



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria Agroalimentària
i de Biosistemes de Barcelona

**ESTUDIO DE LOS ADSORBENTES DE ETILENO Y SU EFECTO EN LA
CONSERVACIÓN DE FRUTAS DURANTE LA REFRIGERACIÓN
DOMÉSTICA**

Trabajo final de grado

Ingeniería Alimentaria

Autora: Núria Viña Montero

Tutor: Eduardo Hernández

Tutora: Isabel Achaerandio

14 / enero / 2024

Resum

Degut a la gran quantitat de malbaratament alimentari, s'estan buscant formes d'allargar la vida útil dels productes hortofructícoles a nivell de post collita. Per aconseguir això, és important focalitzar-nos en l'etilè, que és un gas que produeix efectes indesitjats en aparença, textura, i qualitat organolèptica de fruites i verdures. Per tal de pal·liar o reduir aquests efectes, a nivell industrial s'han utilitzat adsorbents o eliminadors d'etilè, i en els últims anys han començat a aparèixer opcions per tal que el consumidor final pugui utilitzar aquesta tecnologia a la seva llar.

L'objectiu d'aquest treball es comprovar l'eficàcia d'un adsorbent d'etilè basat en argiles naturals, comercialitzat per Naturpod[®] i pensat per al seu ús en nevera domèstica. Per tal d'avaluar-lo, es van estudiar paràmetres de qualitat en maduixes (fruita no climatèrica) i en tomàquets cherry (fruita climatèrica). Els paràmetres controlats comuns van ser: aspecte visual, pèrdua de pes, sòlids solubles totals, pH, i color. En maduixa, a més, es va analitzar la quantitat d'àcid ascòrbic i la fermesa.

Els resultats obtinguts indiquen que en les condicions i temps estudiats, les maduixes presenten una pèrdua de pes fins al 20 % a 8 dies, i que sense la presència d'adsorbent d'etilè, aquesta pèrdua és superior. En canvi, en els tomàquets cherry aquesta pèrdua no segueix el mateix comportament. Pel que fa a l'aparença, en les maduixes es van obtenir resultats rellevants, incrementant la vida útil d'aquestes de 2 a 7 dies depenent de la varietat i maduració inicial. En canvi, l'efecte de l'adsorbent en la vida útil del tomàquet cherry no va ser tan notori.

Palabras clave: Etilè, adsorbents, Naturpod[®], fruita, post collita

Resumen

Debido a la gran cantidad del desperdicio alimentario, se están buscando maneras de alargar la vida útil de los productos hortofrutícolas a nivel de postcosecha. Para conseguir esto, es importante focalizarnos en el etileno, que es un gas que produce efectos indeseados en apariencia, textura, y calidad organoléptica de frutas y verduras. Con tal de paliar o reducir estos efectos, a nivel industrial se han utilizado adsorbentes o eliminadores de etileno, y en los últimos años han empezado a aparecer opciones para que el consumidor final pueda utilizar esta tecnología en el hogar.

El objetivo de este trabajo es comprobar la eficacia de un adsorbente de etileno basado en arcillas naturales, elaborado por Naturpod[®] y pensado para su uso en nevera doméstica. Para evaluarlo, se estudiaron parámetros de calidad en fresas (fruta no climatérica) y en tomates cherry (fruta climatérica). Los parámetros comunes fueron; visual, pérdida de peso, sólidos solubles totales, pH, y color. En fresa, además, se analizó la cantidad de ascórbico y textura.

Los resultados obtenidos indican que en las condiciones y tiempo estudiados, las fresas presentan una pérdida de peso de hasta el 20 % en 8 días, y que sin la presencia de adsorbente de etileno esta pérdida es superior. En cambio, en los tomates cherry, esta pérdida no sigue el mismo comportamiento. En cuanto a la apariencia, en las fresas se obtuvieron resultados relevantes, incrementando la vida útil de éstas de 2 a 7 días dependiendo de la variedad y maduración inicial. En cambio, el efecto del adsorbente en la vida útil del tomate cherry no fue tan notorio.

Palabras clave: Etileno, adsorbentes, Naturpod[®], fruta, postcosecha

Abstract

Due to the large amount of food waste, they are looking for ways to extend the shelf life of fruit and vegetable products at the post-harvest level. To achieve this, it is important to focus on ethylene, which is a gas that produces unwanted effects on the appearance, texture, and organoleptic quality of fruits and vegetables. To alleviate or reduce these effects, ethylene adsorbents or eliminators have been used at an industrial level, and in recent years, options have begun to appear so that the end consumer can use this technology at home.

The objective of this work is to verify the effectiveness of an ethylene adsorbent based on natural clays, prepared by Naturpod[®] and designed for use in a domestic refrigerator. To evaluate it, quality parameters were studied in strawberries (non-climacteric fruit) and cherry tomatoes (climacteric fruit). The common parameters were: visual, weight loss, total soluble solids, pH, and color. In strawberries, the amount of ascorbic acid and texture were also analyzed.

The results obtained indicate that under the conditions and time studied, the strawberries show a weight loss of up to 20 % in 8 days and that without the presence of ethylene adsorbent, this loss is greater. On the other hand, in cherry tomatoes, this loss does not follow the same behavior. Regarding appearance, relevant results were obtained in the strawberries, increasing their useful life from 2 to 7 days depending on the variety and initial ripening. On the other hand, the effect of the adsorbent on the shelf life of the cherry tomato was not as effective.

Keywords: Ethylene, adsorbents, Naturpod[®], fruits, post-harvest

Sumario

ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	8
SÍMBOLOS Y ACRÓNIMOS	9
PREFACIO	10
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Producción de etileno en fruta	11
1.2. Efecto del etileno sobre frutas	12
1.3. Sistemas de eliminación de etileno	13
1.4. Eliminadores de etileno comerciales	16
2. OBJETIVOS	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Metodología Experimental	18
3.1.1. Fresa	20
3.1.2. Tomate cherry	21
3.2. Equipos y materiales	22
3.3. Parámetros analizados	22
3.4. Análisis Estadístico	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Fresas	25
4.2. Tomates cherry	36
5. DISCUSIÓN GENERAL	43
6. CONCLUSIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45

Índice de figuras

Figura 1 Metodología visual del experimento	18
Figura 2 Diagrama de flujo experimental	19
Figura 3 Fresas experimento 1 día 0	20
Figura 4 Fresas experimento 2 día 0	20
Figura 5 Tomates cherry día 0 del experimento	21
Figura 6 Variación de pérdida de peso en todas las muestras de fresa, experimento 1 a la izquierda y 2 a la derecha	25
Figura 7 Informe resumen regresión SST vs. Pérdida Peso de fresa, experimento 1 a la izquierda y 2 a la derecha	27
Figura 8 Fresas Control a lo largo del tiempo experimentos 1 a la izquierda y 2 a la derecha	29
Figura 9 Fresas Control y adsorbente Naturpod a lo largo del tiempo, experimento 1 a la izquierda y 2 a la derecha	29
Figura 10 Fresas conservadas con manzana a lo largo del tiempo, experimento 1 a la izquierda y 2 a la derecha	30
Figura 11 Fresas conservadas con manzana y adsorbente Naturpod a lo largo del tiempo, experimento 1 a la izquierda y 2 a la derecha	30
Figura 12 Fresas Control y adsorbente Naturpod en el día 13 de estudio exp. 1 a la izquierda y día 17 exp. 2 a la derecha	31
Figura 13 Variación de Chroma en los dos experimentos de fresa con las diferentes muestras respecto al tiempo	31
Figura 14 Variación de Hue en los dos experimentos de fresa con las diferentes muestras respecto al tiempo	32

Figura 15 Regresión Fuerza Exterior vs Fuerza Máxima en las fresas experimento 1	33
Figura 16 Fuerza máxima y fuerza exterior respecto al tiempo para cada tipo de tratamiento de fresas en exp1	33
Figura 17 Variación media de mg ascórbico/100 g MF por tipo de tratamiento, experimento 1 a la izquierda y 2 a la derecha	34
Figura 18 Variación de pérdida de peso respecto al tiempo en todas las muestras experimentales	36
Figura 19 Tomates cherry: conservados con Manzana & conservados Manzana y adsorbente Naturpod a lo largo del tiempo	38
Figura 20 Muestras de tomates cherry: Control & Control y adsorbente Naturpod a lo largo del tiempo	38
Figura 21 Tomates cherry conservados con Manzana con presencia de micelios	39
Figura 22 Evolución de la coloración de los purés de tomates cherry para los distintos tipos de muestra	39
Figura 23 Muestras de tomates cherry: Control y Control Naturpod los últimos días experimentales	40
Figura 24 Muestras de tomates cherry: Manzana y Manzana Naturpod los últimos días experimentales	40
Figura 25 Variación de Chroma en el experimento de tomate cherry con las diferentes muestras respecto al tiempo	41
Figura 26 Variación de Hue en el experimento de tomate cherry con las diferentes muestras respecto al tiempo	42

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación de las frutas y verduras según su producción de etileno a 20°C	12
Tabla 2 Efectos etileno en fruta postcosecha	13
Tabla 3 Detalles postcosecha de las frutas de estudio	13
Tabla 4 Captadores de etileno en el mercado	16
Tabla 5 Parámetros y días analizados por experimento	19
Tabla 6 Parámetros medidos e instrumentos utilizados	22
Tabla 7 Variación de SST respecto al tiempo en fresa experimento 2	26
Tabla 8 Variación de SST respecto al tiempo en fresa experimento 1	26
Tabla 9 Variación de pH de las muestras de fresa respecto al tiempo experimento 1	28
Tabla 10 Variación de pH de las muestras de fresa respecto al tiempo experimento 2	28
Tabla 11 Variación de SST respecto al tiempo experimento tomates cherry	37
Tabla 12 Variación de pH respecto al tiempo experimento tomates cherry	37
Tabla 13 Defectos en los diferentes tipos de muestra de tomates cherry, durante los días 29 y 34 experimentales	41

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Reacción estequiométrica oxidación del etileno por permanganato potásico _____	15
Ecuación 2 Reacción estequiométrica oxidación del etileno por ozono _____	15
Ecuación 3 Control pérdida de peso a partir del valor de peso inicial _____	22
Ecuación 4 Cálculo de H^* a partir de los valores a y b otorgados por el colorímetro _____	22
Ecuación 5 Cálculo de C^* a partir de los valores a y b otorgados por el colorímetro _____	23

Símbolos y acrónimos

°C	Grados Celsius
μL	Microlitro(s)
&	Y comercial
ANOVA	Análisis de Variancia
C*	Chroma
exp.	Experimento
FC	Fresas Control
FCN	Fresas Control y adsorbente Naturpod
FM	Fresas conservadas con Manzana
FMN	Fresas conservadas con Manzana y adsorbente Naturpod
h	Hora(s)
H*	Hue
kg	Kilogramo(s)
mL	Mililitro(s)
ppm	Partes por millón
R ²	Coefficiente de determinación
rpm	Revoluciones por minuto
TC	Tomates cherry Control
TCN	Tomates cherry Control y adsorbente Naturpod
TM	Tomates cherry conservados con Manzana
TMN	Tomates cherry conservados con Manzana y adsorbente Naturpod

Prefacio

Este estudio está organizado dentro de un convenio empresa – universidad de duración de julio a diciembre 2023, donde se querían estudiar los efectos de Naturpod[®] como nuevo producto adsorbente de etileno en base arcillas naturales, para la conservación de las frutas a nivel doméstico.

La parte experimental se realizó en los laboratorios de la EEABB.

1. Introducción

En los últimos años, cada vez somos más conscientes de que el despilfarro alimentario es un problema muy notorio e incluso se dice que con las pérdidas alimentarias actuales se podría alimentar a toda la población que pasa hambre en el mundo (PAA, 2014). Estas pérdidas, se generan en los países menos desarrollados, sobre todo: en la producción agrícola y en la conservación de los alimentos y en cambio en los países más desarrollados: en la producción agroindustrial, la distribución y en los consumidores finales. Y con esta realidad entre manos, se buscaron varios métodos de actuación para intentar disminuir este problema y dos de las propuestas fueron las siguientes:

- Sensibilizar y educar a la sociedad sobre el problema del desperdicio alimentario promoviendo la formación y el aprovechamiento de los alimentos en todas las etapas de la cadena alimentaria y los hogares.
- Dar soporte a la investigación e innovación orientada al aprovechamiento total de los alimentos (PAA, 2014).

Cuando focalizamos la vista en España, los datos del desperdicio alimentario en hogares españoles nos indican que solo en el año 2022, se desperdiciaron 6,2 kg de fruta per cápita y en el caso de verduras y hortalizas fueron 2,9 kg (Ministerio de Agricultura, 2022a).

Por esto es muy importante educar a la gente y darle herramientas para que puedan conservar durante más tiempo los productos perecederos sin que se echen a perder. Una de las formas de conseguir alargar la vida útil de estos alimentos es reduciendo la cantidad de gas etileno en el ambiente. Este estudio estará contextualizado en esta premisa.

1.1. Producción de etileno en fruta

El etileno (C_2H_4) es un gas producido por las plantas que sirve como regulador de crecimiento y que tiene efectos sobre la maduración y la conservación postcosecha de muchas verduras y frutas. Hay que tener en cuenta que este gas puede provenir de una fuente endógena (producido por el propio vegetal) o exógena (que proviene de fuera) y las dos pueden generar cambios indeseables en el color, sabor y textura, produciendo además una mayor vulnerabilidad a la deterioración microbiana en las frutas y verduras. Además, es conocido que la concentración de etileno puede aumentar en

condiciones de estrés de la planta y estas pueden producirse por daños mecánicos durante la cadena de distribución o por daños por frío generados en las cámaras frigoríficas (Saltveit, 1999).

Pero no todas las frutas y verduras producen la misma cantidad de etileno; en Tabla 1 se clasifican algunos productos hortofrutícolas (frutas y verduras) según su producción de etileno a 20°C.

Tabla 1 Clasificación de las frutas y verduras según su producción de etileno a 20°C

Producción de etileno	$\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ producidos a 20°C	Frutas y verduras
Muy baja	< 0,1	Alcachofa, espárrago, coliflor, vegetales de hoja, patata, cereza, uva, fresa
Baja	0,1 - 1,0	Pepino, berenjena, sandía, pimiento, chile, calabaza, olivas, piña, arándano, frambuesa
Moderada	1,0 - 10,0	Tomate, banana, higos, guayaba, mango, melón dulce, plátano
Alta	10,0 - 100,0	Manzana, albaricoque, aguacate, kiwi, nectarina, papaya, melocotón, ciruela, pera
Muy alta	> 100,0	Zapote, fruta de la pasión, chirimoya

Fuente: (Dhall, 2013)

1.2. Efecto del etileno sobre frutas

Las frutas se pueden dividir en dos grandes grupos; las climatéricas y las no climatéricas. Las climatéricas tienen la capacidad de madurar después de haber sido cosechadas debido al aumento en su intensidad respiratoria y su capacidad para producir etileno endógeno, por tanto, normalmente se cosechan verdes para transportarlas con mayor facilidad y se maduran antes de comercializar. Las no climatéricas, en cambio, no tienen esta capacidad de continuar con los procesos de madurez una vez cosechadas y por lo tanto, tienen que cosecharse ya maduras, lo que hace que tengan un tiempo más breve de comercialización ya que el producto presenta solo cambios por degradación y/o deshidratación (Stallin, 2015).

Los cambios que se producen por etileno importantes se describen en la Tabla 2:

Tabla 2 Efectos etileno en fruta postcosecha

Parámetro	Efecto producido por el etileno	Referencia
Color	Acelera el proceso de degradación de la clorofila en las frutas, haciendo que pierdan el color verde.	(Saltveit, 1999)
Firmeza	Disminuye la firmeza de las frutas, ya que promueve la actividad de enzimas tales como la <i>lipooxigenasa</i> (LOX), <i>poligalacturonasa</i> (PG) o la <i>pectina methilesterasa</i> (PME), que son las causantes del ablandamiento de las frutas.	(Sharma et al., 2012)
Sólidos solubles totales	Mayor variabilidad en los sólidos solubles totales y una tendencia más inestable a lo largo de la postcosecha.	(Wang et al., 2018)
pH	Acelera el incremento de pH en las frutas durante el almacenaje.	(Alonso-Salinas et al., 2022)

En la Tabla 3, nos adentraremos en parámetros tales como la respiración y sensibilidad al etileno en las frutas de estudio.

Tabla 3 Detalles postcosecha de las frutas de estudio

Fruta	Ratio respiración Postcosecha (10°C) mL CO ₂ /kg·h	Sensibilidad al etileno (ppm)	Respuesta al etileno	Referencia
Fresa	25-50	(0,01 - 0,02)	Puede producir el desarrollo de patologías.	(Hu et al., 2019; Mitcham, 2023)
Tomate	6-9	(0,04 – 0,2)	El etileno exógeno inicia la maduración.	(Hu et al., 2019; UC Davis, 2023)

1.3. Sistemas de eliminación de etileno

Debido a todos sus efectos no deseados en productos perecederos, se lleva años trabajando con diferentes tecnologías para reducir el impacto del etileno en productos postcosecha. Entre los

cuales se puede hablar de dos grandes tecnologías basadas en adsorción de etileno o destrucción de etileno.

A continuación, algunos de los principales materiales utilizados dentro de las tecnologías mencionadas.

Tecnologías basadas en adsorción de etileno

Se centra en la capacidad de ciertos minerales de atrapar C_2H_4 del aire, vía mecanismos de adsorción tales como, interacciones de enlace H_2 (interacciones CH-O) (Hazel Álvarez-Hernández, 2021).

- **Arcillas**

Las arcillas son aluminosilicatos recubiertos de agua, formadas por dos capas; una tetraédrica que consiste en áreas de Si^{4+} y una capa octaédrica formado comúnmente de Mg^{2+} o Al^{3+} . Muchas arcillas tienen la capacidad de adsorber etileno en sus superficies activas. Se pueden utilizar o bien metidas en bolsas que sean permeables al etileno o incluso mediante extrusión añadidas a films plásticos alimentarios (Gaikwad et al., 2020).

- **Carbón activado**

El carbón activado es una estructura porosa no cristalina. Se obtiene mediante la pirólisis de una sustancia carbonácea.

Puede estar en la forma de polvo, granulado o fibra. Sin embargo, se ha documentado que presenta la mejor capacidad de absorción de etileno cuando se encuentra en forma granulada.

Algunas de las ventajas del carbón activado son: naturaleza hidrofóbica, gran superficie y coste de producción relativamente bajo (Gaikwad et al., 2020).

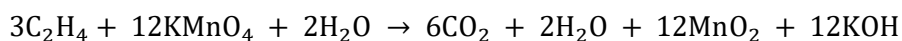
Tecnologías basadas en la destrucción de etileno

Consiste en la destrucción continua e irreversible de C_2H_4 , normalmente mediante un proceso de oxidación (Hazel Álvarez-Hernández, 2021).

- **Permanganato potásico**

El sistema más utilizado, es el permanganato potásico (KMnO₄), que oxida químicamente el etileno (C₂H₄) convirtiéndolo en moléculas de CO₂ y H₂O.

La reacción estequiométrica de oxidación se puede expresar de la siguiente manera:

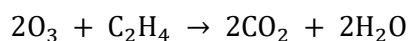


Ecuación 1 Reacción estequiométrica oxidación del etileno por permanganato potásico

Para mejorar el rendimiento del sistema de oxidación, el permanganato de potasio se suele impregnar en una matriz inerte porosa, como puede ser gel de sílice, vermiculita, zeolita o alúmina. Sin embargo, el permanganato de potasio tiene un cierto nivel de toxicidad lo que impide que se pueda usar directamente en contacto con alimentos. Por lo cual se tiene que inmovilizar en soportes sólidos inertes (como los anteriormente nombrados) y se empaqueta en filtros o sobres que son los que se podrán utilizar en las diferentes superficies; cámaras de refrigeración, neveras convencionales, habitaciones, vehículos, etcétera (Hazel Álvarez-Hernández, 2021).

- **Ozono**

El Ozono (O₃) es capaz de oxidar el etileno y por ello, genera la siguiente reacción estequiométrica:



Ecuación 2 Reacción estequiométrica oxidación del etileno por ozono

Sin embargo, el O₃ es una molécula inestable que puede causar daños irreversibles, tanto en humanos como en plantas, por lo cual, este sistema tiene que estar diseñado y controlado con concentraciones límites máximas o con sistemas de auto reducción de O₃ (Hazel Álvarez-Hernández, 2021).

Alternativa

Por último, mencionar, que además de las tecnologías anteriormente descritas, existen los inhibidores que evitan la acción del etileno (Recasens, 2016).


















- **1-metilciclopropeno**

Es un compuesto químico que tiene la capacidad de inhibir la acción del etileno a través de su acción sobre los receptores de membrana del etileno en las frutas y verduras (Recasens, 2016).

1.4. Eliminadores de etileno comerciales

En la Tabla 4 se encuentran algunas de las alternativas comerciales de captadores de etileno, que están basados en las tecnologías mencionadas en el apartado anterior. Se pueden dividir en dos grandes grupos dependiendo de su uso previsto; a nivel industrial durante toda la cadena distribución contemplando transporte y cámaras frigoríficas y otro que ha ido surgiendo durante los últimos años, que engloba el nivel doméstico para poner en neveras o frutero.

Tabla 4 Captadores de etileno en el mercado

Fabricante	Naturpod	Aureus Product Innovations, Inc. DBA The Bluapple Company	IMTEK Environmental Corp.	Startup Keep-it-fresh	BioXTEND Co.	Retarder S.R.L	Befresh Technology	GDPR GREENKEEPER IBERIA S.L
País	España	Estados Unidos	Estados Unidos	India	Estados Unidos	Italia	España	España
Nombre comercial	Naturpod®	Bluapple®	Smelleze®	Keep it fresh	BioX® 4.0	Retarder®	BEfresh	GK
Uso previsto	Doméstico	Doméstico	Doméstico	Cadena Distribución	Cadena Distribución	Cadena Distribución	Cadena Distribución	Cadena Distribución
Material	Arcillas naturales	Zeolita natural	Minerales naturales	Polvo de zeolita y permanganato potásico	Permanganato potásico mezclado con óxido de aluminio	Mezcla de arcillas con permanganato potásico	Arcillas naturales impregnadas con permanganato potásico	Filosilicato y aluminosilicato permanganato potásico
Duración	30 días	90 días	3 años	-	-	-	-	-
Formato disponible	Sobres 	Sobres 	Bolsa reusable 	Sobres  Cortina  MAP Bolsa 	Sobres  Filtro  Módulos BP 	Sobres  Filtro 	Sobres  Filtro  Modulo 	Sobres, mantas  Filtro  Maquinas 

2. Objetivos

El objetivo principal de este estudio es comprobar el efecto de los adsorbentes de etileno de la marca Naturpod ® sobre fresas (*Fragaria x ananassa*) y tomates cherry (*Solanum lycopersicum*), durante la conservación en el hogar, es decir, en un sistema de refrigeración en nevera común.

Los objetivos específicos, son:

- Comparar los cambios de calidad de las frutas almacenadas con y sin los adsorbentes de etileno respecto al tiempo.
- Analizar la pérdida de peso que se produce en las frutas debido a la presencia de etileno en el ambiente.
- Comprobar si los adsorbentes de etileno Naturpod ® que se pueden poner en las neveras, son eficaces para alargar la vida útil de las fresas y los tomates para reducir así la cantidad de estas que se desperdician en los hogares debido a la rapidez con la que se deterioran.

3. Materiales y métodos

3.1. Metodología Experimental

Se realizaron tres experimentos, dos con fresas y uno con tomates cherry.

En estos experimentos se estudiaron los cambios en la vida útil y la evolución en la calidad que ocurrían en las frutas conservadas en nevera a 5 °C (fresas) y 10 °C (tomates). Para simular la posible producción de etileno en entorno doméstico se utilizaron manzanas Golden Delicious (*Malus doméstica*) y en las neveras que se utilizaron se pusieron dos, como productoras de etileno exógeno. A 5°C se considera que este tipo de manzana tiene una ratio de producción de etileno de 2-25 $\mu\text{l}/\text{kg}\cdot\text{h}$ (Mitcham et al., 2024).

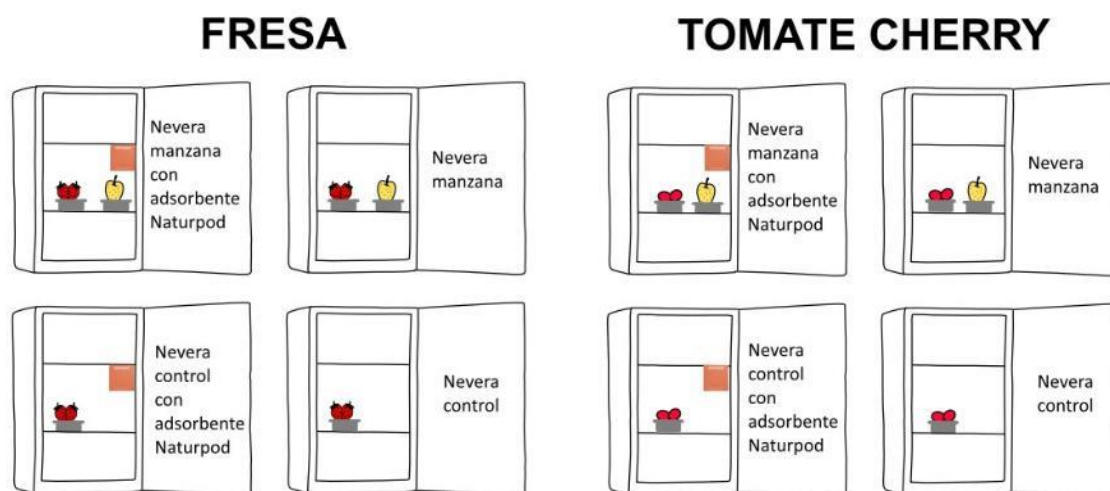


Figura 1 Metodología visual del experimento

Las frutas se colocaron en cuatro neveras domésticas; dos con adsorbente de etileno (con y sin manzana) y dos sin adsorbente de etileno (con y sin manzana). Se controló la temperatura de las neveras de forma diaria. El adsorbente de etileno utilizado en los experimentos es Naturpod[®] que está basado en arcillas naturales y su uso es muy simple; tan solo hace falta retirar la parte de cartón troquelada de delante para dejar expuesto el sobre al contacto con el aire, y por la parte de detrás, tiene un pequeño adhesivo pensado para pegarlo en la nevera. La duración estimada de acción de cada sobre es de 1 mes.

A continuación el diagrama de flujo experimental.

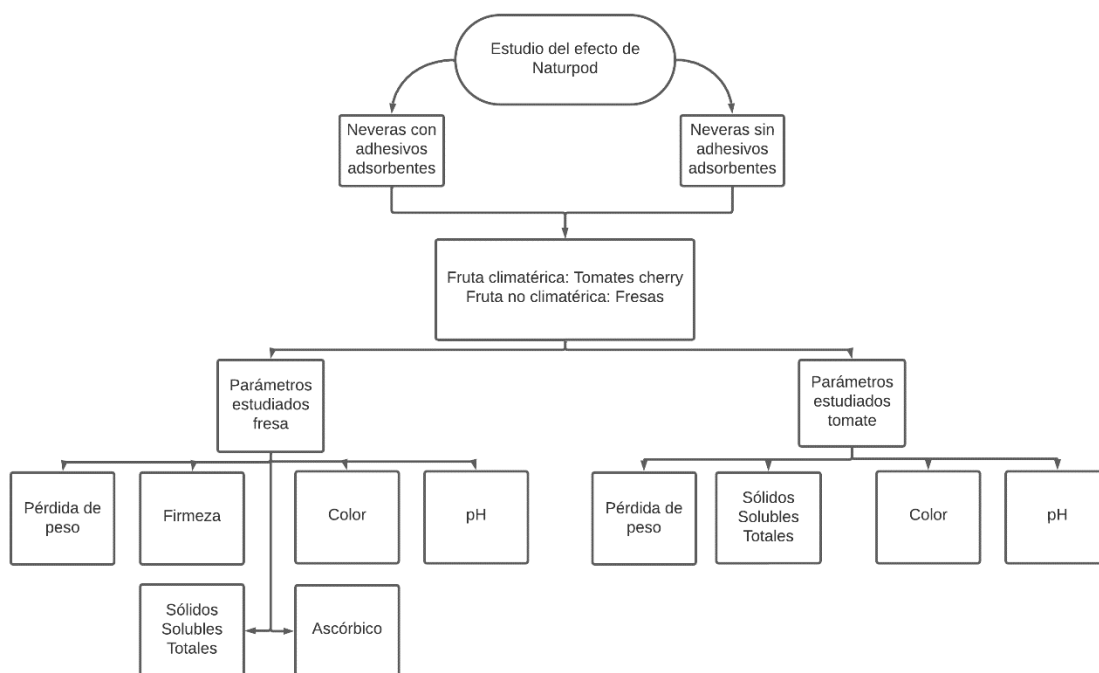


Figura 2 Diagrama de flujo experimental

En la Tabla 5 se resume por experimento los parámetros y días analizados, teniendo en cuenta que se considera día 0 el día que empieza cada experimento.

Tabla 5 Parámetros y días analizados por experimento

Experimento	Parámetros estudiados	Días estudiados
Fresas 1	pH, firmeza, peso, color, sólidos solubles totales y ácido ascórbico	1, 5, 7 y 11
Fresas 2	pH, peso, color, sólidos solubles totales y ácido ascórbico	1, 3, 6, 8, 10 y 13
Tomates	pH, peso, color, sólidos solubles totales	0, 6, 9, 14, 22, 29 y 34

Para el montaje de cada experimento se utilizaron 7 kg de fruta fresca, que dio para; 28 bandejas para cada experimento de fresa y 40 bandejas para el experimento con tomates cherry. Fueron estudiadas 96 bandejas de fruta en total.

3.1.1. Fresa

La fresa fue la primera fruta escogida, cuando empezó el experimento a mediados de julio. Es una de las frutas más delicadas y ocupa el sexto lugar por orden de importancia entre las frutas frescas consumidas en España por habitante en 2022 (consumo per cápita 0,03 kg por individuo) (Ministerio de Agricultura, 2022b)

3.1.1.1. Particularidades de materia prima

Para el primer experimento se han utilizado fresas holandesas de la marca Hoogstraten y número de serie D2320M64. Se compraron el 6 de julio de 2023 en Mercabarna y venían en cajas de cartón. Las fresas estaban al principio del estado de maduración y todas tenían un aspecto similar.



Figura 3 Fresas experimento 1 día 0

Tras hacer el primer experimento, se decidió hacer un segundo para comparar si el estado de maduración de las fresas afectaba en los resultados obtenidos.

Para el segundo experimento se utilizaron fresas españolas de la variedad Rikas y número de serie 8436551864433. Se compraron el 19 de setiembre de 2023 en la tienda Ametller Origen y venían en cajas de plástico. Las fresas estaban en un estado de maduración más avanzado y había variabilidad en aspectos y tamaños entre las fresas.



Figura 4 Fresas experimento 2 día 0

3.1.1.2. Particularidades del experimento

Antes de empezar el experimento se lavaron las fresas con agua del grifo y se secaron con cuidado con papel absorbente. Posteriormente, se colocaron de forma uniforme en las bandejas correctamente nombradas para pesarlas y colocarlas en sus neveras correspondientes. Se utilizaron frutas de la misma marca comercializadas en mismo lugar para todas las neveras.

3.1.2. Tomate cherry

Después de los experimentos de fresa, se quería hacer el experimento con alguna fruta de calibre similar pero que fuera climatérica y se seleccionaron los tomates cherry.

3.1.2.1. Particularidades de materia prima

Para el experimento se utilizaron tomates cherry en rama tipo pera portugueses y número de trazabilidad 642300065004. Se compraron el 24 de octubre de 2023 en la tienda Ametller Origen y venían en cajas de cartón con tapa de plástico.



Figura 5 Tomates cherry día 0 del experimento

3.1.2.2. Particularidades del experimento

Antes de empezar el experimento se lavaron los tomates con agua del grifo y se secaron con cuidado con papel absorbente. Se utilizaron cuatro neveras diferentes, una por cada tipo de muestra. Los tomates venían en diferentes tamaños. No se les dejó la rama debido a que muchos de los tomates ya se habían salido de esta y la maduración se produciría de forma desigual, además que el pesado sería más complejo, debido a que la rama también perdería peso con el tiempo.

3.2. Equipos y materiales

Los equipos y materiales utilizados para el experimento se encuentran en la Tabla 6.

Tabla 6 Parámetros medidos e instrumentos utilizados

Parámetro medido	Equipo	Método analítico
Pérdida de peso	Báscula COBOS CB Complet	-
pH	pHmetro Crinson GLP21	AOAC 981.12
Sólidos solubles totales	Refractómetro ATAGO PAL-1	AOAC 932.12
Firmeza	TA.XT plus Texture analyser	-
Color	Colorímetro CR-400HS	
Ácido ascórbico	Centrifuga Selecta P- Medifriger-BL	

3.3. Parámetros analizados

- Pérdida de peso

La pérdida de peso de las frutas fue determinada en tres réplicas (aproximadamente de 60 g/ bandeja por réplica). El porcentaje de pérdida de peso fue calculado para cada tratamiento usando la fórmula (Wang et al., 2018):

$$\text{Pérdida de peso} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso día muestra})}{\text{Peso inicial}} \cdot 100$$

Ecuación 3 Control pérdida de peso a partir del valor de peso inicial

- Color

El color se midió partiendo por la mitad las frutas y sobre la tabla de cortar, y se fue pasando el Colorímetro CR-400HS por las piezas. Se anotaron los valores de L, a, b i AE y se calcularon posteriormente los valores de H* (Hue) y C* (Chroma) con las siguientes fórmulas:

$$\text{Hue} = a \cdot \text{tangente} \left(\frac{b}{a} \right)$$

Ecuación 4 Cálculo de H a partir de los valores a y b otorgados por el colorímetro*

$$Chroma = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Ecuación 5 Cálculo de C a partir de los valores a y b otorgados por el colorímetro*

- Firmeza

La firmeza de la fruta se analizó con un analizador de textura (TA.XT plus) con una sonda de 4 mm de diámetro, a 8 mm de distancia con una medida de velocidad de 0.5 mm/s.

- Sólidos solubles totales

Los SST (°Brix) se midieron en cada día de estudio a partir de las frutas pesadas y utilizadas para el color y la firmeza. Se trituraron las muestras por tipo con la ayuda de una batidora minipimer hasta obtener un puré. De este puré se vertió una gota en el prisma del refractómetro. Los análisis se hicieron por duplicado. Antes de cada lectura, se limpió el refractómetro con agua destilada y antes de empezar con las lecturas del día, se usaba el agua destilada como blanco.

- pH

Para la medida de pH, se utilizó el puré obtenido después de medir los SST. Se introdujo en un vaso pequeño de precipitados y se midió el pH, antes de cada medida, se limpió el vaso con agua destilada. Los análisis se hicieron por duplicado.

- Contenido en ácido ascórbico

Para obtener los resultados de ácido ascórbico hizo falta hacer 2 fases.

- I. Extracción y determinación del ácido ascórbico de las muestras

La extracción del ácido ascórbico se consiguió triturando las muestras con aproximadamente 70 mL de ácido oxálico. El ácido oxálico tiene la función de estabilizar la Vitamina C. El proceso se hizo por duplicado con cada muestra. Para clarificar el homogéneo obtenido, se pasó el contenido de cada vaso batidor a un tubo de centrífuga y se comprobó que tenían un peso similar entre los tubos que se pondrían enfrentados en la centrífuga, ya que se necesita que sean similares para su correcto funcionamiento. Posteriormente, se centrifugó a 5000 rpm durante 10 min. Mientras, se preparan

los embudos, filtros y matraces aforados necesarios. En este estudio se reutilizaron los embudos, previo lavado, debido a que se hicieron dos tandas de centrifuga con 4 tubos cada uno. Después del filtrado, se hizo una dilución 1/10 del extracto con ácido oxálico. Finalmente, se pipetearon 5 ml del extracto diluido a un Erlenmeyer y se valoró el contenido con el reactivo DCPI colocado en una microbureta.

II. Estandarización del DCPI

Se preparó una solución patrón de ácido ascórbico con concentración 0,1 mg/ml. Para ello se pesaron en una bandeja de pesa 0,050 g de ácido ascórbico, rápidamente se introdujo el contenido en un matraz aforado de 50 ml y se disolvió con ácido oxálico al 1 %. A continuación se hizo una dilución 1/10 también con oxálico. Es importante guardarlo en un armario cerrado hasta su utilización. Por último se pipetearon 2 ml del patrón diluido a un Erlenmeyer y se añadieron 5 ml de ácido oxálico y se valoró con DCPI en una bureta.

- Visual

Se ha observado visualmente los cambios de apariencia que presentaban las frutas a lo largo del tiempo.

3.4. Análisis Estadístico

Para analizar los datos recabados durante la fase experimental se utilizaron dos herramientas, Excel y Minitab 18. versión 20.4.0.0. Se sometieron los datos a análisis de varianza (ANOVA) de un factor. Las medias fueron comparadas por el test de Tukey con un nivel de significancia del 95%. Las correlaciones entre parámetros se calcularon con el método de Pearson.

4. Resultados y Discusión

4.1. Fresas

Uno de los parámetros más importante que controlar durante la vida útil de las fresas es la **pérdida de peso**. En la Figura 6, se puede observar la pérdida de peso respecto al peso inicial entre el experimento 1 y el experimento 2, respectivamente.

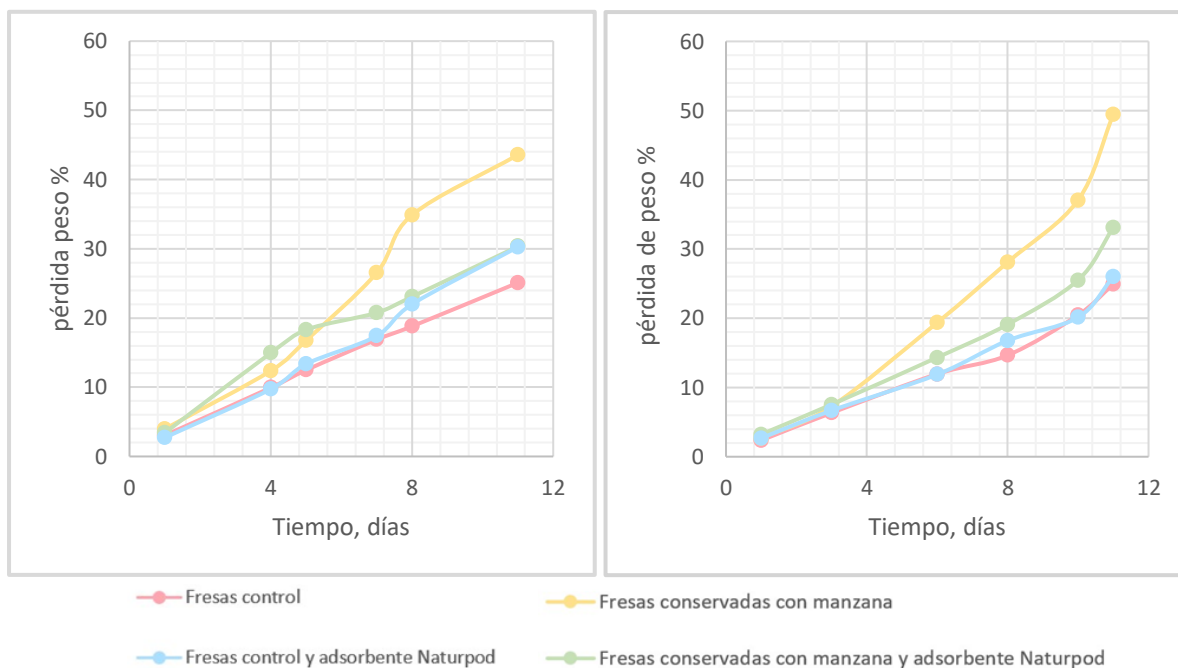


Figura 6 Variación de pérdida de peso en todas las muestras de fresa, experimento 1 a la izquierda y 2 a la derecha

En ambos experimentos se ve un patrón similar de pérdida de peso. En ambos casos, en el día 8 se observa que en las muestras de Fresas conservadas con Manzana (FM) se separan del resto de muestras con al menos un 10 % más de pérdida y esta diferencia se mantiene hasta el final del experimento. A día 11, vemos en el primer experimento que las muestras de Fresas Control (FC) y la muestra Fresas Control y adsorbente Naturpod (FCN) se separan por un 5 % más de pérdida peso. Sin embargo, las muestras FCN, en este punto del experimento, presentan valores similares a las muestras de Fresas conservadas con Manzana y adsorbente Naturpod (FMN).

No obstante, en el segundo experimento las muestras FC y FCN presentan un valor similar de pérdida durante todo el tiempo de estudio. Las que presentan un aumento del 7 % de pérdida de peso con respecto a estas son las muestras FMN, es decir, las que tenían el adsorbente y la fuente

exógena de producción de etileno. De todas maneras, las muestras FM, presentaban un 23 % más de pérdida que las muestras control.

Con estos resultados podemos constatar que las fresas con exposición a etileno exógeno son las que pierden una mayor cantidad de peso debido a que el etileno es acelerante de la senescencia para las frutas no climatéricas (Álvarez-Hernández et al., 2018). Se observa que el adsorbente Naturpod está mitigando la acción del etileno y reduce la pérdida de peso en más de un 10 %.

Otro estudio indica que las fresas pierden peso durante el almacenado debido a la evaporación y la respiración de la fruta. Y que el efecto antimicrobiano puede retrasar el reblandecimiento de las paredes microbianas y por tanto retrasar la pérdida de peso en el tiempo (Chen et al., 2023).

Sin embargo, también se ha encontrado un estudio que reporta la falta de diferencias significativas para la pérdida de peso entre las frutas tratadas con 1-MCP y las frutas control (Rees & Colgan, 2011).

Ahora, continuaremos con los **sólidos solubles totales (SST)**. En la tabla 6 y tabla 7 se observa la variación de sólidos solubles totales en el experimento 1 y el experimento 2, respectivamente.

Tabla 8 Variación de SST respecto al tiempo en fresa experimento 1

SST, °Brix (experimento 1)				
tiempo	Fresas control	Fresas conservadas con manzana	Fresas conservadas manzana Naturpod	Fresas control Naturpod
1	7,95 ^{DEF}	7,50 ^{FGH}	6,45 ^J	6,30 ^J
5	7,10 ^{HI}	7,40 ^{FGH}	7,85 ^{EFG}	6,75 ^{IJ}
7	7,25 ^{HI}	7,30 ^{GHI}	8,95 ^{BC}	6,45 ^J
11	8,50 ^{CD}	12,10 ^A	9,20 ^B	8,30 ^{DE}

Los valores son la media de la lectura de tres replicados. Los valores seguidos por una letra diferente son significativamente diferentes a P=0,05

Tabla 7 Variación de SST respecto al tiempo en fresa experimento 2

SST, °Brix (experimento 2)				
tiempo	Fresas control	Fresas conservadas con manzana	Fresas conservadas manzana Naturpod	Fresas control Naturpod
1	8,80 ^{LM}		8,60 ^M	9,85 ^J
3	9,80 ^J	9,2 ^{KL}	9,75 ^J	8,55 ^M
6	9,25 ^K	9,5 ^{JK}	10,30 ^I	8,55 ^M
8	9,85 ^J	12,45 ^{BC}	11,00 ^{GH}	10,85 ^H
10	9,50 ^{JK}	11,85 ^{DE}	12,15 ^{CD}	12,60 ^{AB}
13	11,50 ^{EF}		12,95 ^A	11,40 ^{FG}

Los valores son la media de la lectura de tres replicados. Los valores seguidos por una letra diferente son significativamente diferentes (p≤0,05)

En los resultados se puede ver que el contenido de sólidos solubles va variando con respecto al tiempo sin un patrón aparente. También es notorio que en segundo experimento partíamos con unos valores más elevados debido al estado maduración más avanzado de las muestras de fresas. En el primer experimento, se puede apreciar que durante los primeros cinco días, la muestra de control con adsorbente presenta una variación más paulatina que no la de la muestra de control. En cambio, las muestras conservadas con manzana parecen ir al contrario, los primeros días, la muestra con adsorbente presenta una variación más alta del contenido de SST, pero después tiene un cambio más gradual que no la muestra de manzana control. El crecimiento exponencial observado en el día 11 de la muestra de manzana, es probable que sea debido a la fuerte deshidratación que generó un puré más espeso y por tanto, con unos SST más concentrados. En referencia al segundo experimento, la variación aumenta y disminuye con el tiempo, probablemente al ser individuos en un estado madurativo más avanzado, los cambios observables en la medida de los SST se deban a la diferencia madurativa de los individuos observados.

Para comprobar si la deshidratación tiene que ver con la elevación de los valores de °Brix, se ha hecho una regresión entre SST y pérdida de peso. En la Figura 4 se ven los resultados del primer y segundo experimento, respectivamente.

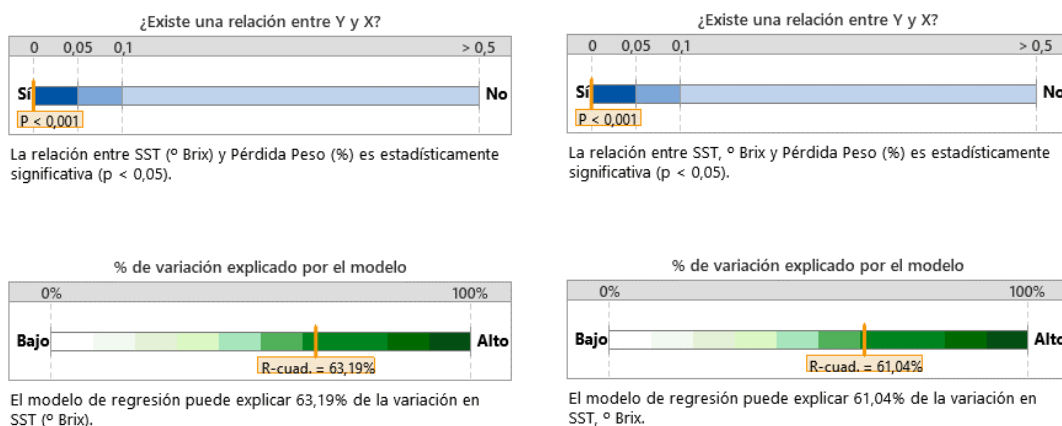


Figura 7 Informe resumen regresión SST vs. Pérdida Peso de fresa, experimento 1 a la izquierda y 2 a la derecha

En los resultados de estas pruebas estadísticas, se observa una relación, es decir que la pérdida de peso si tiene efecto sobre la lectura de SST. Aunque en el primer experimento sale un valor más elevado de relación entre estos dos parámetros, en los dos experimentos se puede observar una relación, lo cual es lógico, ya que cuando pierden agua, se están concentrando azúcares y por tanto, aumenta la lectura de SST.

Esto encajaría, con los resultados obtenidos en otro estudio que infiere que un aumento en el porcentaje de Brix durante el almacenamiento de las fresas puede estar determinado por la transformación de sustancias pépticas, la hidrólisis del almidón y la deshidratación de las frutas (Barikloo & Ahmadi, 2018).

Pasando al **pH**, podemos observar en las tablas 9 y 10 los cambios de pH que presentaron las diferentes muestras durante la duración de los dos experimentos.

Tabla 9 Variación de pH de las muestras de fresa respecto al tiempo experimento 1

pH (experimento 1)				
tiempo	Fresas control	Fresas conservadas con manzana	Fresas conservadas con manzana Naturpod	Fresas control Naturpod
1	3,34 ^L	3,4 ^{JK}	3,42 ^{IJ}	3,5 ^{EF}
5	3,51 ^E	3,55 ^{CD}	3,53 ^{DE}	3,38 ^K
7	3,445 ^{HI}	3,48 ^{FG}	3,46 ^{GH}	3,60 ^B
11	3,56 ^C	3,565 ^C	3,635 ^A	3,425 ^{IJ}

Los valores son la media de la lectura de dos replicados. Los valores seguidos por una letra diferente son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tabla 10 Variación de pH de las muestras de fresa respecto al tiempo experimento 2

pH (experimento 2)				
tiempo	Fresas control	Fresas conservadas con manzana	Fresas conservadas con manzana Naturpod	Fresas control Naturpod
1				3,41 ^{HI}
3				3,50 ^{FG}
6	3,66 ^B	3,56 ^{CDEF}	3,67 ^B	3,53 ^{EF}
8	3,52 ^{EF}	3,64 ^{BC}	3,76 ^A	3,59 ^{BCDE}
10	3,56 ^{CDEF}	3,49 ^{FGH}	3,62 ^{BCD}	3,37 ^I
13	3,43 ^{GHI}		3,65 ^B	3,54 ^{DEF}

Los valores son la media de la lectura de dos replicados. Los valores seguidos por una letra diferente son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

El pH ha tenido una ligera variación en todas las muestras. En ninguna de ellas se observa un cambio de pH drástico. Las mayores variaciones observadas son de alrededor de 0,20 y pueden deberse a la diferenciación entre las propias unidades de fruta tomadas para hacer las mediciones.

En otro estudio, se obtuvieron resultados significativos de aumento de pH respecto a la senescencia de las fresas (Kartal et al., 2012).

En el experimento uno, se dio por terminado en el día 11 para las muestras de control y de manzana debido al gran crecimiento microbiano que se produjo en estas muestras, 3 de las 4 bandejas no eran aptas para el consumo. La bandeja de cada tipología que estaba un poco mejor, aun así, presentaba individuos con micelios. Las muestras control Naturpod y manzana Naturpod no presentaban crecimiento y se mantuvieron para observar su evolución durante dos días más. También se terminó el experimento el día 13, debido a que empezaban a haber micelios visibles y la pérdida de peso, respecto al peso inicial se acercaba al 40 %.

En el experimento 2, sin embargo se dio por terminado el estudio el día 10 para las muestras de manzana debido al crecimiento microbiano presente y la fuerte deshidratación de las fresas.

En la Figuras: 5, 6, 7, 8 y 9 se pueden ver las fotos de las fresas tomadas durante los diferentes días en los dos experimentos, según el tipo de muestra.

Fresas Control



Figura 8 Fresas Control a lo largo del tiempo experimentos 1 a la izquierda y 2 a la derecha

Fresas Control y adsorbente Naturpod



Figura 9 Fresas Control y adsorbente Naturpod a lo largo del tiempo, experimento 1 a la izquierda y 2 a la derecha

Fresas conservadas con Manzana



Figura 10 Fresas conservadas con manzana a lo largo del tiempo, experimento 1 a la izquierda y 2 a la derecha

Fresas conservadas con manzana y adsorbente Naturpod



Figura 11 Fresas conservadas con manzana y adsorbente Naturpod a lo largo del tiempo, experimento 1 a la izquierda y 2 a la derecha

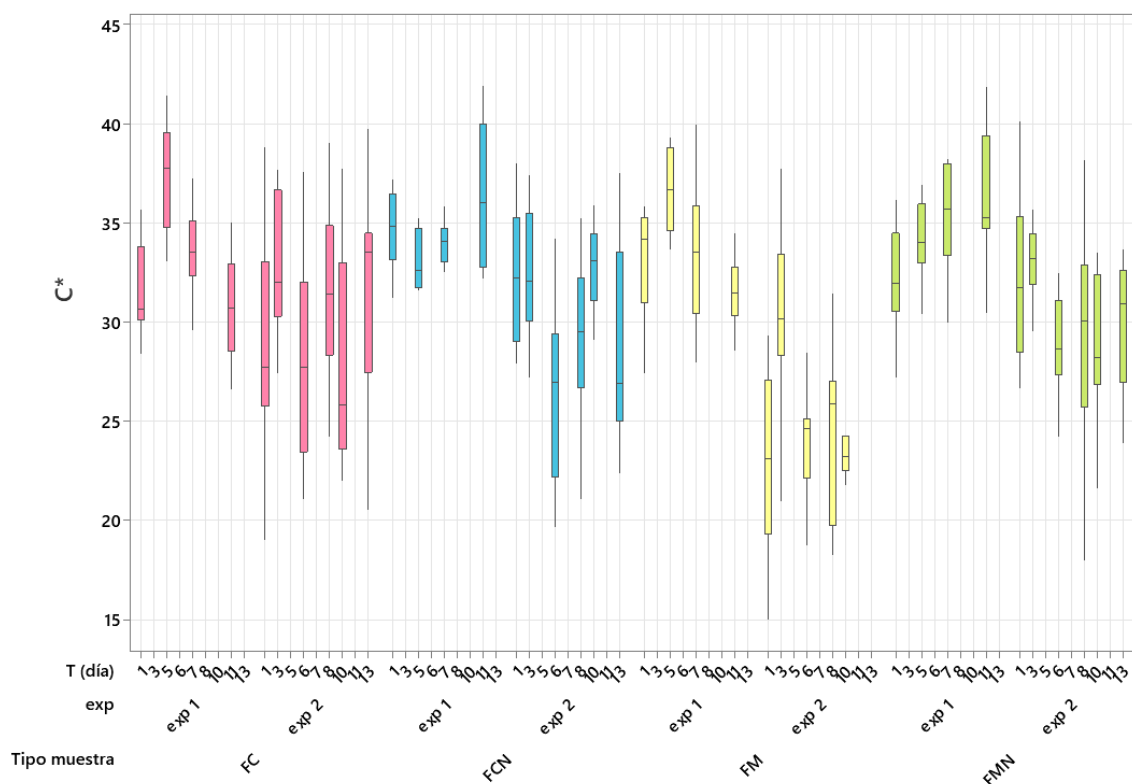
A simple vista se observa que las muestras conservadas con manzana (figura 10) son las que han tenido un deterioro más rápido, en el día 5 del experimento, estas muestras ya presentaban una fuerte deshidratación del sépalo y el pedúnculo y el día 11 del experimento, estaban completamente llenas de micelios. Las muestras control (figura 8) aguantaron bastante bien durante el experimento, pero también tuvieron crecimiento de hongos el día 11 del experimento. El adsorbente de etileno utilizado en las otras dos muestras (figuras 9 y 11), retardo el crecimiento de micelios, que no fueron visibles hasta el día 13 del experimento y de igual forma, en mucha menor cantidad que en las muestras anteriores, tal como se ve en la figura 12.



Figura 12 Fresas Control y adsorbente Naturpod en el día 13 de estudio exp. 1 a la izquierda y día 17 exp. 2 a la derecha

Estos resultados son comparables a los obtenidos en otro trabajo, que observaba que la aparición de micelios se producía días antes en las fresas almacenadas sin adsorbente (Rivera Ruiz, 2020).

Pasando al **color**, se ha calculado el índice chroma (C^*) y el ángulo hue (H^*) con las fórmulas descritas en materiales y métodos. Las Figuras 13 Grafica de caja C^* y la Figura 14 grafica de caja H^* .



FC = Fresa Control; FM= Fresa conservadas con Manzana; FCN= Fresa Control y adsorbente Naturpod; FMN= Fresa conservadas con Manzana y adsorbente

Figura 13 Variación de Chroma en los dos experimentos de fresa con las diferentes muestras respecto al tiempo

Para los valores de C* el único tipo de experimento que se desmarca del resto, con unos valores algo más bajos durante el segundo experimento son los de FM. También presenta un valor inicial más bajo, pero eso fue debido a un mal funcionamiento en la nevera, pero ese problema ya no tuvo efecto en el resto del experimento.

De igual manera, si parece haber diferencias de este parámetro respecto al tiempo y que las muestras con manzana sin adsorbente son las que presentan una mayor disminución del valor de Chroma.

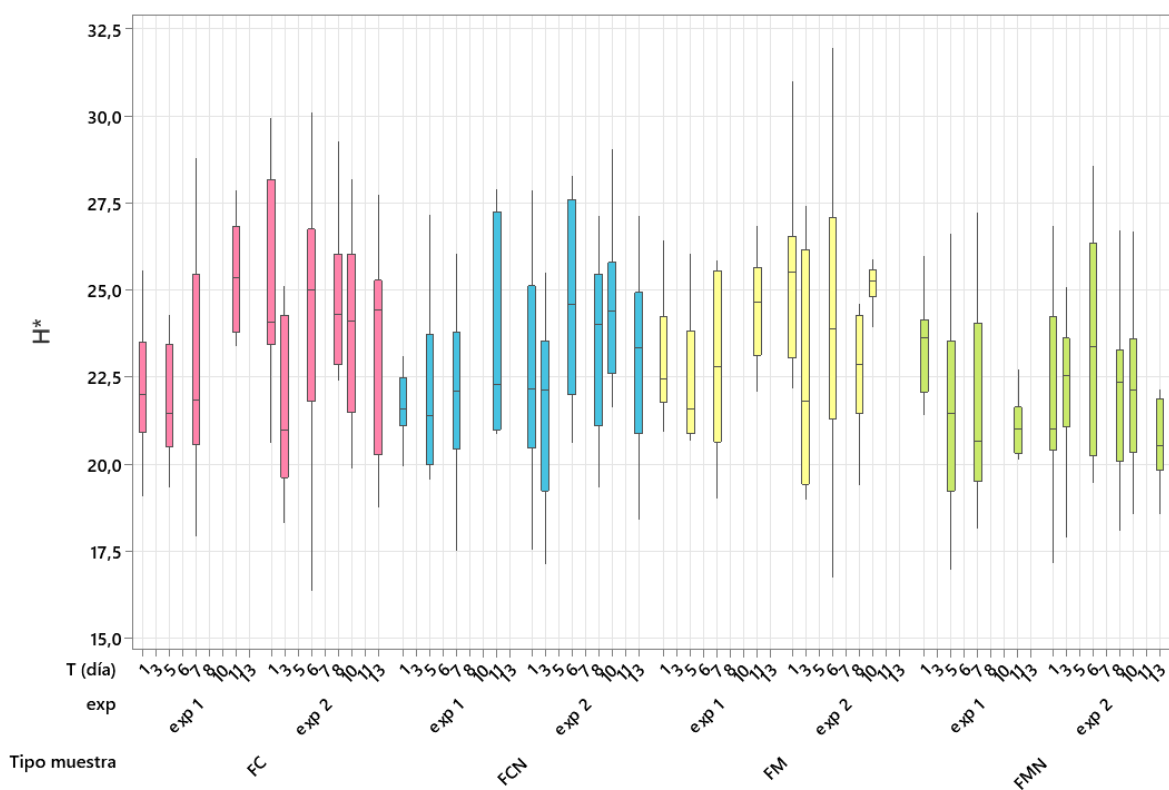


Figura 14 Variación de Hue en los dos experimentos de fresa con las diferentes muestras respecto al tiempo

Se puede observar que el tipo de tratamiento para el H^* no presenta mucha variabilidad, pero que si hay diferencias en el tiempo de análisis. Podemos concluir que el color se ve afectado en mayor medida por el tiempo que por el tipo de tratamiento.

Se ha encontrado un estudio, que indica que la presencia de etileno hace que tanto el índice chroma como el ángulo hue hace que tenga un decaimiento más marcado, pero sin embargo presenta diferencias significativas solo en relación con el día de estudio (Tosetti et al., 2020)

Referente a la textura, como se puede observar en la Figura 15, hemos intentado determinar si hay relación entre la fuerza exterior y la fuerza interior.

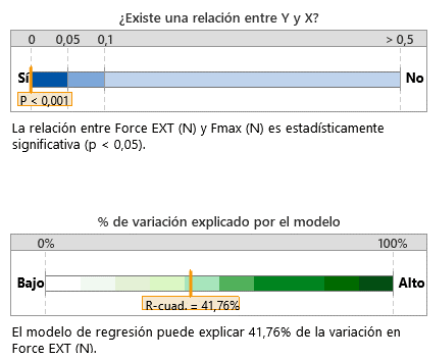
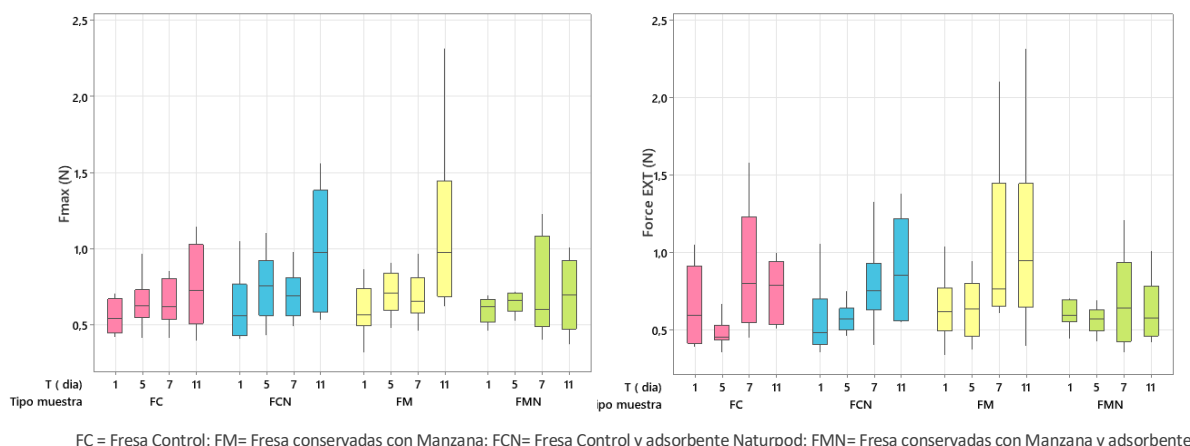


Figura 15 Regresión Fuerza Exterior vs Fuerza Máxima en las fresas experimento 1

Si que se ve que hay una correlación, pero el valor de R cuadrado es muy bajo por la cantidad de puntos poco comunes que muestra en el modelo.

Ahora, en las Figuras 16 observaremos las gráficas de caja de las fuerzas máxima y exterior del experimento 1.



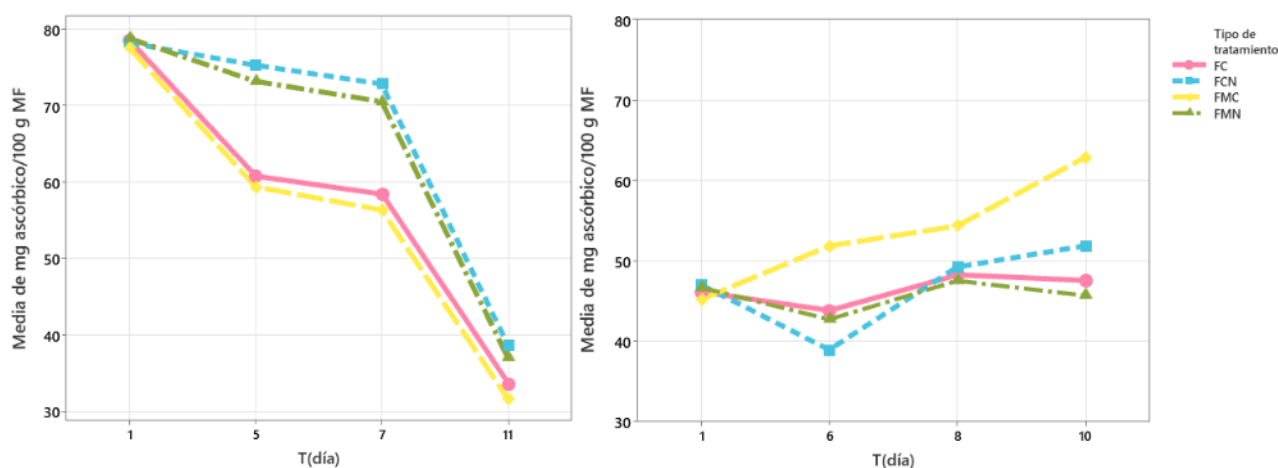
FC = Fresa Control; FM= Fresa conservadas con Manzana; FCN= Fresa Control y adsorbente Naturpod; FMN= Fresa conservadas con Manzana y adsorbente

Figura 16 Fuerza máxima y fuerza exterior respecto al tiempo para cada tipo de tratamiento de fresas en exp1

En las gráficas podemos ver que durante el experimento no presentaron decaimiento, sino que incluso la fuerza se incrementó ligeramente con el paso de los días, debido a que al secarse la piel, hacia más resistencia a la rotura. Las muestras FM fueron las que al final de la experimentación poseían valores más elevados de fuerza; fuerza máxima y fuerza exterior. A esto, podemos relacionarlo con que fueron las muestras que a día 11 habían perdido más agua y por tanto, tenían la piel externa de la fresa, más elástica.

En los resultados no se ven diferencias significativas entre las muestras, sin embargo en un caso de estudio se ha determinado que uno de los parámetros más importantes de calidad de la fresa es la firmeza y que aunque es una fruta clasificada como fruta no climatérica, responde a niveles bajos de etileno en el ambiente (Bapat et al., 2010).

Finalmente, el ácido ascórbico. En la Figura 16, podemos observar los valores de contenido decaído de ascórbico, en el experimento 1 y 2.



FC = Fresa Control; FM= Fresa conservadas con Manzana; FCN= Fresa Control y adsorbente Naturpod; FMN= Fresa conservadas con Manzana y adsorbente

Figura 17 Variación media de mg ascórbico/100 g MF por tipo de tratamiento, experimento 1 a la izquierda y 2 a la derecha

En los resultados, se puede observar que en el primer experimento las muestras FCN y FMN que son las que presentaban adsorbente, han tenido una caída de ácido ascórbico más paulatina durante las primeras pruebas del estudio y el último día analizado es cuando han presentado una caída más fuerte. En cambio, las muestras FC y FMC han tenido un desplome más rápido entre el día 1 y 5.

En el segundo experimento, en cambio, partíamos de valores más bajos debido a que las fresas estaban más maduras inicialmente y tenían menos contenido de ácido ascórbico. Se ve que las muestras con adsorbente tienen una bajada de ascórbico clara hasta el día 6, mientras que las muestras FM empiezan a tener un aumento a partir del día 3. A partir del día seis, todas las muestras presentan una subida. Este aumento, probablemente se deba o a un crecimiento de hongos o al incremento de alguna sustancia con capacidad redox durante la senescencia de las fresas. Los valores más altos observados en las muestras de FM, hacia el final del experimento, se puede deber a la gran pérdida de peso y que ya presentaban una cierta cantidad notoria de micelios que entorpecerían aún más la valoración del ácido ascórbico.

La diferencia inicial encontrada entre estos dos experimentos coincide con lo descubierto en otro estudio, que dice que los valores de ácido ascórbico varían dependiendo de la variedad y del estado de maduración de la fruta (Fecka et al., 2021).

Por último, respecto al nivel organoléptico, las fresas del experimento 1 en el día 0, tenían buen gusto, pero un punto ácido, es decir, dentro del punto madurativo estaban verdes. En cambio, en el experimento 2 partíamos de fresas que tenían sabor más dulce, con un punto madurativo más avanzado en el tiempo.

Sin embargo, en los dos experimentos se ha observado una vida útil similar en las muestras con adsorbente, se ve que la utilización de los adsorbentes Naturpod, retrasan la aparición de hongos en las fresas, en el caso de este estudio, de 2 a 7 días dependiendo de la madurez inicial y el tipo de variedad.

Esto coincide con lo descubierto en otro estudio, que comprobó que el uso de permanganato potásico tenía un efecto reductor de etileno que hacía a las fresas menos susceptibles al moho gris, causado por *Botrytis cinérea* (Wills & Kim, 1995).

4.2. Tomates cherry

La **pérdida de peso** durante los primeros 15 días, fue muy similar para todas las muestras tal como se ve en la Figura 19.

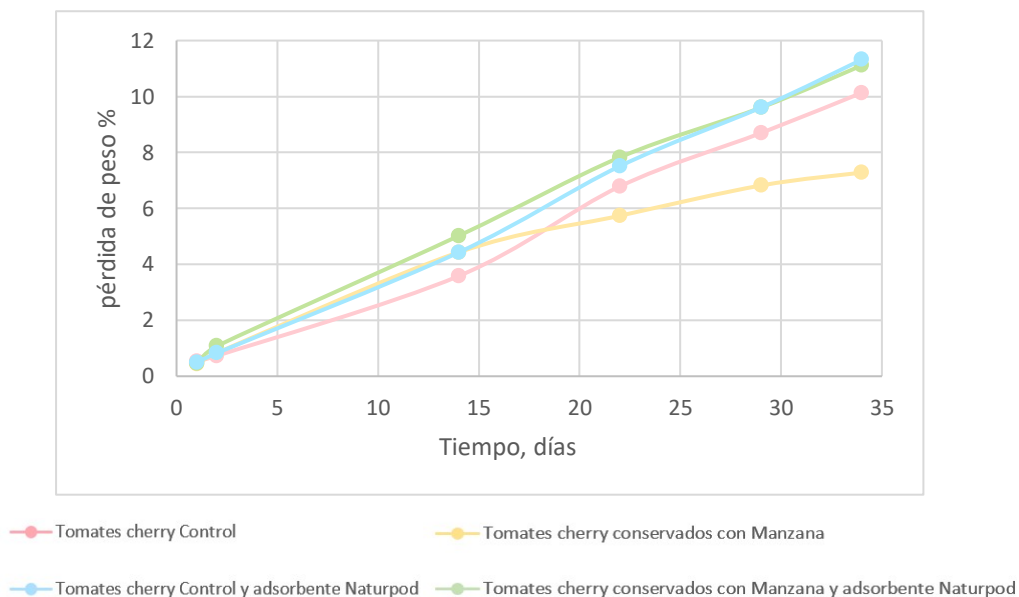


Figura 18 Variación de pérdida de peso respecto al tiempo en todas las muestras experimentales

Se observa que para tiempo 15 las muestras Control habían perdido un 1 % menos que las muestras TCN y TM, que a su vez habían perdido un 0,5 % menos que las muestras TMN. Sin embargo, en el día 22, aunque el resto de muestras continúa un aumento de pérdida de peso progresivo, las muestras TM empieza a perder peso más lentamente, llegando a estar en 1% menos de pérdida de peso que las muestras TC y un 2 % menos que las muestras con adsorbente. A día 34, es aproximadamente del 4 % menos respecto a las muestras con adsorbente.

Obviando los resultados de las muestras TM, se encontraron similitudes de resultados con estudios anteriores, que determinaban que los absorbentes de etileno no generaban un efecto significativo en la pérdida de peso de los tomates (Joung et al., 2021; Park et al., 2016).

Ahora, continuaremos con los **SST** y el **pH**. En la tabla 11 y tabla 12 se observa la variación respecto al tiempo de estos parámetros.

Tabla 11 Variación de SST respecto al tiempo experimento tomates cherry

tiempo	SST, ° Brix			
	Tomates cherry control	Tomates cherry conservados con manzana	Tomates cherry conservados con manzana Naturpod	Tomates cherry control Naturpod
0	7,37 ^{HI}	7,37 ^{HI}	7,37 ^{HI}	7,37 ^{HI}
6	9,03 ^A	8,33 ^{BCD}	8,97 ^A	7,40 ^{HI}
9	8,33 ^{BCD}	8,07 ^{DEFG}	7,6 ^{FGHI}	8,13 ^{DEF}
14	8,10 ^{DEF}	8,77 ^{ABC}	7,75 ^{EFGH}	8,10 ^{DEF}
22	8,25 ^{CDE}	7,57 ^{FGHI}	8,88 ^{JK}	8,37 ^{BCD}
29	8,10 ^{DEF}	7,55 ^{GHI}	8,00 ^{DEFG}	7,03 ^I
34	7,93 ^{DEFGH}	7,83 ^{DEFGH}	9,05 ^A	7,90 ^{DEFGH}

Los valores son la media de la lectura de tres replicados. Los valores seguidos por una letra diferente son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Los valores de sólidos solubles totales en el caso del tomate han variado muy poco a lo largo del tiempo para todas las muestras. Se pueden contrastar estos resultados con unos estudios que puntualizan que el etileno no tiene un efecto significativo en la variación de los SST de los tomates cherry (Álvarez-Hernández et al., 2021; Javanmardi & Kubota, 2006; Manzano-Mendez et al., 1984).

Sin embargo, en otros estudios han obtenido resultados contrarios; han encontrado incrementos de SST en las muestras control sin adsorbente durante la maduración (Frígola, 2016; Sammi & Masud, 2007).

Tabla 12 Variación de pH respecto al tiempo experimento tomates cherry

tiempo	pH			
	Tomates cherry control	Tomates cherry conservados con manzana	Tomates cherry conservados con manzana Naturpod	Tomates cherry control Naturpod
0	4,39 ^M	4,39 ^M	4,39 ^M	4,39 ^M
6	4,39 ^M	4,39 ^M	4,33 ^N	4,40 ^{LM}
9	4,57 ^{EFG}	4,61 ^{DE}	4,57 ^{FG}	4,58 ^{EFG}
14	4,64 ^{CD}	4,55 ^{GH}	4,57 ^{FG}	4,57 ^{FG}
22	4,49 ^{IJ}	4,39 ^M	4,46 ^{JK}	4,45 ^K
29	4,53 ^{HI}	4,44 ^{KL}	4,46 ^{JK}	4,57 ^{FG}
34	4,70 ^{AB}	4,59 ^{EF}	4,67 ^{BC}	4,72 ^A

Los valores son la media de la lectura de dos replicados. Los valores seguidos por una letra diferente son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Según los resultados se puede observar que las diferencias más significativas se deben al día de estudio y no al tipo de muestra.

Algo similar se detectó en otro estudio que indicaba que no había diferencias significativas para los valores de pH entre las muestras (Álvarez-Hernández et al., 2021). En otro estudio, sin embargo, se observó un incremento de pH para todas las muestras, especialmente en las muestras con adsorbentes de etileno (Frígola, 2016).

En las Figuras 21 y 22 se pueden observar la evolución de los tomates durante los diferentes días experimentales según el tipo de muestra.

Tomates cherry conservados con Manzana

Sin adsorbente

Con adsorbente Naturpod



Figura 19 Tomates cherry: conservados con Manzana & conservados Manzana y adsorbente Naturpod a lo largo del tiempo

Tomates cherry Control

Sin adsorbente

Con adsorbente Naturpod



Figura 20 Muestras de tomates cherry: Control & Control y adsorbente Naturpod a lo largo del tiempo

A simple vista no se observan diferencias significativas entre las muestras, tan solo como va incrementando el número de individuos deshidratados de forma superficial en la bandeja debido a la pérdida de agua. Hecho contrastado con otro estudio que indica la aparición de arrugas, en las muestras con y sin absorbentes (Rivera Ruiz, 2020).

Sin embargo, en este experimento no se clasificaron los tomates por calibre debido a que se pretendía analizar los tomates encontrados en el mercado tal como el consumidor los conservaría y este no haría tal distinción. Pero los tomates de menor calibre perdieron más cantidad de agua que los de mayor tamaño para el mismo tiempo de conservación, tal como se puede observar en uno de los ejemplares del día 6 de las muestras conservadas con Manzana que presentaban arrugas. Estos resultados, también fueron detectados en otro estudio, que indicaba que esta diferencia se debía a que los tomates de mayor calibre tienen una menor relación entre superficie volumen, lo que conlleva a una pérdida de agua relativamente menor (Zahirul Islam et al., 2019).

También, como se observa en la figura 22, se detectaron tomates de menor calibre con presencia fúngica en las muestras Tomates cherry conservados con Manzana a mitad del experimento. Dato también explicado por el estudio anteriormente mencionado, que indicaba que el etileno aumentaba la posibilidad de crecimiento microbiano en tomates de menor tamaño (Zahirul Islam et al., 2019).



Figura 21 Tomates cherry conservados con Manzana con presencia de micelios

En la figura 23 se ven diferentes tonalidades obtenidas en los purés de las diferentes muestras puestas en los vasos de precipitados para la medición de pH durante los días 22, 29 y 34 de estudio.



Figura 22 Evolución de la coloración de los purés de tomates cherry para los distintos tipos de muestra

Se observa que en las muestras conservadas con Manzana y las muestras Control con el paso de los días van perdiendo la coloración rojiza en el puré.

En las figuras 24 y 25 se ve la parte peduncular de los tomates durante los días 14, 29 y 34 de experimentación en las diferentes muestras.

Tomates cherry Control

Sin adsorbente

Con adsorbente Naturpod

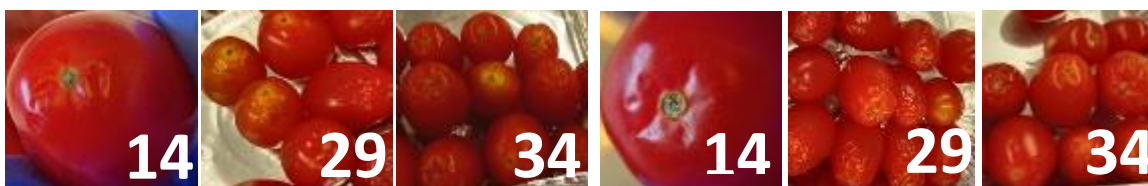


Figura 23 Muestras de tomates cherry: Control y Control Naturpod los últimos días experimentales

Tomates cherry conservados con Manzana

Sin adsorbente

Con adsorbente Naturpod



Figura 24 Muestras de tomates cherry: Manzana y Manzana Naturpod los últimos días experimentales

En las muestras conservadas con Manzana y Control se observa una coloración amarillenta en la parte peduncular. En el día 14 de la muestra conservada con Manzana, se observa el inicio de una tenue coloración que se hace más intensa en las muestras en el día 34. Para la muestra de Control, la coloración empieza el día 29.

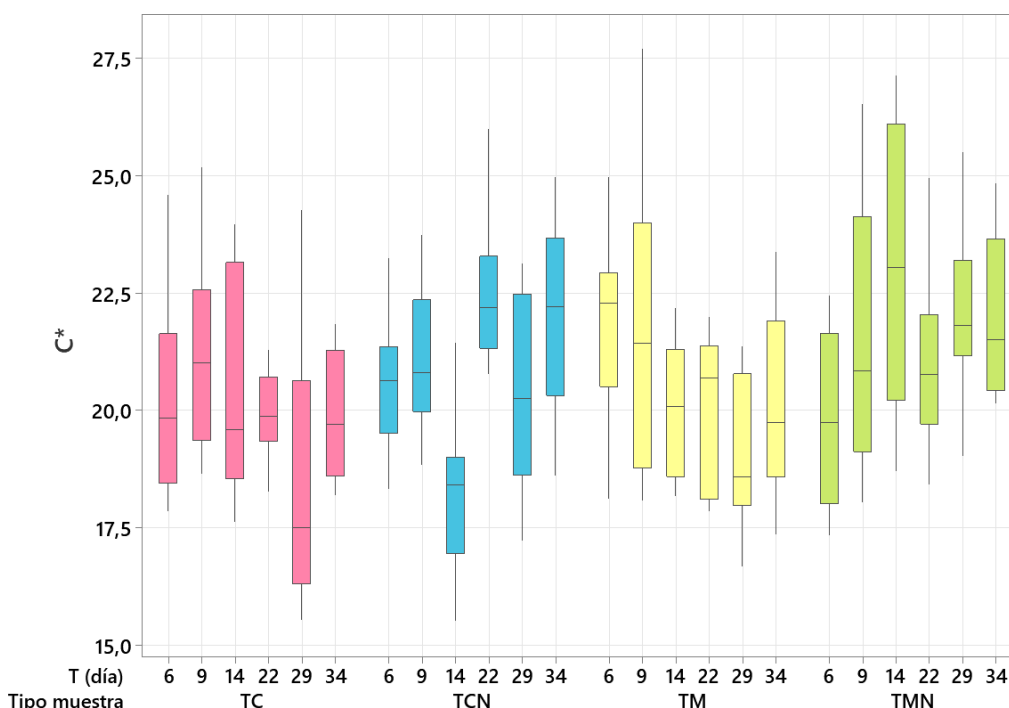
En la tabla 13, se recogieron los desórdenes observados en los tomates de análisis durante los últimos dos días de estudio.

Tabla 13 Defectos en los diferentes tipos de muestra de tomates cherry, durante los días 29 y 34

Defectos	Tipo de muestra							
	Tomates cherry control		Tomates cherry conservados con manzana		Tomates cherry conservados con manzana Naturpod		Tomates cherry control Naturpod	
	7/12	11/15	5/10	9/10	9/12	12/12	9/13	9/15
Arrugados								
Manchas	1	6	5	4	0	4	3	2
Amarillo peduncular	4	6	6	6	0	2	2	3
Necrosis peduncular	0	2	0	3	1	3	1	2
t(día)	29	34	29	34	29	34	29	34

En los resultados se puede observar que el número de individuos que presentan coloración amarilla en la parte peduncular de los tomates va aumentando con el paso del tiempo. Al igual que el resto de desórdenes observados. Las muestras TM son las que tienen un mayor número de individuos que presentan desórdenes en el día 34, final del experimento.

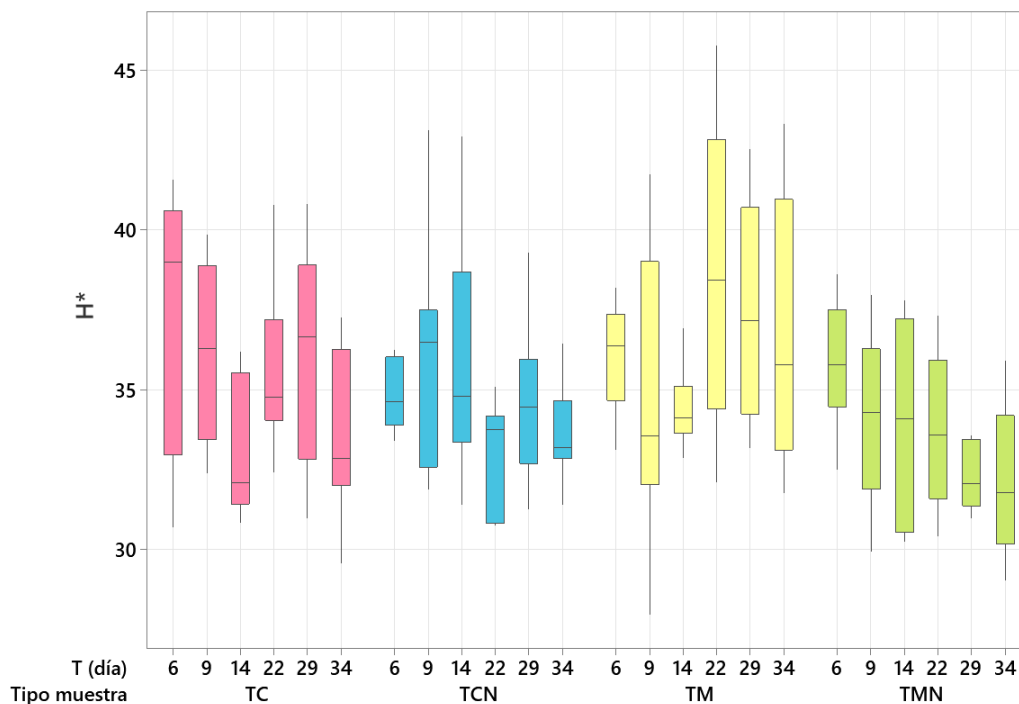
Pasando al **color**, tal como en los experimentos anteriores, se ha calculado el Chroma (C*) y el Hue (H*) con las fórmulas descritas en materiales y métodos.



TC= Tomate cherry Control; TM= Tomate cherry conservado con Manzana; TCN= Tomate cherry Control y adsorbente Naturpod; TMN= Tomate cherry conservadas con Manzana y adsorbente Naturpod

Figura 25 Variación de Chroma en el experimento de tomate cherry con las diferentes muestras respecto al tiempo

Respecto al C* todas las muestras presentan un incremento durante los primeros días de estudio y una posterior disminución a partir del día 14 para las TCN y TM, en cambio, las muestras TMN y TC en el día 22 de estudio. También para todas las muestras se observa un ligero incremento en el día 34 de estudio.



TC = Tomate cherry Control; TM = Tomate cherry conservado con Manzana; TCN = Tomate cherry Control y adsorbente Naturpod; TMN = Tomate cherry conservadas con Manzana y adsorbente Naturpod

Figura 26 Variación de Hue en el experimento de tomate cherry con las diferentes muestras respecto al tiempo

Respecto al H* las muestras de Manzana destacan debido a que no tienen un claro decaimiento con el tiempo. En cambio, en las otras muestras se observa como una progresión de caída.

Las diferencias de color en el tomate son explicadas por otro estudio, que explica un incremento de contenido de carotenoide debido a la maduración inicial y posterior disminución cuando empieza la senescencia del fruto (Álvarez-Hernández et al., 2021).

En definitiva, los resultados obtenidos son similares a los alcanzados por otro estudio, que sugiere que el tratamiento con sobres adsorbentes de etileno no produce una gran variación en la calidad fisicoquímica del tomate, que de por sí ya se conserva bien durante el tiempo de almacenamiento (Álvarez-Hernández et al., 2021).

5. Discusión general

Tras lo observado entre estos experimentos se puede determinar que tomate cherry tipo Pera (*Solanum lycopersicum*) ha sufrido menos efectos por el etileno que fresa (*Fragaria x ananassa*). Esto puede deberse a que partíamos de tomate maduros y se esperarían efectos más destacables en tomate verde. También hay que tener en cuenta las características morfológicas de las frutas de estudio; el tomate es relativamente resistente al almacenado debido a la piel protectora que lo recubre y, en cambio, la fresa es una fruta más delicada que tiene un menor tiempo de vida postcosecha, una tasa de respiración más alta y está menos protegida ante los ataques microbianos.

También, puede ser que la presencia de etileno no genere un cambio muy notorio a nivel visual en las frutas climatéricas como lo es el tomate (Rivera Ruiz, 2020). Esto puede deberse a que una vez están en el mercado, se encuentran en su punto óptimo de maduración.

A nivel de sólidos solubles totales y pH, en ninguno de los experimentos se ve una gran y clara distinción, por lo cual, con este estudio no se puede determinar el efecto del etileno sobre estos factores y harían falta estudios posteriores.

Focalizándonos en la fresa, se obtuvo una mejoría interesante tanto visual como de contenido nutricional. En ambos experimentos, no se observó crecimiento de micelio en las frutas conservadas con el adsorbente hasta después de 13 días. Sin embargo, se observaron diferencias entre los experimentos realizados debido al estado de madurez de la fresa. En el segundo experimento, los valores de SST eran elevados desde el inicio y la disminución del contenido de ascórbico solo tuvo importancia durante los primeros 6 días. Por lo cual, se puede deducir que el estado madurativo y la variedad pueden tener efectos determinantes en el tiempo de conservación en nevera.

Los resultados obtenidos son coherentes con la sensibilidad al etileno de los vegetales estudiados (Hu et al., 2019).

6. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos durante la experimentación, se llega a concluir lo siguiente:

En el caso de la **fresa**, la utilización de adsorbente alarga la calidad nutricional al ralentizar la caída de la concentración del ácido ascórbico, aunque no se observan cambios relevantes en el color y firmeza instrumental.

La pérdida de peso en las fresas conservadas con un emisor natural de etileno (manzana) es muy elevada. La utilización del adsorbente reduce esta pérdida de peso al mismo nivel que las fresas conservadas en un ambiente sin emisor de etileno.

El uso de un adsorbente de etileno basado en arcillas naturales, (Naturpod®) aumenta la vida útil en conservación en nevera en fresas. Alargar en unos días el tiempo de consumo de frutas con alta sensibilidad al etileno y de alta intensidad respiratoria puede ayudar a reducir el desperdicio alimentario. Por lo cual, creo que sería recomendable su utilización para la conservación de este tipo de fruta.

En el caso de los **tomates cherry**, presentan pocos cambios significativos en el tiempo y condiciones de estudio, pero si se observa como las muestras conservadas con adsorbente (Naturpod®) retuvieron durante más días el color en la parte peduncular.

La pérdida de peso fue similar en todos los ambientes estudiados hasta el día 15.

Al tener una conservación más larga en condiciones domésticas, el posible aumento en el tiempo de conservación al utilizar el adsorbente no sea tan relevante. En las condiciones de estudio el uso de adsorbente no aporta tanta diferencia en la conservación de estas frutas, pero se podría utilizar.

De todos modos, hay que validar los resultados obtenidos en otras frutas y hortalizas.

Bibliografía

Gestor Mendeley Cite y estilo de citación APA.

Alonso-Salinas, R., Acosta-Motos, J. R., Núñez-Delicado, E., Gabaldón, J. A., & López-Miranda, S. (2022). Combined Effect of Potassium Permanganate and Ultraviolet Light as Ethylene Scavengers on Post-Harvest Quality of Peach at Optimal and Stressful Temperatures. *Agronomy*, *12*(3). <https://doi.org/10.3390/agronomy12030616>

Álvarez-Hernández, M. H., Artés-Hernández, F., Ávalos-Belmontes, F., Castillo-Campohermoso, M. A., Contreras-Esquivel, J. C., Ventura-Sobrevilla, J. M., & Martínez-Hernández, G. B. (2018). Current Scenario of Adsorbent Materials Used in Ethylene Scavenging Systems to Extend Fruit and Vegetable Postharvest Life. *Food and Bioprocess Technology*, *11*(3), 511-525. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2076-7>

Álvarez-Hernández, M. H., Martínez-Hernández, G. B., Castillejo, N., Martínez, J. A., & Artés-Hernández, F. (2021). Development of an antifungal active packaging containing thymol and an ethylene scavenger. Validation during storage of cherry tomatoes. *Food Packaging and Shelf Life*, *29*, 100734. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100734>

Bapat, V., Trivedi, P., Ghosh, A., Sane, V., Ganapathi, T., & Nath, P. (2010). Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnology Advances*, *28*(1), 94-107. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.10.002>

Barikloo, H., & Ahmadi, E. (2018). Shelf life extension of strawberry by temperatures conditioning, chitosan coating, modified atmosphere, and clay and silica nanocomposite packaging. *Scientia Horticulturae*, *240*, 496-508. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.012>

Chen, K., Brennan, C., Cao, J., Cheng, G., Li, L., Qin, Y., & Chen, H. (2023). Characterization of chitosan/eugenol-loaded IRMOF-3 nanoparticles composite films with sustained antibacterial activity and their application in postharvest preservation of strawberries. *LWT*, *186*, 115270. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115270>

- Dhall, R. (2013). Ethylene in Post-harvest Quality Management of Horticultural Crops: A Review. *Research & Reviews: A Journal of Crop Science and Technology*, 2(2), 9-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.37591/rrjocst.v2i2.2196>
- Fecka, I., Nowicka, A., Kucharska, A. Z., & Sokół-Łętowska, A. (2021). The effect of strawberry ripeness on the content of polyphenols, cinnamates, L-ascorbic and carboxylic acids. *Journal of Food Composition and Analysis*, 95, 103669. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103669>
- Frígola, A. (2016). Role of Potassium Permanganate Ethylene on Physicochemical Properties, during Storage of Five Different Tomato Cultivars. *MOJ Food Processing & Technology*, 3(2). <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2016.03.00069>
- Gaikwad, K., Singh, S., & Negi, Y. (2020). Ethylene scavengers for active packaging of fresh food produce. En *Environmental Chemistry Letters* (Vol. 18, Número 2, pp. 269-284). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s10311-019-00938-1>
- Hazel Álvarez-Hernández, M. (2021). *Innovative development and validation of nanomaterials as ethylene adsorbers to extend the shelf-life of horticultural commodities* [PhD Thesis]. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Hu, B., Sun, D.-W., Pu, H., & Wei, Q. (2019). Recent advances in detecting and regulating ethylene concentrations for shelf-life extension and maturity control of fruit: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 66-82. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.06.010>
- Javanmardi, J., & Kubota, C. (2006). Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41(2), 151-155. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.03.008>
- Joung, J., Boonsiriwit, A., Kim, M., & Lee, Y. S. (2021). Application of ethylene scavenging nanocomposite film prepared by loading potassium permanganate-impregnated halloysite nanotubes into low-density polyethylene as active packaging material for fresh produce. *LWT*, 145, 111309. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111309>

- Kartal, S., Aday, M. S., & Caner, C. (2012). Use of microperforated films and oxygen scavengers to maintain storage stability of fresh strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 71, 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.04.009>
- Manzano-Mendez, J., Hicks, J. R., & Masters, J. F. (1984). Influence of Storage Temperature and Ethylene on Firmness, Acids, and Sugars of Chilling-sensitive and Chilling-tolerant Tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 109(2), 273-277. <https://doi.org/10.21273/JASHS.109.2.273>
- Ministerio de Agricultura, P. y A. (2022a). *Datos del desperdicio alimentario en hogares*. Análisis de desperdicio alimentario dentro del hogar. Informe anual. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/desperdicio/informeanualdeldesperdicioalimentarioenloshogaresespanoles2022_v2_tcm30-659669.pdf
- Ministerio de Agricultura, P. y A. (2022b). *Informe del Consumo Alimentario en España 2022*. Resultados totales de la fruta. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/informe-consumo-2022-baja-res_tcm30-655390.pdf
- Mitcham, E. (2023, octubre 4). *Strawberry: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality*. <https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/strawberry>
- Mitcham, E., Crisosto, C., & Kader, A. (2024, enero 2). *Apple: Golden Delicious: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality*. <https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/apple-golden-delicious>
- PAA. (2014, febrero 20). *Manifest «Prou malbaratar aliments»*. PLATAFORMA PER L'APROFITAMENT DELS ALIMENTS. <https://aprofitemelsaliments.org/manifest-prou-malbaratar-aliments/>
- Park, C., Kim, Y., & Shin, Y. (2016). Effects of an ethylene absorbent and 1-methylcyclopropene on tomato quality and antioxidant contents during storage. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 57(1), 38-45. <https://doi.org/10.1007/s13580-016-0130-9>
- Recasens, I. (2016, octubre). 1-MCP: una nueva herramienta en poscosecha de peras manzanas. *Phytoma* n° 282.

- Rees, D., & Colgan, R. (2011). *Testing ethylene control technologies in domestic fridges*. *Wrap*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28972.49285>
- Rivera Ruiz, A. (2020). *Aplicación de absorbentes de etileno a escala doméstica: estudio de la vida útil y calidad de frutas y verduras frescas* [Trabajo final de grado]. Escola d'Enginyeria Agroalimentària i de Biosistemes de Barcelona (UPC).
- Saltveit, M. (1999). Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 279-292. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(98\)00091-X](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00091-X)
- Sammi, S., & Masud, T. (2007). Effect of Different Packaging Systems on Storage Life and Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* var. Rio Grande) during Different Ripening Stages. *Internet Journal of Food Safety*, 9, 37-44.
- Sharma, S., Sharma, R., Pal, R., Jhalegar, M., Singh, J., Srivastav, M., & Dhiman, M. (2012). Ethylene absorbents influence fruit firmness and activity of enzymes involved in fruit softening of Japanese plum (*Prunus salicina* Lindell) cv. Santa Rosa. *Fruits*, 67(4), 257-266. <https://doi.org/10.1051/fruits/2012021>
- Stallin Mera Paredes, J. (2015). *MANEJO POSCOSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS* [Memoria descriptiva]. Universidad Nacional de la amazonia peruana. Facultad de industrias alimentarias.
- Tosetti, R., Elmi, F., Pradas, I., Cools, K., & Terry, L. A. (2020). Continuous Exposure to Ethylene Differentially Affects Senescence in Receptacle and Achene Tissues in Strawberry Fruit. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00174>
- UCDavis. (2023, octubre 4). *Tomato: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality*. <https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/tomato>
- Wang, S., Zhou, Q., Zhou, X., Wei, B., & Ji, S. (2018). The effect of ethylene absorbent treatment on the softening of blueberry fruit. *Food Chemistry*, 246, 286-294. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.004>

Wills, R., & Kim, G. (1995). Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 6(3-4), 249-255. [https://doi.org/10.1016/0925-5214\(95\)00005-Q](https://doi.org/10.1016/0925-5214(95)00005-Q)

Zahirul, M., Lee, Y.-T., Akter, M., Choi, I.-L., & Kang, H.-M. (2019). Effect of fruit size on fruit quality, shelf life and microbial activity in cherry tomatoes. *AIMS Agriculture and Food*, 4(2), 340-348. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2019.2.340>