

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN PIMIENTO VERDE ALMACENADO A DOS CONDICIONES DE TEMPERATURA

Alicia Dobón Suárez, María Emma García Pastor, María José Giménez Torres, Vicente Serna-Escolano, Salvador Castillo y Pedro Javier Zapata Coll

Departamento Tecnología Agroalimentaria, Escuela Politécnica Superior de Orihuela (EPSO) Universidad Miguel Hernández. Ctra. de Beniel, Km 3.2, 03312, Desamparados (Orihuela)

Alicia Dobón-Suárez

alicia.dobon@goumh.umh.es

.....

Resumen: El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es susceptible a desarrollar daños por frío (DPF) a temperaturas inferiores a 7 °C. El objetivo del estudio es evaluar la evolución de los parámetros de calidad del pimiento verde, tipo 'Lamuyo', bajo dos regímenes de temperatura (2 y 7 °C). Los resultados obtenidos mostraron una mayor pérdida de peso en los pimientos almacenados a 7 °C. Por otro lado, los pimientos conservados a 2 °C presentaron valores superiores de firmeza, sólidos solubles totales y acidez total en comparación con los pimientos almacenados a 7 °C. Por último, los pimientos conservados en frío presentaron una incidencia elevada de DPF. En conclusión, los parámetros evaluados han mostrado que los pimientos almacenados a 2 °C presentan una mayor calidad durante la conservación postcosecha. Sin embargo, dichos pimientos presentaron la mayor incidencia de DPF, derivando en la búsqueda de nuevas alternativas para la prevención de dicha alteración fisiológica.

Palabras clave: Daños por frío, firmeza, calidad, conservación, lamuyo.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo y la producción de pimiento (*Capsicum annuum* L.) se ha incrementado en los últimos años, presentando un elevado potencial económico a nivel mundial, así como una gran aceptación en el mercado [1]. Este gran interés de la sociedad por esta hortaliza se atribuye principalmente a sus características organolépticas, en concreto por su variabilidad de colores (verde, rojo, naranja y amarillo), los cuales cambian durante los estados de maduración del pimiento [2]. Además, es muy apreciada por sus propiedades antioxidantes y beneficiosas para la salud, debido a su alto contenido en compuestos bioactivos, como el contenido de vitamina C o ácido ascórbico, carotenoides, flavonoides, capsaicinas y otros compuestos fenólicos [3,4]. Dichos compuestos se caracterizan por sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas y/o anticancerígenas, contribuyendo favorablemente a la salud humana [5].

El pimiento es una hortaliza muy perecedera, ya que durante su transporte, almacenamiento y comercialización se producen pérdidas aproximadamente del 30 % [6], que están relacionadas con su contenido de agua, su fina cutícula y su metabolismo activo durante la postcosecha [4]. Durante su almacenamiento prolongado en postcosecha, necesita un manejo y cuidado adecuado para mantener íntegra la calidad durante la conservación. Los principales problemas que aparecen y afectan a los parámetros de calidad del pimiento son principalmente la incidencia de podredumbres, causadas en mayor medida por *Alternaria alternata*, la pérdida de agua, el color y la firmeza [7-9]. Por otro lado, el almacenamiento en frío pueden reducir la actividad metabólica del pimiento, retrasando así el proceso de senescencia

y alargando la vida útil durante su conservación. Sin embargo, el pimiento verde es muy susceptible a los daños por frío (DPF), también conocidos como 'Chilling injury (CI)', cuando es almacenado a temperaturas inferiores a 7 °C durante un periodo prolongado. Los principales síntomas de DPF desarrollados en pimiento son los siguientes: pitting o punteado en la piel, abolsamiento de la piel y pardeamiento de las semillas y cáliz, generando pérdidas significativas en la calidad del pimiento [9-11].

Por otro lado, cuando el pimiento se almacena a 7 °C, siendo esta considerada óptima para el mantenimiento de los parámetros de calidad durante su conservación, las pérdidas de calidad que aparecen durante su almacenamiento postcosecha son principalmente debidas a la pérdida de peso, ablandamiento y crecimiento microbiano. Actualmente, ningún estudio ha comparado la evolución de los parámetros físico-químicos del pimiento verde durante el almacenamiento en frío y a temperaturas óptimas. Por ello, en el presente experimento se han comparado dos regímenes de temperatura (2 y 7 °C) en el pimiento verde, tipo 'Lamuyo', durante su conservación postcosecha, siendo el objetivo principal la evaluación de la evolución de los parámetros físico-químicos de calidad del pimiento bajo ambos escenarios.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño experimental

En el presente estudio, se utilizó pimiento verde tipo 'Lamuyo', variedad 'Herminio', cultivado en una parcela experimental en el interior de un invernadero comercial, localizado en El Raal (Murcia, España). La recolección se realizó bajo los criterios óptimos de calidad comercial establecidos por la empresa. El experimento de conservación se llevó a cabo en junio de 2021. Los pimientos fueron seleccionados de forma homogénea y se trasladaron al laboratorio del Grupo de Post-Recolección de Frutas y Hortalizas de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela en la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH) para su posterior almacenamiento a 2 y 7 °C y 85-90 % de humedad relativa (HR). Para cada muestreo, se realizaron lotes de tres réplicas ($n = 3$) con 5 pimientos (15 pimientos en total) para cada régimen de temperatura (2 y 7 °C). Los muestreos se realizaron: el día de la recolección (día 0) y a los 7, 14, 21 y 28 días de conservación. En cada muestreo, se determinó la pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles totales y acidez total de los pimientos analizados.

2.2. Pérdidas de peso

Las pérdidas de peso se determinaron semanalmente con ayuda de una balanza Radwag WLC 2/A2 (Radwag Wagi Elektroniczne). Los pimientos se pesaron el día de la recolección (día 0) para cada lote elaborado (7, 14, 21 y 28 días). Los resultados se expresaron en tanto por ciento (%) respecto al peso inicial (día 0) y como la media \pm ES para cada régimen de temperatura.

2.3. Parámetros físico-químicos

La firmeza se determinó individualmente en cada pimiento utilizando un Texturómetro TA-XT2i (Textura Analyzer, Stable Microsystems, Godalming, UK) y aplicando una deformación del 5 %. Los resultados se expresaron como la relación existente entre la fuerza aplicada (N) y la distancia recorrida (mm) para dicha deformación ($N\ mm^{-1}$) [9]. Se realizó un análisis destructivo de forma manual, obteniéndose un zumo homogéneo del que se midió el contenido en sólidos solubles totales (SST) y acidez total (AT), de acuerdo con el protocolo descrito previamente [12]. Los resultados de SST y AT fueron expresados en gramos de sacarosa y ácido málico por 100 g de peso fresco ($g\ 100\ g^{-1}$), respectivamente. Los resultados para todos estos parámetros se expresaron como la media \pm ES de 15 pimientos para cada temperatura de almacenamiento.

2.4. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de las diferentes determinaciones analíticas se expresaron como la media \pm ES de tres réplicas ($n = 3$) y se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA). La fuente de variación fue la temperatura o régimen de almacenamiento. Para ello, se realizó una comparación de medias usando el test *t*-Student para determinar si existían diferencias significativas a un nivel de significancia de $p < 0,05$ entre ambos regímenes de temperatura estudiados. El análisis se realizó con el paquete de software SPPSS v.17.0 para Windows.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evolución de las pérdidas de peso y la firmeza durante el almacenamiento postcosecha

En el presente estudio, se ha evaluado la evolución de las pérdidas de peso durante la conservación postcosecha del pimiento verde almacenado a 2 y 7 °C. Las pérdidas de peso incrementaron significativamente a lo largo de los días de conservación desde el momento de la recolección en los pimientos verdes almacenados a ambas condiciones de temperatura (Figura 1A). Sin embargo, los pimientos almacenados a la temperatura de 2 °C mostraron una pérdida de peso significativamente menor a los conservados a 7 °C a partir de los 14 días de almacenamiento. Al final del periodo de conservación postcosecha, los pimientos almacenados a 7 °C llegaron a alcanzar un 36 % más de pérdidas de peso frente a los almacenados en frío (Figura 1A). Por otro lado, la firmeza disminuyó significativamente durante el almacenamiento en ambos regímenes de temperatura estudiados (Figura 1B). Sin embargo, los pimientos almacenados a 2 °C presentaron un retraso en las pérdidas de firmeza frente a los conservados a 7 °C, dando lugar a niveles de firmeza significativamente superiores a los 7, 14 y 21 días de conservación.

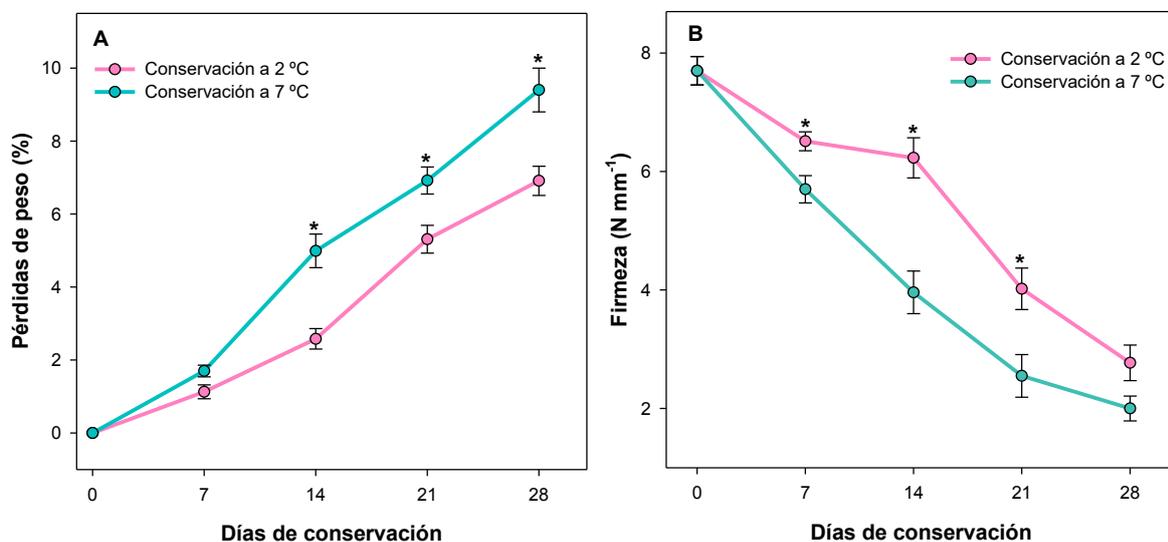


Figura 1. Evolución de las pérdidas de peso (%) (A) y la firmeza (N mm⁻¹) (B) de los pimientos verdes durante 28 días de almacenamiento postcosecha a 2 y 7 °C. Los datos representados son la media \pm ES. El símbolo (*) muestra diferencias significativas para $p < 0,05$ entre los dos regímenes de temperatura estudiados (2 y 7 °C) en cada día de muestreo.

En un estudio previo, Rodoni et al. [13] observaron resultados similares en términos de incremento de las pérdidas de peso en pimiento verde cortado a 5 °C, aunque registraron pérdidas de peso significativamente superiores (~ 12 %) a los 12 días de conservación en comparación con los valores observados en el presente estudio referentes al pimiento verde entero. Sin embargo, en un estudio reciente también realizado sobre pimiento verde tipo

'Lamuyo', los pimientos controles o no tratados con ácido salicílico alcanzaron un 7,50 % de pérdidas de peso a los 21 días de conservación a 7 °C [9]. En el presente estudio, los pimientos almacenados a 7 °C mostraron unas pérdidas de peso del 6,92 % a los 21 días de almacenamiento, siendo valores muy similares a los publicados. Respecto a la firmeza, la pérdida de firmeza fue similar a lo publicado por Rodoni et al. [13], donde la pérdida fue aproximadamente de 1 N a los 12 días de almacenamiento a 5 °C. Sin embargo, los valores de firmeza publicados en el presente estudio son superiores a los publicados recientemente en la misma variedad de pimiento por Dobón-Suárez et al. [9]. Esta variación en los niveles de firmeza podría deberse a otros factores influyentes como podrían ser la campaña de cultivo, el estado fenológico o las prácticas agronómicas, entre otros.

3.2. Evolución de los sólidos solubles totales y la acidez total durante el almacenamiento postcosecha

Tras el análisis destructivo, el contenido de sólidos solubles totales (SST) fue incrementando a lo largo del almacenamiento postcosecha para los pimientos almacenados a ambas temperaturas (Figura 2A). Cabría destacar que los pimientos verdes conservados en frío (2 °C) mostraron un retraso en la acumulación de SST en comparación con los almacenados a 7 °C, siendo dicho retraso significativo a los 7 y 14 días de conservación. Tras los 14 días, todos los pimientos evaluados presentaron una tendencia similar, sin observar diferencias significativas entre regímenes de temperatura y estabilizándose dicho contenido de SST hasta el fin del periodo postcosecha (Figura 2A). Por otro lado, se observó un ligero incremento en la acidez total de los pimientos analizados a 2 y 7 °C (Figura 2B). La conservación a 2 °C mantuvo el contenido de acidez total significativamente superior a la de 7 °C a los 21 y 28 días de almacenamiento postcosecha (Figura 2B).

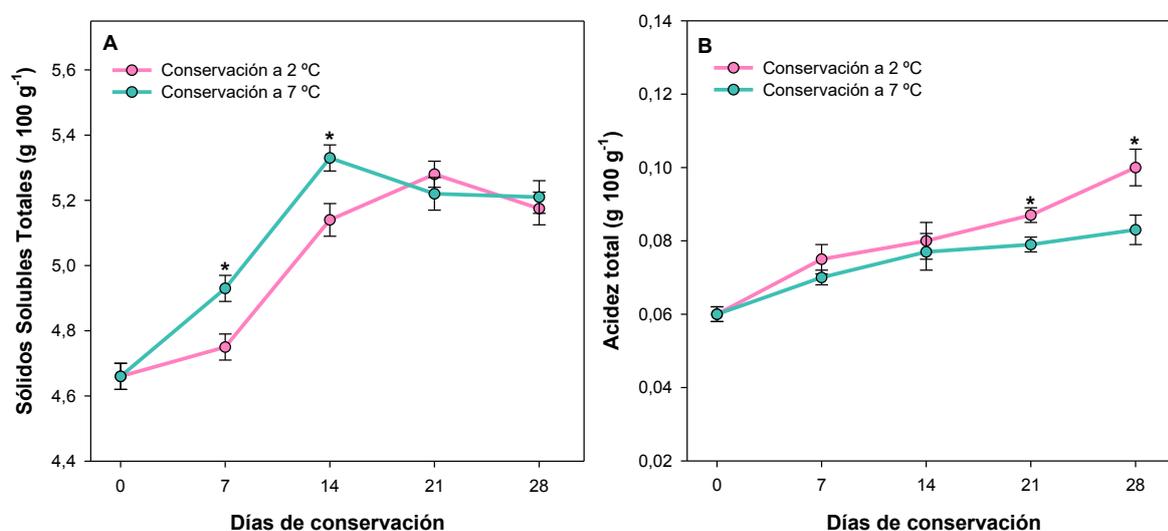


Figura 2. Evolución de los sólidos solubles totales (SST) (A) y la acidez total (AT) (B), expresados ambos como g 100 g⁻¹ de peso fresco, de los pimientos verdes durante 28 días de almacenamiento postcosecha a 2 y 7 °C. Los datos representados son la media ± ES. El símbolo (*) muestra diferencias significativas para $p < 0,05$ entre los dos regímenes de temperatura estudiados (2 y 7 °C) en cada día de muestreo.

Valores de SST significativamente inferiores fueron publicados por Rodoni et al. [13], donde los pimientos contenían aproximadamente 3 g 100 g⁻¹ en el momento de la recolección. Estas variaciones podrían deberse a la variedad de pimiento analizada, entre otros factores influyentes (campaña de cultivo, estado fenológico, prácticas agronómicas, etc.). Sin embargo, Dobón-Suárez et al. [9] publicó valores de 4,5 g 100 g⁻¹ en el momento de la recolección para la misma variedad de pimiento, pero en otra campaña de cultivo, siendo dicho valor muy próximo

al que se muestra en la Figura 2A. Sin embargo, los valores de AT fueron ligeramente inferiores a los observados en otros estudios [9,13], encontrando un rango de AT ~ 0,014 g 100 g⁻¹. Dicha variación podría también estar influenciada por los factores que se han discutido anteriormente.

3.3. Evolución de la incidencia de daños por frío durante el almacenamiento postcosecha

Durante el almacenamiento postcosecha, los pimientos conservados bajo el régimen de temperatura de 2 °C se vieron afectados por la incidencia de daños por frío (DPF) con la aparición de pitting o punteado en la piel de los pimientos, al mismo tiempo que un abolsamiento de la misma y pardeamiento de los cálices, como se puede observar en la Figura 3A y B. La incidencia de daños por frío fue superior al 85 % en los pimientos conservados a 2 °C (Figura 2A), mientras que fue nula en los pimientos almacenados a 7 °C. En estos últimos, y como se aprecia en la Figura 2B, la incidencia de podredumbres a los 28 días era más elevada. Los pimientos verdes almacenados a 7 °C son susceptibles a desarrollar los síntomas de un ataque fúngico.

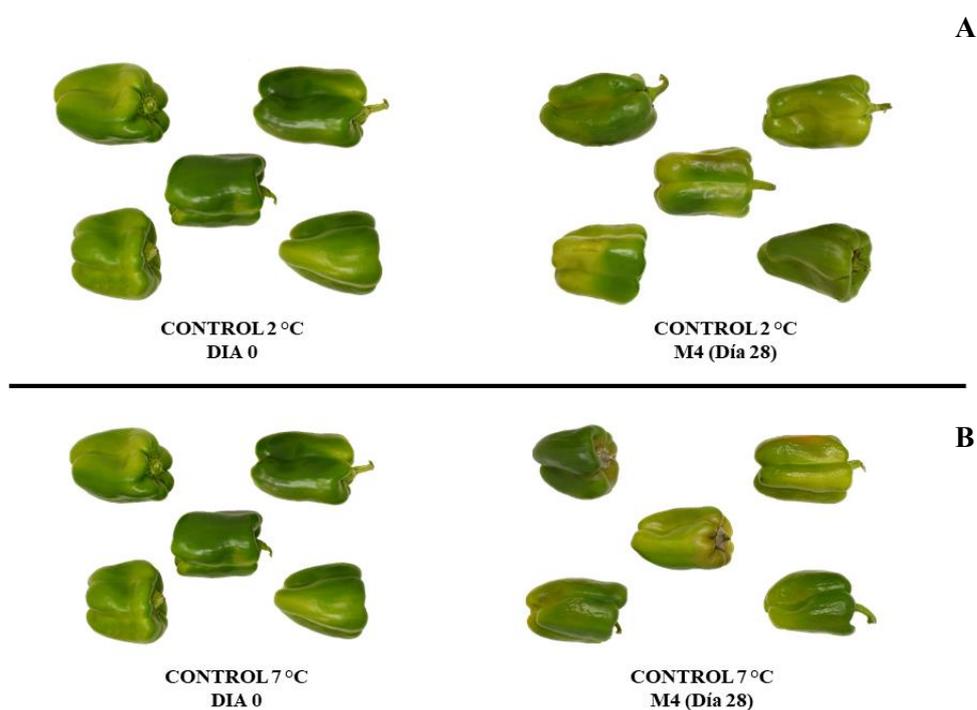


Figura 3. Pimientos verdes en el momento de la recolección (Día 0) y en el último día de conservación (M4 o día 28) almacenados a 2 °C (A) y 7 °C (B) de temperatura.

En estudios previos, se ha investigado que el desarrollo del pitting o punteado en la piel del pimiento por DPF se encuentra asociado con el descenso de la temperatura, induciendo un aumento en la rigidez de las membranas y desencadenando la activación de enzimas como la fosfolipasa D (PLD) y lipoxigenasa (LOX) [14] que degradan los lípidos de la membrana y desempeñan un papel en la descomposición de las membranas al hidrolizar los fosfolípidos en ácidos grasos y compuestos lipofílicos [15,16]. Sin embargo, los pimientos conservados bajo el régimen de 7 °C, no presentaron DPF, aunque si se vieron afectados severamente por la pérdida de agua que provocó una deshidratación en los pimientos y una excesiva pérdida de turgencia dando lugar a unos pimientos con mayor arrugamiento de la piel. Finalmente, en los pimientos almacenados a 7 °C se observó una incidencia severa de podredumbres provocadas principalmente por *Alternaria alternata*, desarrollándose principalmente en el pedúnculo y/o cáliz del pimiento. El desarrollo del hongo *Alternaria alternata* en el pimiento es un indicador de que existen factores de virulencia favorables que permiten invadir el pimiento y causar el desarrollo de fisiopatías y crecimiento microbiano [17].

4. CONCLUSIONES

En conclusión, los parámetros físico-químicos evaluados mostraron que los pimientos verdes conservados a la temperatura de 2 °C presentaron una mayor calidad, en términos de una menor pérdida de peso, mayor firmeza, mayor contenido de sólidos solubles totales y de acidez total durante el almacenamiento postcosecha. Además, la incidencia de podredumbres fue menor frente a los pimientos almacenados a la temperatura de 7 °C. Sin embargo, los pimientos verdes conservados a 2 °C fueron los más susceptibles a la incidencia de daños por frío, derivando en la necesidad actual de encontrar nuevas alternativas para la prevención de dicha alteración fisiológica en el pimiento.

5. REFERENCIAS

- [1] Blanco-Ríos, A.K.; Medina-Juárez, L.A.; González-Aguilar, G.A.; Gámez-Meza, N. Antioxidant activity of the phenolic and oily fractions of different sweet peppers. *J. Mex. Chem. Soc.* 2013, 57, 137-143.
- [2] Shotorbani, N.Y.; Jamei, R.; Heidari, R. Antioxidant activities of two sweet pepper *Capsicum annuum* L. varieties phenolics extracts and the effects of thermal treatment. *Avicenna J. Phytomed.* 2013, 3, 25-34.
- [3] Dobón-Suárez, A.; Giménez, M.J.; Castillo, S.; García-Pastor, M.E.; Zapata, P.J. Influence of the Phenological Stage and Harvest Date on the Bioactive Compounds Content of Green Pepper Fruit. *Molecules* 2021a, 26, 3099.
- [4] Wang, F.; Yang, O.; Zhao, O.; Li, X. Cold shock treatment with oxalic acid could alleviate chilling injury in green bell pepper by enhancing antioxidant enzyme activity and regulating proline metabolism. *Sci. Hortic.* 2022, 295.
- [5] Baba, V.Y.; Powell, A.F.; Ivamoto-Suzuki, S.T.; Pereira, L.F.P.; Vanzela, A.L.L.; Giacomini, R.M.; Strickler, S.R.; Mueller, L.A.; Rodrigues, R.; Goncalves, L.S.A. Capsidiol-related genes are highly expressed in response to *Colletotrichum scovillei* during *Capsicum annuum* fruit development stages. *Sci. Rep.* 2020, 10 (1), 12048.
- [6] Airaki, M.; Leterrier, M.; Mateos, R.M.; Valderrama, R.; Chaki, M.; Barroso, J.B.; Del Rio, L.A.; Palma, J.M.; Corpas, F.J. Metabolism of reactive oxygen species and reactive nitrogen species in pepper (*Capsicum annuum* L.) plants under low temperature stress. *Plant Cell Environ.* 2012, 35 (2), 281-295.
- [7] Rao, T.V.R.; Gol, N.B.; Shah, K.K. Effect of postharvest treatments and storage temperatures on the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Sci. Hortic.* 2011, 132, 18-26.
- [8] Kong, X.M.; Ge, W.Y.; Wei, B.D.; Zhou, Q.; Zhou, X.; Zhao, Y.B.; Ji, S.J. Melatonin ameliorates chilling injury in green bell peppers during storage by regulating membrane lipid metabolism and antioxidant capacity. *Postharvest Biol. Technol.* 2020, 170, 111315.
- [9] Dobón-Suárez, A.; Giménez, M.J.; García-Pastor, M.E.; Zapata, P.J. Salicylic Acid Foliar Application Increases Crop Yield and Quality Parameters of Green Pepper Fruit during Postharvest Storage. *Agronomy* 2021b, 11, 2263.
- [10] González-Aguilar, G.A.; Gayosso, L.; Cruz, R.; Fortiz, J.; Baez, R.; Wang, C.Y. Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 2000, 18, 19-26.
- [11] Ge, W.Y.; Kong, X.M.; Zhao, Y.B.; Wei, B.D.; Zhou, Q.; Ji, S.J. Insights into the metabolism of membrane lipid fatty acids associated with chilling injury in postharvest bell peppers. *Food Chem.* 2019, 295, 26-35.
- [12] García-Pastor, M.E.; Serrano, M.; Guillén, F.; Zapata, P.J.; Valero, D. Preharvest or a combination of preharvest and postharvest treatments with methyl jasmonate reduced chilling injury, by maintaining higher unsaturated fatty acids, and increased aril colour and phenolics content in pomegranate. *Postharvest Biol. Technol.* 2020, 167, 111226.
- [13] Rodoni, L.M.; Concellón, A.; Chaves, A.R.; Vicente, A.R. Use of UV-C Treatments to Maintain Quality and Extend the Shelf Life of Green Fresh-cut Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Food Sci.* 2012, 77, 6.

- [14] Xu, D.; Lam, S.M.; Zuo, J.; Yuan, S.; Lv, J.; Shi, J.; Gao, L.; Chen, B.; Sui, Y.; Shui, G.; Geng, S.; Wang, Q. Lipidomics reveals the difference of membrane lipid catabolism between chilling injury sensitive and non sensitive green bell pepper in response to chilling. *Postharvest Biol. Technol.* 2021, 182, 2, 111714.
- [15] Peppino, M.M.; Reyna, M.; Meringer, M.V.; Racagni, G.E.; Villasuso, A.L. Lipid signalling mediated by PLD/PA modulates proline and H₂O₂ levels in barley seedlings exposed to short- and long-term chilling stress. *Plant Physiol. Biochem.* 2017, 113, 149-160.
- [16] Yao, W.; Xu, T.; Farooq, S.U.; Jin, P.; Zheng, Y. Glycine betaine treatment alleviates chilling injury in zucchini fruit (*Cucurbita pepo* L.) by modulating antioxidant enzymes and membrane fatty acid metabolism. *Postharvest Biol. Technol.* 2018, 144, 20-28.
- [17] Taha, H.H.; Shareef, A.Y.; Taher, E.M. Isolation and identification fungi caused rot of *Capsicum annum* fruit and study ability to produce protease and lipase. *Sys. Rev. Pharm.* 2020, 11, 4, 27-31.