



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Evaluación del 1-MCP (Ethyl fresh) en el proceso de maduración comercial de Uvilla (*Physalis peruviana*) a diferentes tiempos de exposición

Juiña Sarango, José Salomón

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

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

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro Mgtr.

30 de agosto del 2023



La uvilla también conocida como uchuva, es una fruta nativa de la región, que no siempre fue considerada para ser producida a gran escala, pero desde hace aproximadamente una década su producción comenzó a tomar fuerza.

La uvilla es un fruto altamente perecible debido a un impresionante incremento metabólico de la síntesis de etileno y su alta tasa de respiración.

El arbusto *P. peruviana* puede crecer hasta los 1,8 m, presenta un fruto de forma ovoide, con un diámetro entre 1,25 y 2,50 cm, un peso de 4 y 10 g.



El proceso de post cosecha busca disminuir pérdidas económicas cercanas al 45% en los países en vías de desarrollo.

Ecuador mostró exportaciones de *P. peruviana* que reflejan un crecimiento del 1.29 % a partir del año 2002 y un incremento en ventas en 2010 hasta 334.4 mil dólares según ([Pro-Ecuador, 2010](#)).

Al ser *P. peruviana* una fruta climatérica es muy perecedera, debido además a su tamaño lo cual representa un tiempo de vida útil relativamente corto, por lo tanto se producen cuantiosas pérdidas postcosecha.

Es necesario evaluar el uso de tecnologías que reduzcan la tasa de respiración y la producción de etileno, mantener la firmeza y retrasar el decaimiento producido por microorganismos.

Estudios demuestran la efectividad de 1-MCP para mantener la firmeza, retrasar la maduración y pérdida de color, producir disminución en la astringencia, disminuir los niveles de abscisión de hojas y frutos cítricos, reducir el decaimiento y **disminuir la producción de etileno**

Objetivo General: Evaluación del 1-MCP (Ethyl fresh) en el proceso de maduración comercial de Uvilla (*Physalis peruviana*) a diferentes tiempos de exposición.

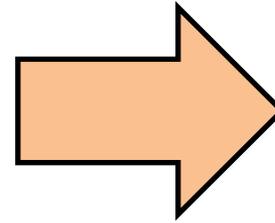
Objetivos Específicos:

- Evaluación de tres cantidades de Ethyl fresh 0,1% 1-MCP con 21, 10, 5 cm² en Uvilla, con grado de madurez 4 de color, expuestas por 3 y 7 días, sobre su vida útil a temperatura ambiente.
- Cálculo del tiempo de vida útil de los diferentes tratamientos, más un testigo, con base a los cambios de color de la piel (Cie-Lab), % pérdida de peso, °Brix, Acidez Total y Textura durante 21 días.
- Establecer las cinéticas de cambio de las variables físicas y químicas de los diferentes tratamientos almacenados.
- Evaluar el perfil sensorial y aceptabilidad de los diferentes tratamientos a los 9 días de almacenamiento.

Marco referencial

La uvilla (*Physalis peruviana* L.), crece como planta silvestre en las zonas tropicales y templadas de América del Sur, su centro de origen y diversificación se ubica en los Andes de América del Sur.

El 2019 se realizó la **primera exportación Ecuatoriana** de uvilla fresca hacia los Estados Unidos.



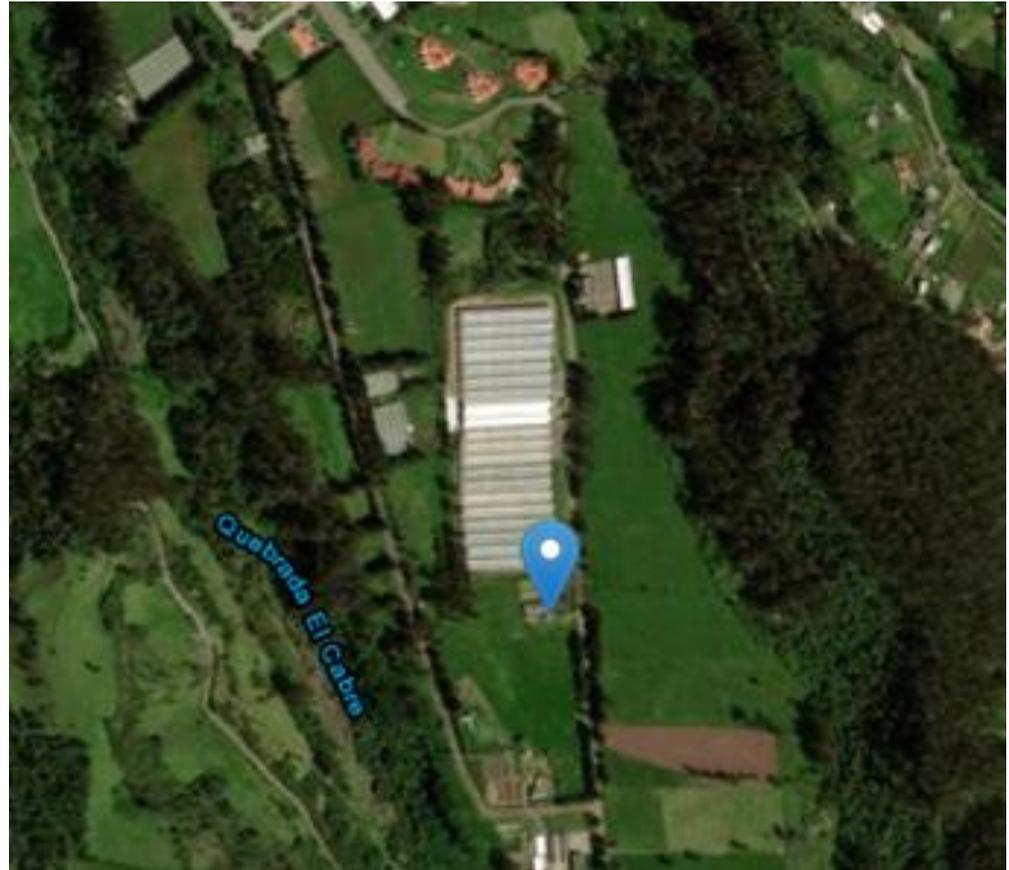
El 1-MCP afecta la biosíntesis, señalización y los procesos que dependen de etileno durante la maduración.

Ubicación del
área de
investigación



Temperatura promedio
de 16 °C, y aislado de
la luz Villarreal,

Condiciones
ambientales
del laboratorio



Materiales

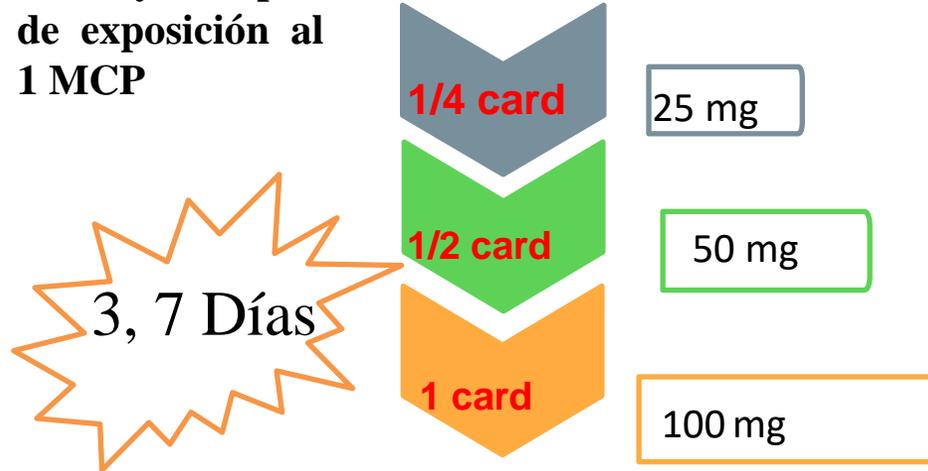
Equipos:

Balanza analítica, pH-metro, Brixómetro, Penetrómetro, Envases de polietileno, Papel de absorbente

Materia prima:

Uvilla orgánica (*Physalis peruviana*) cosechada en San José de Minas Pichincha, Ecuador.
Los frutos recién cosechados con grados de madurez 4 y 5.

Dosis y tiempos de exposición al 1 MCP



+ 1 Testigo

Ethyl
fresh

**Siempre
Fresco**

BENEFICIOS

Evita el desprendimiento de hojas y flores por efecto del etileno, manteniendo el follaje con su verdor natural.

Alarga la vida en percha de frutas y vegetales.

Incrementa los días florero en flor de corte.

Se usa en toda la cadena de postcosecha como cuartos fríos, percha, transporte.

Es ambientalmente ecológico siendo **NO TOXICO** para humanos ni animales.

INHIBIDOR DE ETILENO 1 MCP 0,1%



Nombre del ingrediente activo	Número CAS	Porcentaje (%)
1-methylcyclopropeno	3100-04-7	0.1%



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseño Experimental

T2D3	T1D1	T2D2	Testigo	T1D2	T2D1	T1D3
T1D3	Testigo	T1D1	T2D3	T1D3	T2D1	Testigo
T1D2	T2D3	T2D1	T1D2	T1D1	T2D2	T2D2

Tratamientos

- T1D1: Tiempo 1, Dosis1
- T1D2: Tiempo1, Dosis 2
- T1D3: Tiempo1, Dosis 3
- T2D1: Tiempo2, Dosis 1
- T2D2: Tiempo2, Dosis 2
- T2D3: Tiempo2, Dosis 3
- Testigo



Diseño experimental

EP: Diseño Completamente al Azar (DCA)

ET: Bifactorial 2*3 + 1 testigo con 3 repeticiones

$$Y_{ijk} = \mu + Ti + Dj + TDij + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = Variable de respuesta.
- μ = Promedio global para todos los tratamientos.
- T_i = Efectos del i -ésimo nivel del factor Tiempo.
- D_j = Efectos del j -ésimo nivel del factor Dosis.
- TD_{ij} = Efecto de la interacción de los factores tiempo y dosis sobre la variable de respuesta.
- ε_{ij} = Error Experimental

Variables a evaluar

°Brix

% Pérdida de peso

Textura

Color

Vida útil

Acidez Total

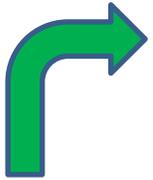
pH

Índice de madurez



Acidez titulable

pH



Textura



Dureza de la uvilla (Kg/F)

Tabla. 1: Tabla de comparación de medias

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0303 gl: 161

tratamientos	Medias	n	E.E.	A	B	C	D
TESTIGO	0,63	24	0,04	A			
T1D2	0,69	24	0,04	A	B		
T1D3	0,73	24	0,04	A	B	C	
T1D1	0,76	24	0,04		B	C	D
T2D1	0,82	24	0,04			C	D
T2D3	0,83	24	0,04			C	D
T2D2	0,85	24	0,04				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fig. 2: Grafica de los promedios y EE

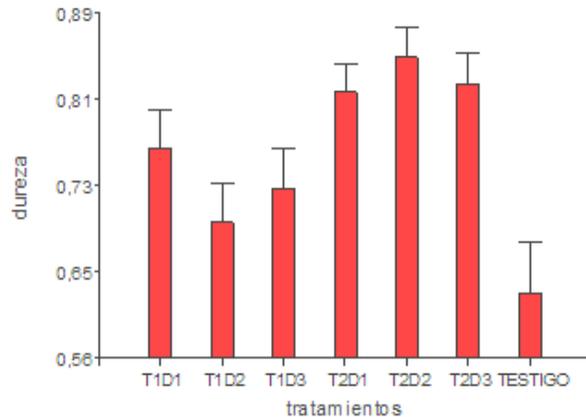
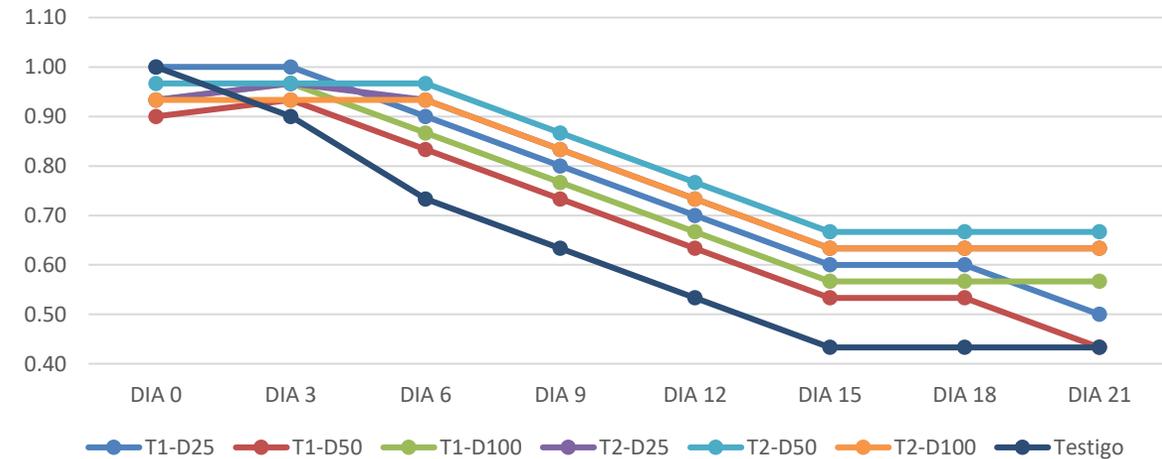


Fig 1: Gráfica de la dureza:

Dureza promedio vs Tiempo



Lanchero, y otros, (2007), en su estudio con 1-MCP mencionan que la pérdida de firmeza en los frutos de uvillas tratados tuvo menor variación con respecto al testigo y obtuvo valores de firmeza en evaluaciones de dos semanas, lo cual es similar en la presente investigación. Además, que la pérdida de firmeza está vinculada directamente con la pérdida de agua y es por ello que los tratamientos actuaron para evitar la rapidez de la salida de agua y por ende de firmeza. De igual manera Castro y Blair (2010), reportan un decrecimiento en la textura los frutos tratados presentan mejores y mayores valores que los frutos control

Sólidos solubles (° Brix)

Tabla. 2: Comparación de medias de los °Brix

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,49638

Error: 0,7582 gl: 161

tratamientos	Mediasn	E.E.			
T2D3	11,33 24	0,18	A		
T1D3	11,54 24	0,18	A		
T2D2	11,54 24	0,18	A		
T2D1	11,75 24	0,18	A	B	
T1D1	12,04 24	0,18		B	C
T1D2	12,14 24	0,18		B	C
TESTIGO	12,42 24	0,18			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($\alpha > 0.05$)

Fig. 4: Grafica de los promedios y EE de los °Brix

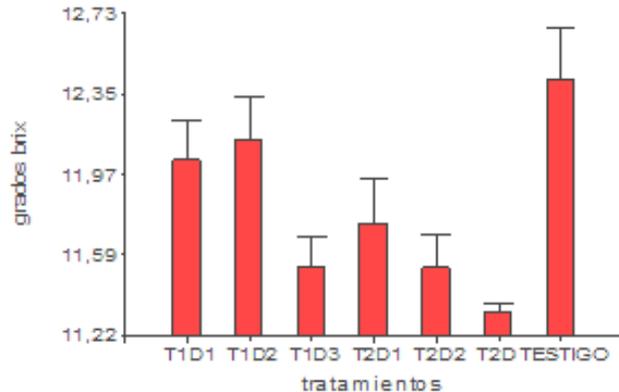
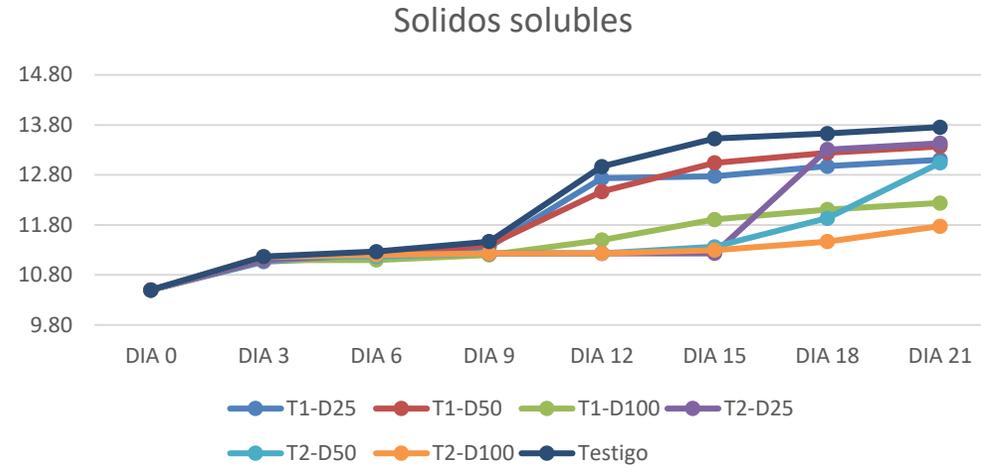


Fig 3: Gráfica de los °Brix :



(Herrera Villarroel, 2014) En su estudio menciona que en el caso de las uvillas verdes, el contenido de sólidos solubles fue de 6 °Brix para uvillas y de 8 °Brix en las uvillas previas a la cosecha y en las uvillas pintonas estos valores fueron de 9 y 11 °Brix, respectivamente. Para las uvillas maduras el contenido de sólidos se incrementó en aproximadamente a 13 °Brix con MCP1 y 14 °Brix sin MCP, lo que evidencia un mayor desarrollo y más rápida maduración de la fruta cuando está sin exposición al 1MCP.

pH

Tabla. 3: Cuadro de comparación de medias del pH

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,11080

Error: 0,0378 gl: 161

tratamientos	Mediasn	E.E.			
TESTIGO	3,89	0,04	A		
T1D3	3,94	0,04	A	B	
T1D2	4,03	0,04		B	C
T2D1	4,03	0,04		B	C
T2D2	4,06	0,04			C
T1D1	4,08	0,04			C
T2D3	4,08	0,04			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fig. 6: Grafica de los datos promedio y EE del pH

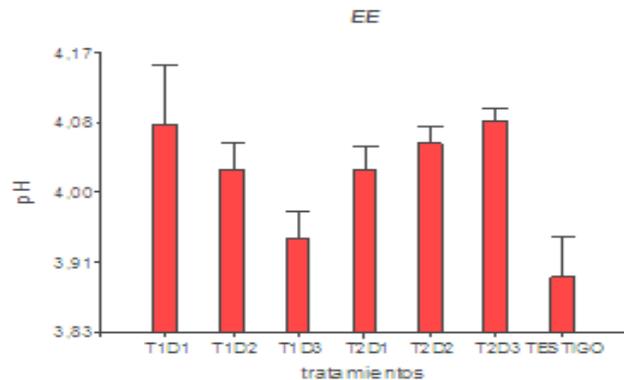
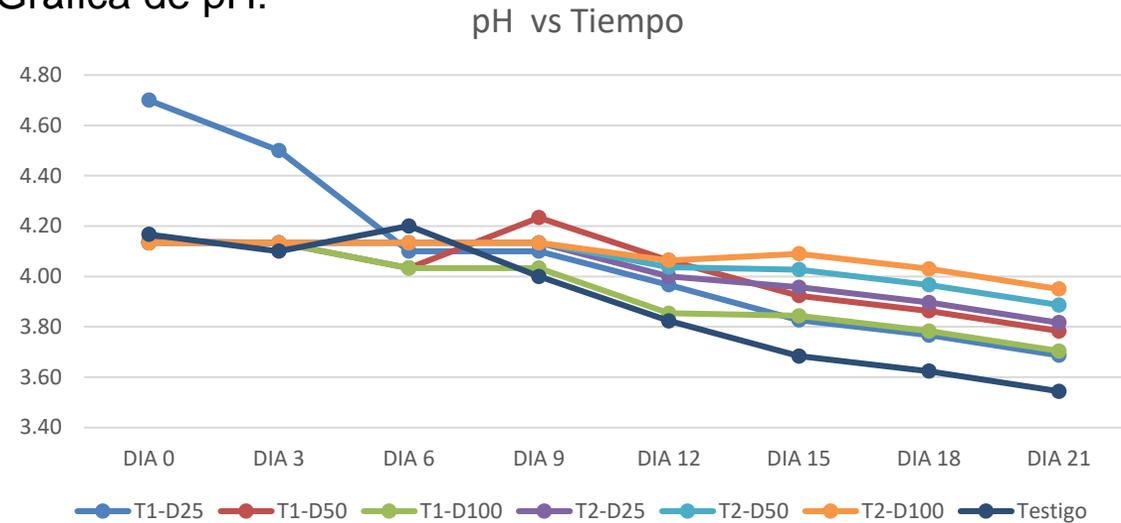


Fig 5: Gráfica de pH:



Novoa & Bojacá, (2006) en su estudio registraron un incremento en el valor del pH a partir del día 16 de almacenamiento y su posterior reducción. Estos datos últimos difieren en pocos días con nuestro ensayo esto podría deberse a la temperatura de 12 °C con la que trabaja el investigador, difiriendo del presente estudio donde se mantuvo una temperatura constante 16 °C, siendo el descenso del pH en nuestro ensayo a partir de la segunda semana debido a la acción más temprana por efecto de la temperatura con 4°C más alta.

Pérdida de peso

Tabla. 4: Tabla de comparación de medias del % de pérdida de peso

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,18493
Error: 0,1052 gl: 161

tratamientos	Mediasn	E.E.			
T2-D100	0,25	24	0,07	A	
T2-D50	0,28	24	0,07	A	
T1-D100	0,32	24	0,07	A	B
T1-D50	0,50	24	0,07		B
T2-D25	0,73	24	0,07		C
T1-D25	0,80	24	0,07		C
Testigo	1,05	24	0,07		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fig. 8 : Grafica de los datos promedio y EE

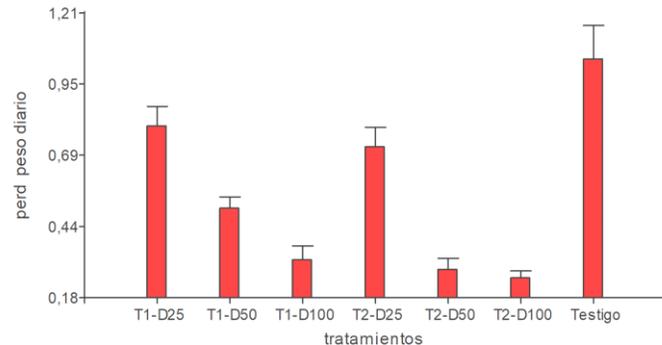
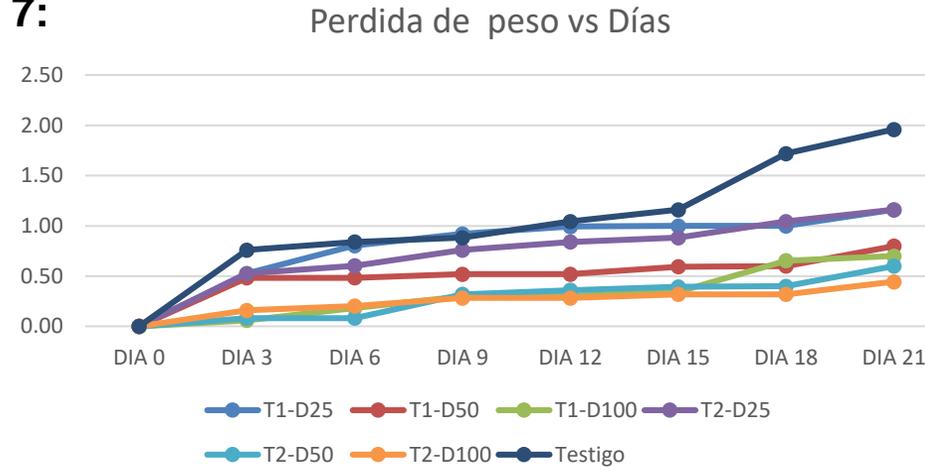


Fig 7:



Watkins, (2006) menciona que no se observa un efecto significativo en la reducción de pérdida de peso al utilizar 1-MCP, debido a que el 1-MCP interactúa con los receptores del etileno y bloquea las respuestas dependientes de etileno que ocurren durante la maduración. Siendo así, la transpiración no es un proceso regulado por el etileno, sino que es un proceso de transferencia de vapor de agua desde el fruto hacia la atmósfera, por consiguiente, no favorece a tener rentabilidad en cuanto a la pérdida de peso.

Acidez

Tabla. 5: Comparación de medias

Test LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=0,19520
Error: 0,0212 gl: 49

Tiempo. Dosis	Medias	n	E.E.	
Testigo	2,21	24	0,05	A
T1.D25	2,23	24	0,05	A
T1.D100	2,24	24	0,05	A B
T1.D50	2,26	24	0,05	B
T2.D25	2,33	24	0,05	B C
T2.D100	2,34	24	0,05	C
T2.D50	2,36	24	0,05	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,01$)

Fig. 10: Medias & desviación estándar

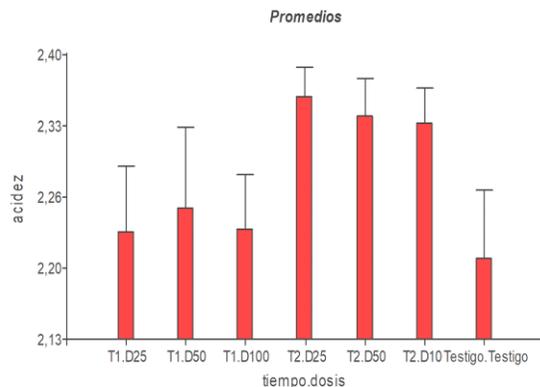
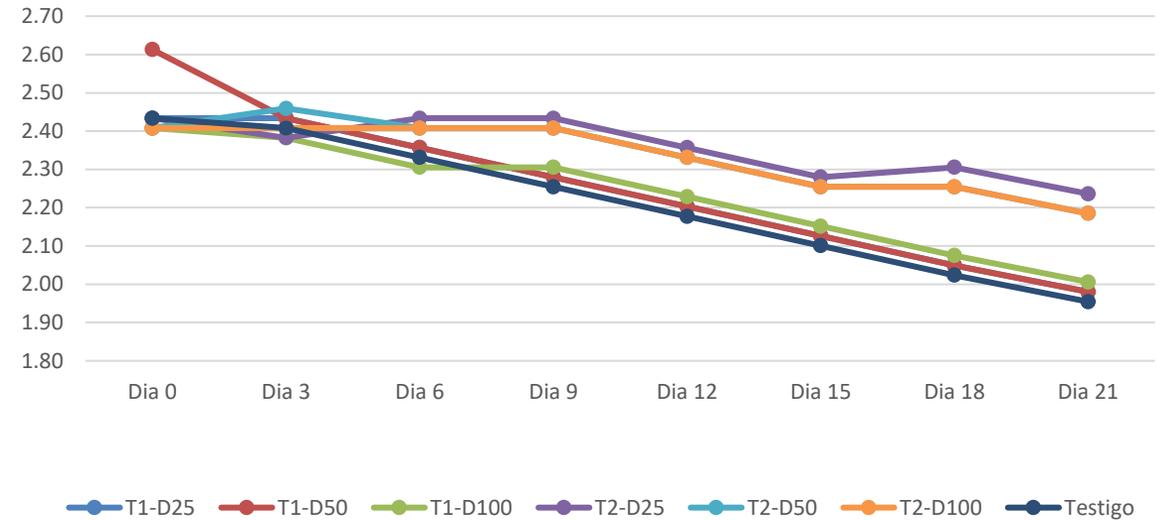


Fig 9:

Acidez vs tiempo



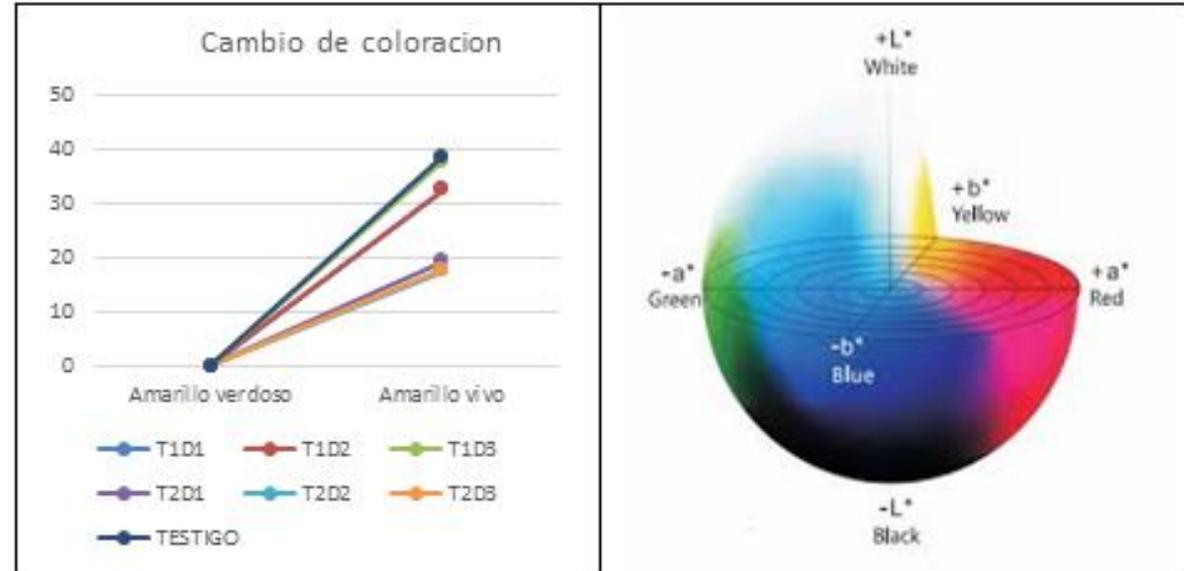
Los ácidos en el fruto son utilizados como substrato de respiración, ya que al igual que los carbohidratos, son fuentes de carbono e hidrógeno, Andrimba (2022). En la uvilla, la mayor proporción de los ácidos la constituye el ácido cítrico, cuando se ha alcanzado el máximo de acumulación del almidón se presenta una disminución del contenido de los ácidos por tal motivo se considera que la acidez titulable decrece en cuanto los ácidos orgánicos se convierten en sustratos de la respiración, Fischer y Lüdders (1997).

Fig 11: Gráfica del desplazamiento de color

Color

Tabla 6: Desplazamiento de color

	Amarillo verdoso	Amarillo vivo
T1D1	0,4	32,50
T1D2	0,4	32,50
T1D3	0,4	37,55
T2D1	0,4	19,21
T2D2	0,4	17,55
T2D3	0,4	17,62
TESTIGO	0,4	38,68



En los casos en los que no esté al alcance, ni técnico ni económico, la compra de un colorímetro existen alternativas tecnológicas para la determinación del color de la corteza de los frutos cítricos utilizando como herramienta la aplicación Color Grab. Romero & Velásquez, (2020), mencionan que el parámetro del Delta E permite reflejar la evolución de los frutos cítricos en el intervalo de colores comprendido entre el verde oscuro y el naranja intenso, variando su valor entre - 40 (tonalidad verde) y +40 (tonalidad anaranjada) aproximadamente, tomando el valor 0,4 correspondiente a la tonalidad amarillo verdoso.

Índice de madurez

Según la Norma ICONTEC NTC 4580 el índice de madurez es la relación entre el valor mínimo de los sólidos solubles totales y el valor máximo de la acidez titulable, se expresa en °Brix / % ácido cítrico.

Tabla 7: Índice de madurez a los 21 días

	T1-D25	T1-D50	T1-D100	T2-D25	T2-D50	T2-D100	Testigo
Día 0	4,31	4,02	4,36	4,31	4,36	4,36	4,31
Día 3	4,55	4,56	4,66	4,66	4,54	4,64	4,64
Día 6	4,74	4,75	4,81	4,60	4,64	4,65	4,83
Día 9	4,99	5,00	4,86	4,61	4,66	4,66	5,09
Día 12	5,78	5,66	5,16	4,77	4,82	4,82	5,95
Día 15	6,01	6,13	5,53	4,93	5,04	5,01	6,44
Día 18	6,33	6,46	5,83	5,77	5,29	5,09	6,73
Día 21	6,62	6,75	6,10	6,01	5,97	5,39	7,04

Fig. 13: Gráfica del Índice de madurez a los 21 días

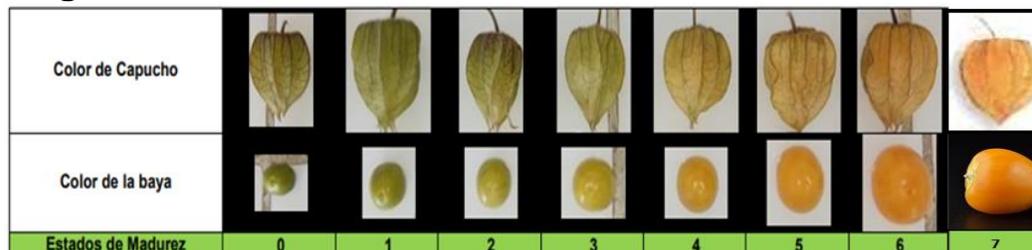
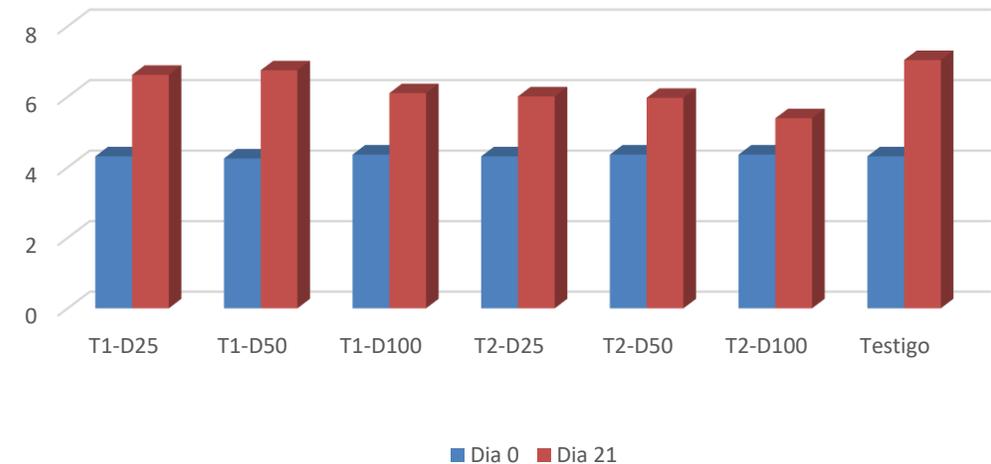


Fig 12: Gráfica del Índice de madurez a los 21 días



Romero & Velásquez, (2020), hacen mención que el índice de madurez es un indicador del sabor del zumo y del momento óptimo de recolección y que el Reglamento de Ejecución (UE) n° 543/2011 del Consejo en los sectores de las frutas y hortalizas frescas y transformadas establece un índice de madurez mínimo para su comercialización en función del grupo varietal. Valores muy elevados pueden ser indicativo de una sobremaduración del fruto y la pérdida de calidad organoléptica del zumo como consecuencia de la falta de acidez (zumos acuosos dulces)

Tiempo de vida útil

(Vinueza C. , 2015) menciona que la norma ecuatoriana INEN 2 485 (2008) indica que los frutos de uvilla deben poseer un valor mínimo de 10 °Brix y máximo de 14 °Brix para que se consideren idóneos para su comercialización. Aceptando el 14 % como límite de aceptación de porcentaje de sólidos solubles, se realizan los siguientes cálculos con la ecuación cinética para la vida útil, $\ln A = \ln A_0 \pm kt$ (Labuza, 1982).

Tabla. 8: Tabla del cálculo de vida útil en base a los grados Brix

°Brix	Ecuaciones	R2	Vida útil (t) días
T1D25	$\ln y = 0,0341*t + 2,36$	0,913	8,18
T1D50	$\ln y = 0,0371*t + 2,35$	0,949	7,79
T1D100	$\ln y = 0,0207*t + 2,36$	0,952	13,48
T2D25	$\ln y = 0,0314*t + 2,34$	0,733	9,52
T2D50	$\ln y = 0,0226*t + 2,36$	0,764	12,35
T2D100	$\ln y = 0,0114*t + 2,38$	0,755	22,72
Testigo	$\ln y = 0,0424*t + 2,36$	0,924	6,58

Se observan diferencias altamente significativas entre los tratamientos en cuanto a la vida útil mediante la ecuación de Labuza.

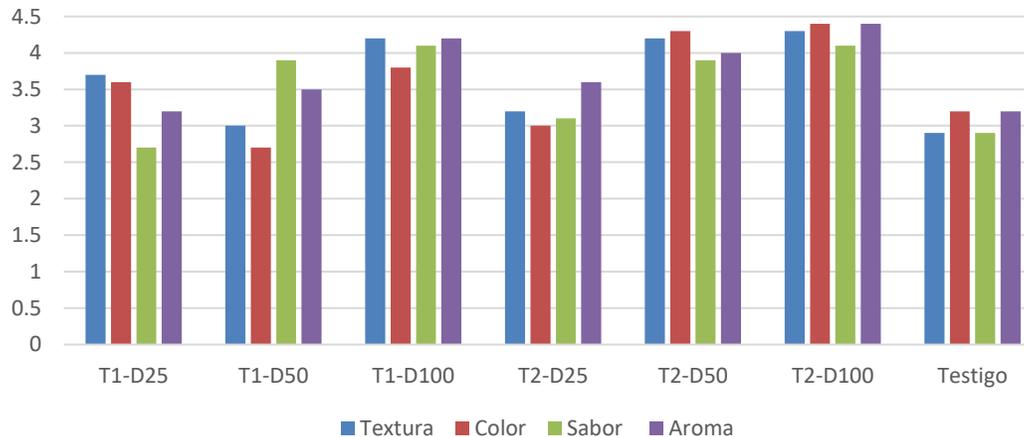
(Herrera Villarroel, 2014) En su estudio menciona que en el caso de las uvillas verdes, el contenido de sólidos solubles fue de 6 °Brix para uvillas y de 8 °Brix en las uvillas previas a la cosecha y en las uvillas pintonas estos valores fueron de 9 y 11 °Brix, respectivamente. Para las uvillas maduras el contenido de sólidos se incrementó en aproximadamente a 13 °Brix con MCP1 y 14 °Brix sin MCP, lo que evidencia un mayor desarrollo y más rápida maduración de la fruta cuando está sin exposición al 1MCP.

Evaluación sensorial

Tabla. 9: Índice de aceptabilidad (1 -5)

	T1-D25	T1-D50	T1-D100	T2-D25	T2-D50	T2-D100	Testigo
Textura	3,7	3	4,2	3,2	4,2	4,3	2,9
Color	3,6	2,7	3,8	3	4,3	4,4	3,2
Sabor	2,7	3,9	4,1	3,1	3,9	4,1	2,9
Aroma	3,2	3,5	4,2	3,6	4	4,4	3,2

Fig. 13: Gráfica del Evaluación sensorial



Se realizó un análisis sensorial a 10 personas donde se calificó el índice de aceptabilidad de la fruta a los 9 días después de haber iniciado el experimento, donde los tratamientos con las dosis mas altas ayudaron a mantener por mas tiempo las cualidades organolépticas de la fruta después de la cosecha. A diferencia del testigo que no preserva las calidades de la fruta por la tasa de respiración alta con respecto a los tratamientos.

CONCLUSIONES

- La aplicación de 1-MCP(Ethyl fresh) influyo considerablemente en el proceso de maduración de la uvilla en todas las variables analizadas, presentando diferencias altamente significativas en comparación a los tratamientos testigo sin la aplicación de 1-MCP(Ethyl fresh).
- La dosis de 100% y 50% de 1-MCP Ethyl fresh a 7 días de exposición en uvillas con grado de madurez 4 presento mayor tiempo de vida útil de la fruta a temperatura constante de 16 grados centígrados.
- Debido al tamaño de la fruta, revisando los antecedentes y resultados obtenidos en la fase experimental se determinó que la variable más representativa para estimar el tiempo de vida útil es el porcentaje de solidos solubles (°Brix) obteniendo resultados mas sólidos, de acuerdo a esto se concluye que el tratamiento con 100mg a un tiempo de exposición de 7 días presento mejor conservación de las características físicas y químicas de la uvilla extendiendo el tiempo de vida útil hasta 23 días promedio.

CONCLUSIONES

- Las variables de cambio de color, dureza, pH, pérdida de peso y grados Brix presentaron diferencias altamente significativas frente al testigo de acuerdo al análisis de la varianza de cada una de las variables, siendo en resumen los tratamientos con dosis de 50mg y 100mg y tiempo de exposición de 7 días los que permitieron un mayor tiempo de conservación de la fruta, inhibiendo la maduración de la uvilla de manera eficiente.
- Se realizó la evaluación del perfil sensorial y aceptabilidad de la fruta a los 9 días de almacenamiento de la fruta presentando una aceptabilidad y valoración media de 4,3 en **T2D100** y 4,1 en **T2D50** en un rango de 1 a 5 donde la puntuación 1 corresponde a una fruta totalmente arruinada y 5 corresponde a una fruta de características muy agradables en cuanto al sabor, color, textura y aroma.

Recomendaciones

- Se recomienda hacer realizar otro experimento con una estandarización ajustada del tiempo de exposición ajustada a los 7 días enfocándose en evaluar como variable principal el aumento de los porcentajes de azúcar (grados Brix) en la fruta por acción del etileno propio de las frutas climatéricas ya que es el principal indicador de la maduración en uvilla considerando el tamaño del fruto donde la pérdida de peso y la dureza no pueden ser tomados como variables por poseer valores muy cercanos a cero.
- Se recomienda emplear de 50 mg hasta 100 mg de 1-MCP (Ethyl fresh) por cada 250 g de uvilla a temperatura ambiente, considerando que la uvilla tiene una alta tasa de respiración por ende la producción de etileno es alta, una buena alternativa es dejar actuar al producto por más tiempo considerando es muy volátil y no afecta a las características organolépticas de la fruta de acuerdo a los resultados obtenidos.

Recomendaciones

- Se recomienda hacer énfasis en la desinfección del producto al ser altamente susceptible a hongos por lo que se debe considerar este tema como punto de partida fundamental y decisivo en el éxito o fracaso del experimento.
- Se recomienda utilizar luz UV para la desinfección de la fruta como complemento a la desinfección con hipoclorito de sodio de 50 ppm utilizada en esta investigación y si cabe la posibilidad es muy recomendable realizar un experimento donde se proceda a evaluar el efecto de extractos vegetales anti fúngicos para evitar el daño por hongos en la uvilla.

Nota: El establecimiento del experimento se realizó con fruta fresca sin capuchón obteniéndose resultados desfavorables debido a una contaminación total de la fruta con el moho gris (*Botritis cinérea*) a los 8 días de haber realizado el montaje del experimento, por lo que fue necesario volver a repetir el proceso optando por mantener la fruta con el capuchón lo cual reduce considerablemente la incidencia de patógenos especialmente hongos.

Anexos



2º Experimento

T1D3



T2D2



T2D3





Ing. Gabriel Larrea Mgtr.

Ing. Martha Vargas

Ing. Marcelo Arce

Ing. Paulina Bonilla



¡Mil Gracias!