos T2 (1%), T3 (2%) y T4 (3%).
- Las características fisicoquímicas (pérdida de peso, Brix, dureza, pH, color y acidez titulable) se analizaron bajo condiciones de refrigeración a 7 °C. Para analizar el menor porcentaje de pérdida de peso, el T3 presentó el menor valor de pérdida al día 12 con un valor de 6.67%, en cambio para el porcentaje de azúcar contenida en la fruta el T0 presentó la mayor cantidad de azúcar con un 6.68% de su contenido, a su vez también presenta la mayor dureza y acidez al analizar los 12 días de ensayo, el mismo que se obtiene 2.1 kgf/cm<sup>2</sup> y 1.82% respectivamente. En lo que respecta a la variable pH, todos los tratamientos tuvieron un pH idóneo al analizar los 12 días de evaluaciones. El T4 presenta la menor diferencia de color a los 12 días con un valor de 21.97.
- El 66.67% de los evaluadores afirman que, el T4 presenta una textura suave al momento de degustar la fresa, el mismo presenta un olor fragante o floral. El T0 posee la mejor aceptación a nivel general (66.67%), en la que predomina un olor fragante o floral (77.77%) junto a un sabor dulce (55.56%) de gran agrado para los evaluadores sensoriales y en sí, fue el que obtuvo la mejor calificación (4.33/5), dando a conocer que fue el mejor tratamiento.





# CONCLUSIONES

- El efecto sinérgico encontrado en el empleo de recubrimientos comestibles a base de liofilizado del extracto del arilo de semillas de tomate de árbol mora en fresas mínimamente procesadas no fue el ideal visualmente, debido a que los tratamientos presentan microorganismos (bacterias, hongos y levaduras); a su vez, si analizamos los resultados del laboratorio, las fresas con liofilizado en su recubrimiento presentaron menor cantidad de UFC en su recuento en comparación a las fresas con recubrimiento sin ingrediente activo. Al realizar un análisis de correlación de Pearson, se estableció una correlación positiva en las variables Color ( $\Delta E$ ) vs ° Brix con un valor de 0.6224, % de acidez vs ° Brix con 0.6731, Color ( $\Delta E$ ) vs % de acidez con 0.7409 y Dureza vs pH con 0.7786, este último presenta la correlación más directamente.
- La vida útil de la fresa mínimamente procesada mejoró considerablemente a comparación de otros recubrimientos. Al utilizar recubrimientos a base del liofilizado del arilo de semillas de tomate de árbol mora al 1%, el tiempo de vida útil se prolongó hasta 11.20 días a una temperatura de 7 °C en el T3. Sin embargo, los T0 y T1 mejoraron el tiempo de vida útil en 1.01 y 0.62 días respectivamente, lo que la presencia del liofilizado reduce el tiempo de vida en comparación de los tratamientos que no poseen el liofilizado.



# RECOMENDACIONES

- Para próximas investigaciones es necesario manejar las temperaturas de mantenimiento de las frutas y verduras (de 3 a 6 °C), así se garantiza la vida útil del producto para su posterior consumo.
- Realizar un análisis bromatológico del arilo de tomate de árbol mora, en el cual se ponga a consideración el análisis de las características químicas y nutricionales, a su vez realizar un análisis microbiológico del liofilizado debido a que el mismo puede estar contaminado y puede ser foco de crecimiento microbiano.
- Realizar recubrimientos comestibles mediante la utilización de liofilizados vegetales que tengan en su composición ingredientes con propiedades antimicrobianas y antibacterianas.
- Elaborar ensayos previos con varios tipos de almidón (en especial de raíces y tubérculos), debido a que estos pueden diferir en la estructura y eficacia del recubrimiento al momento de ser aplicado en frutas y vegetales mínimamente procesados.



*¡Gracias!*



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