



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
INGENIERO AGRÍCOLA

**“EFECTOS DEL ETILENO Y EL 1-MCP SOBRE LA
CALIDAD POST-COSECHA DE LOS FRUTOS DE
CALABACÍN MUC-16 CONSERVADOS EN FRÍO”**

Alumno: Juan Manuel Vidaña Sánchez

Directores:

D. Juan Luis Valenzuela Manjón-Cabeza

Dña. Zoraida Megías Sierra

Gracias a mi director D. Juan Luis Valenzuela por el interés mostrado en dirigir este trabajo y su absoluta disponibilidad en todo momento, al igual que a Dña. Zoraida Megías por su ayuda fundamental para desarrollarlo. Quiero agradecer de manera muy especial a Dña. Maria del Mar Reboloso su generosidad, trabajo y colaboración en todo momento, ya que, sin ella no hubiera sido posible. Por último, gracias a mi familia y amigos por su apoyo en todo momento.

ÍNDICE

1. INTERÉS Y OBJETIVOS	11
1.1 Importancia actual del calabacín en España y Almería	11
1.2. Interés de la investigación.....	12
1.3. Objetivos de la investigación	13
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1. Calabacín	15
2.1.1. Origen y utilización.....	15
2.1.2. Clasificación taxonómica	16
2.1.3. Descripción botánica	17
2.1.4. Descripción morfológica	17
2.1.5. Requerimientos edafoclimáticos del calabacín.	19
2.1.5.1. Temperatura.....	19
2.1.5.2. Humedad.....	20
2.1.5.3. Luminosidad.	21
2.1.5.4. Suelo.	21
2.2. Floración de <i>Cucurbita pepo</i>	21
2.3. Fructificación de <i>Cucurbita pepo</i>	21
2.3.1. Polinización.....	21
2.3.2. Desarrollo del fruto	22
2.4. Recolección y comercialización de calabacín	23
2.4.1. Normas de comercialización.....	24
2.4.1.1. Normas europeas.	24
2.4.1.2. Normas autonómicas.	24

2.5. Papel del etileno y el 1-MCP en calabacín	25
2.5.1. Papel del etileno en el desarrollo del calabacín	25
2.5.1.1. Regulación de la síntesis del etileno.	27
2.5.1.2. Percepción de etileno	28
2.5.1.3. Ruta de transducción de la señal de etileno.....	28
2.5.2. Papel del 1-MCP en el desarrollo del calabacín	29
2.5.2.1. Efecto del 1-MCP en frutas y hortalizas	30
2.5.2.2. Factores que influyen en la efectividad de los tratamientos con 1-MCP	36
2.6. Tecnología de la post-cosecha	38
2.6.1. Factores biológicos que influyen en el deterioro de los frutos en post-cosecha	38
2.6.1.1. Respiración.....	38
2.6.1.2. Producción de etileno.	39
2.6.1.3 Cambios en la composición.....	39
2.6.1.4 Transpiración.....	41
2.6.1.5 Desórdenes fisiológicos.....	41
2.6.1.6 Daños físicos	42
2.6.1.7. Desórdenes patológicos.....	43
2.6.2. Conservación post-cosecha de hortalizas	43
2.6.3. Daños por frío	44
2.6.4. Marchitamiento y pérdidas de peso	45

3. MATERIALES Y MÉTODOS	47
3.1. Emplazamiento del ensayo	47
3.1.1. Instalaciones	48
3.1.2. Sistema de riego	49
3.1.3. Sustrato	50
3.2. Material vegetal	50
3.3. Manejo y labores de cultivo	50
3.3.1. Recolección, tratamiento y almacenamiento	51
3.4. Parámetros medidos en el ensayo y modo de actuación	52
3.4.1. Pérdida de peso	52
3.4.2. Textura	53
3.4.3. Daños por frío	55
3.4.4. Producción de etileno	56
3.4.5. Producción de CO ₂	57
3.5. Tratamiento estadístico	58

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
4.1. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la pérdida de agua	59
4.2. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre los daños por frío.....	62
4.3. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la producción de CO ₂	66
4.4. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la producción de etileno ...	69
4.5. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la firmeza	72
5. CONCLUSIONES	77
6. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	79
6.1. Bibliografía:.....	79
6.2. Webgrafía:	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la producción por productos de la campaña 2014/2015 respecto a la producción de la campaña anterior (Fuente: Anuario Agrícola 2015).....	11
Figura 2. Evolución de la producción obtenida del cultivo de calabacín en la provincia de Almería en los últimos años (Fuente: Anuario Agrícola 2015).	12
Figura 3. Planta de calabacín	17
Figura 4. Morfología de la flor femenina de <i>Cucurbita pepo</i>	18
Figura 5. Morfología de la flor masculina de <i>Cucurbita pepo</i>	19
Figura 6. Fases de crecimiento del fruto	23
Figura 7. Diferencias entre la respiración y crecimiento de frutos climatéricos y no climatéricos	25
Figura 8. Esquema de la ruta de biosíntesis del etileno (Yang y Hoffman, 1984).....	27
Figura 9. Esquema de la ruta de transducción de la señal de etileno. Tomado de Manzano, 2009	29
Figura 10. Esquema que representa la union de una molécula de etileno y otra de 1-MCP con los receptores de membrana	31
Figura 11. Efecto del 1-MCP en flores. Gillén, 2009	35
Figura 12. Efecto de la dosis del 1-MCP sobre tomates ‘Raf’. Guillén, 2009	37
Figura 13. Vista aérea de la finca UAL-ANECOOP.....	47
Figura 14. Vista exterior del invernadero tipo multitúnel donde se realizó el ensayo.....	48
Figura 15. Vista interior del invernadero tipo multitúnel donde se realizó el ensayo.....	48
Figura 16. Disposición de los ramales portagoteros	49
Figura 17. Cámaras de conservación a 4 °C.....	52
Figura 18. Balanza de precisión.....	53
Figura 19. Texturómetro del laboratorio 222 de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Almería y detalle de la sonda del texturómetro.....	54

Figura 20. Gráfico de un ensayo de textura con un texturómetro Stable Microsystem TA- XTPlus.....	54
Figura 21 A. Calabacines de la variedad “Muc-16” valorados en DF con (1 - 1,5).....	56
Figura 21 B. Calabacines de la variedad “Muc-16” valorados en DF con (4 – 4).....	56
Figura 22. Botes utilizados para la acumulación de etileno.....	57
Figura 23. Cromatógrafo de gases utilizado para medir etileno	57
Figura 24. Analizador fijo de O ₂ / CO ₂ “CheckMate II”	58
Figura 25. Efecto del etileno (200 ppm) y 1-MCP (2400 ppb) sobre la pérdida de peso en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.....	60
Figura 26. Efecto del etileno (100 ppm) y 1-MCP (1200 ppb) sobre la pérdida de peso en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	61
Figura 27. Efecto del etileno (50 ppm) y 1-MCP (600 ppb) sobre la pérdida de peso en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	61
Figura 28. Efecto del etileno (200 ppm) y 1-MCP (2400 ppb) sobre los daños por frío en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	63
Figura 29. Efecto del etileno (100 ppm) y 1-MCP (1200 ppb) sobre los daños por frío en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	64
Figura 30. Efecto del etileno (50 ppm) y 1-MCP (600 ppb) sobre los daños por frío en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	64
Figura 31. Evaluación de los daños por frío en los frutos de calabacín de la “Experiencia 1”	65
Figura 32. Evaluación de los daños por frío en los frutos de calabacín de la “Experiencia 2”	65
Figura 33. Evaluación de los daños por frío en los frutos de calabacín de la “Experiencia 3”	66
Figura 34. Efecto del etileno (200 ppm) y 1-MCP (2400 ppb) sobre la producción de CO ₂ en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	68
Figura 35. Efecto del etileno (100 ppm) y 1-MCP (1200 ppb) sobre la producción de CO ₂ en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	68

Figura 36. Efecto del etileno (50 ppm) y 1-MCP (600 ppb) sobre la producción de CO ₂ en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	69
Figura 37. Efecto del etileno (200 ppm) y 1-MCP (2400 ppb) sobre la producción de etileno en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	71
Figura 38. Efecto del etileno (100 ppm) y 1-MCP (1200 ppb) sobre la producción de etileno en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	71
Figura 39. Efecto del etileno (50 ppm) y 1-MCP (600 ppb) sobre la producción de etileno en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	72
Figura 40. Efecto del etileno (200 ppm) y 1-MCP (2400 ppb) sobre la firmeza en la zona apical en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	74
Figura 41. Efecto del etileno (200 ppm) y 1-MCP (2400 ppb) sobre la firmeza en la zona peduncular en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	74
Figura 42. Efecto del etileno (100 ppm) y 1-MCP (1200 ppb) sobre la firmeza en la zona apical en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	75
Figura 43. Efecto del etileno (100 ppm) y 1-MCP (1200 ppb) sobre la firmeza en la zona peduncular en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	75
Figura 44. Efecto del etileno (50 ppm) y 1-MCP (600 ppb) sobre la firmeza en la zona apical en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	76
Figura 45. Efecto del etileno (50 ppm) y 1-MCP (600 ppb) sobre la firmeza en la zona peduncular en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Temperaturas críticas para el cultivo de calabacín en las distintas fases de su desarrollo.....	19
Tabla 2: Rangos de humedad óptimos para el desarrollo del fruto de calabacín en invernadero.....	20
Tabla 3: Intervalos de ph óptimos para el desarrollo del cultivo de calabacín	21
Tabla 4. Periodo de recolección del calabacín según la fecha de siembra.....	23
Tabla 5: Efecto del 1-MCP sobre el metabolismo del fruto y la calidad organoléptica	31
Tabla 6: Efecto del 1-MCP sobre la calidad nutritiva y los compuestos bioactivos. ↑: Aumenta, ↓: disminuye, ↔: no afecta	33
Tabla 7. Efecto del 1-MCP sobre desórdenes fisiológicos durante el almacenamiento.....	34

1. INTERÉS Y OBJETIVOS

1.1 Importancia actual del calabacín en España y Almería

El calabacín (*Cucurbita pepo* L.) es uno de los cultivos hortícolas más relevantes dentro de la agricultura intensiva almeriense y en el que cada campaña va adquiriendo mayor trascendencia (**Figura 1**) representando el 76,57% de la producción y el 67,29% de la superficie cultivada en el territorio español (Anuario de estadística. Ministerio de Agricultura, pesca y medio ambiente, 2014). Estos datos muestran la importancia que tiene Almería en este tipo de cultivo, donde es uno de los ocho principales cultivos hortícolas y el líder indiscutible en la producción española. Además, la comunidad autónoma donde existe mayor producción y superficie de esta hortaliza es Andalucía, acaparando el 84,25% de la producción y el 76,77% de la superficie (Anuario de estadística. Ministerio de Agricultura, pesca y medio ambiente, 2014).

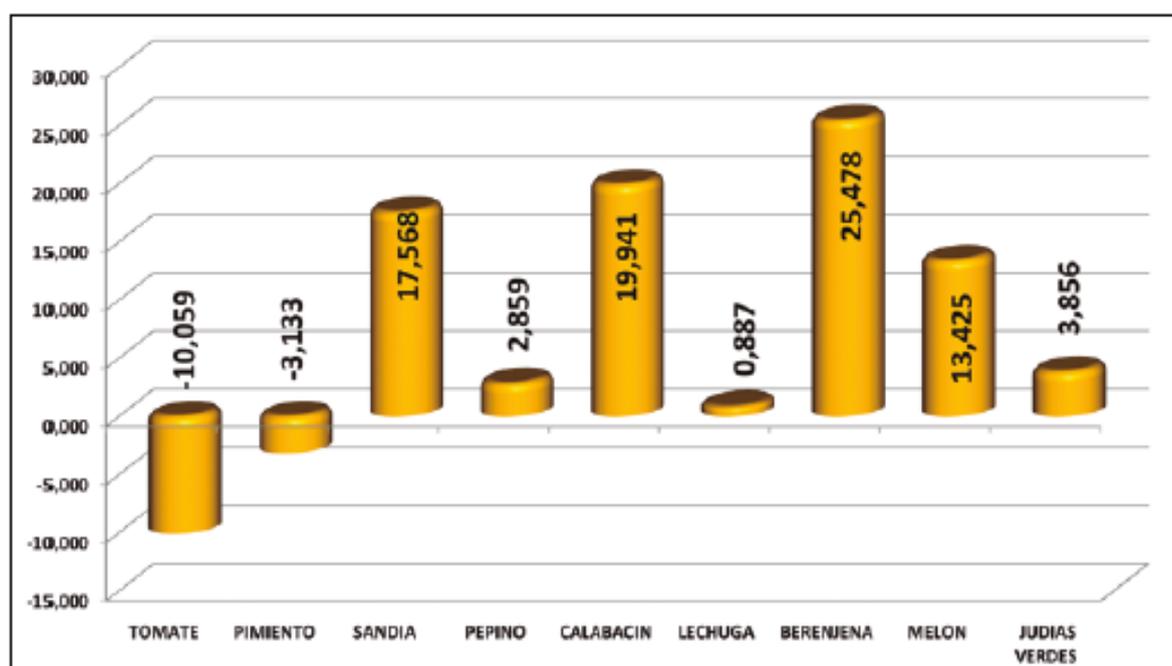


Figura 1. Evolución de la producción por productos de la campaña 2014/2015 respecto a la producción de la campaña anterior (Fuente: Anuario Agrícola 2015).

El cultivo del calabacín ha experimentado un aumento considerable de la producción en los últimos años (**Figura 2**).

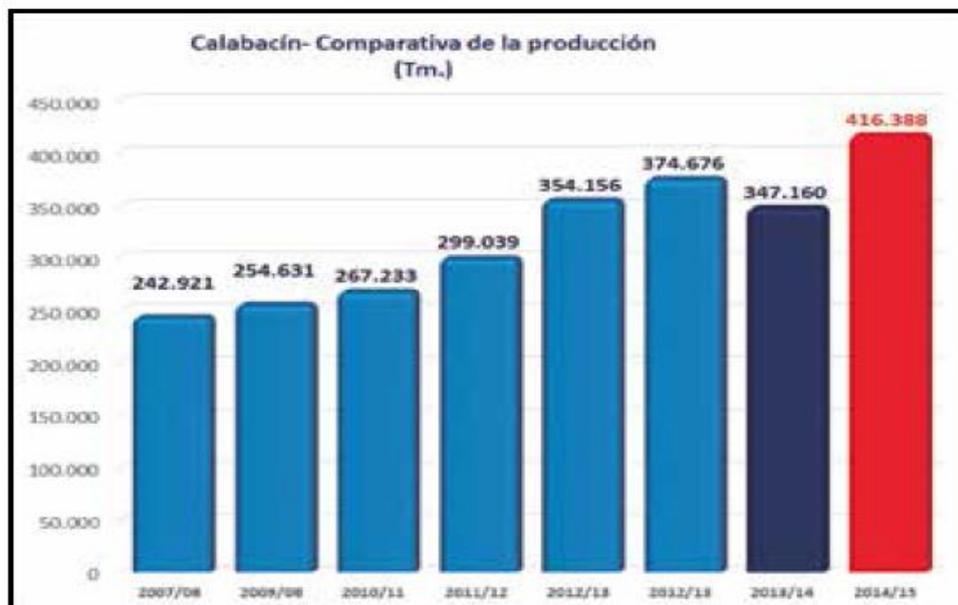


Figura 2. Evolución de la producción obtenida del cultivo de calabacín en la provincia de Almería en los últimos años (Fuente: Anuario Agrícola 2015).

La productividad y rentabilidad de este cultivo depende de características relacionadas con la calidad y conservación de los frutos frescos. La vida comercial es muy importante, especialmente en Almería, debido a que la mayor parte de los productos hortofrutícolas que se producen se exportan a Europa conservándose en frío durante el transporte.

1.2. Interés de la investigación

El conocimiento que se tiene de los factores fisiológicos y genéticos que influyen en vida comercial de los frutos en las especies no climatéricas como el calabacín es muy pobre. El fruto de calabacín se cosecha antes de alcanzar la madurez fisiológica, y su vida comercial es muy corta, sufriendo las variedades comerciales actuales de calabacín problemas de ablandamiento y daños por frío durante su transporte y comercialización. La pérdida de agua en calabacines es un problema serio y común en post-cosecha. Una vez recolectados, la pérdida de firmeza y el marchitamiento progresan rápidamente a menos que se les enfríe de

inmediato para el almacenamiento a corto plazo. A pesar de que el almacenamiento en frío puede atenuar el ablandamiento de los frutos de calabacín, cuando éstos pasan de nuevo a temperatura ambiente, se manifiestan un conjunto de daños que hacen que los frutos pierdan su valor comercial. Los daños por frío son, por tanto, desórdenes fisiológicos que ocurren en los frutos de origen tropical o subtropical sometidos a bajas temperaturas aunque por encima del punto de congelación (Martínez-Téllez *et al.*, 2002). Las células de los frutos sensibles sufren una serie de daños a nivel de la membrana plasmática y pared celular que se manifiestan como síntomas visibles en el fruto. En calabacín, los síntomas que siguen al daño por frío son el deterioro de la calidad visual y sensorial, picado (pitting) de la superficie, y un progreso rápido del manchado o pardeamiento (Martínez-Téllez *et al.*, 2002).

1.3. Objetivos de la investigación

En este proyecto se pretende estudiar y evaluar el comportamiento post-cosecha de los frutos de calabacín de la variedad “*Muc 16*” al tratarse con etileno o su inhibidor el 1-metilciclopropeno (1-MCP). Los resultados nos permitirán comparar la acción del etileno con el del 1-MCP en la post-cosecha de esta variedad de calabacín durante su conservación en frío. Los objetivos principales son:

1. Estudiar el efecto de los tratamientos post-cosecha con etileno y 1-MCP sobre la producción de etileno en frutos conservados a 4°C durante 14 días.
2. Evaluar el efecto de los tratamientos en el comportamiento post-cosecha (firmeza y pérdida de peso) en frutos conservados a 4°C durante 14 días.
3. Evaluar el efecto de los tratamientos post-cosecha sobre los daños por frío en los frutos.
4. Estudiar la evolución de la producción de etileno y CO₂ y la correlación con el deterioro en la calidad post-cosecha de los frutos durante su frigoconservación.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Calabacín

2.1.1. Origen y utilización

El calabacín (*Cucurbita pepo* ssp. *pepo*), pertenece al género *Cucurbita*. Las especies cultivadas son *C. pepo*, *C. moschata*, *C. maxima*, *C. ficifolia* y *C. argirosperma*, siendo *C. pepo* la especie cultivada con mayor importancia económica a nivel mundial. *Cucurbita* es un género de origen americano, caracterizado por sus hojas grandes palmeadas, por sus flores amarillo-anaranjadas productoras de néctar y polinizadas por abejas, y por sus frutos grandes, duros, esféricos e indehiscentes.

El calabacín se corresponde con variedades del morfotipo *Zucchini*. La palabra *Zucchini* proviene del diminutivo en plural de la voz italiana “zucca” que significa calabaza de verano. Las variedades de *Zucchini* que se cultivan actualmente son híbridos mejorados en América en los últimos 50 años, obtenidos a partir de variedades italianas, en su mayoría de frutos verde oscuro o amarillo, habiéndose convertido en la calabaza de verano más importante económicamente.

El calabacín tipo *Zucchini* se caracteriza por sus frutos cilíndricos, nada o poco afilados, con una relación longitud-anchura de 3,5 a 4,5. En la mayoría de los casos el fruto es verde oscuro imponiéndose sobre los tipos amarillentos iniciales. Es una planta rastrera y monoica, con flores unisexuales axilares.

2.1.2. Clasificación taxonómica

- **Reino:** Plantae

- **División:** Tracheophyta

- **Clase:** Manoliopsida

- **Superorden:** Rosanae

- **Orden:** Cucurbitales

- **Tipo:** Fanerógamate
 - Subtipo:** Angiospermasie

- **Familia:** Cucurbitaceae

- **Género:** Cucurbita pepo L.

- **Especie:** Cucurbita pepo
 - Subespecie:** pepo

2.1.3. Descripción botánica

Es una planta herbácea, anual y de porte rastrero. El tallo es cilíndrico, grueso, asurcado, áspero y con los entrenudos cortos. Las hojas son grandes, palmeadas y con los bordes aserrados. Los peciolo son largos, huecos y están recubiertos de pelos.

El sistema radicular está formado por una raíz principal y por raíces secundarias que se extienden superficialmente. Las flores son solitarias, axilares y acampanadas. La apertura y cierre de flores es diaria. El fruto es una baya carnosa y presentan formas alargadas y redondas. En el mercado se pueden encontrar frutos que van desde el verde oscuro hasta el blanco.

2.1.4. Descripción morfológica

La planta de calabacín es anual, de crecimiento indeterminado y vegetación compacta (**Figura 3**).



Figura 3. Planta de calabacín.

La raíz del calabacín es axonomorfa, alcanzando ésta un gran desarrollo en relación con las raíces secundarias, las cuales se extienden superficialmente.

El tallo es principal con un crecimiento en forma sinuosa (Camacho, 2002), no erecto, alcanzando gran desarrollo. Tiene entrenudos cortos de donde parten hojas, flores, frutos y numerosos zarcillos de 10-20 cm de longitud, delgados y que nacen junto al pedúnculo del fruto (Reche, 1997).

La planta de calabacín tiene grandes hojas, sostenidas por fuertes y alargados pecíolos. Estos parten directamente del tallo, alternándose en forma helicoidal. El limbo de la hoja es grande. El borde de las hojas es dentado y palmeado presentando cinco grandes segmentos.

Las flores son grandes, solitarias, vistosas, axilares, de color amarillo y acampanadas. La planta de calabacín es monoica, por lo que se dan simultáneamente flores masculinas y femeninas (**Figura 4 y 5**). Con temperaturas bajas y días cortos se propicia la formación de flores femeninas, mientras que con temperaturas altas y gran luminosidad son las flores masculinas las que se ven favorecidas en su formación. La polinización es entomófila, lo que favorece la alogamia o polinización cruzada (Reche, 1997).



Figura 4. Morfología de la flor femenina de *Cucurbita pepo*.



Figura 5. Morfología de la flor masculina de *Cucurbita pepo*.

2.1.5. Requerimientos edafoclimáticos del calabacín.

El calabacín es una planta muy extendida por zonas con climas templados o cálidos, al igual que otras cucurbitáceas. No es tan exigente en altas temperaturas como el melón, pepino y sandía; y presenta mayor rusticidad que estos cultivos. En Almería, la mayor rentabilidad del calabacín se obtiene en otoño e invierno, épocas en donde las variables climáticas pueden afectar a su desarrollo.

2.1.5.1. Temperatura

La temperatura óptima del suelo es recomendable entre los 20-25 °C (**Tabla 1**). La temperatura óptima para el desarrollo vegetativo está entre los 25 y 35 °C. La temperatura óptima para la floración se sitúa en unos 20 °C por la noche y, aproximadamente, 25 °C por el día. Por debajo de 10 °C se produce la abscisión de las flores y deformación de frutos (Reche, 1997).

Fases del cultivo	T ^a óptima	T ^a mínima	T ^a máxima
Siembra (T ^a del suelo)	20-25	15	40
Desarrollo vegetativo	25-30	10	35
Floración	20-25	10	35

Tabla 1. Temperaturas críticas para el cultivo de calabacín en las distintas fases de su desarrollo.

2.1.5.2. Humedad.

El calabacín es una planta con grandes exigencias en cuanto a humedad relativa del aire. (Tabla 2). Los valores óptimos en invernadero se sitúan entre el 65% y el 80%. Del mismo modo, es exigente en humedad del suelo, necesaria para el desarrollo de la gran masa vegetativa de la planta y para la formación del fruto, ya que contiene aproximadamente un 95% de agua. Excesos de humedad en el suelo impiden la germinación, no obstante requiere valores de humedad del suelo en torno al 95%.

Humedad	Rango óptimo
Humedad del aire	65-80%
Humedad del suelo	95%

Tabla 2. Rangos de humedad óptimos para el desarrollo del fruto de calabacín en invernadero

2.1.5.3. Luminosidad.

Es una planta de día neutro (Camacho, 2002), por lo que, no le afecta de manera excesiva la duración del día, no existiendo problemas de floración cultivado bajo invernadero. Esto nos indica que puede cultivarse en cualquier época del año (Reche, 1997).

2.1.5.4. Suelo.

El calabacín es medianamente tolerante a la salinidad del suelo y del agua de riego. Se adapta a terrenos con valores de pH entre 5 y 7, pero prefiere suelos algo ácidos, con valores medios entre 5,6-6,8 (**Tabla 3**) (Reche, 1997). En general, los suelos alcalinos pueden provocar algunos síntomas de carencias.

pH	Rango óptimo
pH del suelo	5,6-6,8

Tabla 3. Intervalos de pH óptimos para el desarrollo del cultivo de calabacín.

2.2. Floración de *Cucurbita pepo*.

El calabacín es una especie monoica, donde las flores masculinas o femeninas se desarrollan a lo largo de la planta. Esto provoca que el cuajado del fruto de esta especie sea dependiente de polinizadores o de tratamientos químicos con auxinas sintéticas que inducen partenocarpia.

2.3. Fructificación de *Cucurbita pepo*

2.3.1. Polinización

Cucurbita pepo, al ser una planta entomófila de polinización cruzada, realiza su polinización a través de insectos, principalmente abejas. En los cultivos de otoño e invierno en invernadero, la baja actividad de los polinizadores hace necesario el uso de fitoreguladores para inducir el cuajado y el crecimiento de los frutos.

2.3.2. Desarrollo del fruto

Cuando el polen de la misma u otra planta entra en contacto con el estigma de la flor femenina, éste germina en menos de 30 minutos en condiciones normales (Suzuki, 1969; Sedgley y Buttrose, 1978). Los tubos polínicos se extienden a lo largo del tejido de conducción del estilo hasta el ovario y los óvulos (Poole y Porter, 1933).

Para una polinización acertada, tanto las flores masculinas como las femeninas deben abrirse el mismo día (Rylski y Aloni, 1990) pero esto depende de ciertas condiciones climáticas.

El desarrollo del ovario hasta convertirse en fruto (**Figura 6**) se divide en tres fases:

- Fase I o de división celular: crecimiento exponencial del fruto debido a una intensa división celular.
- Fase II o de expansión celular: crecimiento lineal del fruto debido a la expansión de las nuevas células formadas por división en la fase I.
- Fase III o de maduración: finaliza el crecimiento para dar lugar a la maduración del fruto.

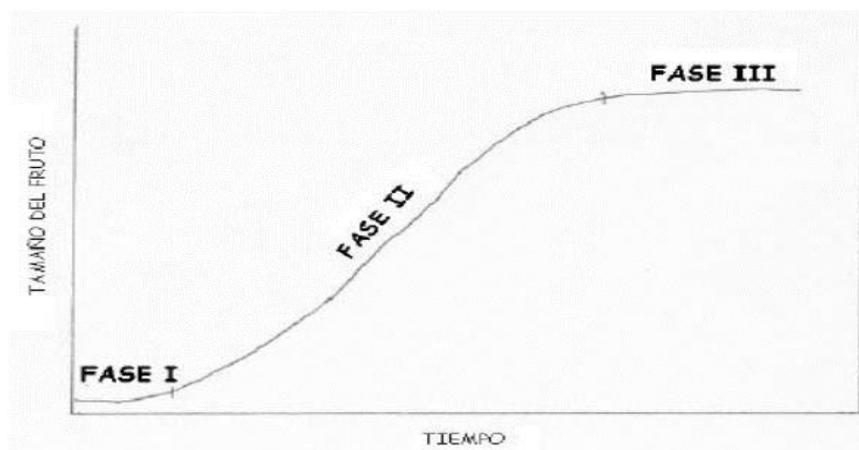


Figura 6. Fases de crecimiento del fruto.

El crecimiento del fruto está regulado por las hormonas de la semilla o de la pared del ovario (en frutos partenocárpicas). Todavía no se dispone de variedades comerciales partenocárpicas de calabacín, cuyos frutos cuajen y se desarrollen en ausencia de polinización o tratamientos hormonales. Por tanto, el cuajado en invernadero se realiza mediante tratamientos hormonales que inducen la partenocarpia. Las auxinas son las hormonas que de manera más importante regulan el cuajado de los frutos en cucurbitáceas (Wien, 1997). La combinación de las auxinas sintéticas ANA y ANA-amida es la óptima para favorecer el cuajado del fruto (Sanz, 1995).

2.4. Recolección y comercialización de calabacín

La fecha de recolección del calabacín depende fundamentalmente de dos factores: el ciclo del cultivo y la variedad sembrada (tabla 4).

Fecha de siembra	Recolección
1º de Noviembre	Febrero-Junio
Final de Noviembre	Febrero-Abril
Final de Agosto	Octubre-Diciembre
Septiembre-October	Noviembre-Enero
1º de Enero	Marzo-Junio
1º de Octubre	Mediados de Noviembre –Primeros de Febrero

Tabla 4. Periodo de recolección del calabacín según la fecha de siembra.

El momento apropiado para la recolección llega cuando las flores adheridas a la zona apical del fruto inician su proceso de desecación. La frecuencia de recolección suele variar entre 2-3 días durante la fase productiva y hasta 3-7 días al final del ciclo del cultivo. En grandes extensiones es recomendable que la recolección se haga diariamente.

Después de la recolección tiene lugar la manipulación de los calabacines, la cual, debe ser muy cuidadosa, debido a que la piel de estos frutos es muy sensible a magulladuras provocando un daño en el fruto irreversible.

Una vez seleccionados y clasificados por tamaños en la explotación, son enviados a los Mercados en Origen o a las agrupaciones de agricultores, donde llevan a cabo la normalización del producto: limpieza, calibrado, clasificado, envasado y etiquetado, de acuerdo con el destino de dicha mercancía: hacia el mercado interior o para la exportación.

2.4.1. Normas de comercialización

2.4.1.1. Normas europeas.

A nivel europeo, las normas de comercialización de productos hortofrutícolas aparecen en el Reglamento de Ejecución (UE) n° 543/2011 de la Comisión, de 7 de junio de 2011, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n° 1234/2007 del Consejo en los sectores de las frutas y hortalizas y de las frutas y hortalizas transformadas. En el artículo 3 de dicho reglamento, se establece que las frutas y hortalizas no cubiertas por una norma de comercialización específica se ajustarán a la norma general de comercialización (Anexo I del reglamento). Éste sería el caso del calabacín.

2.4.1.2. Normas autonómicas.

En Andalucía, la Orden de 7 de octubre de 2008, fija los requisitos mínimos de calidad que deben cumplir determinadas frutas y hortalizas en la recepción y antes de ser expuestos para la venta, puestos en venta, vendidos, entregados o comercializados de cualquier otra forma por el productor, y establece que una vez tipificados dichos productos por el productor, éstos deberán ser normalizados por el receptor de los mismos en una instalación debidamente inscrita en el R.I.A. (Registro de Industrias Agroalimentarias) , conforme a las normas de

comercialización comunitarias y/o estatales, antes de que salga de la zona de producción con destino al consumidor final.

2.5. Papel del etileno y el 1-MCP en calabacín

2.5.1. Papel del etileno en el desarrollo del calabacín

El etileno es una hormona natural que regula los aspectos relacionados con el crecimiento, desarrollo y senescencia de los frutos (Kader, 1992) siendo responsable de los cambios que ocurren desde que los frutos pasan de inmaduros a sobre-maduros. En los frutos climatéricos, el comienzo de la maduración está marcado por una producción autocatalítica de etileno (endógeno) acompañada por un aumento en la tasa respiratoria que induce a todos los cambios asociados a la maduración (**Figura 7**): pérdida de firmeza (ablandamiento), cambios en la coloración, pérdida de acidez, desarrollo de aromas y finalmente senescencia de forma irreversible. Estas características no se dan en frutos no climatéricos, ya que los frutos no muestran un cambio en su tasa respiratoria que pueda ser asociado con cambios en su composición (McGlasson, 1985).

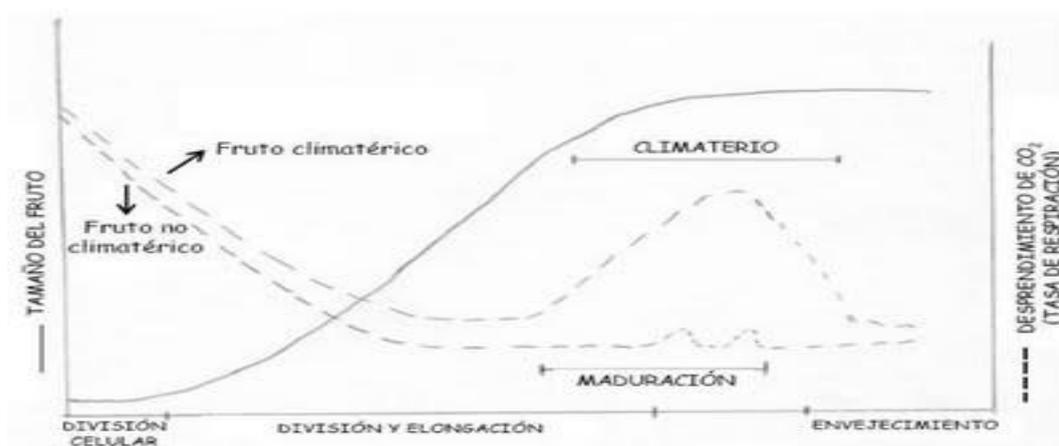


Figura 7. Diferencias entre la respiración y crecimiento de frutos climatéricos y no climatéricos. Tomado de Rafael Alique, 2000.

Además del etileno endógeno, los vegetales recolectados pueden estar afectados por etileno exógeno, el cual estimula la producción autógena de etileno en los frutos climatéricos y, en los no climatéricos, acelera el proceso de maduración (Suárez, 1990). La exposición a etileno induce al amarilleamiento de los tejidos verdes y acelera la degradación de la clorofila y la pérdida de firmeza de los frutos, debido a que incrementa las actividades de las enzimas pectinasa, esterasa, polifenol oxidasa y peroxidasa. También promueve cambios que son importantes para la calidad gustativa como la conversión de almidón a azúcares, la pérdida de acidez y la formación de los aromas en frutos climatéricos.

El etileno se ha relacionado con diversos desórdenes fisiológicos de post-cosecha. La incidencia y severidad de estos desórdenes dependen del estado fisiológico del producto, la temperatura, la concentración de etileno y la duración de la exposición (Kader, 1985).

El etileno es también la hormona que se produce en condiciones de estrés. La inducción a su biosíntesis se puede producir en respuesta a una invasión patógena, heridas, golpes, agresiones químicas o térmicas, daño por frío, y otras condiciones de estrés. Por ejemplo, un fruto infectado con hongos produce grandes cantidades de etileno (McGlasson, 1985).

Otro efecto muy característico del etileno sobre el crecimiento de las plantas es la denominada triple respuesta sobre plántulas crecidas en oscuridad, que consiste en un acortamiento y engrosamiento del hipocótilo y de la raíz, pronunciación de la curvatura en gancho de la zona apical, y proliferación de los pelos de la raíz (Decker, 1988). También es conocido su papel feminizante sobre las especies monoicas de cucurbitáceas. La aplicación de etefón incrementa el número de flores femeninas en diferentes cucurbitáceas, incluido el calabacín (Manzano, 2009).

2.5.1.1. Regulación de la síntesis del etileno.

El etileno se sintetiza a partir del aminoácido metionina en tres reacciones:

1. Conversión de metionina a S-adenosil-metionina. La enzima que cataliza esta reacción es la AdoMet Sintasa.
2. Conversión de S-adenosil-metionina a 1-aminociclopropano 1-carboxílico (ACC). La enzima que cataliza esta reacción es la ACC sintasa (ACS).
3. Conversión del ACC a etileno en una reacción catalizada por la ACC oxidasa (ACO). Esta reacción libera CO₂ y consume oxígeno (Yang y Hoffman, 1984) (**Figura 8**).

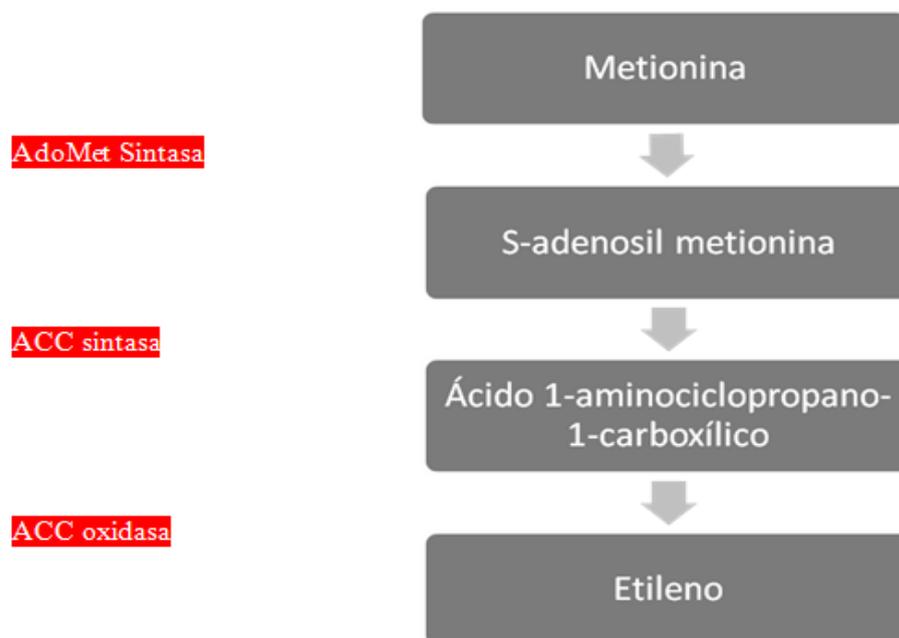


Figura 8. Esquema de la ruta de la biosíntesis del etileno (Yang y Hoffman, 1984)

Esta biosíntesis está regulada por una serie de factores exógenos y endógenos como pueden ser la maduración, los estreses bióticos o abióticos, y las auxinas. Durante estos procesos

se inducen la síntesis de ACC y de etileno a través de un aumento de la actividad de las enzimas ACS y ACO (Citado por Manzano 2009).

2.5.1.2. Percepción de etileno

Las responsables de percibir el etileno y disparar la respuesta de esta hormona en las células vegetales son unas proteínas, que se localizan en las membranas del retículo endoplasmático y que son capaces de unir la molécula de etileno y disparar la cascada de señalización de respuesta a etileno (Manzano, 2009).

Las plantas mutantes para receptores de etileno no responden a esta hormona por lo que las plantas etioladas presentan una curvatura apical ligera así como hipocótilos y raíces largas, mientras que las plantas silvestres muestran un fenotipo normal de triple respuesta, es decir, acortamiento y engrosamiento del hipocótilo y de la raíz, pronunciación de la curvatura en gancho de la zona apical, y proliferación de los pelos de la raíz.

2.5.1.3. Ruta de transducción de la señal de etileno.

Se conocen una serie de proteínas que configuran la secuencia de la ruta de transducción de la señal de etileno que terminan con la activación de los factores de transcripción denominados ERFs (factores de respuesta a etileno) (**Figura 9**), (Kendrick y Chang, 2008).

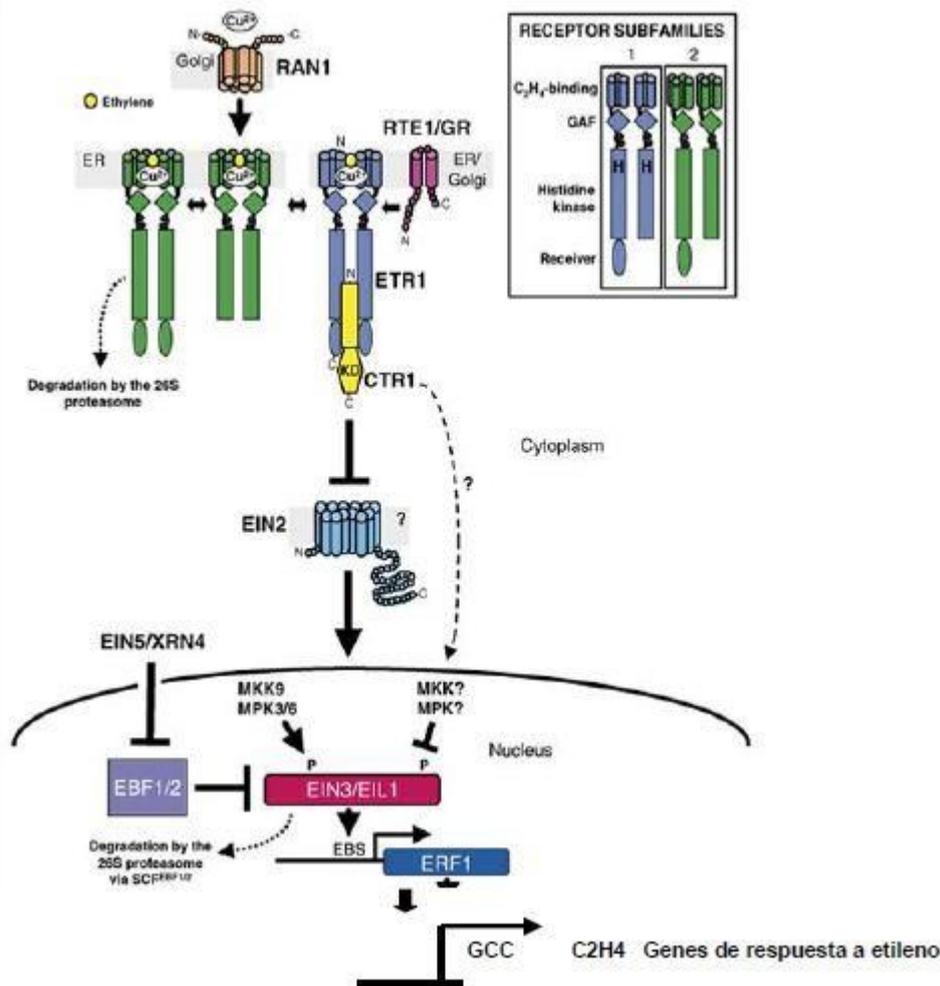


Figura 9. Esquema de la ruta de transducción de la señal de etileno. Tomado de Manzano, 2009.

2.5.2. Papel del 1-MCP en el desarrollo del calabacín

El 1-MCP (1-metilciclopropeno) está clasificado como un regulador de crecimiento, con un modo de acción inocuo para el ser humano, demostrando su efecto al retrasar la senescencia natural. Su descubrimiento ha puesto de manifiesto tanto su potente actividad como inhibidor de la acción del etileno como su capacidad de mantener la calidad en post-recolección de muchos productos vegetales bloqueando la acción del etileno. Los primeros trabajos y el desarrollo comercial del producto se realizaron en flores demostrando su efecto al retrasar la senescencia natural. El producto se ha comercializado bajo el nombre de “Ethylblock” para flores y “Smartfresh” para frutos y hortalizas, dando buenos resultados

especialmente en las frutas de otoño. En ambos casos, el tratamiento se basa en una aplicación gaseosa del producto a través de la volatilización del compuesto con agitación o aireación en una cámara cerrada. A pesar de la existencia de diferentes compuestos que inhiben la acción del etileno, el 1-metilciclopropeno (1-MCP) es considerado como la mejor alternativa, debido a que es un producto volátil a temperatura ambiente, efectivo a bajas concentraciones, inodoro, no contamina el agua, no deja residuos en los frutos después del tratamiento y es inocuo, (Ku et al., 1999).

2.5.2.1. Efecto del 1-MCP en frutas y hortalizas

El efecto general del 1-MCP en los productos hortofrutícolas es el de detener la maduración de éstos. Así sucede en manzanas, peras, kiwis, damascos, ciruelas, etc. Sin embargo, en algunos frutos como bananas, higos y pomelos, la producción de etileno se incrementa con la aplicación de 1-MCP, probablemente como resultado de un mecanismo bioquímico de retroalimentación positiva en la ruta de síntesis del etileno. La efectividad de la acción del 1-MCP depende de una interacción entre el tiempo de exposición y la concentración de 1-MCP aplicada: cuanto mayor es el tiempo de exposición, menor es la concentración requerida para alcanzar el mismo efecto.

El 1-metilciclopropeno actuaría bloqueando el acceso del etileno a su sitio en el receptor transmembrana presumiblemente ubicado en la membrana plasmática (**Figura 10**), por lo cual, los tejidos se tornan incapaces de percibir la presencia del etileno.

Para las frutas climatéricas cuya maduración depende del etileno, el éxito de este compuesto sería retrasar la maduración más que detenerla mientras que en las frutas no climatéricas, sería la detención de la senescencia, debido a que, no influye el etileno del mismo modo.

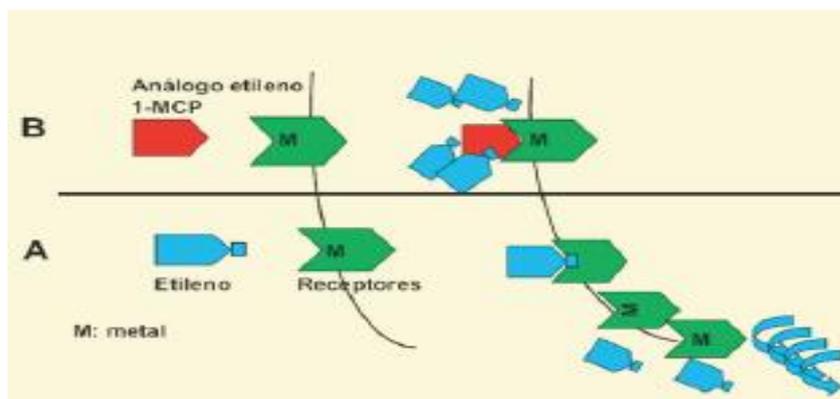


Figura 10. Esquema que representa la unión de una molécula de etileno y otra de 1-MCP con los receptores de membrana. Tomado de Acta Agronómica, 07/2011.

En la tabla 5 podemos observar diferentes efectos producidos por el 1-MCP en diferentes productos hortofrutícolas (Guillén, 2009).

Efecto del 1-MCP sobre la calidad organoléptica y metabolismo del fruto		
Fruto	El 1-MCP reduce o retrasa:	No afecta el 1-MCP
Manzana Albaricoque Ciruela Tomate	Producción de etileno, respiración, ablandamiento, pérdida de acidez, cambios de color, y producción de aromas. Asimismo retrasa las pérdidas de peso en Albaricoque, ciruela y tomate.	Contenido en sólidos solubles y acidez titulable en diferentes variedades.
Plátano Mango	Producción de etileno, respiración, ablandamiento, pérdida de acidez en plátano, cambios de color, y producción de aromas.	Sólidos solubles en ambos frutos y acidez titulable en mango.
Melocotón Nectarina	Producción de etileno, respiración, ablandamiento, pérdida de acidez.	Respiración en algunas variedades de Nectarina. Pérdida de acidez en variedades de melocotón poco ácidas.
Pera Kiwi Aguacate	Producción de etileno, respiración, ablandamiento, cambios de color.	Contenido en sólidos solubles y acidez titulable en Pera y Kiwi.
Caqui Fresa	Producción de etileno, ablandamiento, cambios de color. Sólidos solubles en fresas.	Podredumbres y respiración en ambos frutos. Sólidos solubles en caqui.
Hortalizas	El 1-MCP reduce o retrasa:	
Pimiento	Ablandamiento, cambios de color.	
Brócoli	Respiración, ataque fúngico pérdida de ácido ascórbico.	

Tabla 5: Efecto del 1-MCP sobre el metabolismo del fruto y la calidad organoléptica.

Con respecto a la calidad organoléptica del fruto, en la mayoría de los productos estudiados, el efecto del 1-MCP está muy determinado por la variedad sobre la que se aplica. Este regulador vegetal es capaz de disminuir o retrasar la producción de etileno y CO₂ en la mayoría de los frutos climatéricos estudiados, así como de mantener mayores niveles de firmeza a lo largo

de la conservación post-recolección. Este hecho va a incidir directamente en la aceptación del consumidor, ya que, aumenta la resistencia a los daños mecánicos que el fruto sufre durante su manipulación y almacenamiento.

Por otro lado, de forma general ha mostrado ser efectivo en retrasar e incluso detener los cambios de color en la mayor parte de frutos climatéricos y no climatéricos (Watkins, 2006). Sin embargo, el efecto sobre los sólidos solubles y la acidez varía mucho según el producto estudiado, si bien afecta directamente sobre el índice de madurez de los mismos, retrasando la maduración del producto.

El aroma de los productos hortofrutícolas es otro aspecto que puede estar afectado significativamente por el tratamiento con 1-MCP, pudiendo impactar sobre la aceptabilidad general del consumidor. Se ha observado un retraso en la formación de distintos compuestos volátiles relacionados con el aroma particular del fruto similar al que ejerce el almacenamiento en atmósfera controlada. Este hecho podría ser crítico para aquellos productos y variedades donde el aroma es una característica esperada por el consumidor. Asimismo, el retraso en la formación de compuestos volátiles observado da lugar a que se alcancen los aromas correspondientes a fruta fresca cuando los frutos sin tratar ya han perdido estos aromas, los cuales han sido sustituidos por aromas correspondientes a frutos sobremaduros. El aroma a producto sobremaduro desarrollaría un impacto negativo en la aceptación por parte del consumidor, siendo la inhibición de estos aromas deseable (Watkins, 2006).

Por otro lado, se han observado diferentes efectos del 1-MCP sobre los compuestos bioactivos y la calidad nutritiva de los productos hortofrutícolas (**Tabla 6**). El 1-MCP fue capaz de mantener mayores propiedades antioxidantes en la piel de manzanas así como de distintos compuestos bioactivos (Macleán, 2003; 2006), manifestando la posible acción de este compuesto sobre la calidad nutritiva de los productos. Otro compuesto que se ve afectado por el tratamiento con 1-MCP es el ácido ascórbico o vitamina C. En la mayoría de frutos estudiados tales como melocotón piña o mango, el 1-MCP es capaz de mantener o mejorar los niveles de ácido ascórbico, de igual modo que en tomate y lechuga, aunque encontramos

el efecto contrario cuando se aplicó el tratamiento en pera (Larrigaudiere, 2004).

Parece estar muy relacionado el estado de madurez en el que se aplica el 1-MCP con el contenido en compuestos bioactivos que se alcanza conforme avanza la madurez del fruto, de modo que si un fruto se trata en estado inmaduro, al retrasar o impedir la madurez, tampoco se van a desarrollar los pigmentos y compuestos responsables de las propiedades antioxidantes. Este sería el caso del tomate en el cual el retraso en la síntesis de carotenoides producida por el 1-MCP, revierte directamente en los compuestos bioactivos y por tanto en las propiedades derivadas de ellos (Watkins, 2006), (Citados por Guillén, 2009).

Producto	Efecto del 1-MCP sobre la calidad nutritiva
Manzana	↑ Actividad antioxidante total hidrosoluble y el contenido en compuestos fenólicos en la piel, flavonoides y ácido clorogénico. (cv. Empire). ↑ Actividad antioxidante total hidrosoluble. ↔ Contenido en flavonoides y antocianinas (cv. Red Delicious). ↑ Contenido de vitamina C (cv. Golden Smoothie).
Melocotón	↑ Contenido en vitamina C (cv. Jiubao).
Piña	↑ Contenido en vitamina C (cv. Queen).
Fresa	↓ Contenido en polifenoles totales y antocianinas (cv. Everest).
Albaricoque	↑ Actividad antioxidante total hidrosoluble y carotenoides totales (cv. Búlida).
Pera	↓ Contenido en vitamina C (cv. Blanquilla).
Cereza	↔ Nivel de antocianinas y ácidos hidroxicinámicos (cv. Bing, cv. Rainier y cv. Lambert Compact).
Mango	↑ Contenido en vitamina C (cv. Zihua).
Membrillo	↑ Contenido en vitamina C (cv. Ekmek).
Tomate	↓ Contenido en licopeno, actividad antioxidante total hidrosoluble. ↑ Actividad antioxidante total liposoluble (cv. Raf y cv. De la Pera). ↑ Contenido de vitamina C (variedad sin mencionar). ↓ Contenido en licopeno (cv. Rapsodie).
Tomate Cherry	↑ Contenido en licopeno, y contenido en carotenoides totales (cv. Cerasiforme).
Lechuga	↑ Contenido en vitamina C (cv. Baby Butterhead).

Tabla 6: Efecto del 1-MCP sobre la calidad nutritiva y los compuestos bioactivos.
↑:Aumenta, ↓: disminuye, ↔: no afecta

Otro aspecto importante, ha sido establecer el efecto que tiene el 1-MCP reduciendo la incidencia de diferentes desórdenes fisiológicos que abarcan desde alteraciones asociadas a la senescencia hasta las que están relacionadas con respuestas específicas al estrés (**Tabla 7**). Por ejemplo, escaldadura superficial en manzanas, corazón acuoso en peras, y

pardeamientos internos en ananás, ciruelas, manzanas y peras.

Efecto del 1-MCP sobre desórdenes fisiológicos		
Fruto	Disminuye	Aumenta
Manzana	Escaldado superficial, escaldado húmedo, corazón pardo, y pardeamiento interno.	Podredumbre amarga y contaminación fúngica en algunas variedades.
Albaricoque (cv. Canino)	Pardeamiento interno si el 1-MCP se aplica tras la conservación frigorífica.	Pardeamiento interno durante la conservación frigorífica.
Aguacate (cv. Haas)	Daños por frío.	Ataque fúngico y podredumbres.
Plátano (cv. Cavendish)	Expresión genes de defensa.	Daños por frío y podredumbres.
Mango (cv. Zihua)		Ataque fúngico.
Melón (cv. Solar King)	Daños por frío y salida de electrolitos.	
Nectarina		Pulpa harinosa, y con coloración rojiza.
Pera	Escaldadura superficial y daños por frío.	
Ciruela	Pardeamiento de la pulpa.	Coloración rojiza de la pulpa de algunas variedades.
Naranja	Ataque fúngico.	Daños por frío y podredumbres.
Piña	Daños por frío, amarilleamiento de la piel.	
Fresa	Incidencia microbiana.	Incidencia microbiana aplicando altas concentraciones de 1-MCP.
Lechuga	Coloración rosada.	

Tabla 7. Efecto del 1-MCP sobre desórdenes fisiológicos durante el almacenamiento.

El 1-MCP, en general, muestra un efecto beneficioso sobre las actividades donde el etileno es el factor responsable del desorden fisiológico, o cuando la alteración es provocada por los procesos de maduración o senescencia del fruto, reduciendo la senescencia, la abscisión, la apertura de la flor en el tiempo y ampliando la vida comercial de la planta (**Figura 11**). Sin embargo, el 1-MCP puede provocar un incremento de la incidencia del daño, cuando la susceptibilidad a éste se acentúa por el retraso o inhibición de la maduración.



Figura 11. Efecto del 1-MCP en flores. Gillén, 2009

Un ejemplo de actuación del 1-MCP en alteraciones producidas por el etileno sería la inhibición de los daños por frío de los productos hortofrutícolas, ya que, inhibiría la producción de etileno favoreciendo la conservación del producto. Algunos casos concretos serían el escaldado superficial en manzanas y peras, o el pardeamiento interno del aguacate (Watkins, 2006). Sin embargo el pardeamiento interno y coloraciones rojizas en la pulpa de melocotones, albaricoques o algunas variedades de ciruela aumentaron de forma notable durante el almacenamiento en frío al ser tratados con 1-MCP. De este modo, se ha llegado a la conclusión que es necesaria una cantidad de etileno para disminuir la incidencia de estos daños asociados a la inmadurez del producto (Jiang *et al.*, 2004).

Por otro lado, la conservación en atmósferas enriquecidas en CO₂ son capaces de producir ciertos desórdenes fisiológicos como escaldados superficiales. En estos casos, el tratamiento con 1-MCP agravaría los daños, debido a que, retrasaría la adaptación a las nuevas condiciones de almacenamiento.

Además, la incidencia microbiana también puede ser afectada por la aplicación del 1-MCP. En algunos casos, el tratamiento con 1-MCP es beneficioso, de modo que provoca mayores niveles de firmeza e integridad de la piel dificultando la incidencia microbiana y

favoreciendo la resistencia a sufrir daños mecánicos. En otros casos, puede provocar un aumento de la incidencia microbiana, ya que, el 1-MCP disminuye la expresión de muchos genes de defensa del producto al estar éstos regulados por él. Algunos ejemplos son productos como la fresa y el aguacate, los cuales sufren una mayor incidencia de contaminación microbiana al ser tratados con 1-MCP (Jiang *et al.*, 2004; Adkins *et al.*, 2005).

En cuanto a otras alteraciones causadas por la producción de etileno como son la coloración rosada en la costilla de las lechugas o el aumento del amargor en las zanahorias son minimizadas por el tratamiento con 1-MCP (Watkins, 2006), (Citados por Guillén, 2009).

2.5.2.2 Factores que influyen en la efectividad de los tratamientos con 1-MCP

Los principales factores que pueden influir en los efectos de los tratamientos con 1-MCP son la temperatura, el estado de maduración, la dosis y duración del tratamiento, la forma de recolección y el tiempo transcurrido entre la recolección y el tratamiento. Estos factores se comentan a continuación.

Respecto a la temperatura, en general, se considera que las exposiciones de los frutos al 1-MCP resultan más eficaces cuando se realizan a 20 °C que a 0 °C. Así, la aplicación del 1-MCP en brócoli producía mejores resultados a 20°C que a 5°C. Sin embargo, en diferentes variedades de ciruelas, el tratamiento a bajas temperaturas (1°C) fue más eficaz en inhibir el etileno y retrasar los cambios relacionados con la maduración (Valero *et al.*, 2003).

En cuanto al estado de maduración, las respuestas suelen ser menores en frutos de la segunda o tercera cosecha respecto de frutos de primera cosecha que se recolectan en un estado de madurez menos avanzado. Además, la fruta tratada en un estado inmaduro no suele llegar a madurar de la misma manera que si se hubiera tratado en un estado de madurez más avanzado, por lo que, tratando la fruta en un estado inmaduro se obtienen productos de menor calidad (Guillén *et al.*, 2006).

Por otro lado, la dosis efectiva varían según el tiempo de aplicación, la temperatura y el estado de maduración. En el caso del tomate, se comprobó que la dosis de $0,5\mu\text{l l}^{-1}$ durante 24 horas era la mejor para retrasar la maduración (**Figura 12**) (Guillén *et al.*, 2007). Además, se ha observado una relación inversamente proporcional entre la dosis necesaria y la duración del tratamiento para conseguir el efecto (Ku y Wills, 1999; Jiang *et al.*, 2004), (Citados por Guillén, 2009). A su vez, se aconseja que la duración del tratamiento sea entre 12 y 24 horas, lo cual sería suficiente para generar una respuesta de inhibición completa.



Figura 12. Efecto de la dosis del 1-MCP sobre tomates ‘Raf’. Guillén, 2009

La importancia del tiempo transcurrido desde la recolección hasta el tratamiento con 1-MCP varía según el cultivo aunque, en general, el tiempo transcurrido desde la recolección del fruto debe de ser el mínimo para conseguir la máxima efectividad. Asimismo, una buena forma de recolección es fundamental para un posterior efecto positivo del 1-MCP (Watkins, 2006).

Por último, la aplicación múltiple de 1-MCP podría ser aconsejable en productos como el tomate, en el cual, se ha demostrado que la aplicación múltiple resulta más efectiva que la aplicación simple (Mir *et al.*, 2001). Sin embargo, aplicaciones múltiples de 1-MCP a otros productos como el brócoli no tuvieron más efecto que una sola aplicación (Able *et al.*, 2002).

2.6. Tecnología de la post-cosecha

Se trata de aplicar un conjunto de técnicas que permitan retrasar la senescencia y mantener la calidad de los frutos alargando su vida útil una vez recolectados. Para este fin, es necesario luchar contra el conjunto de factores ambientales y biológicos que influyen en el deterioro del fruto como son la respiración, producción de etileno o daños por frío, entre muchos otros. Esta tecnología es de vital importancia, ya que, se estima un porcentaje de pérdidas para los frutos frescos entre el 5% y el 25% en países desarrollados y entre el 20% y el 50% en países en vías de desarrollo, dependiendo del producto (Kader, 1992).

Los productos hortícolas para consumo son tejidos vivos que experimentan cambios continuos después de la cosecha hasta que llegan a su estado final de desarrollo, la senescencia. En esta última fase, tienen lugar una serie de procesos irreversibles que conducen a la muerte de las células (Capellini *et al.*, 1998).

Hay que destacar que todos los productos hortícolas frescos son ricos en agua, por lo que son muy sensibles a problemas de deshidratación (arrugamiento, marchitamiento) y heridas mecánicas. También son susceptibles al ataque de hongos y bacterias, disminuyendo la calidad del producto notablemente.

2.6.1. Factores biológicos que influyen en el deterioro de los frutos en post-cosecha

2.6.1.1. Respiración

La respiración es un proceso por el cual los compuestos orgánicos (proteínas, carbohidratos, grasas) son transformados en productos finales. En este proceso se libera energía, se consume oxígeno y se desprende CO₂. Esto produce una pérdida de las reservas energéticas de los frutos, lo que conlleva varias desventajas como son:

- 1) La llegada de la senescencia al agotarse las reservas que suministran energía.
- 2) Reducción del valor energético para el consumidor.
- 3) Pérdida de peso seco, especialmente en aquellos productos con un alto % de agua.

El deterioro de los productos cosechados es generalmente proporcional a la respiración. Los frutos se pueden clasificar en 2 grupos en función de la respiración y producción de etileno: frutos climatéricos y frutos no climatéricos. Los frutos climatéricos muestran un gran incremento en la producción de etileno y CO₂ coincidiendo con la maduración, mientras que los frutos no climatéricos no varían generalmente de una producción lenta de CO₂ y etileno durante la maduración (Salisbury y Ross, 1992).

2.6.1.2. Producción de etileno.

El etileno es el compuesto orgánico más simple que regula los procesos fisiológicos de las plantas (desarrollo, crecimiento y senescencia), siendo fisiológicamente activo en cantidades menores a 1 ppm.

Generalmente, la producción de etileno aumenta con el periodo de almacenamiento, heridas físicas, incidencias de enfermedades, temperaturas superiores a 30° C y estrés hídrico. Sin embargo, su producción disminuye con la reducción del oxígeno por debajo del 8%, el aumento del CO₂ a más del 2% (niveles variables según el tipo de fruto) y el almacenamiento a bajas temperaturas (Kader, 1992).

Aunque en los frutos no climatéricos no hay una relación clara entre la producción de etileno y la duración de su vida comercial, se sabe que la exposición de muchos de ellos a etileno acelera su senescencia.

2.6.1.3 Cambios en la composición

Durante el desarrollo y la maduración de los órganos de la planta tienen lugar cambios de sus pigmentos. Estos continúan después de su recolección y pueden ser o no convenientes (Randel y Rhodes, 1980).

Los principales cambios que se producen son:

- Pérdida de clorofila. Esto es deseable en frutos pero no en verduras.
- Desarrollo de carotenos (color amarillo y naranja). Es favorable en frutos como melocotones, albaricoques y cítricos. El color rojo del tomate es producido por un caroteno específico, el licopeno. El calabacín posee beta-caroteno que el organismo transforma en vitamina A.
- Desarrollo de antocianinas (color rojo y azul). Son mucho menos estables que los carotenos pero son deseables en frutos como fresas, frambuesas, manzanas y cerezas. Estos pigmentos, solubles en agua, son mucho menos estables que los carotenos.

En cuanto a los carbohidratos, los principales cambios que tienen lugar son:

- Conversión de almidón en azúcar (indeseable en patatas y deseable en manzanas, plátanos y otros frutos).
- Conversión de azúcar en almidón (deseable en patatas e indeseable en maíz y guisantes).
- Conversión de almidón y azúcar en CO₂ y pérdida de agua en la respiración. Cambios de las pectinas y otros polisacáridos conlleva una pérdida de firmeza en el fruto aumentando la susceptibilidad a heridas mecánicas. El incremento de lignina es el responsable de la dureza del espárrago y algunos tubérculos.

Por último, los cambios en las proteínas, aminoácidos, lípidos y ácidos orgánicos tienen influencia en el sabor de los productos. Un ejemplo típico son las pérdidas en el contenido de vitaminas, especialmente del ácido ascórbico (vitamina C), lo que provoca una disminución de la calidad nutritiva. La producción de aromas volátiles asociados a la maduración es muy importante en la calidad en lo referente al sabor producido por un caroteno específico, el licopeno.

2.6.1.4 Transpiración

La pérdida de agua es el principal responsable del deterioro. De toda el agua absorbida por las plantas, menos del 5% es retenida y utilizada para crecimiento y almacenamiento. Provoca pérdidas cuantitativas (pérdida de peso comercial), pérdidas de apariencia (ablandamiento, arrugado y flacidez), y pérdida de calidad nutritiva.

La piel hace la función de proteger externamente al fruto regulando la pérdida de agua. Está formada por la cutícula, células epidérmicas, estomas y tricomas. La cutícula está compuesta por una superficie de cera, polímeros carbohidratados y cutina. Su espesor, composición y estructura varían según el tipo de fruto y el estado de desarrollo en que se encuentre.

La transpiración está influenciada por factores internos del fruto (características anatómicas y morfológicas, relación superficie-volumen, estados de madurez y heridas superficiales) y factores externos o ambientales (temperatura, humedad relativa, presión atmosférica y movimiento de aire).

La transpiración es un proceso físico que puede ser controlado con prácticas que dificulten la pérdida de agua en la planta. Algunas prácticas habituales son el control de una buena ventilación y el mantenimiento de una humedad relativa alta (Brady, 1987).

2.6.1.5 Desórdenes fisiológicos

Los desórdenes fisiológicos son producto de alteraciones que ocurren en los tejidos del fruto y se pueden generar en respuesta a un ambiente adverso, especialmente a temperaturas o composiciones atmosféricas desfavorables, o a deficiencias nutricionales durante el crecimiento y desarrollo del fruto. De este término se excluyen las alteraciones originadas por plagas o patógenos. La exposición de los frutos a condiciones adversas puede causar los siguientes desórdenes fisiológicos:

- Heridas por frío cuando al fruto se le somete a temperaturas por debajo de su punto de congelación. En el caso de los frutos tropicales, se originan a temperaturas

superiores a su punto de congelación e inferiores en torno a 5°C y 15°C, dependiendo del producto.

- Los síntomas más frecuentes son decoloraciones internas y superficiales (color marrón), maduración desigual o pérdida de maduración, el sabor no se desarrolla y se favorece el ataques de hongos.
- Los daños por calor son producidos por la exposición a la luz solar o a temperaturas excesivamente altas. Los síntomas comunes son decoloración, superficies quemadas o escaldadas, maduración desigual, excesivo ablandamiento y desecación.
- Porcentajes muy bajos de oxígeno (inferiores al 1%) y altos de CO₂ (mayores del 20%) atmosféricos causan desórdenes fisiológicos en muchos frutos (Randel y Rhodes, 1980).

La interacción entre las concentraciones de oxígeno, CO₂, temperatura, etileno y la duración del almacenaje influyen en la incidencia y severidad de desórdenes fisiológicos relacionados con la composición atmosférica.

2.6.1.6 Daños físicos

Las heridas superficiales y magulladuras causadas principalmente por prácticas deficientes durante la recolección y manipulación son las que de manera más relevante contribuyen al deterioro de los frutos. Estos daños pueden estar en el interior del fruto, pudiendo no ser visible por fuera. Este es el caso del pardeamiento de los tejidos dañados, el cual es el resultado de una rotura en las membranas biológicas, lo cual expone compuestos fenológicos al enzima polifenol-oxidasa produciéndose la decoloración característica.

Los daños físicos no son sólo visibles, sino que además aceleran la pérdida de agua, ofrecen puntos de entrada para los hongos causantes de la descomposición, estimulan la producción de etileno, causan un aumento del ritmo de la respiración (aumento de la producción de CO₂) y, por consiguiente, de la producción de calor (Kader, 1992).

2.6.1.7. Desórdenes patológicos

Los patógenos más importantes que causan pérdidas post-cosecha de frutas y hortalizas son normalmente las bacterias y los hongos. Se estima que a nivel mundial las pérdidas post-cosecha de frutas y hortalizas causadas por microorganismos, son del orden del 5-25% en países desarrollados y 20-50% en países en desarrollo. Las pérdidas por causas patológicas pueden ser de naturaleza cualitativa o de naturaleza cuantitativa. Las de naturaleza cualitativa normalmente son el resultado de enfermedades localizadas superficialmente sobre el producto, sin que haya destrucción real del tejido aprovechable.

Por su parte, las pérdidas cuantitativas son el resultado de la destrucción rápida y extensiva de tejido en toda la anatomía del producto. En algunos casos, los patógenos pueden infectar tejidos aparentemente sanos y ser la primera causa de deterioro. Además, el adelanto de la maduración y la senescencia aumentan la susceptibilidad al ataque de patógenos en todos los frutos. El estrés y las quemaduras por el sol o el frío también disminuyen la resistencia al ataque de estos patógenos (Shewfelt, 1986).

2.6.2. Conservación post-cosecha de hortalizas

Hoy se piensa que es preferible esforzarse en mejorar la conservación tras la cosecha que perseguir un incremento en el volumen de la misma porque es así como conseguiremos obtener mayores beneficios de los recursos disponibles.

El papel fundamental del tecnológico en este campo es el de establecer procedimientos que restrinjan al máximo la alteración de las frutas y hortalizas durante el período que media entre la cosecha y su consumo. En lo que a los procesos fisiológicos y bioquímicos se refiere, su preocupación básica será la de frenar al máximo los procesos de respiración, transpiración y de producción de etileno. Para ello se someten los alimentos a bajas temperaturas para reducir o eliminar la actividad microbiana y enzimática, y para mantener determinadas condiciones físicas y químicas del alimento. La reducción de la temperatura de los productos mejora su conservación y cuanto más largo sea el almacenamiento menor deberá ser la temperatura, aunque esto hay que matizarlo con posterioridad definiendo cuales son las

temperaturas más adecuadas y los incrementos en la vida útil conseguidos para cada producto.

Por otro lado, la mayoría de los alimentos poseen grandes cantidades de agua disponible tanto para las reacciones químicas como para permitir el crecimiento de microorganismos.

El paso al estado sólido de esta agua líquida, por reducción de su temperatura, representa otra posibilidad en la consecución de la estabilidad del alimento, aunque la congelación del agua pueda generar una serie de problemas y cambios en la condición o en la calidad del producto original.

La diferencia más importante de estos sistemas de conservación con respecto a los de conservación por calor, estriba en que la reducción de la temperatura de los alimentos en ningún caso consigue su estabilización química ni microbiológica. Es decir, que el efecto del frío persiste mientras el alimento se mantiene a la temperatura de refrigeración o de congelación. Por lo tanto será estrictamente necesario que exista lo que se llama cadena de frío para conseguir que el producto se mantenga a la temperatura establecida desde que sale de la línea de producción hasta el momento anterior al consumo.

2.6.3. Daños por frío

La aplicación de bajas temperaturas en frutas y hortalizas para mantener su calidad es el método más utilizado en la actualidad, ya que, evita importantes pérdidas económicas. Sin embargo, la mayoría de los productos tropicales y subtropicales, numerosos productos mediterráneos y algunas especies de clima templado sufren daños por frío por su alta sensibilidad a temperaturas comprendidas entre $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y unos $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. La temperatura crítica a la que aparecen los daños por frío varía de un órgano a otro y de una especie a otra, pudiendo ser de $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ para los poco sensibles, de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ para algunas especies de clima templado y desde unos $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta incluso $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para las tropicales y subtropicales más sensibles. Además, se ha observado que las especies climatéricas son más proclives a sufrir este tipo de daños cuando tienen un metabolismo muy activo, con elevada tasa respiratoria.

El estrés por frío se produce por alteraciones en las membranas. La cutícula vegetal, al ser la cubierta más externa y regular el intercambio de agua y solutos, debe participar en alguna medida en la aparición y desarrollo de los daños por frío (Norbdy y McDonalds, 1991). Algunos factores como el cultivar, el estado de madurez del producto, las condiciones previas de almacenamiento o la estación de recolección pueden acelerar o retrasar la aparición de los daños. De hecho, se han observado que los frutos inmaduros son más sensibles al frío que los maduros de la misma cosecha. Por ejemplo, en tomate tipo “Daniela” los frutos pintones fueron menos sensibles a los daños por frío que los verdes (Artés, 1999).

Los principales síntomas con los que se manifiestan los desórdenes fisiológicos provocados por el frío en frutas y hortalizas son la maduración incompleta, debilitamiento de la resistencia a daños mecánicos y al ataque microbiano, pardeamientos, aparición de lesiones en la piel, pérdida de agua y electrolitos, pérdida de rigidez, y necrosis de las semillas (Salveit y Morris, 1990). Un tipo de anomalía que aparece con bastante frecuencia (60% de las especies de frutas y hortalizas de regiones tropicales y subtropicales) es la formación de pequeñas depresiones circulares o de formas irregulares en la piel, lo que se conoce como “pitting”.

2.6.4. Marchitamiento y pérdidas de peso

La pérdida de agua hace que los tejidos se vuelvan menos turgentes y pierdan firmeza, al mismo tiempo que el peso se reduce. La rapidez con que el fruto pierde agua depende de varios factores, siendo los que más influyen el estado de desarrollo del producto, la temperatura y el genotipo o variedad que estemos considerando (Namesny, 1997). Los frutos recolectados más tiernos se deshidratan más fácilmente, debido a que su piel está menos formada (Sois, 1980). La pérdida de agua es normalmente mayor cuanto mayor es la temperatura de conservación. Sin embargo, en la práctica puede suceder al revés si la cámara frigorífica carece de un buen sistema de control de humedad relativa. (Namesny, 1997).

3.1.1. Instalaciones

El ensayo se llevó a cabo en un invernadero tipo multitúnel de unos 1400 m²; perteneciente al grupo de investigación BIO293 en las instalaciones de la Finca Experimental de la Fundación UAL– ANECOOP (**Figuras 14 y 15**).



Figura 14. Vista exterior del invernadero tipo multitúnel donde se realizó el ensayo



Figura 15. Vista interior del invernadero tipo multitúnel donde se realizó el ensayo

3.1.2. Sistema de riego

El riego del cultivo se realizó por el sistema de riego por goteo automatizado con el objetivo de reducir al mínimo las pérdidas de agua y de disminuir las necesidades de mano de obra que requiere este sistema.

Los ramales se colocaron en la misma dirección que las líneas de cultivo (**Figura 16**), y el sentido de circulación del agua en ellos era descendente para conseguir que el cultivo sea lo más homogéneo posible en su desarrollo.

El tipo de gotero utilizado fue el llamado interlínea de laberinto cuyo caudal es de 2 litros a la hora para una presión de 10 m.c.a., que es el que normalmente se emplea en los invernaderos de la zona y ofrece buenos resultados.



Figura 16. Disposición de los ramales portagoteros

3.1.3. Sustrato

Se trata de una sucesión de horizontes, siendo el primero *regosol calcárico* con intrusión de *xerosol cálcico*. Este tipo de suelos están desarrollados sobre materiales no excesivamente consolidados y tienen un contenido de carbonato cálcico superior al 50%.

A continuación del horizonte propio de la zona, se deposita un horizonte arcilloso, compuesto en su mayor parte de margas de unos 30 centímetros de espesor, seguido de una mezcla de estiércol y arena de unos 30 centímetros de espesor.

3.2. Material vegetal

Se dispuso de una variedad local de *Cucurbita pepo* y morfotipo Zucchini denominada “**Muc16**”. Sus frutos son de color verde oscuro, de forma cilíndrica y buen tamaño. Esta variedad de calabacín fue conservada en el banco de germoplasma de la Universidad Politécnica de Valencia (COMAV) y tiene tendencia a desarrollar una gran proporción de flores masculinas.

3.3. Manejo y labores de cultivo

A continuación se enumeran las principales labores culturales realizadas durante el ensayo.

1. Siembra. Se colocaron las semillas en bandejas de siembra con una mezcla de turba y vermiculita.
2. Plantación. Se realizó directamente en el suelo del invernadero con un marco de plantación de 1 planta / m².
3. Poda y aclareo. Se realizaban estas labores con el objetivo de llevar la planta sana y con una capacidad productiva máxima.

4. Tratamientos fitosanitarios. Siguiendo el reglamento de la Agricultura ecológica, se realizaron tratamientos con azufre.
5. Entutorado. La técnica consistía en amarrar un tutor de rafia a la base de la planta y atarlo al entramado de hilos de alambre situados encima de ellas.
6. Recolección, tratamiento y recolección. A continuación vamos a detallar estas labores fundamentales para el ensayo.

3.3.1. Recolección, tratamiento y almacenamiento

Cada día se recorrían las líneas de cultivo para recoger en cajas los frutos que tuviesen el peso y calibre deseado (entre 18-22 cm). Posteriormente, los frutos eran transportados al almacén donde se limpiaban y enumeraban. Finalmente, se pesaban en una balanza de precisión. Por otro lado, los frutos con un excesivo calibre o que presentaban algún tipo de malformación se eliminaban para “oxigenar” a la planta.

Se realizaba un primer almacenamiento en 3 cámaras de tratamiento cada vez que se recogían frutos (Control, Etileno y 1-MCP). En cada cámara de tratamiento se introducían 27 frutos en cajas y permanecían dentro 24 horas a temperatura ambiente (unos 20 °C).

Los tratamientos consistieron, por un lado, en la aplicación gaseosa de diferentes dosis de etileno puro, y por otro lado, en la aplicación gaseosa de 1-MCP a partir del producto “SmartFresh”, consistente en una pastilla y un líquido activador. Además, el tratamiento control siempre se realizaba. El conjunto de dosis y tratamientos se pueden clasificar de la siguiente manera:

Experiencia 1: Control / Etileno (50 ppm) / 1-MCP (600 ppb)

Experiencia 2: Control / Etileno (100 ppm) / 1-MCP (1200 ppb)

Experiencia 3: Control / Etileno (200 ppm) / 1-MCP (2400 ppb)

En cada una de las 3 experiencias se realizaron 2 tratamientos junto al control, es decir, en total se hicieron 6 tratamientos con sus respectivos controles.

Una vez finalizados los tratamientos, los frutos eran transportados a 2 cámaras de conservación manteniendo una temperatura dentro de ellas de 4 °C durante un período de 7 y 14 días (**Figura 17**). Los frutos tratados con etileno no coincidían en la misma cámara que los tratados con 1-MCP.



Figura 17. Cámaras de conservación a 4 °C

3.4. Parámetros medidos en el ensayo y modo de actuación

3.4.1. Pérdida de peso

Todos los frutos válidos para el estudio fueron pesados el mismo día de la recolección y a los 7 y 14 días de almacenamiento a 4 °C. Para ello se utilizó una balanza de precisión (**Figura 18**).



Figura 18. Balanza de precisión.

El objetivo fue calcular el porcentaje de pérdida de peso de los frutos almacenados en cámaras frigoríficas a 4 °C respecto al peso que tenían el día que fueron arrancados de la planta.

Para obtener los resultados se utilizaron las siguientes formulas a los 7 y 14 días de almacenamiento:

$$\% \text{ PP 7 días} = (((\text{Peso T0} - \text{Peso T7}) / \text{Peso T0}) \times 100)$$

$$\% \text{ PP 14 días} = (((\text{Peso T0} - \text{Peso T14}) / \text{Peso T0}) \times 100)$$

3.4.2. Textura

Para llevar a cabo el análisis del parámetro textura se utilizó un texturómetro Stable Microsystem TA-XTPlus (**Figura 19**) con una sonda de 4 mm de diámetro. Con este aparato se realizaron penetraciones de 1 cm tanto en la zona apical como en la zona peduncular de cada fruto.



Figura 19. Texturómetro del laboratorio 222 de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Almería y detalle de la sonda del texturómetro.

El ensayo se efectuó sobre 81 frutos en cada uno de los 3 tratamientos anteriormente mencionados. En cada fruto se realizaron 6 penetraciones (3 en la zona apical y 3 en la zona peduncular). Los datos de interés obtenidos a partir del texturómetro fueron observados en gráficas como ésta (**Figura 20**):

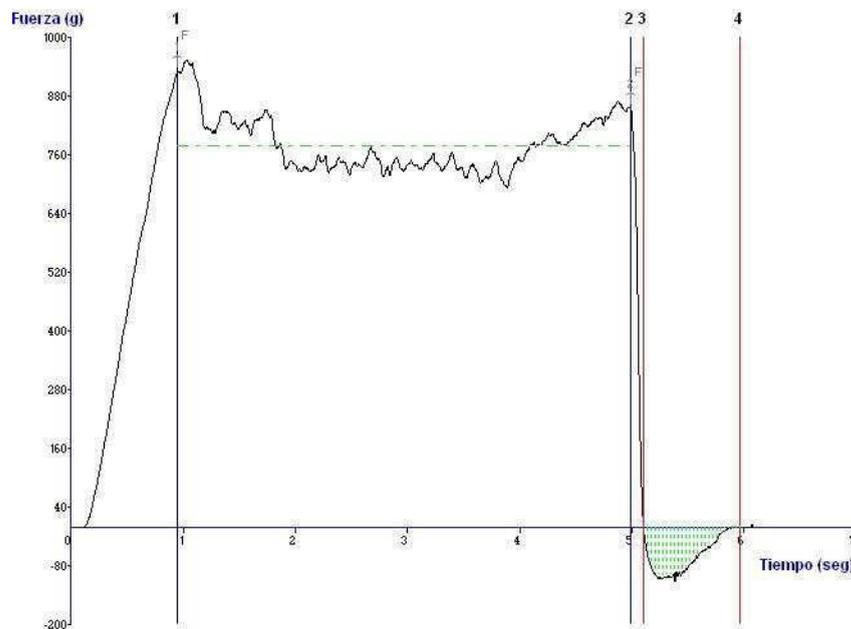


Figura 20. Gráfico de un ensayo de textura con un texturómetro Stable Microsystem TA-XTPlus.

A partir de este gráfico se pueden definir las características de cada fruto en cuanto a su fracturabilidad, dureza y adhesividad.

- Fracturabilidad. Está representado por el punto 1.
- Dureza. Es el recorrido entre el punto 1 y el punto 2 y representa las variaciones de fuerza que se han de realizar para que la sonda penetre un centímetro en la pulpa del calabacín, manteniendo una velocidad constante.
- Adhesividad. Está representada por la superficie sombreada.

El parámetro estudiado en este proyecto fue la dureza, ya que nos permitía hacernos una idea de la pérdida de firmeza en los frutos después de haber sido almacenados 7 y 14 días. Los valores de dureza se expresaron en gramos. (Bourne *et al.*, 1966; Bourne, 2002).

3.4.3. Daños por frío

Se evaluó la incidencia de bajas temperaturas en el almacenamiento de los frutos de calabacín. Para evaluar los daños por frío nos centramos en 2 variables: superficie afectada y gravedad del daño (**Figura 21A y 21B**).

- Superficie. Los valores van de 0 a 5 dependiendo de la superficie afectada por el pitting.
 - 0 = 0%;
 - 1 = menos del 5%,
 - 2 = 5- 15 %,
 - 3 = 15-25 %,
 - 4 = 25-50 %
 - 5 = 50-100 %.
- Gravedad. Criterio propio de evaluación en la severidad de los daños.



Figura 21A. Calabacines de la variedad “Muc-16” valorados en DF con (1-1,5) y **Figura 21B.** Calabacines de la variedad “Muc-16” valorados en DF con (4-4).

Se realizaron medidas de daños por frío en cada uno de los frutos de los 3 tratamientos. En cada uno de los tratamientos se evaluaron las 3 repeticiones de Control, Etileno y 1-MCP para T7 y T14.

3.4.4. Producción de etileno

Con el objetivo de medir la producción de etileno de los frutos cosechados, se introdujeron de 3 en 3 los frutos en el interior de botes herméticos (**Figura 22**) durante 6 horas a la temperatura de almacenamiento (4 °C). Este proceso se repitió de forma periódica el día de la cosecha (T0), el día 7 de almacenamiento (T7) y el día 14 de almacenamiento (T14). El etileno liberado por los frutos y que se acumulaba en el aire del bote durante el tiempo de incubación se midió a partir de 5 ml del aire circundante recogido mediante una jeringa. Posteriormente, el etileno acumulado en la jeringa se transmitía al cromatógrafo gaseoso “Varian 3900” (**Figura 23**) equipado con un detector por ionización de llama capaz de realizar la cuantificación de ese etileno. Se hicieron 3 repeticiones de las medidas de etileno en cada bote.



Figura 22. Botes utilizados para la acumulación de etileno.



Figura 23. Cromatógrafo de gases utilizado para medir etileno.

3.4.5. Producción de CO₂

La valores de CO₂ fueron medidos por el analizador fijo de O₂/ CO₂ “CheckMate II” (Figura 24). Para ello, se pinchaban directamente los botes herméticos con una aguja hipodérmica conectada al analizador y se obtenía el porcentaje de CO₂ de cada bote. Se realizaron 3 repeticiones por bote para cada uno de los tratamientos y tiempo de ensayo.



Figura 24. Analizador fijo de O₂/ CO₂ “CheckMate II”

3.5. Tratamiento estadístico

Todos los datos se sometieron a análisis de la varianza de un único factor. Cuando las variables influyeron significativamente al nivel del 90%, se procedió a realizar un test estadístico de comparación de medias LSD (mínimas diferencias significativas de Fisher) con un nivel de significación de $p < 0,01$. Todo el análisis estadístico se realizó con la ayuda del paquete STATGRAPHICS CENTURION XVI.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la pérdida de peso

En este apartado vamos a analizar y discutir los resultados obtenidos del parámetro pérdida de peso en los frutos de calabacín de la variedad Muc-16. Para ello, estudiaremos:

1. La influencia sobre la pérdida de peso de los distintos materiales utilizados en el ensayo (Etileno y 1-MCP).
2. El efecto sobre la pérdida de peso de diferentes dosis de esos mismos materiales.

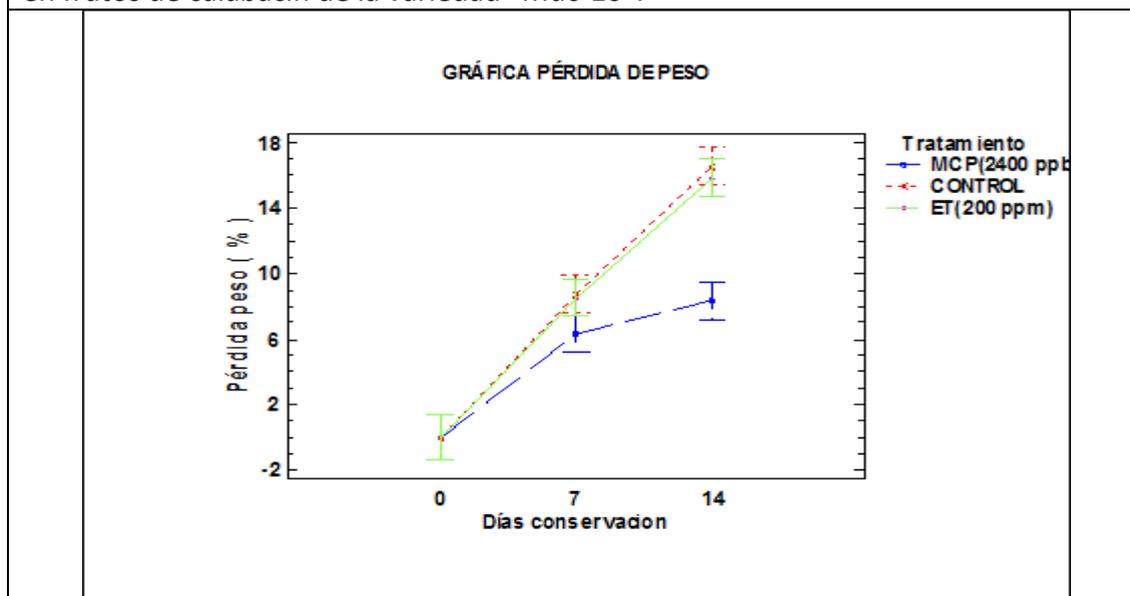
Se analizó la pérdida de peso experimentada en los frutos a los 7 y 14 días de conservación a una temperatura de 4 °C y una humedad relativa del 60 % aproximadamente para ver cómo evolucionaba dicho parámetro en función del tratamiento. El almacenamiento a 4°C aumenta la pérdida de peso de los frutos respecto a temperaturas de almacenamiento superiores de 12 o 20°C (Megías et al., 2012).

El porcentaje de pérdida de peso se reduce significativamente con la aplicación de 1-MCP en frutos de las variedades “Victoria”, “Muc-16” y “Sinatra”, las cuales, son las más sensibles a sufrir daños por frío (Megías et al., 2014 c). Observando los resultados se puede decir que el tratamiento con 1-MCP a una dosis de 2400 ppb disminuye notablemente la pérdida de peso en los frutos de calabacín frigoconservados, especialmente en la segunda semana de almacenamiento (**Figura 25**). Esto nos aporta dos conclusiones fundamentales:

1. El etileno tiene un papel fundamental en la conservación de los frutos de calabacín de Muc-16.
2. Una dosis de 2400 ppb de 1-MCP durante 24 horas puede mejorar la conservación, ya que, reduce las pérdidas de peso respecto a los frutos control.

Estos resultados pueden ser muy útiles, debido a que los frutos de esta variedad tienen una muy mala conservación y la aplicación de este tratamiento podría aumentar la vida útil, y así conseguir una buena comercialización del producto.

Figura 25. Efecto del etileno (200 ppm) y 1-MCP (2400 ppb) sobre la pérdida de peso en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.



Sin embargo, la aplicación de 1-MCP a dosis menores (600 ppb y 1200 ppb) no han mostrado ninguna diferencia significativa de este parámetro respecto al control, por lo que no podemos deducir que sea efectiva su aplicación.

Por otro lado, el etileno exógeno aportado en distintas dosis no ha tenido apenas influencia en este parámetro. Los resultados son muy parecidos respecto a los obtenidos en el tratamiento control.

En resumen, con los datos obtenidos se puede concluir que el tratamiento con 1-MCP a una dosis de 2400 ppm es el más útil en base a este parámetro y que el resto de tratamientos no tienen ningún efecto positivo en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16” (**Figura 26 y 27**).

Figura 26. Efecto del etileno (100 ppm) y 1-MCP (1200 ppb) sobre la pérdida de peso en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.

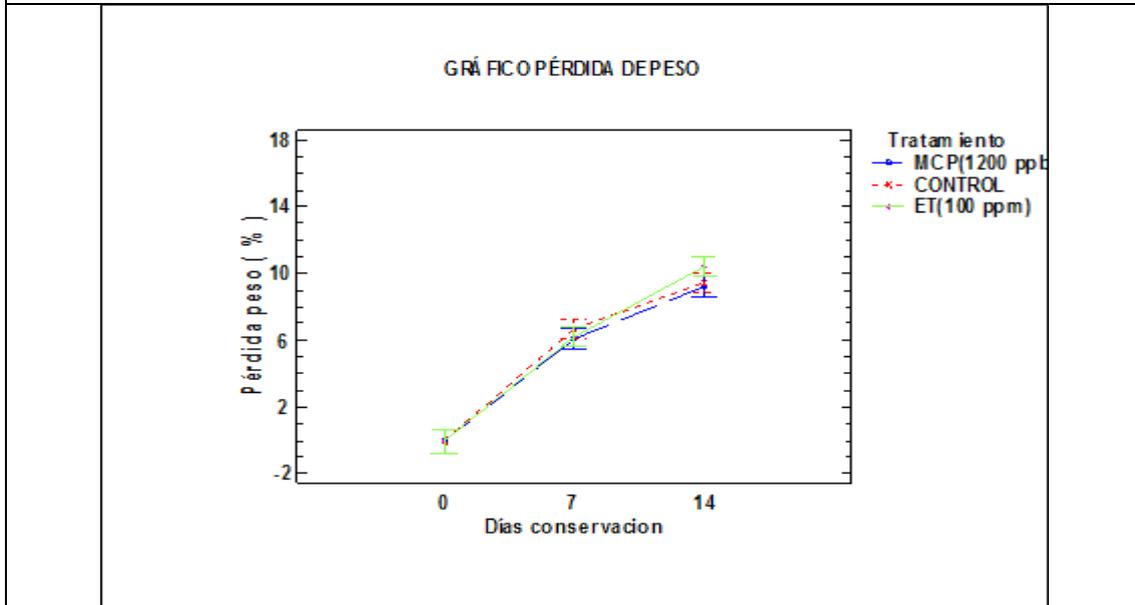
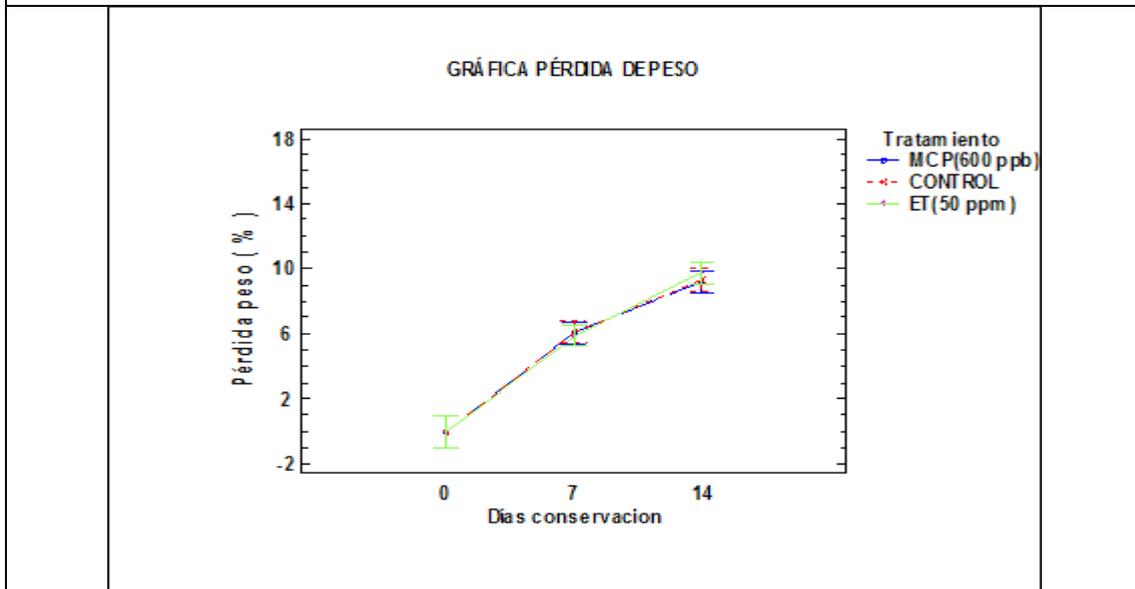


Figura 27. Efecto del etileno (50 ppm) y 1-MCP (600 ppb) sobre la pérdida de peso en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.



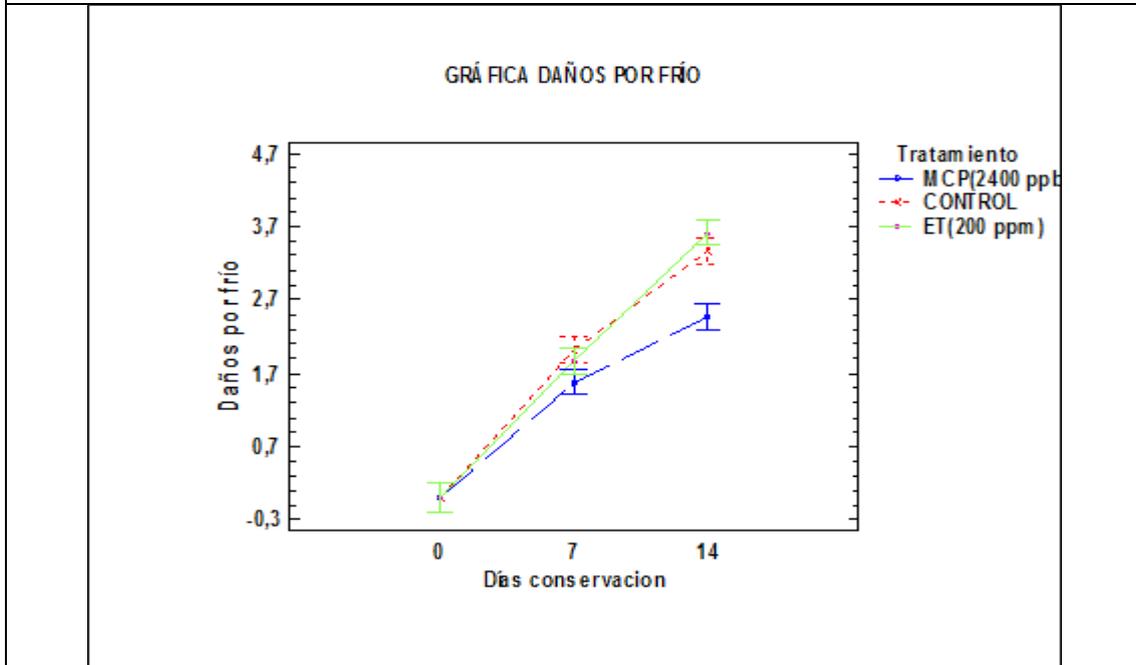
4.2. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre los daños por frío

Vamos a analizar los resultados obtenidos de los daños por frío en los frutos de calabacín de la variedad “Muc-16” con el objetivo de comprobar si alguno de los tratamientos ha resultado eficaz a la hora de reducir esos daños. Para ello, tendremos en cuenta la superficie afectada y la gravedad del daño a los 7 y 14 días de frigoconservación. Hay que destacar que esta variedad se encuentra dentro de las que sufren un nivel de daños alto al estar conservadas en frío, por lo que será de gran importancia encontrar un tratamiento adecuado.

La conservación en frío induce la expresión de algunos genes implicados en la biosíntesis, percepción y señalización de etileno en los frutos de calabacín, lo que podría estar asociado con el desarrollo de los daños por frío. La aplicación de 1-MCP es capaz de inhibir la biosíntesis y señalización de esta hormona, reduciendo la expresión de los genes de etileno, y de esta manera, retrasar y disminuir los daños por frío que se producen durante la frigoconservación (Megías et al., 2014 a).

El efecto del tratamiento con 1-MCP a una dosis de 2400 ppb es positivo, ya que, reduce significativamente la superficie afectada, especialmente, en la segunda semana de frigoconservación respecto a los frutos control (**Figura 28**). Además, también disminuye la gravedad de estos daños. Esto nos indica que este tratamiento puede ser eficaz a la hora de controlar los daños por frío en esta variedad.

Figura 28. Efecto del etileno (200 ppm) y 1-MCP (2400 ppb) sobre los daños por frío en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.



Los otros tratamientos con 1-MCP no mostraron cambios notables respecto a los tratamientos control (**Figura 29 y 30**), incluso, con una dosis de 1200 ppb se observó un leve aumento de los daños a los 7 días. En definitiva, la única dosis que parece recomendable para disminuir este parámetro es la de 2400 ppb.

Por otro lado, los resultados de los tratamientos con etileno no mostraron diferencias respecto a los frutos que no recibieron ningún tratamiento. Podemos decir que la aplicación de etileno exógeno a los frutos de calabacín de la variedad “Muc-16” no produce cambios respecto a este parámetro.

Figura 29. Efecto del etileno (100 ppm) y 1-MCP (1200 ppb) sobre los daños por frío en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.

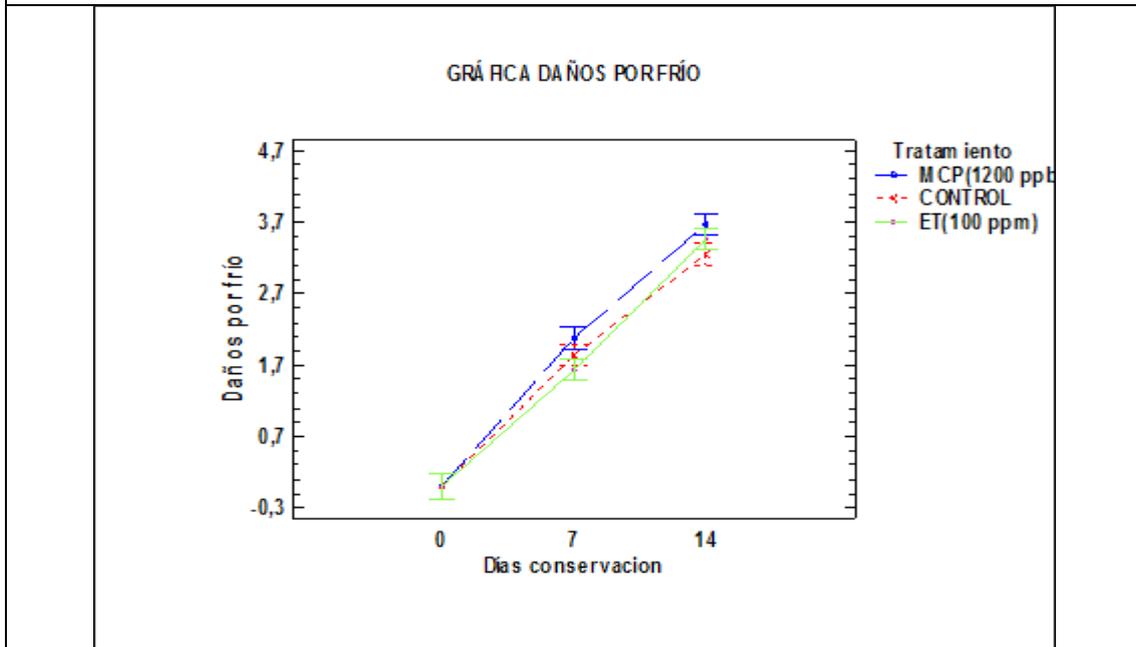
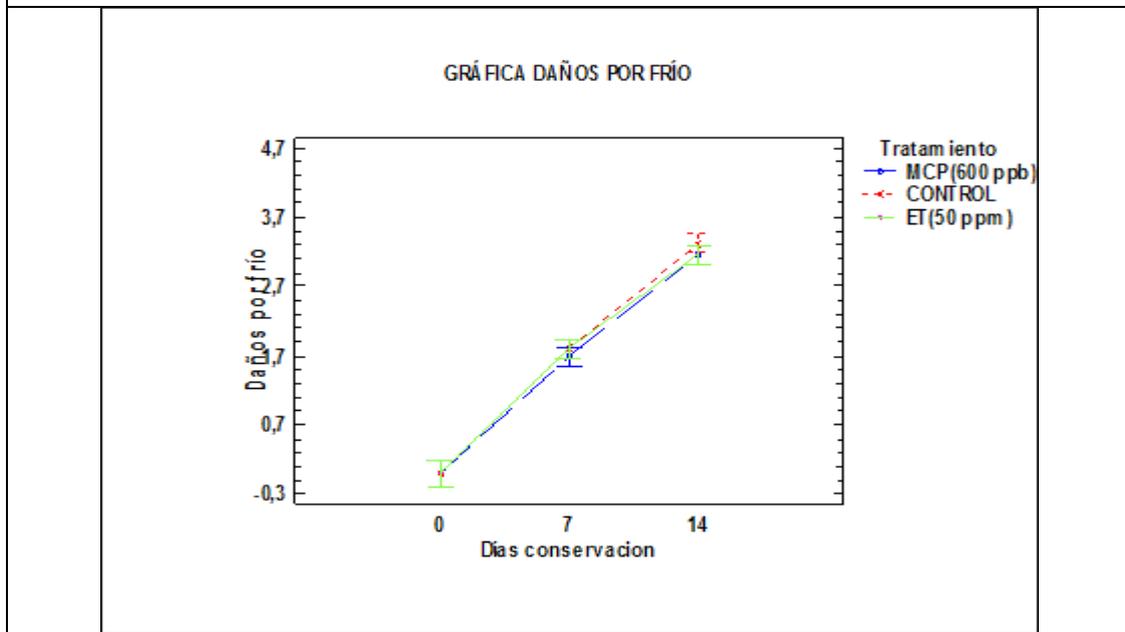


Figura 30. Efecto del etileno (50 ppm) y 1-MCP (600 ppb) sobre los daños por frío en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.



Se puede resumir todo lo explicado y ver el estado de los frutos de calabacín más representativos a los 7 y 14 días de frigoconservación en las **Figuras 31, 32 y 33.**



Figura 31. Evaluación de los daños por frío en los frutos de calabacín de la “Experiencia 1”.



Figura 32. Evaluación de los daños por frío en los frutos de calabacín de la “Experiencia 2”.



Figura 33. Evaluación de los daños por frío en los frutos de calabacín de la “Experiencia 3”.

4.3. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la producción de CO₂

La evolución de la tasa respiratoria es uno de los parámetros más importantes que determinan la conservación post-cosecha, en este caso, de los frutos de calabacín. Teniendo en cuenta esto, vamos a analizar la producción de CO₂ a los 7 y 14 días de frigoconservación a 4°C para comprobar si alguno de los tratamientos es efectivo a la hora de reducir esta tasa respiratoria.

Según los resultados obtenidos en los ensayos, se observa que en la mayoría de los tratamientos se produce una disminución de la tasa de respiración a los 7 días de frigoconservación. Esto nos indica que la conservación en frío frena la producción de CO₂, incluso, la reduce.

Atendiendo a los resultados de los tratamientos con etileno y 1-MCP podemos decir que influyen de diferente manera sobre la producción de CO₂ (Figura 34, 35 y 36).

Al medir este parámetro justo después de la aplicación de los tratamientos, no se observaron cambios significativos respecto a los frutos que no fueron tratados. A los 7 días de frigoconservación, los frutos tratados con 1-MCP disminuyeron su tasa respiratoria respecto a los frutos control, especialmente, a los que se les aplicó una dosis mayor de 1-MCP (2400 ppb). La aplicación de 1-MCP reduce la tasa de respiración, especialmente, en las variedades más sensibles a sufrir daños por frío, ya que, los frutos producen más CO₂ durante su almacenamiento a 4° C. Además, la reducción de esta tasa respiratoria se relaciona con una disminución de los daños por frío, mejorando así, el comportamiento post-cosecha de este tipo de variedades (Megías et al., 2014 b). Sin embargo, a los 14 días de frigoconservación no se vieron diferencias importantes, incluso, aumentó la tasa de respiración comparándola con los frutos de referencia.

Por otro lado, los tratamientos con etileno no mostraron ningún efecto sobre la producción de CO₂ a los 7 días de estar almacenados a 4°C. En cambio, a los 14 días se observó un aumento de la tasa respiratoria sobre el resto de frutos, principalmente en el tratamiento de etileno con una dosis de 200 ppm.

En resumen, los resultados nos muestran que los tratamientos con 1-MCP pueden disminuir la tasa de respiración de los frutos de calabacín de la variedad “Muc-16” a los 7 días de estar conservados a 4° C, es decir, aumentan la tolerancia a la frigoconservación. Los tratamientos con etileno no reducen este parámetro, incluso lo pueden aumentar a los 14 días por lo que su aplicación no resulta útil.

Figura 34. Efecto del etileno (200 ppm) y 1-MCP (2400 ppb) sobre la producción de CO₂ en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.

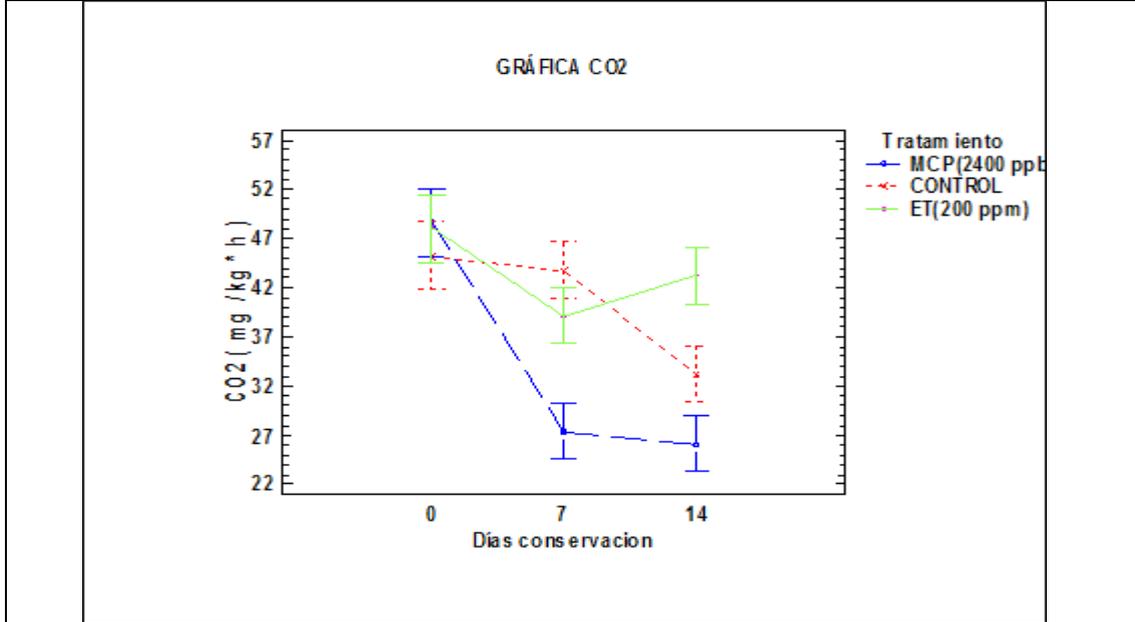


Figura 35. Efecto del etileno (100 ppm) y 1-MCP (1200 ppb) sobre la producción de CO₂ en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.

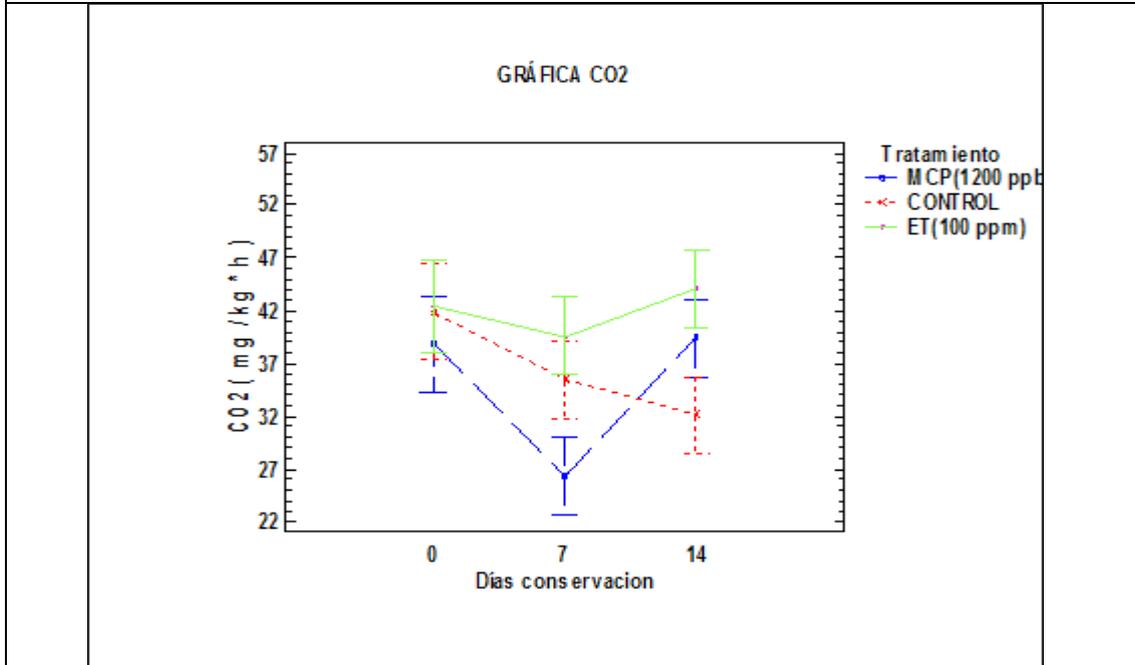
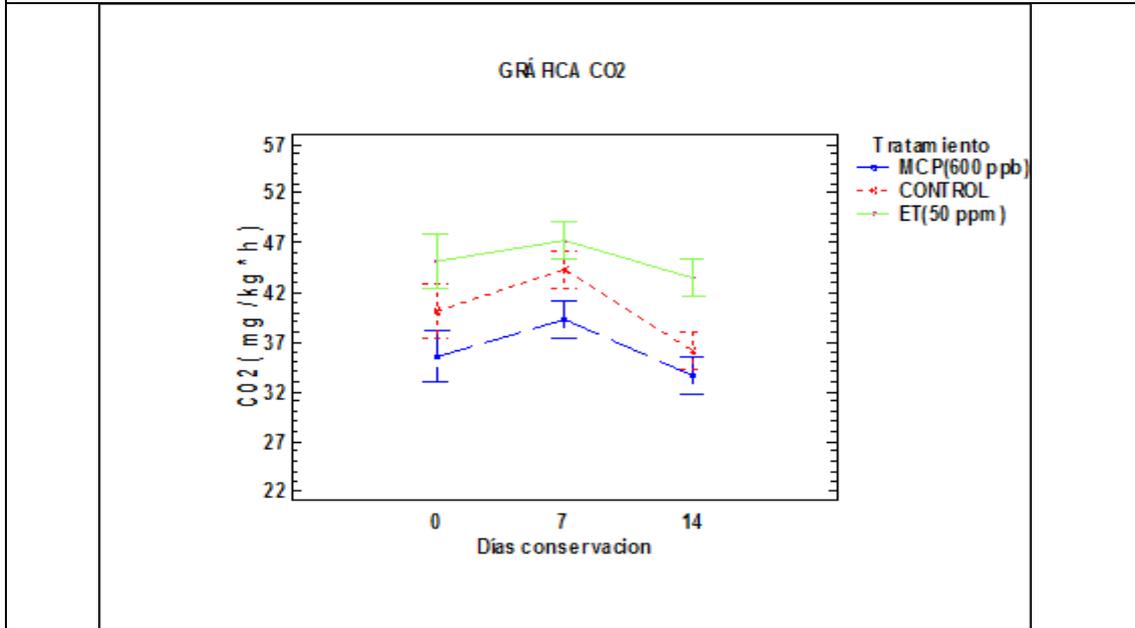


Figura 36. Efecto del etileno (50 ppm) y 1-MCP (600 ppb) sobre la producción de CO₂ en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.



4.4. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la producción de etileno

En este apartado vamos a analizar y discutir los resultados obtenidos de la producción de etileno inmediatamente después de los tratamientos, a los 7 y 14 días de frigoconservación. El desarrollo de este parámetro en el tiempo es importante porque influye de manera notable sobre la post-cosecha de los frutos de calabacín.

En el primer día de conservación no se reflejaron diferencias importantes entre tratamientos. A los 7 días de conservación a 4° C se observa un pico máximo de etileno en todos los tratamientos, lo que indica que se produce una inducción en la producción de etileno por estar almacenados a bajas temperaturas. El nivel de etileno inducido por frío varía entre variedades, y se correlaciona negativamente con la tolerancia al frío de las mismas (Megías et al., 2014 a). La variedad “Muc-16” es considerada sensible a sufrir daños por frío, por lo que estos resultados relacionan la sensibilidad de los frutos de esta variedad a sufrir estos daños con la producción de etileno. Esto nos puede ser útil a la hora de seleccionar variedades tolerantes al frío.

Centrándonos en los tratamientos con 1-MCP, podemos decir que se observaron algunas diferencias respecto al control.

Inmediatamente después de los tratamientos, la producción de etileno fue muy similar. A los 7 días de conservación, los frutos tratados con 1-MCP también mostraron valores de etileno parecidos, salvo en el tratamiento con una dosis de 2400 ppb, el cual, redujo levemente el pico de etileno con respecto al obtenido en los frutos control (**Figura 37**). Esto puede indicar que este tratamiento es capaz de retrasar la producción de etileno inducido por frío en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”. Sabiendo que el etileno influye en la aparición de daños por frío, el retraso de la producción de etileno puede disminuir los daños por bajas temperaturas en esta variedad. A los 14 días de conservación, de nuevo se vuelve a igualar este parámetro e incluso aumenta (dosis 2400 ppb). La aplicación de 1-MCP puede reducir o retrasar la inducción de etileno en frutos almacenados en frío y el pico de etileno se produce a los 14 días de la frigoconservación (Megías et al., 2012).

En cuanto a los tratamientos con etileno cabe decir que con una dosis de 50 ppm no se reflejaron diferencias significativas (**Figura 39**) pero con dosis mayores (100 ppm y 200 ppm) se produjo un aumento de la producción de etileno al inicio de la experiencia y a los 7 días de conservación respecto al control (**Figura 37 y 38**). Sin embargo, a los 14 días disminuyó la producción de etileno, llegando al nivel de los frutos control o por debajo de éstos. Estos resultados están conformes a los obtenidos en otras experiencias realizadas en calabacín (Miralles, 2012).

La conclusión sobre este parámetro es que el único tratamiento que puede retrasar algo la producción de etileno es la dosis de 2400 ppb de 1-MCP, de manera que favorezca una buena conservación post-cosecha de los frutos de calabacín. El resto de tratamientos no muestran ningún efecto positivo.

Figura 37. Efecto del etileno (200 ppm) y 1-MCP (2400 ppb) sobre la producción de etileno en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.

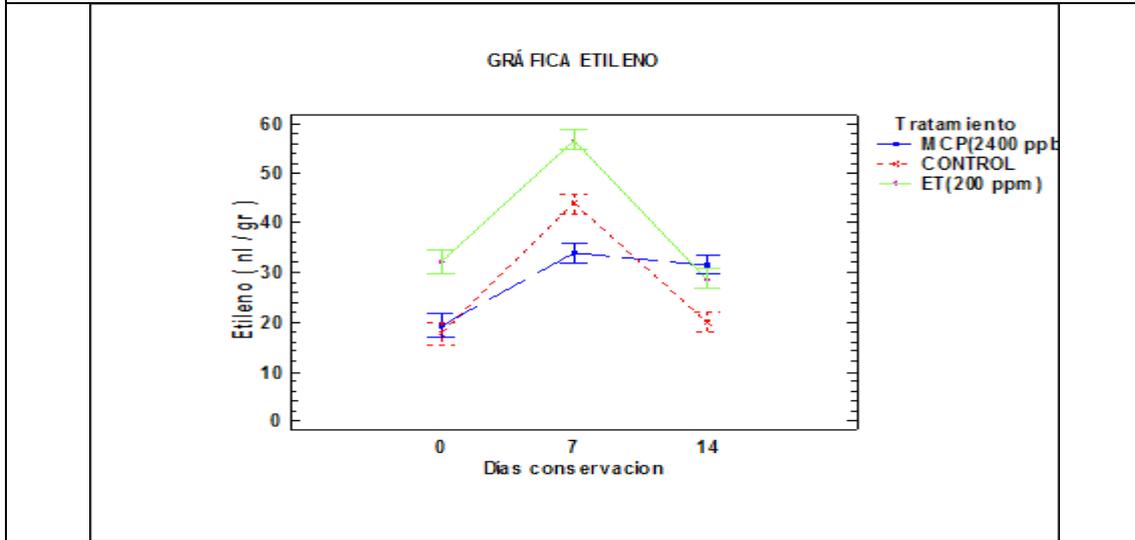


Figura 38. Efecto del etileno (100 ppm) y 1-MCP (1200 ppb) sobre la producción de etileno en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.

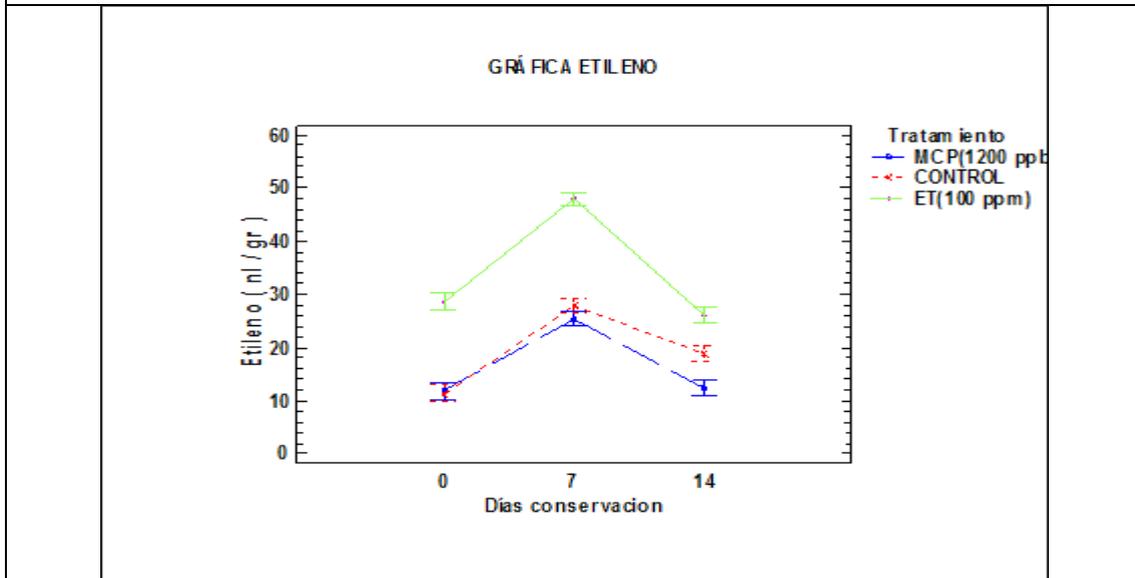
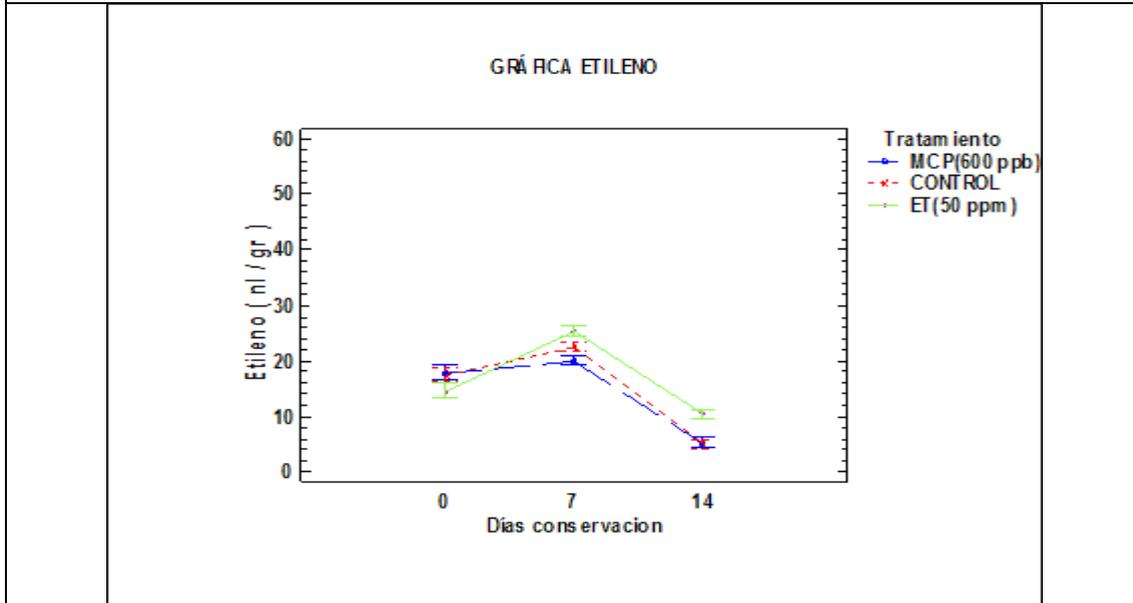


Figura 39. Efecto del etileno (50 ppm) y 1-MCP (600 ppb) sobre la producción de etileno en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.



4.5. Efectos de los tratamientos con etileno y 1-MCP sobre la firmeza

En este apartado vamos a estudiar los resultados obtenidos del parámetro firmeza, definido como la fuerza máxima necesaria para que la sonda rompa la piel del fruto y penetre 1 cm en la pulpa. Para ello se analizó la firmeza el día de recolección, y tras 7 y 14 días conservados a 4° C con el fin de ver cómo evolucionaba dicho parámetro a lo largo del tiempo y para conocer si los tratamientos aplicados afectaban de algún modo.

Los resultados nos indican que los tratamientos con etileno y 1-MCP no suponen una mejoría clara en la firmeza de los frutos respecto al control (**Figuras 40, 41, 42, 43, 44 y 45**). En algunos casos la firmeza de los frutos tratados no se diferencia de los frutos sin tratar mientras que en otros casos, aumentan o disminuyen la firmeza de manera leve. En los frutos tratados con etileno se esperaba una disminución en su firmeza, ya que, el etileno activa las enzimas que degradan la pared celular pero no se establecieron grandes diferencias. En cuanto a los tratamientos con 1-MCP, hay experiencias que nos indican que su aplicación no provoca ningún efecto en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16” conservados a 4° C, mientras que con una conservación a 20 ° C solo se produce pérdida en la firmeza en las variedades “Blas”, “Sinatra” y “Victoria”

(Megías et al., 2014 c). Los resultados de este trabajo indican que la aplicación de 1-MCP a distintas dosis no produjo una disminución en los valores de firmeza respecto al control, con lo cual, no se puede decir que retrase el ablandamiento de los frutos.

Prestando atención a la evolución en el tiempo de este parámetro, podíamos esperar una disminución en la firmeza de los frutos por dos motivos:

1. Pérdida de agua de los frutos.
2. Activación de las enzimas que degradan la pared celular.

Sin embargo, en algunos frutos aumenta la firmeza mientras que en otros disminuye, por lo que no podemos sacar una clara conclusión. Los motivos que explican el aumento de este parámetro en ciertos frutos de calabacín pueden ser:

1. Los frutos se vuelven más elásticos con el paso del tiempo, lo que provoca que la sonda requiera más fuerza para penetrar en la piel.
2. Aumenta la concentración de lignina durante la conservación en frío dificultando el paso del penetrómetro en el fruto.

Figura 40. Efecto del etileno (200 ppm) y 1-MCP (2400 ppb) sobre la firmeza en la zona apical en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.

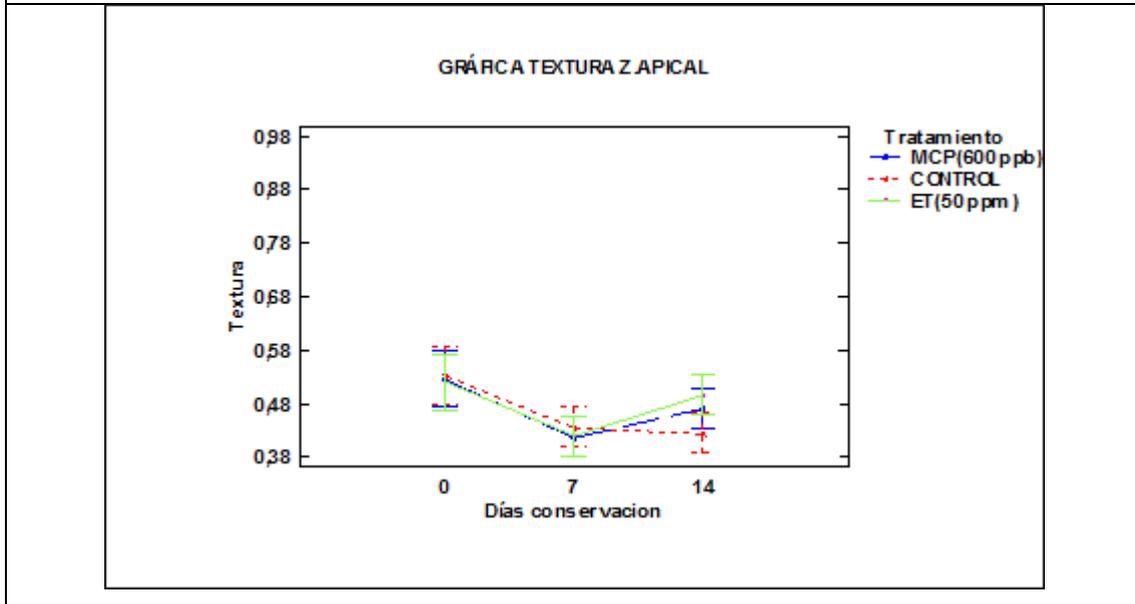


Figura 41. Efecto del etileno (200 ppm) y 1-MCP (2400 ppb) sobre la firmeza en la zona peduncular en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.

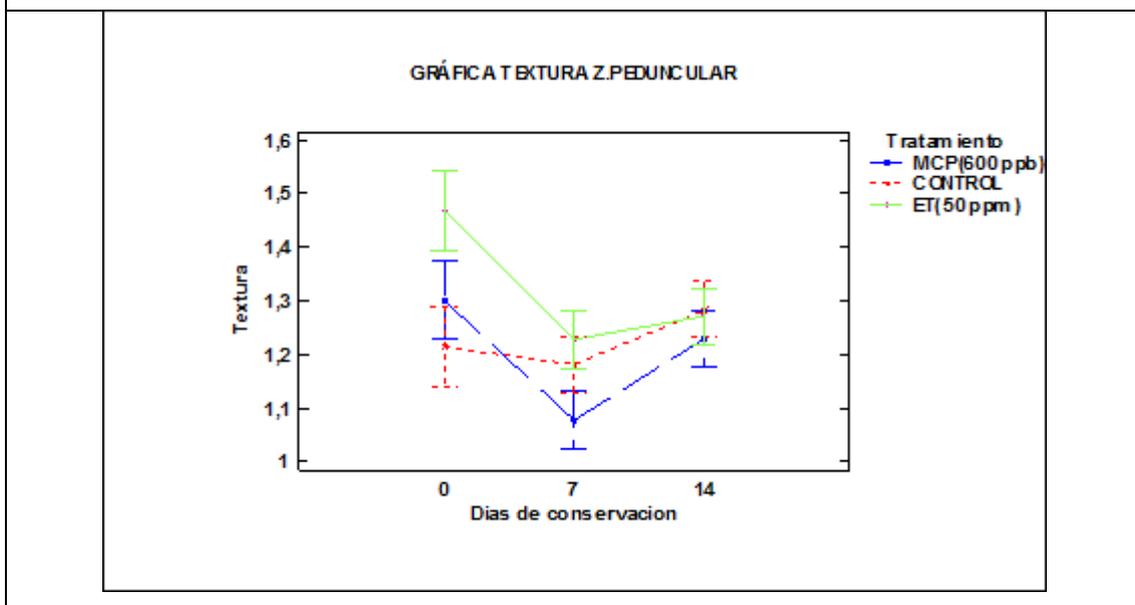


Figura 42. Efecto del etileno (100 ppm) y 1-MCP (1200 ppb) sobre la firmeza en la zona apical en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.

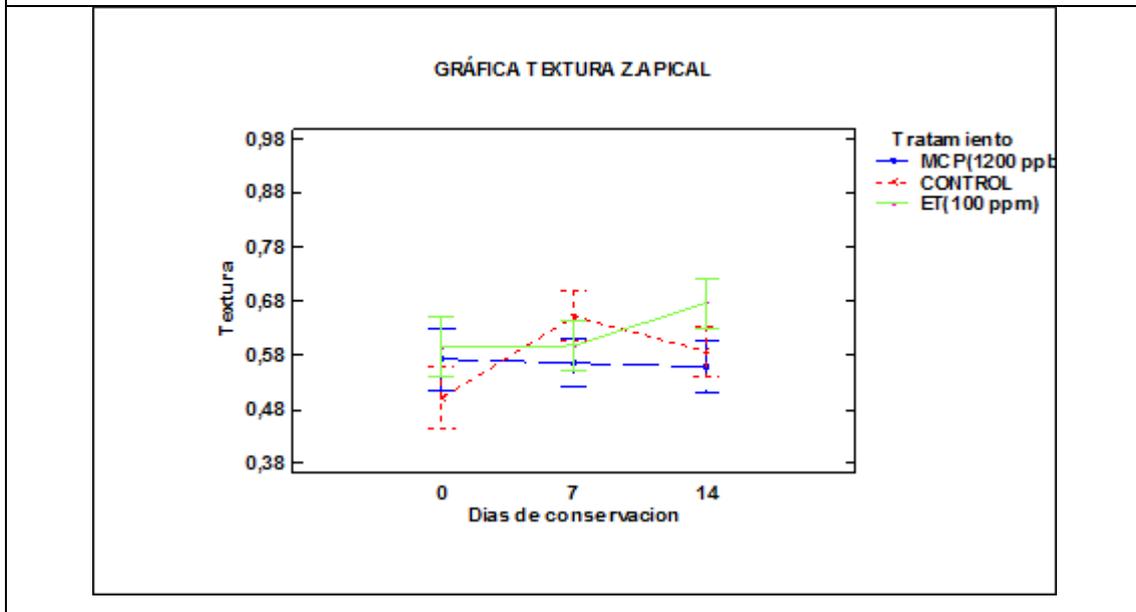


Figura 43. Efecto del etileno (100 ppm) y 1-MCP (1200 ppb) sobre la firmeza en la zona peduncular en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.

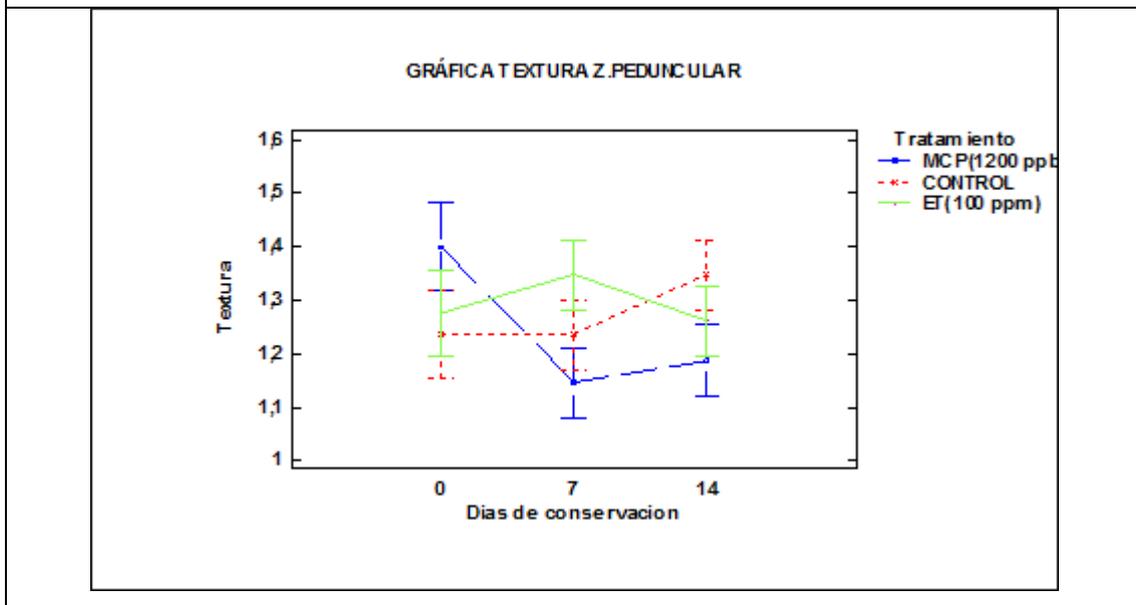


Figura 44. Efecto del etileno (50 ppm) y 1-MCP (600 ppb) sobre la firmeza en la zona apical en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.

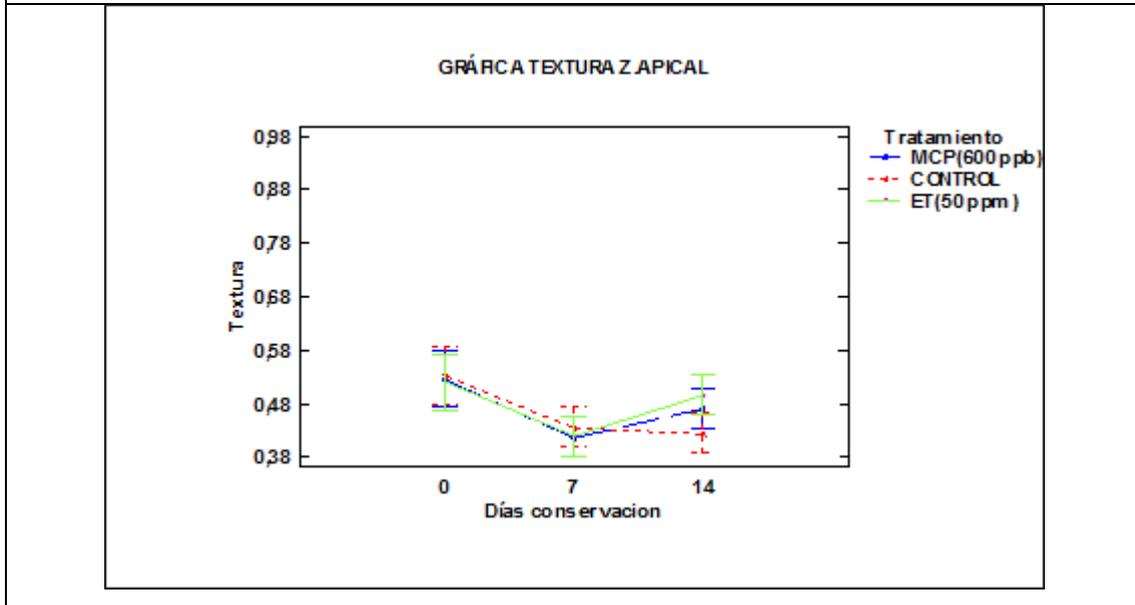
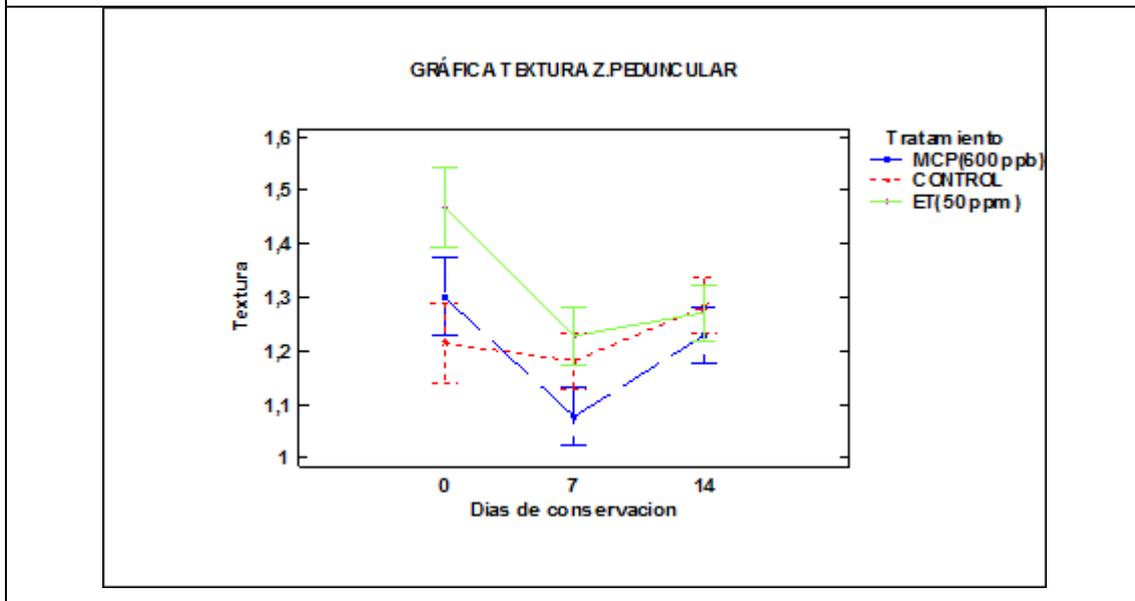


Figura 45. Efecto del etileno (50 ppm) y 1-MCP (600 ppb) sobre la firmeza en la zona peduncular en frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”.



5. CONCLUSIONES

PRIMERA: El tratamiento con 1-MCP a una dosis de 2400 ppb disminuye notablemente la pérdida de peso en los frutos de calabacín frigoconservados, especialmente en la segunda semana de almacenamiento. Sin embargo, tratamientos de 1-MCP a dosis menores no afectan a este parámetro, al igual que la aplicación exógena de etileno.

SEGUNDA: El efecto del tratamiento con 1-MCP a una dosis de 2400 ppb muestra ser eficaz a la hora de controlar los daños por frío en esta variedad. El resto de tratamientos con 1-MCP no son capaces de disminuir los daños por frío. La aplicación de etileno exógeno no muestra diferencias respecto a los frutos que no recibieron ningún tratamiento.

TERCERA: Los resultados nos indican que los tratamientos con etileno y 1-MCP no han sido capaces de alterar significativamente la firmeza de los frutos de calabacín.

CUARTA: Los resultados nos muestran que los tratamientos con 1-MCP, especialmente la dosis mayor de 2400 ppb, pueden disminuir la tasa de respiración de los frutos de calabacín de la variedad “Muc-16” a los 7 días de estar conservados a 4° C. Esto indica que el 1-MCP es capaz de aumentar la tolerancia a la frigoconservación. Los tratamientos con etileno no reducen este parámetro, incluso lo pueden aumentar a los 14 días por lo que su aplicación no resulta útil.

QUINTA: En cuanto a la producción de etileno, los tratamientos con etileno no muestran ningún beneficio respecto a este parámetro, incluso aumenta la producción en el momento de ser tratados y a la semana de frigoconservación. Los tratamientos con 1-MCP nos dan resultados parecidos, salvo en la dosis mayor (2400 ppb), con el cual, se consigue reducir levemente la producción de etileno.

SEXTA: El tratamiento con 1-MCP con una dosis de 2400 ppb resulta ser el más eficaz a la hora de mejorar el comportamiento post-cosecha de los frutos de calabacín de la variedad “Muc-16”, ya que, reduce de manera notable la pérdida de peso, la aparición de daños por frío y regula la tasa de respiración. El resto de tratamientos no demuestran ser útiles para la conservación post-cosecha de esta variedad.

6. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

6.1. Bibliografía:

Able A., Wong L., Prasad A., O`Hare T. (2002). Postharvest Biology and Technology. Volume 26, Issue 2: 147-155.

Adkins F., Hofman J., Stubbings A., Macnish J. (2005). Manipulating avocado fruit ripening with 1-methylcyclopropene. Postharvest and Biology and Technology. Volume 35: 33-42.

Artés F. (1999). Physical, Physiological and Microbial Deterioration of Minimally Fresh Processed Fruits and Vegetables. Food science and technology international.

Anuario Agrícola Almeriense. (2015).

Bourne, M. (2002). Food texture and viscosity. Concept and measurement. (2ª Ed). Academic Press.

Bourne, M. C.; Moyer, J. C. y Hand, D. B. (1966). Measurement of food texture by a Universal testing machine. Food Technol. 32: 62-72.

Brady, C. (1987). Fruit ripening. Annu Rev Plant Physiol 38:155-178.

Camacho, F. (2002). Material didáctico de Horticultura Intensiva- 3º I.T.A. (Hortofruticultura y Jardinería) 2002/2003. Universidad de Almería

Capellini R.A., Ceponis M.J., Lightner G.W. (1998). “Disorders in cucumber, squash and watermelon shipments to New York market, 1972-1985. Plant Disease, 72:81-85

Guillén, F. (2009). 1-MCP como estrategia de conservación, Publ. 19, pp 19-23.

Jiang Y.M., Joyce, D.C., Jiang, W.B. and Lu, W.J. (2004). Effects of chilling temperatures on ethylene binding by banana fruit. *Plant Growth Regul.* 43:109-115.

Kader, A. (1992). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Second edition, Univ.Calif., Div. of Agr. and Nat. Resources, Publ. 3311, pp. 296.

Kendrick, MD., Chang C. (2008). Ethylene signaling: new levels of complexity and regulation.

Ku V.V.V., R.B.H. Wills. (1999). Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of Broccoli. *Postharvest Biology and Technology* 17: 127-132.

Maclean D.D., Mun D.P., DeEll J.R. (2003; 2006). A modified total oxradical scavenging capacity assay for antioxidants in plant tissues.

Manzano, S. (2009). Regulación genética de la determinación sexual en Cucurbita pepo: clonación, caracterización y análisis funcional de genes implicados en la biosíntesis, percepción y respuesta a etileno. Tesis doctoral. Universidad de Almería.

Martínez-Téllez MA, Ramos-Clamont MG, Gardea AA y Vargas Arispuro I. (2002). *Biochemical and Biophysical Research Communications* 295: 98-101.

McGlasson, W.B. 1985. Ethylene and fruit ripening. *HortScience*. 20:51-54

Megías Z, Martínez C, Manzano S, Valenzuela J.L, Garrido D, y Jamilena M. (2012). Producción de etileno y expresión de genes ACS y ACO en respuesta a la frigoconservación de calabacín. *Avances en Poscosecha de Frutas y Hortalizas*. Universitat de Lleida. 179-184.

Megías Z., Martínez C., Manzano S., Valenzuela J.L., Garrido D. y Jamilena M. (2012). Efecto del etileno y 1-MCP sobre la calidad poscosecha y los daños por frío en los frutos de distintas variedades de calabacín. *Avances en Poscosecha de Frutas y Hortalizas*. Edicions de la Universidad de Lleida. Lleida.

Megías Z., Martínez C., Manzano S., Barrera A., Valenzuela J.L., Garrido D., Jamilena M. (2012). Effects of 1-MCP on Different Postharvest Quality Parameters in Zucchini. *Acta Hort.* 1091, ISHS 2015: 83-90.

Megías Z., Martínez C., Manzano S., Barrera A., Valenzuela J.L., Garrido D., Jamilena M. (2014 a). Caracterización de los genes de la ruta del etileno en respuesta a la conservación en frío y a los tratamientos con 1-MCP en calabacín. *Avances en Poscosecha de Frutas y Hortalizas*.

Megías Z., Martínez C., Manzano S., Barrera A., Rosales R., Valenzuela J.L., Garrido D., Jamilena M. (2014 b). Cold-induced ethylene in relation to chilling injury and chilling sensitivity in the non-climacteric fruit of zucchini (*Cucurbita pepo* L.). *LWT- Food Science and Technology*, 57(1), 194-199.

Megías Z., Martínez C., Manzano S., García A., Manzano S., Reboloso M., Valenzuela J.L., Garrido D., Jamilena M. (2014 c). Ethylene biosynthesis and signaling elements involved in chilling injury and other postharvest quality traits in the non--climacteric fruit of zucchini (*Cucurbita pepo*). *Postharvest Biology and Technology*. 113: 48-57.

Ministerio de Agricultura, pesca y medio ambiente. (2014). Anuario de estadística.

Mir A., Curell E., Khan N., Whitaker M., and Beaudry M. (2001). Harvest Maturity, Storage Temperature, and 1-MCP Application Frequency Alter Firmness Retention and Chlorophyll Fluorescence of ‘Redchief Delicious’ Apples. *J. AMER. SOC. HORT. SCI.* 126(5):618–624.

Miralles, M. (2011). Efectos del etileno y 1-MCP sobre la calidad poscosecha de los frutos de diferentes variedades de calabacín conservadas en Frío. Trabajo monográfico. Universidad de Almería

Namesny, A. (Coordinadora). (1997). Melones. Ediciones de Horticultura. Barcelona.

Norbdy H.E. y McDONALS R.E. (1991). Relation of epicuticular wax composition of grapefruit to chilling injury. *Frl. Og Agricultural & Food Chemistry* 957-963

Poole, C.F. and Porte, D.R. (1993) Pollen germination and development in the watermelon. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 30: 526-530.

Randel, R. D. and R. C. Rhodes, (1980). The effect of dietary monensin on the luteinizing hormone response of prepuberal heifers given a multiple gonadotropin-releasing hormone challenge. *J. Anim. Sci.* 51:925.

Reche, J. (1997). Cultivo de calabacín en invernadero. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería.

Rylski, I. y Aloni. (1990). Parthenocarpy fruit set and development in the Cucurbitaceae and Solanaceae under protected cultivation in mild winter climate. *Acta Horticulture* 287: 117-126

Salisbury, F. B. y Ross, C. W. (1992). *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company.

Salveit (Jr) M.E., Morris L.L. (1990). Overview on chilling injury of horticultural crops. In: “Chilling injury of horticultural crops” (C.Y. Wang, ed), CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 3-15.

Sanz, M., (1995). Fitorreguladores para el calabacín. *Hortofruticultura* 33, 46-48.

Sedgley, M and Buttrose M.S. (1978). Some effects of light intensity, day length and temperature on the florewing pollen tube growth in the watermelon (*Citrullus lanatus*) *Annals of Botany* 42: 609-616.

Shewfelt, R. L. (1986) Postharvest treatment for extending the shelf-life of fruits and vegetables. *Food Technol.* 40(5):70-89.

Sois A. (1980). Prove di conservazione a breve termine di zuchine. Istituto Sperimentale per la Valorizzazione Techologica dei Prodotti Agricoli. Milan.

Suzuki, E. (1969). Studies on the fruit development of greenhouse melon (*Cucumis melo* L) I. On the relation between shape of stigma and number of seeds and on the pollen tube development and the hour of fertilization. *Journal of Japanese Society of Horticultural Science* 38: 36-41

Valero D., Guillén F., Castillo S., Zapata P.J., Martínez-Romero D., Serrano M. (2003). Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 43 (2007) 23–27.

Watkins B. (2006). The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology advances*. Volume 24, Issue 4: 389-409.

Wien, H.C. (1997). The Cucurbits: Cucumber, melon, squash and pumpkin. En H.C. Wien (ed.). *The physiology of vegetable crops*. CAB International, Oxson. UK.345-387.

Wien, H.C. (1997). *The physiology of vegetable crops*. CAB Intl., Wallingford, Oxon, U.K. En: *The Physiology of Vegetable Crops: The cucurbits: Cucumber, melon, squash and pumpkin*. pp. 345-386.

6.2. Webgrafía:

- www.magrama.gob.es, (2014).
- www.magrama.gob.es, 3 de septiembre de 2014
- <http://www.fhalmeria.com/revista/anuarios/anuario-2015.pdf>