



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

Tesis Doctoral

**Evaluación del uso de reguladores vegetales y de
estrategias de procesamiento para reducir el deterioro
post-cosecha de zapallitos**

Lic. Juan Facundo Massolo

Director: *Dr. Ariel Vicente*

Co-Director: *Dra. Analía Concellón*

Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos
(CIDCA). Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata.

Calle 47 y 116.

La Plata, Buenos Aires, Argentina.

-2015-

El presente trabajo de Tesis para optar por el título de Doctor de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de la Plata fue realizado en el Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA-UNLP-CONICET, La Plata, Argentina) bajo la dirección del Dr. Ariel Roberto Vicente y la co-dirección de la Dra. Analía Concellón.



CIDCA



UNLP

A mi mamá y a mi papá, simplemente por todo.

A mis hermanos y hermana, con quienes comparto momentos de gracia fundamentales.

A mis amigos de Daireaux, presentes o latentes y siempre predisuestos para la parrilla y el reencuentro.

Al CONICET, que me otorgó la oportunidad laboral.

A las autoridades del CIDCA, que me permitieron trabajar y hacer uso de las instalaciones del instituto.

A Alicia Chaves, por incluirme en el grupo de Post-cosecha y por su sabia sencillez.

A Analía Concellón, por su capacidad multi-tarea y su disciplina.

A Ariel Vicente, por su genio y por ponerse la camiseta de becario.

A Luis, por los partidos de fútbol jugados y porque conformamos el ‘duó remolino’ en el laboratorio.

A Joaquín, por los momentos de risa y por desenmascarar el casi extinguido “silbo gomero”.

A Majo, por su indiscutida buena predisposición y por su calidad de persona.

A Laura, por sus consejos de trabajo y por aguantar mis chistes de salón.

A Cristian, porque siempre está de buen humor y por los asados que nos ha brindado.

A mis amigos del curso de ingreso y del ciclo básico, con quienes sigo compartiendo reuniones y quienes contribuyen a impulsarme en mis tareas.

A Juan Manuel y a Juan Cruz, dos amigos muy emprendedores, aficionados a la numismática.

A Elisa, por hacerme un lugar en agronomía y por su trato generoso.

A las recién llegadas Carolina, Magalí y Lucía por contribuir con las nuevas tareas y jugársela con alguna que otra torta.

A Luciano, que contribuyó en un ensayo experimental reciente.

A Patricia, porque me alivió el camino del inglés, de gran importancia en mi carrera.

A Sergio, Natalia y Silvana quienes me dieron la oportunidad de colaborar en su trabajo.

A Marisa Castelló y a Dolores Ortolá por aprobar las ideas laborales planteadas y por aceptarme en su laboratorio.

...a todos ¡MUCHAS GRACIAS!

A partir de las actividades desarrolladas durante mi período de formación doctoral se realizaron los siguientes trabajos:

I. Trabajos en revistas

- Massolo JF, Concellón A, Chaves AR, Vicente AR. 2011. 1-methylcyclopropene (1-MCP) delays senescence, maintains quality and reduces browning of non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 59, 10-15.

- Quintero Ruiz NA, Demarchi S, Massolo JF, Rodoni LM, Giner SA. 2012. Evaluation of quality during storage of apple leather. *LWT Food Science and Technology*. 47, 485-492.

- Massolo JF, Concellón A, Chaves, AR, Vicente AR. 2013. Use of 1-methylcyclopropene to complement refrigeration and ameliorate chilling injury symptoms in summer squash. *CYTA Journal of Food*. 12, 1-8.

- Massolo JF, Chaves AR, Concellón A, Vicente AR. 2014. Benzyl-aminopurine (BAP) treatments delay wall degradation and softening, improving quality maintenance of refrigerated summer squash. *Postharvest Biology and Technology*. 93, 122-129.

- Massolo JF, Concellón A, Chaves AR, Ortolá D, Castelló M, Vicente AR. Influence of osmotic dehydration on quality of dried zucchini and summer squash slices. *En redacción*.

II. Presentaciones en congresos

- Massolo JF, Rodoni L, Concellón A, Chaves AR, Vicente AR. 2009. Efecto de tratamientos con 1-metilciclopropeno sobre la calidad y vida post-cosecha de tomate trozado refrigerado. XXXII Congreso Argentino de Horticultura.

- Massolo JF, Concellón A, Chaves AR, Vicente AR. 2009. Efecto del tratamiento con 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre la calidad y metabolismo fenólico en berenjena. CIC Y TAC 2009 - III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

- Rodoni LM, Massolo JF, Concellón A, Chaves AR, Vicente AR. 2009. Determinación de antioxidantes en frutas y hortalizas utilizando el radical ABTS⁺: Importancia de la cinética de reacción. V Jornada de Biología y Tecnología de Post-cosecha.

- Massolo JF, Firpo IT, Concellón A, Vicente AR, Chaves AR. 2010. Variación en los niveles de azúcares, acidez y antioxidantes en diferentes zonas de capítulos de alcaucil. XXXIII Congreso Argentino de Horticultura.

- Massolo JF, Concellón A, Chaves AR, Vicente AR. 2011. Uso de 1-metil-ciclopropeno (1-MCP) como complemento a la refrigeración en el manejo post-cosecha de zapallito. XXXIV Congreso Argentino de Horticultura.

- Massolo JF, Concellón A, Chaves AR, Vicente AR. 2011. Rol del etileno en la senescencia y daño por frío de zapallito. VI *Jornadas Argentinas de Biología y Tecnología de Post-cosecha*.

- Massolo JF, Concellón A, Chaves AR, Vicente AR. 2011. Efecto de tratamientos post-cosecha con 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre la calidad de alcaucil refrigerado. XIII Congreso CYTAL.

- Massolo JF, Chaves AR, Concellón A, Vicente AR. 2012. Uso tratamientos con citoquininas como complemento a la refrigeración en zapallito de tronco. VII Congreso Iberoamericano de Tecnología Post-cosecha y Agro-exportaciones.

- Massolo JF, Ortiz LC, Chaves AR, Concellón, A, Vicente AR. El metil-jasmonato (MJ) mantiene la calidad de zapallito refrigerado. 2013. XXXVI Congreso Argentino de Horticultura.

- Massolo JF, Concellón A, Chaves AR, Vicente AR, Ortolá MD, Castelló M. 2014. Obtención y caracterización de un producto seco rehidratable de zucchini con buena capacidad de conservación. VII Jornadas Argentinas de Biología y Tecnología Post-cosecha.

- Zaro MJ, Rodoni LM, Massolo JF, Valerga, L, Lemoine ML, Viña S, Concellón A. 2014. Almacenamiento post-cosecha de tomate platense, población “Carcione”. VII Jornadas Argentinas de Biología y Tecnología Post-cosecha.

- Rodoni LM, Massolo JF, Chaves AR, Vicente AR. 2014. Análisis del efecto de atmósferas modificadas, tratamientos térmicos y de radiación UV-C sobre pimiento mínimamente procesado. Food Innova.

- Massolo JF, Concellón A, Chaves AR, Vicente AR, Ortolá D, Castelló M. 2014. Efecto de tratamientos de deshidratación osmótica sobre la calidad de “snacks” de zucchini. Food Innova.

RESUMEN

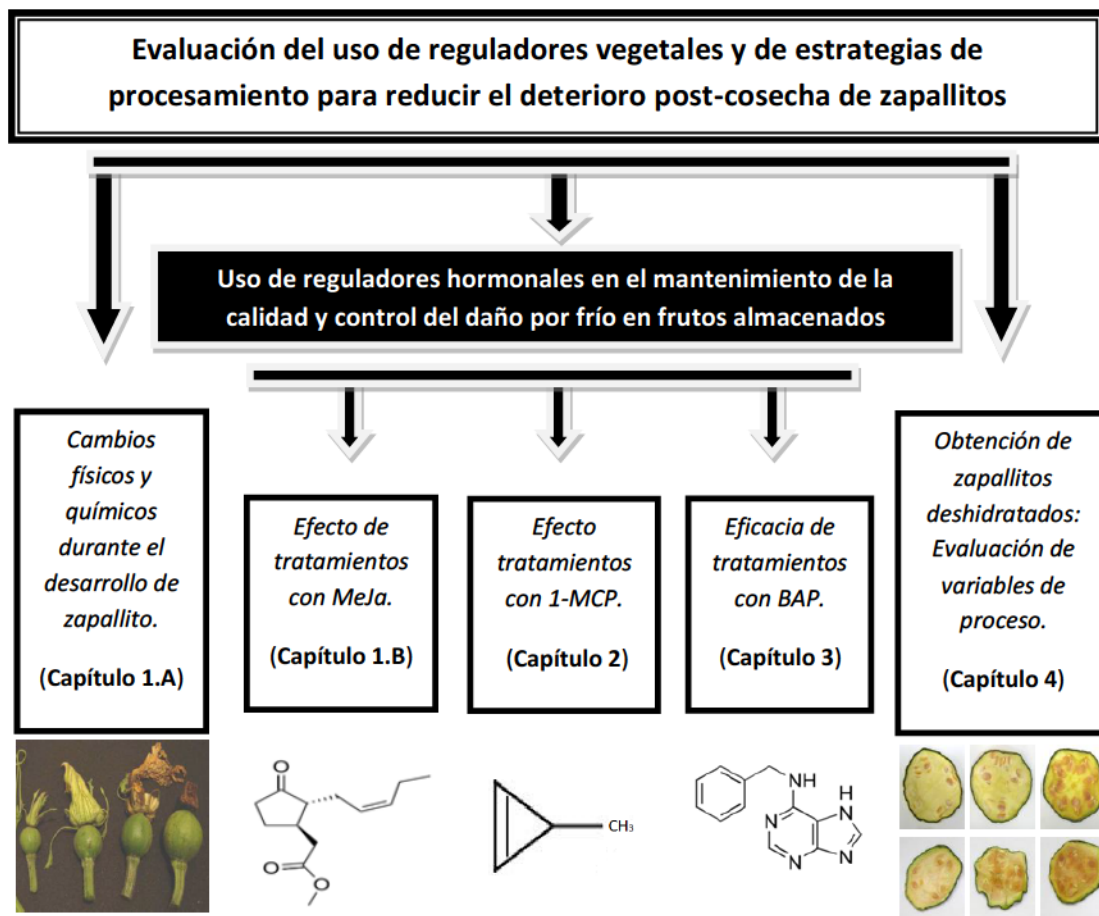
Se estima que más de un tercio de los vegetales que se producen a nivel mundial se descartan durante la post-cosecha por no ser conservados adecuadamente. Así, se invierten enormes cantidades de recursos (suelo, agua, capital, recursos humanos) en producir frutas y hortalizas que luego no resultan empleadas en la alimentación. Los zapallitos redondos son en términos de volumen de producción una de las hortalizas más importantes en los principales Cinturones Hortícolas de nuestro país. A pesar de esto la información referida a la calidad, fisiología de proceso de desarrollo de la especie es muy limitada. En una primera etapa del presente trabajo de tesis se caracterizó el proceso de desarrollo de frutos de zapallito desde estados ontogénicos tempranos hasta etapas de madurez comercial (**Capítulo 1**).

Por otro lado si bien la refrigeración es la tecnología más apropiada para extender la capacidad de almacenamiento de hortalizas, los beneficios de las bajas temperaturas no pueden explotarse en su totalidad en frutos de zapallito debido a que son sensibles al frío. En tal sentido, resulta de interés la búsqueda de metodologías complementarias para mejorar su conservación. A tal fin se estudió la eficacia de tratamientos con los reguladores vegetales como metil-jasmonato (MeJa) y N⁶-bencilaminopurina (BAP) y con el inhibidor de la acción del etileno 1-metilciclopropeno (1-MCP) como estrategias para controlar el daño por frío (DF), complementar a la refrigeración y extender la vida post-cosecha de frutos de zapallito redondo. La aspersión con soluciones de MeJa (1 mmol L⁻¹) en forma previa al almacenamiento redujo marcadamente la deshidratación, pero contrariamente a lo que se ha descrito en otros frutos, sólo logró una reducción moderada del daño por frío (**Capítulo 1**). Los tratamientos con 1-MCP (1 mg L⁻¹) mejoraron el comportamiento de los frutos en condiciones de DF (0 °C) y fueron también efectivos para extender la capacidad de almacenamiento de zapallitos conservados a 10 °C indicando un rol del etileno en el deterioro post-cosecha a pesar de tratarse de frutos no climatéricos (**Capítulo 2**). En un tercer grupo de ensayos se

analizó el uso de citoquininas (BAP, 1 mmol L⁻¹), como estrategia para retrasar la senescencia de zapallitos almacenados a 5 °C (**Capítulo 3**). En estas condiciones los frutos no manifestaron síntomas de DF por 20 días, por lo que la temperatura óptima de almacenamiento a recomendar debiera ser 5 °C y no 10 °C como se ha informado en la literatura. A diferencia de lo que ocurre en tejidos vegetativos la aspersión de BAP no fue eficaz para retrasar la degradación de clorofila. De todos modos, los tratamientos redujeron en forma marcada el ablandamiento, al modular la solubilización de pectinas y retrasar la degradación de azúcares neutros de cadenas laterales de polímeros del tipo ramnagalacturonano. En la última parte de esta tesis (**Capítulo 4**) se estudió el proceso de obtención de rodajas de zapallito y zucchini deshidratadas como estrategia de aprovechamiento de frutos que, presentando sólo defectos de forma o tamaño, son descartados y no ingresan al circuito comercial. En este caso se analizó la influencia de la incorporación de una etapa de deshidratación osmótica (DO) en forma previa al secado en estufa en las propiedades del producto. Se logró un mejor producto final al combinar una DO en soluciones de NaCl 2% (p/v) por 120 min y secado a 60 °C en estufa. Con esta combinación se redujo en un tercio el tiempo de secado y con ello la exposición de los frutos a las altas temperaturas. La incorporación de una etapa inicial de DO favoreció el oscurecimiento del producto, redujo la rugosidad superficial de los frutos, permitió una mayor retención de antioxidantes carotenoides y no afectó la aceptabilidad en términos de sabor y del carácter de crujiente. Finalmente, se estudió la posibilidad de rehidratación con buenos resultados, por lo que este producto podría ser empleado tanto como “snack” como en preparaciones que requieran una rehidratación parcial. En síntesis, el presente trabajo de tesis permitió ampliar el conocimiento sobre el proceso de desarrollo y sobre la eficacia de reguladores vegetales para complementar la refrigeración y prolongar la vida post-cosecha de frutos de zapallito. El estudio de la influencia de condiciones de proceso sobre la calidad de rodajas de zapallito deshidratado permitió optimizar una estrategia para reincorporar a la cadena comercial

frutos que suelen ser descartados para el mercado fresco por alteraciones de forma y tamaño.

Palabras clave: Post-cosecha, refrigeración, daño por frío, senescencia, deshidratación.



ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----------|
| I. OBJETIVOS | 21 |
| I.1. OBJETIVO GENERAL | 22 |
| I.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 22 |
| | |
| II. INTRODUCCIÓN GENERAL | 23 |
| II.1. Cucurbitáceas | 24 |
| II.2. Producción e importancia del cultivo de <i>Cucurbitáceas</i> | 24 |
| II.3. Generalidades de manejo post-cosecha y atributos de calidad de zapallito | 27 |
| II.4. Problemas durante el manejo post-cosecha | 28 |
| a. Deshidratación | 28 |
| b. Plagas y enfermedades | 29 |
| c. Daño por frío (DF) | 29 |
| d. Daño por congelación | 30 |
| II.5. Tecnologías de manejo post-cosecha de vegetales | 30 |
| a. Refrigeración | 30 |
| b. Atmósferas modificadas (AM) | 31 |
| c. Tecnologías para minimizar la deshidratación | 32 |
| d. Tecnologías tradicionales para reducir el daño por frío | 33 |
| e. Reguladores químicos | 34 |
| II.6. Hormonas vegetales: principales grupos, características generales y potencial utilidad en el manejo post-cosecha de vegetales | 35 |
| a. Etileno | 35 |
| b. Otras hormonas | 38 |
| -Auxinas | 38 |
| -Citoquininas | 39 |
| -Ácido abscísico | 40 |
| -Giberelinas | 41 |
| -Poliaminas | 42 |
| -Jasmonatos | 43 |
| II.7. Productos deshidratados | 44 |
| | |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 46 |
| A. ENSAYOS EXPERIMENTALES | 47 |
| Ensayo-Capítulo 1: <i>Caracterización del desarrollo ontogénico de zapallito y efecto de tratamientos con metil-jasmonato (MeJa) sobre la calidad y el daño por frío (DF)</i> | 47 |
| 1.1. Caracterización del proceso de desarrollo de frutos de zapallito | 47 |
| 1.2. Efecto de tratamientos con metil-jasmonato sobre el daño por frío y la calidad de zapallito | 48 |
| Ensayo-Capítulo 2: <i>Uso de tratamientos con 1-metilciclopropeno (1-MCP) para controlar el daño por frío (DF) y mantener la calidad de zapallito</i> | 49 |
| Ensayo-Capítulo 3: <i>Efecto de tratamientos con citoquininas (N^o-bencilaminopurina, BAP) sobre la calidad de zapallito refrigerado</i> | 50 |
| 3.1. Selección de la concentración de BAP | 50 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2. Efecto de tratamientos con BAP en la calidad de zapallito almacenado a baja temperatura | 50 |
| Ensayo-Capítulo 4: <i>Optimización de las variables de obtención de un producto deshidratado de zapallito</i> | 51 |
| 4.1. Material vegetal y procesamiento | 51 |
| 4.2. Deshidratación osmótica (DO) | 52 |
| 4.3. Efecto del uso de antioxidantes durante la DO sobre el color y el contenido de carotenoides de los frutos | 52 |
| 4.4. Selección de humedad y temperatura óptimas de rodajas de zapallito | 52 |
| 4.5. Efecto de la deshidratación osmótica sobre el tiempo de secado | 53 |
| 4.6. Obtención y caracterización del producto seco | 53 |
| 4.7. Rehidratación y caracterización del producto rehidratado | 54 |
| B. DETERMINACIONES ANALÍTICAS | 54 |
| -Visualización de almidón <i>in situ</i> | 54 |
| -Peso de frutos y de rodajas y pérdida de peso durante el almacenamiento | 54 |
| -Dimensiones de los frutos y de las rodajas | 55 |
| -Materia seca | 55 |
| -Densidad | 55 |
| -Tasa respiratoria (TR) | 56 |
| -Color | 56 |
| -Textura | 57 |
| -Clorofila a, b y total | 57 |
| -Carotenoides | 58 |
| -pH y acidez | 58 |
| -Azúcares solubles en etanol | 59 |
| -Sólidos solubles (SS) | 59 |
| -Fenoles totales | 60 |
| -Índices de deterioro (ID) y de daño por frío (IDF) | 60 |
| -Pérdida de electrolitos | 61 |
| -Aislamiento de pared celular | 62 |
| -Fraccionamiento de paredes celulares | 62 |
| -Ácidos urónicos (AU) | 63 |
| -Azúcares neutros (AN) | 63 |
| -Actividad de agua (a_w) | 64 |
| -Evaluación sensorial | 64 |
| C. ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 64 |
| | |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 65 |
| | |
| CAPÍTULO 1 | 66 |
| <i>Caracterización del desarrollo ontogénico de zapallito y efecto de tratamientos con metil-jasmonato (MeJa) sobre la calidad y el daño por frío (DF)</i> | |
| 1.1. INTRODUCCIÓN | 67 |
| a. Desarrollo ontogénico de zapallito | 67 |
| b. Jasmonatos: Definición y funciones metabólicas | 67 |
| c. Efecto del metil-jasmonato en post-cosecha de frutas y hortalizas | 69 |
| 1.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 71 |

| | |
|--|------------|
| <i>PARTE A. CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO ONTOGÉNICO DE ZAPALLITO</i> | 71 |
| a. Peso, dimensiones, apariencia y visualización de almidón in situ | 71 |
| b. Materia seca (MS), densidad y tasa respiratoria (TR) | 73 |
| c. Color de piel y pulpa, clorofilas, carotenoides y textura | 74 |
| d. Acidez, azúcares, sólidos solubles (SS) y fenoles totales | 78 |
| <i>PARTE B. EFECTO DE TRATAMIENTOS CON METIL-JASMONATO (MEJA) SOBRE LA CALIDAD Y EL DAÑO POR FRÍO (DF) DE ZAPALLITO</i> | 80 |
| e. Índice de daño por frío | 80 |
| f. Pérdida de electrolitos | 81 |
| g. Tasa respiratoria | 82 |
| h. Pérdida de peso | 82 |
| j. Color | 85 |
| k. Acidez, azúcares y fenoles totales | 86 |
| 1.3. CONCLUSIONES | 87 |
| | |
| CAPÍTULO 2 | 89 |
| <i>Uso de tratamientos con 1-metilciclopropeno (1-MCP) para controlar el daño por frío (DF) y mantener la calidad de zapallito</i> | |
| 2.1. INTRODUCCIÓN | 90 |
| 2.1.1. Control de los efectos desencadenados por el etileno | 91 |
| a. Evasión | 91 |
| b. Remoción | 91 |
| c. Inhibición | 92 |
| -Inhibición de la síntesis de etileno | 92 |
| -Inhibición de la acción del etileno | 92 |
| 2.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 96 |
| <i>PARTE A. EFECTO DEL 1-MCP SOBRE EL DAÑO POR FRÍO Y LA CALIDAD DE FRUTOS ALMACENADOS A 0 °C</i> | 96 |
| a. Índice de daño por frío | 96 |
| b. Color | 98 |
| c. Tasa respiratoria y pérdida de peso | 100 |
| d. Firmeza | 101 |
| e. Acidez, azúcares y fenoles totales | 103 |
| <i>PARTE B. EFECTO DEL 1-MCP SOBRE LA CALIDAD DE FRUTOS ALMACENADOS A 10 °C</i> | 104 |
| f. Índice de deterioro (ID) | 104 |
| g. Color | 106 |
| h. Firmeza | 108 |
| i. Tasa respiratoria y pérdida de peso | 109 |
| j. Acidez, azúcares y fenoles totales | 111 |
| 2.3. CONCLUSIONES | 112 |
| | |
| CAPÍTULO 3 | 113 |
| <i>Efecto de tratamientos con la citoquinina N⁶-bencilaminopurina sobre la calidad de zapallito refrigerado</i> | |
| 3.1. INTRODUCCIÓN | 114 |
| 3.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 117 |
| a. Índice de deterioro, pérdida de peso y tasa respiratoria | 117 |

| | |
|--|------------|
| b. Color superficial, acidez, azúcares y compuestos fenólicos | 119 |
| c. Firmeza y rendimiento de pared celular | 121 |
| d. Solubilización de componentes de pared celular | 123 |
| 3.3. CONCLUSIONES | 127 |
| CAPÍTULO 4 | 129 |
| <i>Evaluación de factores que afectan la calidad de rodajas de zapallito deshidratadas</i> | |
| 4.1. INTRODUCCIÓN | 130 |
| 4.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 134 |
| <i>Deshidratación osmótica de zapallitos</i> | 134 |
| a. Humedad durante la deshidratación osmótica (DO) | 134 |
| b. Actividad de agua | 135 |
| c. Apariencia, color y carotenoides | 136 |
| <i>Secado con aire caliente de rodajas de zapallitos con o sin DO</i> | 141 |
| d. Humedad durante el secado | 141 |
| e. Color | 142 |
| f. Azúcares totales, pH, acidez y fenoles totales | 144 |
| g. Carotenoides | 145 |
| h. Apariencia y atributos sensoriales | 147 |
| <i>Rehidratación de rodajas de zapallitos con o sin DO secadas en estufa</i> | 148 |
| i. Relación de peso y relación de diámetro | 148 |
| 4.3. CONCLUSIONES | 150 |
| V. CONCLUSIONES FINALES | 151 |
| VI. REFERENCIAS | 154 |

ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

| | |
|--|----|
| Figura II.1: Algunas especies de la familia de las Cucurbitáceas difundidas comercialmente. | 24 |
| Figura II.2: Producción mundial de zapallos y zapallitos del año 2012 (Faostat, 2014). | 25 |
| Figura II.3: Cultivo a campo de plantas de zapallito redondo. | 26 |
| Figura II.4: Síntomas de daño por frío en zapallito redondo: A) picado superficial, B) pardeamiento y clorosis y C) susceptibilidad al ataque microbiano. | 30 |
| Figura II.5: Estructura molecular del etileno (C ₂ H ₄). | 35 |
| Figura II.6: Estructura molecular del 1-metilciclopropeno (1-MCP). | 38 |
| Figura II.7: Estructura molecular de auxinas: A) ácido-3-indolacético (IAA) y B) α -ácido-naftalenacético (ANA). | 39 |
| Figura II.8: Estructura molecular de citoquininas: A) Difenilurea, B) Zeatina y C) N ⁶ -bencilaminopurina (BAP). | 40 |
| Figura II.9: Estructura molecular del ácido abscísico. | 41 |
| Figura II.10: Estructura molecular de giberelinas: A) giberelina 1 y B) ácido giberélico. | 41 |
| Figura II.11: Estructura molecular de poliaminas: A) putrescina, B) espermidina y C) espermina. | 42 |
| Figura II.12: Estructura molecular del A) ácido jasmónico y B) metil-jasmonato. | 43 |

CAPÍTULO 1

| | |
|---|----|
| Figura 1.1: Factores endógenos (desarrollo) y ambientales que estimulan la producción de jasmonatos a partir de la degradación de ácido linolénico de las membranas vegetales y algunas respuestas inducidas por esta hormona: adaptado de Creelman y Mullet (1995). | 68 |
| Figura 1.2: A) Peso y B) dimensiones (diámetros mayor (DM) y menor (Dm)) de zapallitos en diferentes estados de desarrollo (I a IV). Letras distintas indican para cada atributo diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 72 |
| Figura 1.3: Apariencia de A) frutos enteros y B) secciones transversales de zapallitos en diferentes estadios de desarrollo (I-IV), tratadas con lugol. | 73 |
| Figura 1.4: A) Materia seca, B) densidad y C) tasa respiratoria de zapallitos en diferentes estados de desarrollo (I a IV). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 74 |
| Figura 1.5: A) Luminosidad (L*), B) tono (H) y C) cromaticidad (C*) de la piel de zapallitos en diferentes estados de desarrollo (I a IV). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 75 |
| Figura 1.6: A) Luminosidad (L*), B) tono (H) y C) cromaticidad (C*) de la pulpa de zapallitos en diferentes estados de desarrollo (I a IV). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 76 |
| Figura 1.7: A) Clorofila a, B) clorofila b, C) clorofila total y D) carotenoides de zapallitos en diferentes estados de desarrollo (I a IV). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 77 |
| Figura 1.8: A) Firmeza y B) resistencia a la penetración en ensayos de compresión de zapallitos en diferentes estados de desarrollo (I a IV). | |

| | |
|---|-----------|
| <i>Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.</i> | 78 |
| Figura 1.9: A) Acidez, B) azúcares, C) sólidos solubles y D) fenoles totales de zapallitos en diferentes estados de desarrollo (I a IV). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 79 |
| Figura 1.10: Índice de daño por frío de zapallitos control y tratados con MeJa (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 14 y 21 días a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 4 días (“+4”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 80 |
| Figura 1.11: Pérdida de electrolitos de zapallitos control y tratados con MeJa (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 14 y 21 días a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 4 días (“+4”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 81 |
| Figura 1.12: Tasa respiratoria de zapallitos control y tratados con MeJa (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 14 y 21 días a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 4 días (“+4”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 82 |
| Figura 1.13: Pérdida de peso de zapallitos control y tratados con MeJa (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 14 y 21 días a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 4 días (“+4”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 83 |
| Figura 1.14: A) Fuerza máxima y B) distancia de ruptura de zapallitos control y tratados con MeJa (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 14 y 21 días a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 4 días (“+4”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 85 |
| CAPÍTULO 2 | 89 |
| Figura 2.1: A) Picado superficial de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \text{ } \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 19 días a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$. B) Daño por frío de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \text{ } \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 10 y 19 días a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 97 |
| Figura 2.2: A) Luminosidad (L^*), B) tono (Hue, H) y C) cromaticidad (C^*) de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \text{ } \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 10 y 19 días a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 99 |
| Figura 2.3: A) Tasa respiratoria y B) pérdida de peso de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \text{ } \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 10 y 19 días a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 101 |
| Figura 2.4: A) Resistencia a la penetración ($N \text{ mm}^{-1}$) y B) distancia a la ruptura (mm) de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \text{ } \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 10 y 19 días a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 102 |
| Figura 2.5: A) Apariencia de zapallitos control y tratados con 1-MCP luego de 14 días a $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y 2 días a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y B) índice de deterioro de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \text{ } \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 7 y 14 días a $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 días (“+2”). Letras | |

| | |
|--|------------|
| distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 105 |
| Figura 2.6: A) Luminosidad (L^*) y B) tono (Hue, H) y C) cromaticidad (C^*) de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 7 y 14 días a 10°C y luego transferidos a 20°C por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 107 |
| Figura 2.7: A) Resistencia a la penetración ($N \text{ mm}^{-1}$) y B) distancia a la ruptura (mm) de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 7 y 14 días a 10°C y luego transferidos a 20°C por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 109 |
| Figura 2.8: A) Tasa respiratoria y B) pérdida de peso de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 7 y 14 días a 10°C y luego transferidos a 20°C por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 110 |
| CAPÍTULO 3 | 113 |
| Figura 3.1: A) Apariencia, B) índice de deterioro, C) pérdida de peso y D) tasa respiratoria en zapallitos control y asperjados con BAP (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 13, y 25 días a 5°C y luego transferidos a 20°C por 2 días (“+2”). Valores con letras distintas son significativamente diferentes en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 118 |
| Figura 3.2: A) Luminosidad (L^*) y B) tono (Hue, H) y C) cromaticidad (C^*) y D) fenoles totales de zapallitos control y asperjados con BAP (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 13, y 25 días a 5°C y luego transferidos a 20°C por 2 días (“+2”). Valores con letras distintas son significativamente diferentes en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 120 |
| Figura 3.3: A) Firmeza, B) distancia a la ruptura, C) resistencia a la penetración y D) residuo insoluble en alcohol (RIA) de zapallitos control y asperjados con BAP (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 13, y 25 días a 5°C y luego transferidos a 20°C por 2 días (“+2”). Valores con letras distintas son significativamente diferentes en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 123 |
| Figura 3.4: A) Pectina soluble en agua (PSA), B) pectina soluble en CDTA (PSC) y C) pectina soluble en carbonato de Na (PSN) de zapallitos control y asperjados con BAP (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 13, y 25 días a 5°C y luego transferidos a 20°C por 2 días (“+2”). Valores con letras distintas son significativamente diferentes en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 125 |
| Figura 3.5: Distribución relativa de AN basada en la solubilidad en agua (PSA), en CDTA (PSC) y en carbonato de sodio (PSN) en zapallitos control y asperjados con BAP (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 13, y 25 días a 5°C y luego transferidos a 20°C por 2 días (“+2”). | 126 |
| CAPÍTULO 4 | 129 |
| Figura 4.1: Esquema del proceso de deshidratación osmótica. Fuente: Torreggiani (1993). | 133 |
| Figura 4.2: Cinéticas de DO (como humedad en base seca) de rodajas de zapallito A) redondo y B) zucchini control o incubadas en soluciones de NaCl 0,5, 1 y 2% por 2 h. | 135 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4.3: Actividad de agua (a_w) de rodajas de zapallito A) redondo y B) zucchini control o deshidratadas osmóticamente en soluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 136 |
| Figura 4.4: Apariencia de rodajas de zapallito redondo y zucchini Control o deshidratados osmóticamente en soluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h. | 137 |
| Figura 4.5: A) Luminosidad (L^*), B) tono, Hue (H) y C) cromaticidad (C^*) de rodajas de zapallito control o pre-incubados en NaCl 1 y 2% por 2 h. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 138 |
| Figura 4.6: Diferencia de color de rodajas de zapallito A) redondo y B) zucchini control o incubadas en NaCl 1 y 2% sin y con AOX (ácido ascórbico 1% p/v en ácido cítrico 1% p/v) por 2 h. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 139 |
| Figura 4.7: Contenido de carotenoides (b_h) de rodajas de zapallito A) redondo y B) zucchini control o incubadas en NaCl 1 y 2% sin y con AOX (ácido ascórbico 1% p/v en ácido cítrico 1% p/v) por 2 h. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 140 |
| Figura 4.8: Cinéticas de secado (como humedad en base seca) de rodajas de zapallito A) redondo y B) zucchini control o incubadas en disoluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h, con posterior secado a 60 °C. | 142 |
| Figura 4.9: Contenido de carotenoides de rodajas de zapallito A) redondo y B) zucchini control o incubadas en disoluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h, con posterior secado a 60 °C. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 146 |
| Figura 4.10: A) Apariencia y B) puntaje de atributos sensoriales (carácter de crujiente, sabor, color y aceptabilidad global) de rodajas de zapallito zucchini control o incubadas en disoluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h, con posterior secado a 60 °C. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$ para cada atributo. | 148 |
| Figura 4.11: A)-A') Relación de peso y B)-B') relación de diámetro de rodajas de zapallito redondo y zucchini control o incubadas en disoluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h, con posterior secado a 60 °C y rehidratación a saturación durante 2 h antes y luego de la rehidratación. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. | 149 |

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

Tabla II.1: Composición de frutos de zapallito (USDA Nutrition Database). 27

Tabla II.2: Frutos climatéricos y no climatéricos (Kader, 2002). 36

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1: Color (L^* , H y C^*) de zapallitos control y tratados con MeJa, almacenados por 0, 14 y 21 días a 0 °C y luego transferidos a 20 °C por 4 días (“+4”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. 86

Tabla 1.2: Acidez, contenido de azúcares totales y fenoles totales de zapallitos control y tratados con MeJa, almacenados por 0, 14 y 21 días a 0 °C y luego transferidos a 20 °C por 4 días (“+4”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. 87

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1. Acidez, azúcares y fenoles totales de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 10 y 19 días a 0 °C con subsiguiente transferencia a 20 °C por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. 103

Tabla 2.2. Acidez, azúcares y fenoles totales de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 7 y 14 días a 10 °C con subsiguiente transferencia a 20 °C por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. 111

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1. Acidez y azúcares en zapallitos control y asperjados con BAP (1 mmol L^{-1}) por 0, 13, y 25 días a 5 °C y luego transferidos a 20 °C por 2 días (“+2”). Valores con letras distintas son significativamente diferentes en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. 121

Tabla 3.2. Azúcares neutros solubles en KOH 1M (FSK1), azúcares neutros solubles en KOH 4M (FSK4), y α -celulosa en zapallitos control y asperjados con BAP (1 mmol L^{-1}) por 0, 13, y 25 días a 5 °C y luego transferidos a 20 °C por 2 días (“+2”). Valores con letras distintas son significativamente diferentes en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$. 127

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1. Parámetros de color L^* (luminosidad), a^* , b^* y ΔE (diferencia de color) de rodajas de zapallito redondo y zucchini control o incubadas en disoluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h en las distintas etapas del proceso: al inicio, luego de la DO y luego del secado en estufa. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$ de forma independiente para cada tipo de zapallito. 143

Tabla 4.2. Azúcares totales, pH, acidez y fenoles totales de rodajas de zapallito redondo y zucchini control secado en estufa a 60 °C o incubadas en disoluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h, con posterior secado a 60 °C. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$ de forma independiente para cada tipo de zapallito. 144

ABREVIATURAS

| | |
|--------------|--|
| 1-MCP | 1-metilciclopropeno |
| ABA | Ácido abscísico |
| ACC | Ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico |
| AN | Azúcares neutros |
| AOX | Antioxidantes |
| AU | Ácidos urónicos |
| BAP | N ⁶ -bencilaminopurina |
| bh | Base húmeda |
| bs | Base seca |
| CDTA | Ácido ciclohexano-diamino-tetra-acético |
| CPPU | Forclorfenurón |
| DACP | Diazociclopentadieno |
| DF | Daño por frío |
| DO | Deshidratación osmótica |
| FSK1 | Fracción soluble en KOH 1M |
| FSK4 | Fracción soluble en KOH 4M |
| JA | Ácido jasmónico |
| MeJa | Metil-jasmonato |
| MT | Millones de toneladas |
| PAs | Poliaminas |
| PSA | Polisacáridos solubles en agua |
| PSC | Polisacáridos solubles en CDTA |
| PSN | Polisacáridos solubles en carbonato de sodio |
| RIA | Residuo insoluble en alcohol |
| SS | Sólidos solubles |
| TAT | Tratamiento a alta temperatura |
| TR | Tasa respiratoria |

I. OBJETIVOS



I.1. OBJETIVO GENERAL

Ampliar la base de conocimiento sobre los procesos de desarrollo y deterioro de frutos de zapallito y evaluar diferentes estrategias de conservación y procesamiento para minimizar las pérdidas post-cosecha.

I.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A) Caracterizar los cambios en las propiedades físicas y químicas de frutos de zapallito durante el desarrollo ontogénico desde etapas tempranas (zapallito baby) hasta madurez comercial.

B) Estudiar el efecto de tratamientos con metil-jasmonato sobre la calidad, incidencia y severidad de daño por frío de zapallito redondo almacenado.

C) Evaluar la eficacia del 1-metilciclopropeno para 1) controlar la manifestación del daño por frío, 2) la senescencia y 3) el deterioro post-cosecha de zapallito redondo refrigerado.

D) Determinar la influencia de tratamientos con citoquininas (N^6 -bencilaminopurina) sobre la calidad, ablandamiento y metabolismo de polisacáridos de pared celular (pectinas y hemicelulosas) en zapallito redondo refrigerado.

E) Estudiar las variables que afectan el proceso de obtención de un producto deshidratado de zapallitos redondo y zucchini, como estrategia para reducir el descarte de frutos con defectos de forma y tamaño.

II. INTRODUCCIÓN GENERAL



II.1. Cucurbitáceas

Las *Cucurbitáceas* son plantas Dicotiledóneas de clima tropical y sub-tropical. La familia incluye en general plantas herbáceas rastreras o trepadoras cuyos frutos poseen características muy variables (**Robinson y Decker-Walters, 1997**). Muchos de ellos poseen importancia comercial como el melón, el pepino, la sandía, el zapallo y la calabaza (*Figura II.1*).

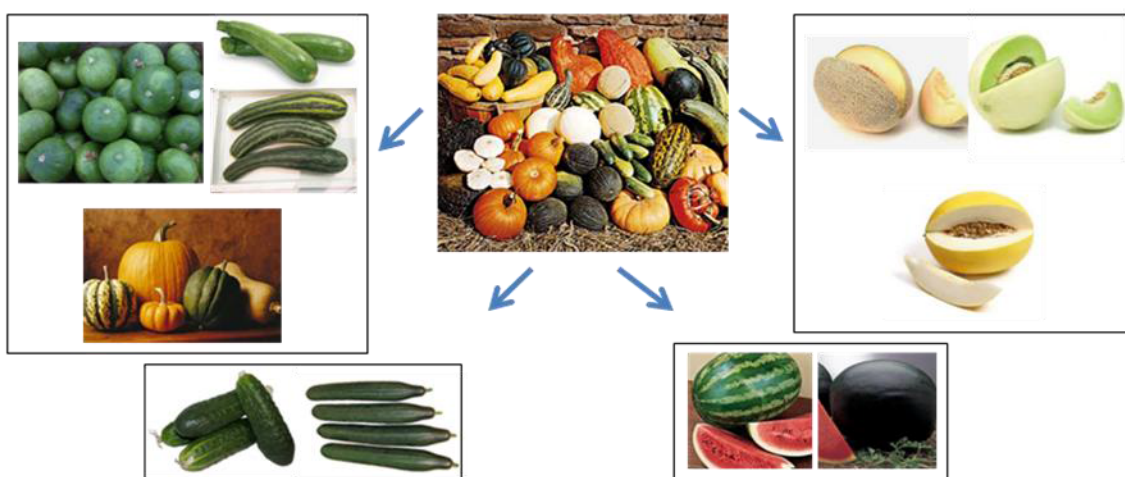


Figura II.1: Algunas especies de la familia de las Cucurbitáceas difundidas comercialmente.

II.2. Producción e importancia del cultivo de Cucurbitáceas

La producción mundial de las principales *Cucurbitáceas* por año es de 200 millones de toneladas (MT), e incluye unos 100 MT de sandías, 45 MT de pepinos, 25 MT de melones, 25 MT de zapallos y 5 MT de otras *Cucurbitáceas* (**Faostat, 2014**). Los principales productores de *Cucurbitáceas* son China, Irán y Turquía. Brasil ocupa el cuarto lugar en la producción de sandía. La producción de calabazas (zapallos) y calabacines (zapallitos) ha crecido en forma acelerada en las últimas décadas. En 1999, la producción mundial de estos últimos fue de 16,5 MT anuales, cifra que ascendió a

24,5 MT para el año 2012 (Faostat, 2014). Los principales países productores de zapallos y zapallitos son China, India, Rusia e Irán (Figura II.2).

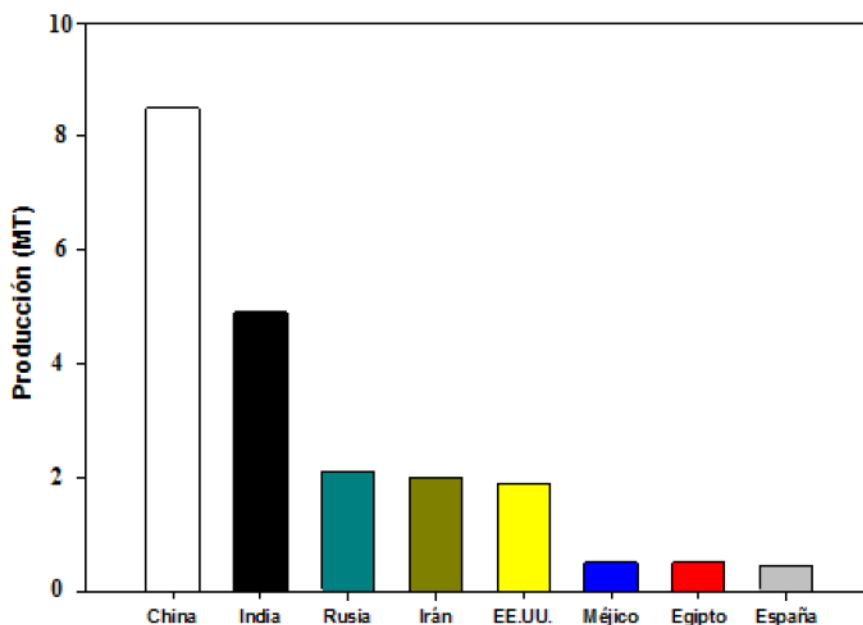


Figura II.2: Producción mundial de zapallos y zapallitos del año 2012 (Faostat, 2014).

En el último censo publicado por INDEC (2002) se informó que Argentina produce aproximadamente 1,3 MT de *Cucurbitáceas* por año (0,68% a nivel mundial). De este volumen 60% corresponde a zapallo y zapallito (0,78 MT), 30% a sandía (0,39 MT), 6% a melón (0,078 MT) y 2% a pepino (0,026 MT) (INDEC, 2002).

Los zapallos más comunes producidos en nuestro país son el anco (*Cucurbita moschata*), el zapallito ‘de tronco’ o redondo (*Cucurbita maxima* var. *Zapallito* (Carr.) Millán) y el zapallito zucchini (*Cucurbita pepo*). El zapallito redondo no se cultiva ni en Europa ni en Estados Unidos, pero es popular en América Latina (Millán, 1945; 1947). En Argentina, los principales productores de esta hortaliza se encuentran en el litoral y en el noroeste del país (De Grazia et al., 2003), que proveen al principal centro de consumo ubicado en la Provincia de Buenos Aires entre los meses de Abril y

Septiembre. Por su parte, la oferta de la región bonaerense se concentra durante el período estival (Octubre a Marzo). Según el último Censo Hortiflorícola de la Provincia de Buenos Aires publicado (CHFBA, 2005), la mayor producción de zapallito redondo se concentra principalmente en General Pueyrredón y en el Cinturón Hortícola de La Plata. El cultivo se desarrolla en su inmensa mayoría a campo (*Figura II.3*).

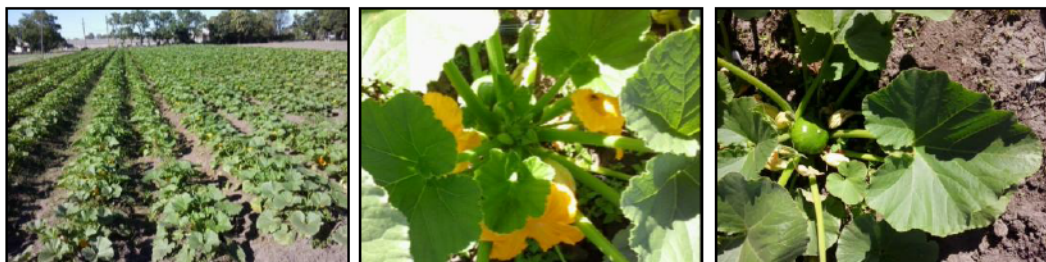


Figura II.3: Cultivo de zapallito redondo a campo en el Cinturón Hortícola de La Plata..

Las plantas de zapallito redondo son anuales. Tienen, en general, hábito de crecimiento con guías trepadoras, pudiendo alcanzar una muy alta tasa de crecimiento (5 cm día^{-1}). Las raíces penetran a más de 1 m de profundidad pero la mayor parte se halla a los 50 cm del suelo. Las hojas son grandes, de lámina simple, sub-orbiculares y lobuladas. Las flores se encuentran en la zona central de la planta y son de color amarillo. Los tallos son rugosos y angulosos. El fruto posee una piel rica en clorofilas y que al momento de la comercialización se encuentra desarrollada en forma incompleta (Kader, 2002). El tejido interno de los frutos es esponjoso y contiene semillas que al momento de la cosecha se presentan relativamente blandas y se hallan aún en crecimiento.

Los zapallitos redondos contienen cerca de 95% de agua y dentro de la materia seca los componentes mayoritarios son los azúcares (principalmente glucosa y fructosa) con valores cercanos a 2-3% (*Tabla II.1*). La fibra representa aproximadamente un 1% del peso. El contenido de minerales y vitaminas es moderado. Al igual que la mayor

parte de los vegetales presenta una elevada proporción de potasio con relación al sodio. El contenido de vitamina C es medio (17 mg 100 g⁻¹).

Tabla II.1: Composición de frutos de zapallito (USDA Nutrition Database).

| Componente | Concentración |
|-------------------|----------------------------|
| Agua | 94,6% |
| Proteína | 1,2% |
| Ceniza | 0,6% |
| Fibra | 1,1% |
| Azúcares totales | 2,2% |
| Lípidos | 0,18% |
| Energía | 16 Kcal |
| Vitamina C | 17 mg 100 g ⁻¹ |
| Potasio | 262 mg 100 g ⁻¹ |
| Calcio | 15 mg 100 g ⁻¹ |
| Sodio | 2 mg 100 g ⁻¹ |

II.3. Generalidades de manejo post-cosecha y atributos de calidad de zapallito

Los zapallitos si bien son frutos no climatéricos se colectan antes del desarrollo completo (Kader, 2007). La cosecha se realiza en forma manual cuando la cáscara es aún blanda, delgada de color claro y presenta brillo marcado. El empaque puede hacerse en el campo o en plantas destinadas a tal fin. En el primer caso se realiza una clasificación seguida del transporte a las cámaras de enfriamiento. Si el empaque se realiza en planta, los frutos se pueden descargar en seco, ya sea manualmente en plataformas inclinadas o en cintas transportadoras. También pueden descargarse en tanques con agua clorada (100-200 mg L⁻¹, pH 6,5-7,5). Luego del lavado pueden aplicarse ceras comestibles para evitar la deshidratación y daños por abrasión (Kader, 2002). Si bien esto es particularmente útil en frutos cosechados inmaduros, en los que la formación de ceras en la cutícula es incompleta como en zapallito, no es una práctica muy difundida comercialmente. A estas operaciones las siguen una clasificación por tamaño, madurez y defectos. La clasificación por tamaño puede ser manual o mecánica.

El método de enfriamiento más usado es por aire forzado aunque el hidro-enfriamiento a veces se realiza antes de la clasificación.

Los frutos deben tener un tamaño medio, estar bien formados y presentar el pedúnculo intacto, con buen desarrollo de la cáscara (típica de cada cultivar). Otros atributos de calidad de estos frutos son una elevada uniformidad de color y calibre y la ausencia de daños físicos y pudriciones (**Kader, 2007**).

II.4. Problemas durante el manejo post-cosecha

Entre los problemas más comunes en la post-cosecha de zapallito se destacan la deshidratación excesiva, el daño mecánico, las enfermedades fúngicas y bacterianas y los desórdenes fisiológicos por frío (**Gualanduzzi et al., 2009**) que pueden manifestarse tanto en el campo como durante el almacenamiento.

a. Deshidratación

La pérdida de agua es un problema serio y común. Al momento de cosecha, la piel de los zapallitos es muy delgada, lo cual los hace muy susceptibles a este problema. Por lo general, una vez que los frutos de zapallito son separados de la planta la pérdida de firmeza y de turgencia progresan rápidamente a menos que se los enfríe de inmediato y se los coloque en un ambiente con una humedad relativa cercana a 95% (**Suslow y Cantwell, 2013c**). Si el control de humedad no es estricto, la pérdida de peso de zapallito refrigerado por deshidratación puede ascender hasta 10% luego de 2 semanas.

b. Plagas y enfermedades

Los desórdenes patológicos también son una fuente importante de pérdidas post-cosecha. Los hongos *Alternaria alternata*, *Colletotrichum* spp. (antracnosis), *Cladosporium* (roña), *Pythium*, *Rhizopus* (pudrición algodonosa) y *Didymella* (pudrición negra) causan pérdidas durante el transporte y el almacenamiento (**Suslow y Cantwell, 2013b,c**). Por otra parte en ciertos casos pueden ser importantes algunas enfermedades bacterianas como la mancha angular (*Pseudomonas syringae*) y la podredumbre blanda (*Erwinia carotovora*) (**Suslow y Cantwell, 2013b,c**).

c. Daño por frío (DF)

El DF es un desorden fisiológico ocasionado por la exposición de vegetales (principalmente aquellos de origen tropical y sub-tropical) por períodos prolongados a baja temperatura, pero por encima del punto de congelación (generalmente entre 0 y 10 °C). En estas condiciones y en especies sensibles se generan disfunciones celulares que en forma directa o indirecta resultan deletéreas sobre la calidad (**Wang, 1982**). Estas alteraciones incluyen la estimulación de la producción de etileno, el incremento de la tasa respiratoria (TR), problemas de funcionalidad de las membranas celulares y el desbalance en la actividad enzimática, entre otros (**Sevillano et al., 2009**). Cuando las alteraciones metabólicas se mantienen durante un período prolongado esto se traduce en la aparición de alteraciones visibles (**Saltveit y Morris, 1990**). Los síntomas del DF son más notables después que los productos se remueven del almacenamiento en frío y se colocan a temperatura ambiente. Además, estos varían según la especie considerada pero en general incluyen el pardeamiento de la piel y pulpa, el incremento en la susceptibilidad a agentes fito-patógenos, la maduración irregular, el ablandamiento

excesivo, y la aparición de depresiones superficiales y escaldaduras en la piel. En zapallitos incluyen el picado superficial (*Figura II.4 A*), el manchado o pardeamiento de la piel (*Figura II.4 B*) y la pudrición acelerada principalmente por *Alternaria* (Suslow y Cantwell, 2013c) (*Figura II.4 C*).

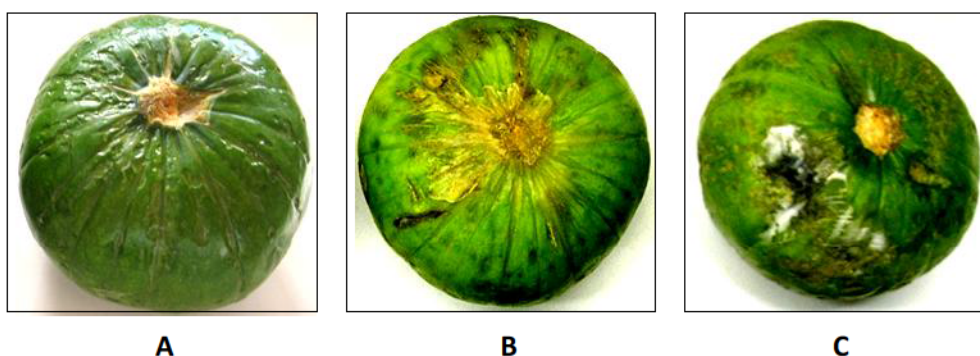


Figura II.4: Síntomas de daño por frío en zapallito redondo: A) picado superficial, B) pardeamiento y clorosis y C) ataque microbiano.

d. Daño por congelación

Se inicia a $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los síntomas generales en zapallitos almacenados a estas temperaturas incluyen manchas de apariencia acuosa en la pulpa que se torna parda (Suslow y Cantwell, 2013c).

II.5. Tecnologías de manejo post-cosecha de vegetales

a. Refrigeración

La refrigeración es uno de los métodos más efectivos para la conservación de frutas y hortalizas frescas. Las bajas temperaturas disminuyen la tasa metabólica,

retrasan la senescencia, reducen la velocidad de desarrollo de microorganismos y otras reacciones de deterioro como el pardeamiento, la degradación de clorofilas y el ablandamiento excesivo (**Kader, 2002**). La temperatura óptima de almacenamiento de zapallitos recomendada en la literatura es de 10 °C (**Suslow y Cantwell, 2013c**). En estas condiciones y a una HR de 90-95% la capacidad de almacenamiento es aún bastante limitada no superando por lo general los 15 días. La refrigeración, puede complementarse utilizando otras tecnologías de post-cosecha con el fin de maximizar la vida de los productos. Esto es de particular interés en aquellos vegetales en los que, por ser sensibles al frío, los beneficios de las bajas temperaturas no pueden ser aprovechados en su totalidad. Algunas de las estrategias complementarias que se han ensayado son el acondicionamiento térmico, los tratamientos térmicos intermitentes, las atmósferas modificadas y controladas y el uso de tratamientos químicos (fungicidas, ceras, sales de calcio, reguladores vegetales) (**Wang et al., 2000**).

b. Atmósferas modificadas (AM)

Se basan modificar la composición gaseosa a fin de crear una atmósfera alrededor del producto que difiera de la composición del aire (78,08% de N₂, 20,95% de O₂, 0,03% de CO₂ y 0,94% de otros gases). Usualmente esto involucra la reducción de oxígeno (O₂) y la elevación del dióxido de carbono (CO₂) (**Lee et al., 1995**), aunque en menor pueden utilizarse atmósferas superoxigénicas (**Zheng et al., 2008**) En las AM pasivas la composición de gases se va modificando por la propia respiración del producto envasado con películas semi-permeables hasta que se llega a un equilibrio. La concentración gaseosa alcanzada en un envase de AM depende de la cantidad de producto envasado, del tipo de producto y de su estado de madurez (que afectan la TR). Asimismo las características del envase de relevancia en el diseño de sistemas de AM son el área del envase, el espesor, la permeabilidad y la selectividad al CO₂ y O₂ del

material (coeficiente β). La temperatura de almacenamiento es otro factor determinante del equilibrio alcanzado, puesto que afecta exponencialmente a la TR de los vegetales y a las propiedades de permeabilidad de los envases (**Lee et al., 1996**). El beneficio de las AM depende marcadamente del producto considerado (**Kader, 2002**). En *Cucurbitáceas* las AM ofrecen en general beneficios moderados. En sandía y calabaza, los efectos son sólo modestos e incluyen un leve retraso en la maduración (**Suslow, 2013; Suslow y Cantwell, 2013b,c**). En melón, concentraciones elevadas de CO₂ (10-20%) pueden dar lugar a reacciones fermentativas (por consecuente reducción de los niveles de oxígeno) y las bajas concentraciones de O₂ (<1%) o altas de CO₂ (>20%) alteran la maduración normal y favorecen la formación de compuestos que aportan sabores y olores desagradables como el acetaldehído y el etanol (**Suslow et al., 2013a,b**). La modificación de la atmósfera ofrece también beneficios limitados en zucchini (**Lucera et al., 2010**). Bajos niveles de O₂ (3-5%) retrasaron el amarilleamiento y la pudrición mientras que con altos niveles de CO₂ (5 o 40%) redujeron en cierta medida la manifestación de síntomas de daño por frío (**Izumi et al., 1996; Serrano et al., 1998**). Sin embargo, dado que la vida post-cosecha no se extiende marcadamente, las AM no son comúnmente utilizadas a nivel comercial en zapallito.

c. Tecnologías para minimizar la deshidratación

Los vegetales presentan un contenido de agua muy elevado por lo que todo manejo post-cosecha de frutos debe minimizar la deshidratación. El almacenamiento a bajas temperaturas en condiciones de elevada humedad relativa (90-95%) es una de las formas más sencillas para minimizar la disminución del contenido de agua de los frutos (**Kader, 2007**). Otras estrategias incluyen el envasado empleando películas plásticas que limiten el flujo de vapor de agua entre el producto y el ambiente. El empleo de ceras

es otra alternativa de utilidad para mejorar el brillo y restringir el intercambio gaseoso y la deshidratación, aunque en zapallito esto prácticamente no se emplea.

d. Tecnologías tradicionales para reducir el daño por frío

La reducción de la temperatura de un producto en forma gradual se conoce como ‘acondicionamiento’. Tiene como objetivo favorecer la aclimatación del mismo al frío. Estos tratamientos se han empleado en frutos sensibles al DF para minimizar las alteraciones metabólicas desencadenadas como consecuencia de este desorden fisiológico. El acondicionamiento de zapallitos zucchini a 15 °C por 2 días disminuyó significativamente el daño por frío cuando los frutos se almacenaron posteriormente a 5 °C (**Wang, 1995 y 1996**).

Otra tecnología es el tratamiento a altas temperaturas (TAT). Éste se basa en colocar a los vegetales por períodos de tiempo variables (desde unos pocos min hasta algunas horas) a temperaturas en el rango de 30-55 °C. Esto provoca una condición de estrés moderado por calor que mejora la respuesta ante condiciones de estrés subsecuente (**Lurie, 1998**). La reducción del daño por frío por TAT ha sido descrita en numerosos productos tales como pepino, berenjena, pomelo, limón, mango, papaya, pimiento dulce, batata, tomate, sandía y zucchini (**Hatton, 1990**). **Miller et al. (1990)** encontraron que un tratamiento a 31 °C por 3 días en pomelos almacenados a 1 o 10 °C durante 4 semanas si bien no detenía la incidencia del DF, la reducía con respecto al control. Los mecanismos fisiológicos que explican esta mejora en la respuesta al frío por tratamientos de acondicionamiento y térmicos no se han establecido en forma definitiva. De todos modos se han sugerido una serie de cambios que podrían estar asociados con la mejora en la respuesta al estrés. Estos incluyen la acumulación de prolina como osmolito intracelular (**Delauney y Verma., 1993; Serrano et al., 1998**), cambios en la composición de membranas (incremento en la relación entre ácidos

grasos insaturados a saturados) (**Wang y Baker, 1979**) y la estabilización de las mismas por incrementos en el nivel de poliaminas (**Schuber, 1989**). Por otra parte, se ha reportado la inducción de proteínas de choque térmico algunas de las cuales cumplirían función de chaperonas, previniendo la desnaturalización de polipéptidos de importancia a nivel metabólico (**Wang et al., 2000**). Por último algunos estudios indican que una condición de estrés moderada puede favorecer la activación de respuestas antioxidantes en los frutos y detoxificar especies reactivas de oxígeno, cuya producción se exagera durante el almacenamiento de los frutos sensibles a baja temperatura y que pueden provocar daño oxidativo (**Senaratna et al., 1988; Delauney y Verma, 1993**).

En los últimos tiempos se han hallado otras tecnologías que han resultado efectivas para retrasar el DF y/o la senescencia de vegetales. Entre ellas se pueden mencionar la aplicación de ozono, radiación UV-C y el empleo de diversos reguladores químicos. Estos últimos se detallan a continuación.

e. Reguladores químicos

Los reguladores son compuestos químicos de síntesis de estructura análoga a las hormonas vegetales y al igual que éstas pueden tener influencia sobre un amplio rango de procesos fisiológicos y bioquímicos. Esto permite que, dependiendo de lo que se requiera para cada vegetal, su empleo y/o inhibición pueda retrasar o inhibir procesos de deterioro de la calidad como senescencia y DF. Se caracterizan por ser compuestos que ejercen su acción en concentraciones muy bajas (mmol L^{-1} - nmol L^{-1}) por lo que en caso de ser empleados el residuo que quedaría en el producto tratado serían muy bajos. Dada la multiplicidad de compuestos los principales grupos de reguladores se describen en la siguiente sección.

II.6. Hormonas vegetales: principales grupos, características generales y potencial utilidad en el manejo post-cosecha de vegetales

Las hormonas vegetales son sustancias orgánicas que se encuentran en muy baja concentración, se sintetizan en un sector de la planta y se trasladan a otro para ejercer su efecto regulador, aunque esto último no sea estrictamente necesario (**Ludford, 1987; Bernasconi, 1998**). Integran este grupo el etileno, citoquininas, jasmonatos, auxinas, ácido abscísico, giberelinas y poliaminas. En años recientes se han incorporado otros compuestos como los brasinosteroides, los cuales se han empleado con diferentes fines, tanto en cultivo como durante la post-cosecha (**Clouse y Sasse, 1998; Li y Chory, 1998; Fujioka y Yokota, 2003**). A continuación se destacan algunas características salientes de las hormonas vegetales más importantes.

a. Etileno

El etileno (*Figura II.5*) juega un rol central en la regulación de numerosos procesos fisiológicos en plantas: la abscisión, la defensa ante patógenos y condiciones de estrés abiótico, la floración y diferenciación sexual de algunas especies, la senescencia y el control de la maduración de muchos frutos (**Kader, 1985; Abeles et al., 1992; Barry et al., 2001**).

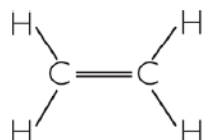


Figura II.5: Estructura molecular del etileno.

Numerosos factores tales como el estado de madurez, el tipo de producto, la temperatura, y la atmósfera a la que se encuentra el producto afectan la producción de etileno en frutos. El tipo de fruto es uno de los factores más importantes. Así a partir de su patrón de respiración y de producción de etileno los mismos se dividen en dos grandes grupos (*Tabla II.2*), climatéricos y no climatéricos (**Biale et al., 1954**).

Tabla II.2: Frutos climatéricos y no climatéricos (Kader, 2002).

| Frutos climatéricos | | Frutos no climatéricos | |
|---------------------|----------|------------------------|-----------|
| Arándano | Manzana | Ananá | Mandarina |
| Banana | Maracuyá | Berenjena | Naranja |
| Chirimoya | Melón | Cereza | Zapallito |
| Damasco | Palta | Dátil | Pepino |
| Durazno | Papaya | Frambuesa | Pimiento |
| Guayaba | Pelón | Frutilla | Pomelo |
| Kiwi | Pera | Granada | Zucchini |
| Mango | Tomate | Limón | Uva |

En los frutos climatéricos la producción de CO₂ y de etileno muestran un pico en momentos previos a desencadenarse los cambios necesarios para llegar a la madurez organoléptica. Contrariamente los frutos no climatéricos presentan una reducción en la producción de CO₂ y etileno desde la cosecha (**Kader, 2002**). Por otra parte la producción de etileno en frutos climatéricos en el proceso de maduración es autocatalítica lo que no ocurre en frutos del tipo no climatérico. Otro aspecto muy importante de la es que el etileno juega, en términos generales, un rol central en la regulación de la maduración en frutos climatéricos y *a priori* un rol menos relevante en productos no climatéricos (**Lelièvre et al., 1997; Soares-Chaves y De Melo-Farias, 2006**). De todos modos en algunos frutos no climatéricos ciertas modificaciones particulares (por ejemplo la degradación de clorofila) pueden acelerarse (**Kader, 2002**).

En frutos no climatéricos y en algunas hortalizas que se cosechan antes de completar su desarrollo como el zapallito, el rol del etileno es muy poco conocido. Finalmente, se sabe que el etileno se encuentra involucrado en la activación de respuestas ante altas o bajas temperaturas, estrés hídrico o por ataque de microorganismos, entre otros (**Dong et al., 2001; Selvarajah et al., 2001; Pesis et al., 2002; Lafuente et al., 2004**).

El etileno se utiliza para inducir la maduración de frutos climatéricos ya que la acelera y la hace más uniforme (**Saltveit, 1999**). Asimismo, dada su capacidad para promover la degradación de clorofila (**Purvis y Barmore, 1981; Lelièvre et al., 1997**) se emplea comercialmente en el “desverdizado” de cítricos puesto que si bien en estos frutos el color de la piel no es un buen indicador de madurez, la presencia de una superficie verde puede reducir la aceptación por parte de los consumidores. Respecto a otros pigmentos, como carotenoides o antocianinas, se ha informado que el etileno promueve su acumulación (**Stewart y Wheaton, 1972; Lelièvre et al., 1997; Manganaris et al., 2008**). Si bien como es esperable esta respuesta es más clara en frutos climatéricos, también se ha descrito una reducción del color de frutos no climatéricos como frutilla en presencia de removedores catalíticos de etileno.

El etileno se encuentra implicado también en otros cambios importantes en el ablandamiento de frutos (**Saltveit, 1999**). Contrariamente, en algunos vegetales como espárragos y apio esta hormona favorece el endurecimiento de los pecíolos y turiones al inducir la biosíntesis de lignina. Otras respuestas inducidas por esta hormona incluyen la promoción del pardeamiento enzimático al activar a las enzimas polifenoloxidasas y peroxidasa (**Saltveit, 1999; Selvarajah et al., 2001**), la abscisión, la senescencia y algunos desórdenes patológicos (**Lund et al., 1998**) y fisiológicos (**Kader, 1985; Abeles et al., 1992; Mullins et al., 2000; Díaz et al., 2002; Kader, 2007**).

El control del etileno es muy importante en la post-cosecha de frutas y hortalizas. Esto puede lograrse mediante la evasión de sus fuentes de producción (**Abeles, 1992; Saltveit, 1999**), la remoción (**Saltveit, 1999; Kader, 2002**), la inhibición de su síntesis (**Kumar et al., 2009**) o la inhibición de su acción (**Blanckenship y Dole, 2003**). Una

forma relativamente reciente de detener su acción es mediante el uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP) (*Figura II.6*), un reactivo de naturaleza orgánica perteneciente a la familia de las olefinas, capaz de bloquear los receptores de esta hormona que protege tanto de la acción del etileno endógeno como exógeno (Sisler y Serek, 1999; 2003). De esta manera, retrasa los procesos senescentes y algunos desórdenes fisiológicos (Selvarajah *et al.*, 2001; Calvo y Sozzi, 2004) incrementando la vida útil de los productos (Pessis *et al.*, 2002; Candán *et al.*, 2006; Manganaris *et al.*, 2007).

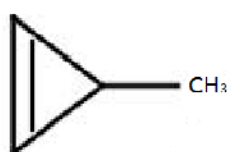


Figura II.6: Estructura molecular del 1-metilciclopropeno (1-MCP).

Muchos trabajos han probado exitosamente la utilidad del 1-MCP en frutos climatéricos (Watkins, 2006) pero sólo unos pocos estudios han evaluado la eficacia de la inhibición de la acción del etileno en frutos no climatéricos. En berenjena, la aplicación de 1-MCP disminuyó la pérdida de peso, la pérdida de firmeza y el pardeamiento de cáliz al reducir la actividad de enzimas como polifenoloxidasas, peroxidasa y fenilalanina amonio liasa y la acumulación de compuestos fenólicos (Massolo *et al.*, 2011).

b. Otras hormonas

-Auxinas

Las auxinas (*Figura II.7*) fueron las primeras hormonas de crecimiento descubiertas en plantas, mucho antes de que se conocieran los mecanismos de

expansión celular (**Bernasconi, 1998**). Una función de las auxinas es promover el crecimiento. Esencialmente provocan la elongación de las células. Asimismo participan en el mantenimiento de la dominancia apical y en la formación de raíces laterales. También se conoce que las auxinas presentes en las semillas son fundamentales para el crecimiento normal. Así, cuando la formación de semillas es incompleta los frutos suelen mostrar deformaciones. En algunos frutos como frutilla se considera que las auxinas actúan como reguladores negativos de la maduración inhibiendo la expresión de genes necesarios para este proceso (**Manning, 1993**). Las auxinas son consideradas necesarias para la viabilidad de la planta y esto es consistente con que no se han encontrado mutantes que carezcan de las mismas. La auxina más abundante y relevante a nivel fisiológico en las plantas superiores es el ácido indol-3-acético (**Figura II.7 A**). El ácido naftalenacético es de naturaleza sintética (**Figura II.7 B**) y se usa comercialmente.

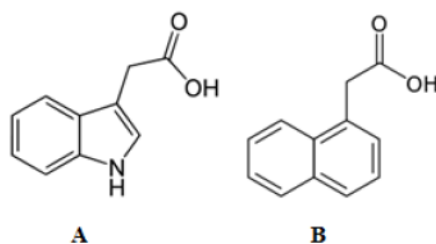


Figura II.7: Estructura molecular de auxinas: A) ácido-3-indolacético (IAA) y B) α -ácido-naftalenacético (ANA).

-Citoquininas

Las citoquininas (CQs) juegan un rol crucial en la división y diferenciación celular (**Peleg y Blumwald 2011; Hwang et al, 2012**) y han sido utilizadas para retrasar la senescencia en un gran número de cultivos. Si bien los vegetales producen diversos tipos de citoquininas, las más importantes son las derivadas de la fenilurea y las de la adenina (**Figura II.8**). Dentro de las primeras se destacan el forclorfenurón (CPPU), el

tidiazurón y la difenilurea (**Figura II.8 A**). En el segundo grupo se han identificado químicamente a la zeatina (**Figura II.8 B**), de la cual derivan muchas otras citoquininas activas como la ribofuranosil-zeatina y la N⁶-bencilaminopurina (BAP) también llamada benciladenina (**Figura II.8 C**).

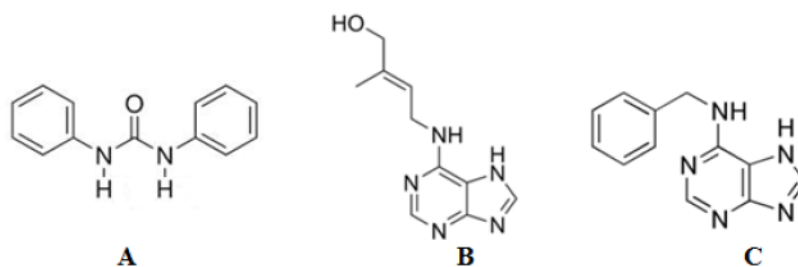


Figura II.8: Estructura molecular de citoquininas: A) Difenilurea, B) Zeatina y C) N⁶-bencilaminopurina (BAP).

En la literatura se ha descrito el empleo de citoquininas en post-cosecha de hojas y flores. La inmersión en soluciones de BAP ha sido de utilidad para retrasar la senescencia y mantener la calidad (Costa *et al.*, 2006; Chathuri y Sarananda, 2011). De todos modos el empleo de BAP en post-cosecha de frutos es limitado. En pepino redujo el desarrollo de daño por frío e incrementó la actividad de enzimas detoxificantes de especies reactivas del oxígeno y la capacidad antioxidante total (Chen y Yang, 2013).

-Ácido abscísico

El ácido abscísico (ABA) (**Figura II.9**) es una fito-hormona que participa en el control de la dormancia de semillas vegetales y en la respuesta adaptativa a condiciones de estrés biótico y abiótico (Liu *et al.*, 1961; Okhuma *et al.*, 1963; Cornforth *et al.*, 1965; Cutler *et al.*, 2010). La producción de ABA endógeno se incrementa en condiciones de DF y se cree que este incremento está implicado en la reducción de los

daños ocasionados por dicho estrés. Por otra parte, se ha comprobado que al menos en zucchini la aplicación de ABA puede reducir el DF (Wang, 1991). Rikin *et al.*, (1979) demostraron que dicho compuesto reduce la pérdida de electrolitos y previene la pérdida de glutatión reducido y de fosfolípidos de membrana. En sandía, también se observó que la aplicación de ABA mejora la resistencia al frío (Jiyoung, 2008).

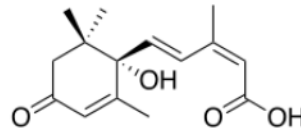


Figura II.9: Estructura molecular del ácido abscísico.

De todos modos las respuestas al ABA parecen variar dependiendo de la especie y aún de su estado de desarrollo. Así en pepino en estado de madurez comercial la aplicación de ABA promueve la maduración, mientras que en frutos en estados tempranos de desarrollo este efecto es despreciable (Wang *et al.*, 2013).

-Giberelinas

Las giberelinas (Figura II.10) son fito-hormonas cuyas funciones principales son la removilización de reservas del endospermo durante la germinación, el crecimiento de brotes, la floración y el desarrollo de los frutos. Su acción se considera en ciertos procesos opuesta a la de auxinas y a la del ácido abscísico (Bernasconi, 1998). Son ejemplos conocidos la GA 1 (Figura II.10 A) y el ácido giberélico (Figura II.10 B).

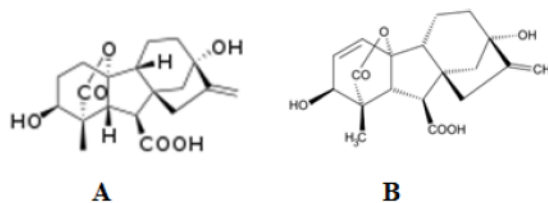


Figura II.10: Estructura molecular de giberelinas: A) GA1 y B) ácido giberélico.

-Poliaminas

Las poliaminas (PAs) (*Figura II.11*), son compuestos orgánicos poli-catiónicos implicados en una variedad de procesos fisiológicos en las plantas como control del ciclo celular, la estabilización de membranas y la adaptación de las plantas al estrés. (**Kuznetsov y Shevyakova, 2007**). La acumulación de PAs se correlaciona frecuentemente con una mejor tolerancia a las bajas temperaturas y salinidad (**Bouchereau et al., 1999; Shen et al., 2000; Chattopadhyay et al., 2002**). Se ha demostrado además que las poliaminas se acumulan también en condiciones de estrés ácido (**Capell et al., 2004**) y por exceso de radiación (**van Deutsch et al., 2005**) entre otros. La aplicación de PAs en algunos vegetales ha mostrado ser de utilidad para reducir el DF (**Kramer y Wang, 1989**). La putrescina (*Figura II.11 A*) suele ser la más abundante de las poliaminas (**Bernasconi, 1998**), sin embargo la espermidina (*Figura II.11 B*) y la espermina (*Figura II.11 C*) también son importantes.

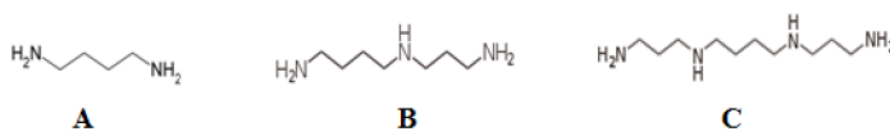


Figura II.11: Estructura molecular de poliaminas: A) putrescina, B) espermidina y C) espermina.

El daño por frío involucra el daño de membranas celulares. La interacción entre poliaminas (cargadas positivamente en condiciones fisiológicas) y los fosfolípidos de membrana (con carga negativa) se ha sugerido como un mecanismo para estabilizar la superficie de la bi-capa lipídica. **Zhang et al. (2009)** demostraron que las poliaminas juegan un rol importante en la tolerancia de frutos de pepino contra el estrés por frío. En zapallito zucchini, los tratamientos de acondicionamiento incrementaron significativamente los niveles de espermidina y espermina (**Wang, 1993**).

-Jasmonatos

El ácido jasmónico (JA) (*Figura II.12 A*) y sus derivados, denominados jasmonatos, incluyen una serie de compuestos sintetizados a partir del ácido linolénico entre los que también se halla el metil-jasmonato (MeJa) (*Figura II.12 B*). Inicialmente los jasmonatos (*Figura II.12*) fueron considerados inhibidores del crecimiento. Sin embargo, a partir de la década del 80' se encontraron otros efectos no menos importantes como el incremento del rendimiento en algunos cultivos (**Eng Sanchez, 2008**). En la actualidad, la función de los jasmonatos más conocida es su papel regulador de la respuesta de defensa ante una situación de estrés, al igual que las poliaminas y el ABA (**Meyer et al., 2003**). Al generarse una herida en una planta, ya sea mecánica o por la acción de patógenos (**Wasternack, 2006**), se produce la activación de genes que inducen respuestas de defensa (**Cohen et al., 1993**) como inhibidores de proteasas, entre éstas las polifenol oxidasas o las fito-alexinas. Este tipo de compuestos también son emitidos después del tratamiento con JA o MeJa (**Overmyer et al., 2000; Berger, 2002; Browse, 2005; Rojo et al., 2003**). En algunos productos la aplicación de MeJa en post-cosecha ha sido efectiva para la reducción de desórdenes patológicos y fisiológicos como el DF (**Wang, 2000**). Así **González-Aguilar et al. (2000)** lograron retrasar el DF en mango sin alterar el normal avance de la maduración. La aplicación de MeJa 10^{-4} mol L⁻¹ retrasó el pardeamiento de la pulpa y la pérdida de firmeza de ananá almacenado a 5 °C (**De la Cruz Medina et al., 2007**).



Figura II.12: Estructura molecular del A) ácido jasmónico y B) metil-jasmonato.

II.7. Productos deshidratados

Si bien varios de los métodos de conservación antes mencionados extienden la capacidad de almacenamiento de los vegetales, su vida útil aún con estos tratamientos es muy corta (**Mazzeo Meneses et al., 2006**). A fin de lograr una estabilización más prolongada de los vegetales se han empleado diversos métodos de conservación tales como la congelación, la fermentación, la producción de conservas y en ciertos casos de confituras y la deshidratación. El secado es una de las formas más antiguas de preservación de alimentos (**Ratti, 2001; Sagar y Suresh Kumar; 2010**). Se basa en la remoción de agua disminuyendo la actividad acuosa a niveles en los que no puede haber pudrición por microorganismos u ocurrir otras reacciones indeseables rápidamente (**Hui et al., 2008**). En general esto ocurre en hortalizas con niveles de humedad de 8-15% (**Paltrinieri et al., 1993**). Las hortalizas deshidratadas disponibles en el mercado en nuestro país son principalmente papa. Los “snacks” de papa se obtienen por cocción en aceite de los tubérculos laminados. Si bien este producto posee una elevada penetración en el mercado en los últimos años, dada la mayor preocupación de los consumidores por las dietas saludables se ha incrementado el interés en la obtención de vegetales deshidratados sin fritura (**Doymaz, 2007; Mujumdar, 2007; Wang et al., 2007**). Algunos estudios han evaluado la deshidratación de zapallo anco (**Alibas, 2007; Nawirska et al., 2009; Teferi et al., 2013**) y en menor medida de zucchini (**Castillo et al., 2002; Eissa et al., 2013; Tavakolipour et al., 2014**). Sin embargo el comportamiento de frutos de zapallito redondo en el proceso de deshidratación no ha sido estudiado.

El secado por aire caliente en muchos casos ha mostrado tener efectos deletéreos sobre la estabilidad de algunas vitaminas y de otros compuestos bioactivos presentes en los vegetales (**Ratti, 2008; Joshi et al., 2011**). Algunas estrategias para minimizar los cambios en los productos durante el secado incluyen el empleo de la deshidratación a presión reducida, la liofilización, el secado solar (**Zaro et al., 2014**) y la deshidratación

osmótica (DO) (**García Muñoz y Rieño Luna, 1996; Alibas, 2012; Abano et al., 2013**). La DO permite reducir el contenido de humedad en forma parcial. Si bien en general los productos obtenidos no suelen ser estables para su conservación al finalizar este proceso, en general puede utilizarse en forma previa al secado con aire caliente en planteos combinados de remoción de agua (**Jarayaman y Das Gupta, 1992; Torreggiani, 1993; Della Rocca, 2010**). Algunos estudios han evaluado la eficacia de tratamientos de DO en la calidad de vegetales. En manzana, la DO con fructosa redujo la humedad un 50% (**Bolin, 1983**). Por otro lado, **Pękosławska y Lenart (2009)** encontraron que la utilización de soluciones azucaradas resultó efectiva en la eliminación de agua en calabaza. La utilización de mezclas de osmolitos suele ser una opción para la reducción de la humedad de tejidos vegetales, aunque, en el caso de combinaciones de sal y azúcar el sabor del producto final es determinante en su utilización. En manzanas tratadas con una mezcla de sacarosa (40%) y NaCl (10%) si bien se duplicó aproximadamente el contenido de sólidos solubles con respecto a la acción individual de sacarosa (SS, 28%) y de NaCl (SS, 18%), la aceptación del producto final por parte de panelistas no fue buena (**Hawkes y Flink, 1978**). Por último, es bien conocido que el NaCl resulta de gran utilidad para la deshidratación parcial de vegetales, ya que además de aumentar la fuerza impulsora para la expulsión de agua de las células vegetales, retarda la oxidación y el pardeamiento (**De Poix et al., 1980**). Teniendo en cuenta estos aspectos resultó de interés evaluar el empleo de NaCl para deshidratar de forma parcial rodajas de zapallito.

III. MATERIALES Y MÉTODOS



A. ENSAYOS EXPERIMENTALES

Ensayo-Capítulo 1: Caracterización del desarrollo ontogénico de zapallito y efecto de tratamientos con metil-jasmonato (MeJa) sobre la calidad y el daño por frío (DF)

1.1. Caracterización del proceso de desarrollo de frutos de zapallito

Se cosecharon zapallitos producidos a campo en la ciudad de La Plata, Argentina en el mes de Diciembre. Los frutos fueron cosechados por la mañana en 4 estados de desarrollo en función de su tamaño desde etapas ontogénicas tempranas (I, zapallito *baby*) hasta madurez comercial (estadio IV). Una vez en el laboratorio se eliminaron aquellos frutos presentando daños u otros defectos seleccionándose 30 unidades para cada estado de desarrollo. Los frutos se lavaron por inmersión durante 3 min en agua clorada (NaClO 100 mg L^{-1} ; pH 6,5) y se dejaron secar en aire a temperatura ambiente por 10 min. Para cada estado de desarrollo se realizaron las siguientes determinaciones: peso, dimensiones (diámetros mayor y menor), visualización de almidón *in situ*, materia seca, volumen, densidad, tasa respiratoria, color de piel y pulpa y textura. Seguidamente se congelaron muestras de los tejidos (piel y pulpa) en N_2 líquido y se almacenaron a $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ para realizar el análisis del contenido de clorofilas (*a*, *b* y total), carotenoides, acidez titulable, azúcares solubles en etanol, sólidos solubles y fenoles totales. Las determinaciones se realizaron según se describe en la sección *III.B*.

1.2. Efecto de tratamientos con metil-jasmonato sobre el daño por frío y la calidad de zapallito

Se cosecharon zapallitos redondos producidos a campo en el Cinturón Hortícola de La Plata, en estado de madurez comercial y se trasladaron inmediatamente al laboratorio. Los frutos se seleccionaron eliminando aquellos con presencia de defectos y los seleccionados se lavaron por inmersión durante 3 min en agua clorada (NaClO 100 mg L^{-1} ; pH 6,5) y se dejaron secar en aire a temperatura ambiente por 10 min. La solución de MeJa se preparó disolviendo 92 μL de MeJa (95% p/p, $\delta = 1,03 \text{ g mL}^{-1}$) en 1 mL de etanol para luego llevar a 400 mL con agua destilada (concentración final de MeJa: 1 mmol L^{-1}). Un lote de zapallitos se asperjó con la solución de MeJa hasta goteo de la superficie. Los frutos asperjados se dejaron a temperatura ambiente 30 min para favorecer el escurrimiento y secado superficial y posteriormente se colocaron en bandejas plásticas, se cubrieron con PVC perforado y se almacenaron a 0 °C por 0, 14 o 21 días. Finalizado el almacenamiento refrigerado se transfirieron a 20 °C por 4 días para simular una condición de abuso de temperatura. El segundo lote se utilizó como control y fue rociado con una solución acuosa conteniendo la misma proporción de etanol (0,2% v/v) pero sin MeJa y se acondicionó y almacenó del mismo modo que el primer lote. Se emplearon 25 frutos para cada tratamiento y tiempo de muestreo. El ensayo se realizó por duplicado. A cada uno de los tiempos de muestreo mencionados se evaluó el índice de daño por frío, la pérdida de peso, la textura, la tasa respiratoria, la pérdida de electrolitos, el color (L^* , H y C^*), según se detalla en la sección III.B. Posteriormente se cortaron zapallitos en forma de gajos, se congelaron con N_2 líquido y se almacenaron a -80 °C hasta su uso para el análisis de acidez, azúcares solubles en etanol y fenoles totales como se describe en la sección III.B.

Ensayo-Capítulo 2: Uso de tratamientos con 1-metilciclopropeno (1-MCP) para controlar el daño por frío (DF) y mantener la calidad de zapallito

Se cosecharon zapallitos en estado de madurez comercial ($n = 250$) y se trasladaron al laboratorio. Allí se realizó un descarte, lavado y loteo como se mencionó en la sección III.A.1.2. Los frutos se dividieron en dos lotes que se mantuvieron en aire (control) o en una atmósfera conteniendo $1 \mu\text{L L}^{-1}$ de 1-MCP.

Para realizar los tratamientos con 1-MCP se pesaron 40 mg de producto comercial (SmartFresh®, Rohm and Haas, pureza 0,14% p/p) necesarios para alcanzar una concentración de $1 \mu\text{L L}^{-1}$ y se colocaron en una bandeja dentro de una cámara plástica de 30 L que contenía los frutos. En otra cámara de iguales características se almacenó el lote control (en aire). Luego de sellar las cámaras herméticamente, desde un orificio lateral con cierre propio se adicionaron 20 mL de agua sobre el polvo contenido en la bandeja dentro de la cámara para liberar el principio activo como gas. El tratamiento se realizó a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, y luego de 12 horas, los frutos se sacaron de las cámaras respectivas, se colocaron en bandejas plásticas y se cubrieron con PVC perforado. Los frutos control y tratados se almacenaron a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 0, 10 o 19 días (HR 90%) seguido de una transferencia a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ por 2 días para evaluar la influencia de la inhibición del etileno en el control del daño por frío. Se realizó un ensayo similar pero en este caso los frutos control y tratados con 1-MCP se almacenaron a $10 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 0, 7 o 14 d (HR 90%) seguido de 2 días a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ para evaluar los efectos del 1-MCP sobre el control de la senescencia y del deterioro a temperatura de almacenamiento recomendada en la literatura. El ensayo completo para cada temperatura se realizó por duplicado. Se tomaron 25 frutos para cada día de muestreo y se evaluaron inmediatamente o se congelaron en N_2 líquido y se almacenaron a $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta su uso. Se realizaron determinaciones de índice de deterioro o DF, pérdida de peso, color superficial (luminosidad y tono), firmeza en ensayos de compresión (resistencia a la

penetración y distancia a la ruptura), tasa respiratoria, acidez, azúcares solubles en etanol y fenoles totales según se detalla en la sección III.B.

Ensayo-Capítulo 3: Efecto de tratamientos con citoquininas (N^6 -bencilaminopurina, BAP) sobre la calidad de zapallito refrigerado

3.1. Selección de la concentración de BAP

A fin de seleccionar la concentración apropiada de BAP a emplear se cosecharon zapallitos redondos ($n = 240$) en estado de madurez comercial (entre 140-190 g por fruto). Nuevamente, se realizó un descarte, lavado y loteo como se mencionó en la sección III.A.1.2. Los zapallitos se dividieron en cuatro grupos y se asperjaron hasta cubrir totalmente la superficie con soluciones que contenían 0; 0,1; 1; o 10 mmol L⁻¹ BAP y se dejaron escurrir. Luego del tratamiento los frutos se mantuvieron a temperatura ambiente por 30 min para favorecer el escurrimiento y secado superficial y se colocaron en bandejas plásticas cubiertas con PVC perforado. Las muestras se almacenaron a 5 °C hasta adquirir daño severo (25 días) y se evaluó en forma visual el deterioro de los frutos a lo largo del almacenamiento.

3.2. Efecto de tratamientos con BAP en la calidad de zapallito almacenado a baja temperatura

Una vez seleccionada la dosis apropiada de BAP se realizó un segundo grupo de ensayos para evaluar en detalle la influencia de los tratamientos en la calidad de zapallitos almacenados. Para ello se cosecharon zapallitos ($n = 250$) en madurez comercial y se transportaron inmediatamente al laboratorio. Los frutos se dividieron en

dos grupos los cuales fueron asperjados con 1 mmol L^{-1} de BAP o con agua (control) de forma tal de cubrir su superficie. Luego de 30 min a temperatura ambiente los frutos se ubicaron en bandejas plásticas y se cubrieron con PVC perforado. Las bandejas se almacenaron a $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 0, 13 o 25 días y luego se transfirieron a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 días (13+2 y 25+2). El experimento se realizó por duplicado. A los tiempos de almacenamiento indicados se tomaron 25 frutos del grupo control y del asperjado con BAP para evaluar su calidad. Los frutos fueron inmediatamente analizados o de otro modo congelados como gajos en N_2 líquido y almacenados a $-80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su uso. Se determinó el índice de deterioro, se midió la pérdida de peso, la textura, la tasa respiratoria, el color superficial, el pH y la acidez, el contenido de azúcares solubles en etanol y fenoles totales. También se realizó un aislamiento y fraccionamiento de paredes celulares y se determinó el contenido de ácidos urónicos (AU) y azúcares neutros (AN) según se detalla en la sección III.B.

Ensayo-Capítulo 4: Optimización de las variables de obtención de un producto deshidratado de zapallito

4.1. Material vegetal y procesamiento

Para la realización de este estudio se tomaron zapallitos redondos producidos en el Cinturón Hortícola de La Plata y zucchini producidos en Murcia (España). Los frutos se seleccionaron teniendo en cuenta condiciones de calidad (uniformidad de color y forma, sin golpes ni abrasiones) y con uniformidad de diámetro (aproximadamente 80 y 45 mm para zapallito redondo y zucchini, respectivamente). Los frutos se lavaron con agua potable, se escurrieron y se secaron con papel. Se cortaron rodajas de la zona central de los zapallitos de 5 mm de espesor, paralelas al diámetro mayor de los mismos.

4.2. Deshidratación osmótica (DO)

Las rodajas de zapallito obtenidas, se sumergieron en soluciones acuosas de NaCl 0 (control); 0,5; 1 y 2 % p/v por 1 día a 20 °C. La relación entre el peso de la solución salina y el de las rodajas fue 10:1 para evitar cambios significativos en la concentración de la disolución durante el proceso. Durante la DO se midió la humedad de las rodajas de zapallito. Tanto al inicio como al final del tiempo de tratamiento osmótico seleccionado, se determinó la actividad de agua, se evaluó la apariencia, y se midió el color y el contenido de carotenoides como se describe en la sección *III.B*.

4.3. Efecto del uso de antioxidantes durante la DO sobre el color y el contenido de carotenoides de los frutos

Se sumergieron rodajas de zapallito en soluciones de NaCl 1 y 2% p/v en presencia o ausencia de antioxidantes (AOX: ácido ascórbico 1% p/v en ácido cítrico 1% p/v) durante el tiempo óptimo de DO (previamente determinado). Las rodajas de zapallito sin sumergir se consideraron como “control”. En todos los casos se determinó el color y el contenido de carotenoides al final de la DO como se describe en la sección *III.B*.

4.4. Selección de humedad y temperatura óptimas de secado de rodajas de zapallito

Se secaron rodajas de zapallito (sin tratamiento de DO) en estufa sin convección forzada a 60 °C y se llevaron a valores de humedad de 30, 20, 10, 5 y 1% p/p (base húmeda). Para cada porcentaje de humedad, se realizaron medidas de actividad de agua (a_w) y además se evaluó el carácter de crujiente de los diferentes productos. Según esto, se seleccionó una condición apropiada en términos de calidad y de estabilidad.

Por otra parte, rodajas control o sumergidas en soluciones de NaCl 1 y 2% p/v se secaron a 40, 50 y 60 °C hasta la humedad óptima encontrada (10% en base húmeda). Para decidir la temperatura de secado más adecuada, se tuvo en cuenta el tiempo invertido y además el aspecto, el carácter de crujiente y el sabor de los zapallitos deshidratados obtenidos. Las medidas se detallan en la sección *III.B*.

4.5. Efecto de la deshidratación osmótica sobre el tiempo de secado

Para determinar el tiempo de secado a la temperatura óptima seleccionada (60 °C), se pesaron las rodajas control o tratadas osmóticamente con NaCl 1 y 2% para obtener la humedad a diferentes tiempos.

4.6. Obtención y caracterización del producto seco

Se colocaron rodajas de zapallito redondo y zucchini control o tratadas osmóticamente (con NaCl 1 y 2% p/v) en bandejas y se procedió al secado a la temperatura previamente seleccionada (60 °C) hasta alcanzar la humedad final (10% p/p).

En el producto se evaluó el color, azúcares solubles en etanol, pH, acidez, fenoles totales y carotenoides. Por último, se efectuó una evaluación sensorial donde se analizó el aspecto, carácter de crujiente, sabor, color y aceptabilidad general de los zapallitos deshidratados. Todas las medidas se realizaron como se detalla en la sección *III.B*. Para las determinaciones de azúcares solubles en etanol, acidez, fenoles totales y carotenoides las rodajas debieron ser previamente rehidratadas. Para ello se procedió de la siguiente manera. Se tomaron 2 y 3 rodajas de fruto redondo y de zucchini respectivamente, aproximadamente 1,3 g en ambos casos, y se rehidrataron (para facilitar su congelamiento y molienda) con agua destilada (10 mL por rodaja por 2 h).

Luego el rehidratado se congeló con N₂ (l) y se procesó en molinillo. Se realizaron dos rehidrataciones independientes para cada tratamiento (control, 1 y 2% NaCl) y tipo de zapallito.

4.7. Rehidratación y caracterización del producto rehidratado

Para rehidratar el producto se procedió de forma similar a la mencionada en la sección anterior. Tanto sobre los tejidos rehidratados como las rodajas frescas de zapallitos redondo y zucchini se midió el peso y el diámetro y se obtuvieron las relaciones porcentuales correspondientes (cociente rehidratado a fresco). Las determinaciones se detallan en la sección III.B.

B. DETERMINACIONES ANALÍTICAS

-Visualización de almidón in situ

Se preparó una disolución acuosa saturada de yodo en IK (10% p/v). Sobre la muestra (zapallito en mitades) se vertieron gotas de esta disolución, dejando actuar 5 minutos. Finalizado este período, se escurrió y se desplazó el líquido sobrante con agua. El desarrollo de zonas violáceas indicó la presencia de almidón en los tejidos.

-Peso de frutos y de rodajas y pérdida de peso durante el almacenamiento

Los frutos y rodajas (secas, frescas o rehidratadas) se pesaron individualmente. En los ensayos de almacenamiento, el peso de los frutos se obtuvo tanto al inicio como durante el período en cámara. Los resultados se expresaron como porcentaje de pérdida

de peso, que se calculó a partir de los pesos inicial (PI) y final (PF) como se describe a continuación:

$$PP (\%) = 100 \times \frac{(PI - PF)}{PI}$$

Se evaluaron al menos 20 frutos para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento.

-Dimensiones de los frutos y de las rodajas

Las mediciones se llevaron a cabo utilizando un calibre. Para los frutos enteros evaluados en el ensayo de desarrollo ontogénico se determinó el diámetro mayor y menor.

-Materia seca

Se tomaron porciones de rodajas de zapallitos (cortes radiales que se colocaron en cápsulas previamente taradas. Se pesaron antes y después de eliminar el agua de la muestra en estufa (105 °C) hasta asegurar que 2 pesadas sucesivas de cada muestra fueran similares. Los resultados en base húmeda o base seca según fuera necesario. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

-Densidad

Se midió el volumen (V) de los mismos por inmersión en agua evaluando el aumento de volumen de adecuados recipientes graduados (jarra, probeta) según el

tamaño de los frutos, utilizando 5 zapallitos de peso P. La densidad (δ) se calculó como $\delta = P V^{-1}$. Las determinaciones se realizaron por triplicado para cada estado de desarrollo.

-Tasa respiratoria (TR)

Se colocaron 3 frutos en el caso de zapallitos en madurez comercial y hasta 6 frutos pequeños en el ensayo de desarrollo) en un frasco hermético y se incubaron por 10 min a 20 °C. Se registró la concentración de dióxido de carbono en el espacio de cabeza con un sensor IR (Alnor Compu-flow, modelo 8650, Estados Unidos). Los niveles de CO₂ se mantuvieron siempre por debajo de 5 mL L⁻¹ para no producir la inhibición de la respiración. Se calculó la TR de los frutos y los resultados se expresaron como mmol CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Se realizaron 3 determinaciones para: a) cada tamaño de fruto en el ensayo de desarrollo y b) cada tratamiento y tiempo de conservación en los ensayos de almacenamiento.

-Color

Las medidas se realizaron con un colorímetro (Minolta, Modelo CR-400, Japón) con el que se obtuvieron los parámetros L*, a* y b* y a partir de los cuales se calculó el ángulo Hue (H) = $180 - \text{tg}^{-1} b^*/a^*$ y la cromaticidad (C*) = $\sqrt{(a^{*2}+b^{*2})}$ (McGuire, 1992). Se evaluaron 15 frutos para: a) cada tamaño de fruto en el ensayo de desarrollo y b) cada tratamiento y tiempo de almacenamiento considerado en los ensayos de conservación. Cada vez se hicieron 2 medidas sobre la piel o pulpa (n = 30). Para el ensayo de zapallitos deshidratados, se realizó una medida en el centro de cada rodaja de zapallito (n = 30) y se calculó la diferencia de color $\Delta E = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}$.

-Textura

Se evaluó en un texturómetro (Texture Expert, modelo TA.XT2, EEUU) equipado con una sonda de 3 mm de diámetro. Cada fruto se comprimió 10 mm en la zona ecuatorial a una velocidad de 1 mm s⁻¹. Se registró la fuerza máxima necesaria para la ruptura del tejido (Firmeza, medida en N), se calcularon las pendientes de las curvas de deformación (resistencia a la penetración, RP, medidas en N mm⁻¹) y se registraron las distancias a la ruptura (DR, medidas en mm) del tejido. Se analizaron 20 zapallitos para: a) cada tamaño de fruto en el ensayo de desarrollo y b) por cada tratamiento y tiempo de almacenamiento, sobre los que se realizaron 3 medidas por cada fruto (n=60).

-Clorofila a, b y total

El contenido de clorofilas se determinó según **Lichtenthaler (1987)**. Se pesaron alrededor de 0,2 g de piel de zapallito y se extrajeron dos veces con 5 mL de acetona/agua 80:20. Las muestras se centrifugaron a 4.000 × g por 10 min a 4 °C y se midió la absorbancia del sobrenadante a 646 y 663 nm con un espectrofotómetro (Shimadzu Corporation, Modelo UV Mini-1240, Japón). Las medidas se realizaron por duplicado. Los contenidos de clorofila (en µg mL⁻¹) se calcularon según:

$$Ca = 11,24 \times \text{Abs } 663 \text{ nm} - 2,04 \times \text{Abs } 646 \text{ nm}$$

$$Cb = 20,13 \times \text{Abs } 646 \text{ nm} - 4,19 \times \text{Abs } 663 \text{ nm}$$

$$C_{\text{total}} = 7,05 \times \text{Abs } 663 \text{ nm} + 18,09 \times \text{Abs } 646 \text{ nm}$$

Estos resultados se convirtieron finalmente a mg kg^{-1} . Las determinaciones se realizaron por triplicado.

-Carotenoides

Se congeló con N_2 líquido tejido fresco o zapallitos secos rehidratados (según se detalla en la sección III.A.4.7) y se procesó en un molinillo. Se pesaron 0,5 g del polvo resultante, se extrajo con 5 mL de hexano:acetona:etanol (2:1:1) agitando en vortex durante 1 min para facilitar la extracción. A continuación, se añadió 1 mL de agua destilada para lograr la separación de fases. Finalmente se separó cuidadosamente la fase superior (hexano) y sobre ésta se midió la absorbancia a 454 nm en espectrofotómetro. Las medidas se realizaron por triplicado. El contenido de carotenoides se expresó como mg de β -caroteno por kg de fruto fresco o por kg de producto seco (mg kg^{-1}) empleando $\epsilon^{\beta\text{-caroteno}}_{(\text{hexano}, 454\text{nm})} = 1,39 \times 10^5 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

-pH y acidez

Para el análisis en frutos frescos se obtuvieron porciones en forma de gajos (50-100 g). En los zapallitos deshidratados, se procedió a rehidratarlos como se detalló en la sección III.A.4.7. Las muestras respectivas se congelaron con N_2 líquido y se procesaron con un molinillo (Peabody, PE-MC9103, China). Seguidamente, el polvo obtenido para frutos frescos y zapallitos secos rehidratados (10 g y 2 g respectivamente) se colocó en un vaso de precipitado y se adicionaron 100 mL de agua destilada. Se midió el pH inicial y la acidez se determinó por titulación con NaOH de normalidad conocida hasta pH 8,2 determinado en forma potenciométrica (AOAC, 1980). Se realizaron 3 medidas para cada: a) tamaño de fruto en el ensayo de desarrollo, b) tiempo de almacenamiento y/o tratamiento y c) condición de deshidratación osmótica. Los resultados se expresaron

en mmoles de H^+ por kilogramo de fruto fresco. En los zapallitos deshidratados los resultados se expresaron en mmoles de H^+ por kilogramo de peso seco.

-Azúcares solubles en etanol

El contenido de azúcares solubles en etanol se midió de acuerdo a **Yemm y Willis (1954)**. Para esto, se congeló tejido fresco, se molió, se pesó 1 gramo del polvo resultante y se realizó una extracción con 5 mL de etanol. La mezcla se homogeneizó con un vortex y se centrifugó a $13.000 \times g$ a $4^\circ C$ durante 10 min. Para obtener polvo de rodajas secas rehidratadas se procedió según se detalla en la sección *III.A.4.7* y luego éste se extrajo de igual forma que el tejido fresco. En todos los casos, el sobrenadante obtenido se diluyó 1:50. Las determinaciones se realizaron en tubos de ensayo (en baño de agua-hielo) conteniendo 100 μL de extracto de los frutos. A estos se les agregó 150 μL de agua destilada y 1 mL de antrona $0,5 \text{ g L}^{-1}$ (disuelta en H_2SO_4 98% p/p). Las muestras se colocaron en baño de agua a ebullición durante 10 min y se enfriaron en un baño de agua-hielo. Finalmente se determinó la absorbancia a 620 nm en un espectrofotómetro (UV Mini-1240, Shimadzu Corporation, Japón). Se realizaron 4 determinaciones para cada: a) tamaño de fruto en el ensayo de desarrollo, b) tratamiento y tiempo de almacenamiento y c) condición de deshidratado. Paralelamente se realizó una curva de calibración utilizando glucosa como estándar. Los resultados se expresaron en gramos equivalentes de glucosa por kilogramo de peso fresco (g kg^{-1}). En los zapallitos deshidratados los resultados se expresaron por kilogramo de peso seco.

-Sólidos solubles (SS)

Se llevó a cabo una molienda de tejido congelado con N_2 (l), se tomó una pizca del polvo que se descongeló y se filtró a través de una gasa. El contenido de SS del

filtrado se determinó en un refractómetro digital (Hanna Instruments, HI 96813, Alemania). Las medidas se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron en %p/p.

-Fenoles totales

Los antioxidantes fenólicos se determinaron de acuerdo a **Singleton et al. (1999)**. Para esto se obtuvieron y utilizaron los mismos extractos que los detallados en la sección *III.B.12*. Se colocaron 150 μL (para tejido fresco) o 100 μL (de una dilución 1:200 para tejido seco) de extracto etanólico en tubos, luego se agregó agua destilada hasta completar 1,35 mL y seguidamente 50 μL del reactivo Folin-Ciocalteu 1 eq L^{-1} . Las muestras se agitaron con vortex y luego de 3 min a 20 °C, se agregaron 100 μL de Na_2CO_3 20% (p/v) en NaOH 0,1 eq L^{-1} . Los tubos se homogeneizaron en vortex y las muestras se incubaron a 20 °C por 1 h. Se midió la absorbancia a 760 nm en un espectrofotómetro (UV Mini-1240, Shimadzu Corporation, Japón). Se prepararon dos extractos para cada: a) tamaño de fruto en el ensayo de desarrollo, b) tratamiento y tiempo de almacenamiento analizado y c) condición de deshidratación; y cada uno se utilizó para realizar la medida por triplicado. Se realizó una curva de calibración con ácido clorogénico como estándar y los resultados se expresaron como gramos equivalentes de ácido clorogénico por kilogramo de peso fresco (mg kg^{-1}). En el ensayo deshidratación los resultados se expresaron en miligramos por kilogramo de peso seco (mg kg^{-1}).

-Índices de deterioro (ID) y de daño por frío (IDF)

Para frutos almacenados a 10 °C se calculó un índice de deterioro considerando la deshidratación, el ablandamiento, la decoloración superficial y la incidencia de

podredumbres. En zapallitos almacenados a 0 °C ó 5 °C (condiciones de DF), se evaluaron el picado superficial y escaldaduras, ablandamiento y amarilleamiento en ambos casos. Se utilizó una escala hedónica de 0 a 3 siendo: 0= excelente, 1= bueno, 2= aceptable y 3= pobre. Los índices de deterioro y daño por frío se calcularon según:

$$\text{ID o IDF} = \frac{\sum (\text{nivel de deterioro (D) o daño por frío (DF)} * \text{N}^\circ \text{ de frutos en ese nivel})}{\text{N}^\circ \text{ total de frutos en el tratamiento}}$$

-Pérdida de electrolitos

Con un sacabocados se cortaron discos de zapallito de 8 mm de diámetro. Esto se realizó a nivel superficial (5 mm de espesor) ya que el DF se manifestó en un principio sobre la piel del fruto. Seguidamente se colocaron 10 discos (aproximadamente 0,36 g cada uno) en tubos de centrifuga, se agregaron 10 mL de manitol 0,6 mol L⁻¹ y se midió la conductividad de la solución (y la del manitol solo) con un conductímetro (Oakton, pH/CON 510, Estados Unidos) a tiempo 0 (C₀) y tras 120 min (C₁₂₀) de incubación a 20°C. Luego, los discos en suspensión se disgregaron con Ultraturrax (IKA, Modelo T25, Brasil) y la muestra se centrifugó a 13.000 × g por 10 min a 4 °C. Finalmente se midió la conductividad del sobrenadante (C_{total}). Todas las medidas se hicieron a 20 °C y por triplicado para cada tiempo y tratamiento. Los resultados se expresaron como porcentaje de electrolitos liberados luego de 120 min de incubación respecto del contenido total en el tejido:

$$\text{Pérdida de electrolitos} = 100 \times \frac{(C_{120} - C_0)}{(C_{\text{total}} - C_0)}$$

-Aislamiento de pared celular

Se pesaron 30 g de fruto congelado y molido y para luego extraerlos con 100 mL de etanol y se lo homogeneizó con un dispersor de alta velocidad (IKA, Ultraturrax T25, Brasil). Las muestras se calentaron a ebullición en una platina por 20 min para asegurar la inactivación de enzimas y prevenir la autólisis de polisacáridos de pared celular. El material insoluble se filtró con una bomba de vacío y de forma secuencial se hicieron lavados con 40 mL de etanol, 40 mL de etanol:cloroformo (1:1 v/v) y 40 mL de acetona. El residuo obtenido se secó a 37 °C, obteniéndose el residuo insoluble en alcohol (RIA). El residuo seco se pesó. Se hicieron dos extracciones independientes para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento analizado. Los resultados se expresaron como gramos de RIA por cada 100 g de fruto fresco ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$).

-Fraccionamiento de paredes celulares

Mediante extracciones seriadas del RIA con diferentes solventes se obtuvieron distintas fracciones de pared celular. Para ello, aproximadamente 40 mg de RIA se suspendieron en 10 mL de agua destilada y se agitó durante 12 h a temperatura ambiente. Finalizado dicho período las muestras se centrifugaron a $13.000 \times g$ por 10 min y el sobrenadante obtenido se lo filtró bajo vacío. El filtrado se llevó a 15 mL con agua destilada y se empleó para dosar las pectinas solubles en agua (PSA). El *pellet* fue re-extraído con 10 mL de CDTA 50 mmol L^{-1} (como se hizo para PSA) y se obtuvieron las pectinas solubles en CDTA (PSC) en el filtrado. Seguidamente, se extrajo el residuo con 10 mL de Na_2CO_3 100 mmol L^{-1} se agitó magnéticamente 1 h a 4 °C, se centrifugó, se filtró por vacío y se llevó a 15 mL con agua destilada como se hizo previamente. Esta fracción se empleó para determinar las pectinas solubles en carbonato de sodio (PSN). El *pellet* se re-extrajo durante 1 h a 4 °C con 10 mL KOH 1 mol L^{-1} para obtener así la

fracción soluble en KOH 1 mol L⁻¹ (FSK1) y luego de la centrifugación se re-extrajo el *pellet* con KOH 4 mol L⁻¹ para obtener la fracción soluble en KOH 4 mol L⁻¹ (FSK4). Se analizaron dos muestras para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento y cada muestra fue extraída por duplicado. A las diferentes fracciones se les determinó el contenido de ácidos urónicos (AU) y de azúcares neutros (AN) como se detalla a continuación.

-Ácidos urónicos (AU)

La medida se llevó a cabo mediante el método de **Blumenkrantz y Asboe-Hansen (1973)**. Alícuotas de diferentes fracciones de pared celular (100 µL) se adicionaron a tubos de ensayo conteniendo 200 µL de agua destilada. Luego estos se colocaron en un baño de agua-hielo y a cada uno se le adicionó 1 mL de borato de sodio 7,5 mmol L⁻¹ (preparado en H₂SO₄ 98% p/p). Las muestras se agitaron con vortex y se incubaron a 100 °C por 10 min. Posteriormente, los tubos se enfriaron en un baño de agua-hielo y a cada uno se le adicionaron 20 µL de *m*-fenilfenol (preparado en NaOH 0,5% p/v). Luego de agitar con un vortex se midió la absorbancia a 520 nm en un espectrofotómetro. Se hizo una curva de calibración con ácido galacturónico (100 µg mL⁻¹). Se analizaron 2 muestras independientes para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento y las medidas se realizaron por duplicado (n=4).

-Azúcares neutros (AN)

La determinación se llevó a cabo por el método indicado en la sección B.12 Se analizaron 2 muestras independientes para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento y las medidas se realizaron por duplicado (n=4).

-Actividad de agua (a_w)

La actividad agua de los zapallitos deshidratados osmóticamente y por secado con aire caliente se realizaron empleando un higrómetro de punto de rocío (Aqualab, modelo Decagon CX-1, Estados Unidos). Los discos de zapallito se redujeron a trozos pequeños de manera tal de poder cubrir la superficie de la placa de medición.

-Evaluación sensorial

Se llevó a cabo un panel sensorial de preferencia con panelistas no entrenados. Se prepararon zapallitos deshidratados con o sin tratamiento de DO con NaCl 1 o 2% y se ofrecieron a los evaluadores ($n = 30$) quienes llevaron a cabo la evaluación en cubículos privados. Los atributos evaluados fueron: cualidad de crujiente, sabor, color y aceptabilidad general. El test constó de una escala hedónica que incluía las opciones “Me disgusta”, “Me es indiferente” y “Me gusta mucho” con un rango de puntuación de 1 a 9.

C. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleó un diseño factorial, siendo los factores evaluados para los diferentes ensayos el tipo de tratamiento, la temperatura de almacenamiento, el tiempo en ensayos en cámara de zapallitos enteros y por otro lado, el tiempo y tipo de tratamiento osmótico. Los datos se analizaron empleando el paquete InfoStat versión 2010 (Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina). Se realizó un análisis de varianza (ANAVA) y posteriormente las medias se compararon mediante un test de Fisher con un nivel de significancia de 0,05.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



CAPÍTULO 1

*Caracterización del desarrollo ontogénico
de zapallito y efecto de tratamientos con
metil-jasmonato (MeJa) sobre la calidad y
el daño por frío (DF)*



1.1. INTRODUCCIÓN

a. Desarrollo ontogénico de zapallito

El desarrollo de frutos involucra una serie de cambios físicos y químicos (Kilcher, 1981) cuyo conocimiento es de suma importancia. En muchos frutos esto ha sido estudiado en detalle (Kader, 2002; Bermejo y Cano, 2012)). Albertini *et al.* (2006) determinaron los cambios en azúcares y de ácidos orgánicos durante el desarrollo de frutos no climatéricos como limón y naranja. . En especies no climatéricas cosechadas en estados inmaduros la información disponible es muy limitada. Zaro *et al.* (2014) determinaron en berenjena que para la ventana de cosecha existente a nivel comercial los frutos muestran algunas diferencias importantes en sus propiedades. *Por lo tanto en una primera etapa del presente trabajo se realizó una caracterización de frutos de zapallito redondo en 4 estadios ontogénicos desde etapas tempranas de desarrollo hasta la madurez comercial con el fin de comprender en mayor detalle algunas características del sistema a estudiar.*

b. Jasmonatos: Definición y funciones metabólicas

Los jasmonatos son compuestos de naturaleza orgánica, de carácter hormonal con numerosas funciones en los vegetales (Rohwer y Erwin, 2008). Se encuentran involucrados en diferentes procesos del desarrollo de los vegetales y poseen una importante participación en las respuestas de defensa de las plantas frente a herbívoros, agentes fito-patógenos y diferentes tipos de estrés (Creelman y Mullet, 1997; González-Aguilar *et al.*, 2000; 2001). Los jasmonatos (*Figura 1.1*) son capaces de

inducir la producción de compuestos que actúan como anti-nutrientes o compuestos tóxicos contra predadores tales como alcaloides, compuestos fenólicos, enzimas de defensa (quitinasas, glucanasas) e inhibidores de proteasas. Un ejemplo de ello es el aumento en la producción de quinonas por estimulación de la actividad polifenol-oxidasa (PPO) las cuales son capaces de ligar amino-ácidos reduciendo el valor nutricional de los alimentos para los herbívoros que dañan a las plantas (Felton *et al.*, 1992).

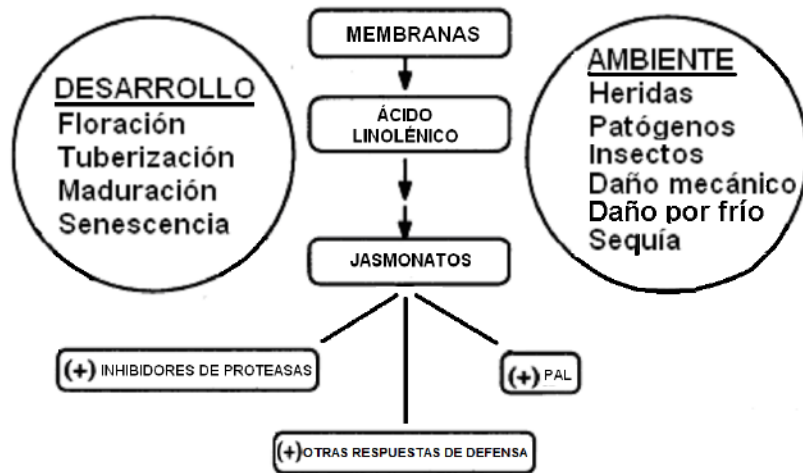


Figura 1.1: Factores endógenos (desarrollo) y ambientales que estimulan la producción de jasmonatos a partir de la degradación de ácido linolénico de las membranas vegetales y algunas respuestas inducidas por esta hormona: adaptado de Creelman y Mullet (1995).

El tratamiento con metil-jasmonato (MeJa) también puede inducir la liberación de compuestos volátiles en hojas capaces de limitar el ataque de insectos (Engelberth *et al.*, 2004). Por otra parte, el ácido jasmónico (JA) participa en respuestas tales como la formación de tricomas glandulares y la segregación de ceras epi-cuticulares (Wittstock y Gershenzon, 2002). La biosíntesis del JA se inicia a partir del ácido linolénico. Las formas más abundantes y activas son el propio JA y el MeJa. Este último, dada su volatilidad, ejerce funciones de comunicación entre plantas (Engelberth, 2010).

c. Efecto del metil-jasmonato en post-cosecha de frutas y hortalizas

En frutillas el MeJa promovió la maduración al acelerar la acumulación de antocianinas. Asimismo los tratamientos con este compuesto aumentaron la expresión de los genes que codifican para las enzimas de pared celular endoglucanasa y xiloglucano endo-transglicosilasa y aceleraron el ablandamiento (**Concha et al., 2013**). Por su parte, en granadas, la aplicación de MeJa incrementó el contenido de fenoles totales, de antocianinas y la actividad antioxidante (**Sayyari et al., 2011**). Además de estos efectos en el proceso de maduración y en la composición de frutos, varios estudios han mostrado que el JA reduce la susceptibilidad al DF. Así, **González-Aguilar et al. (2000)** encontraron que frutos de mango tratados con MeJa almacenados a 7 °C mantuvieron mejor calidad y presentaron menor picado superficial. El uso de JA también redujo el DF en frutos de papaya (**González-Aguilar et al., 2003**) y guayaba (**González-Aguilar et al., 2004**). En duraznos almacenados a temperaturas de DF el tratamiento con MeJa (1 mmol L⁻¹) mantuvo una elevada actividad poligalacturonasa, reduciendo la harinosidad asociada con el almacenamiento en cámara por períodos prolongados (**Ben-Arie y Sonogo, 1980; Budde et al., 2005**). Los resultados informados en la literatura muestran que el MeJa ha sido eficaz en el rango de concentraciones de 0,1 y 10 mmol L⁻¹ tanto en aplicaciones en forma líquida o gaseosa. Si bien no se ha establecido en forma completa el mecanismo protector del MeJa, se ha descrito que los frutos tratados muestran una menor producción de especies reactivas de oxígeno, como el radical superóxido y el peróxido de hidrógeno un menor daño de membranas (**Whitaker y Wang, 1987**) y una reducción de la acumulación de malondialdehído (producto de oxidación lipídica) (**Jin et al., 2013**). **Cao et al. (2012)** encontraron que la aplicación de MeJa en níspero reducía el daño DF efecto que se correlacionó con una acumulación de contenido de ácido γ -aminobutírico y de prolina, respuesta conocida contra dicho estrés (**Shelp et al., 1999; Kinnersley y Turano, 2000a,b**). **Wang y Buta (1994; 1999)** también hallaron un rol protector del MeJa sobre

el DF en zapallito zucchini. Esto fue confirmado posteriormente por **Martínez-Tellez et al. (2002)** quienes ahondaron en la evaluación de los cambios fisiológicos en estos frutos en condiciones de estrés por frío. A pesar de la existencia de resultados experimentales promisorios del uso de MeJa para prevenir las alteraciones por frío, su utilización en condiciones comerciales no ha avanzado en forma sustantiva. *En zapallito redondo no se conoce si el MeJa puede ser efectivo para reducir los desórdenes por frío por lo que en una segunda parte de este capítulo se planteó evaluar la efectividad del MeJa sobre el retraso del daño por frío y del deterioro general de zapallito redondo cosechado en estado de madurez comercial almacenado a 0 °C.*

1.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PARTE A. CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO ONTOGÉNICO DE ZAPALLITO

a. Peso, dimensiones, apariencia y visualización de almidón *in situ*

Inicialmente a fin de definir claramente los estadios analizados se determinaron las dimensiones promedio de los frutos. El peso de los zapallitos *baby* (I) fue de 14 g ascendiendo a 160 g en el estado de madurez comercial (IV) (**Figura 1.2 A**). Asimismo se determinaron los diámetros menor y mayor de las secciones elipsoidales obtenidas por cortes transversales al eje ecuatorial de los frutos (**Figura 1.2 B**). Ambos diámetros aumentaron en forma significativa durante todo el proceso de desarrollo aunque el incremento del diámetro mayor fue proporcionalmente más elevada. En ese sentido los frutos más esféricos fueron tomando una forma aplanada conforme progresó el desarrollo.

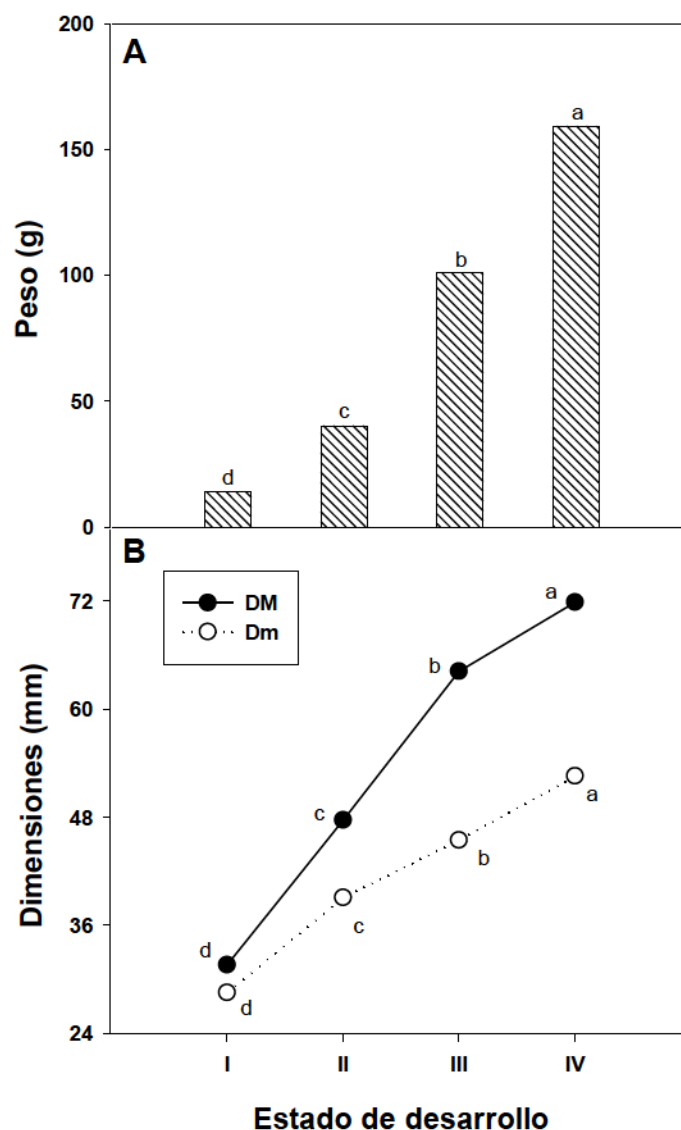


Figura 1.2: A) Peso y B) dimensiones (diámetros mayor (DM) y menor (Dm)) de zapallitos en diferentes estados de desarrollo (I a IV). Letras distintas indican para cada atributo diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

La **Figura 1.3 A** muestra la apariencia de los frutos correspondientes a los cuatro estados analizados. Los frutos presentaron un color de piel verde brillante tomando un color algo más oscuro en la medida que avanzó el desarrollo. La realización de tinciones con lugol permitió determinar la presencia de almidón que se concentró en la piel y en la zona cercana a las semillas en todos los estados de desarrollo analizados (**Figura 1.3 B**).

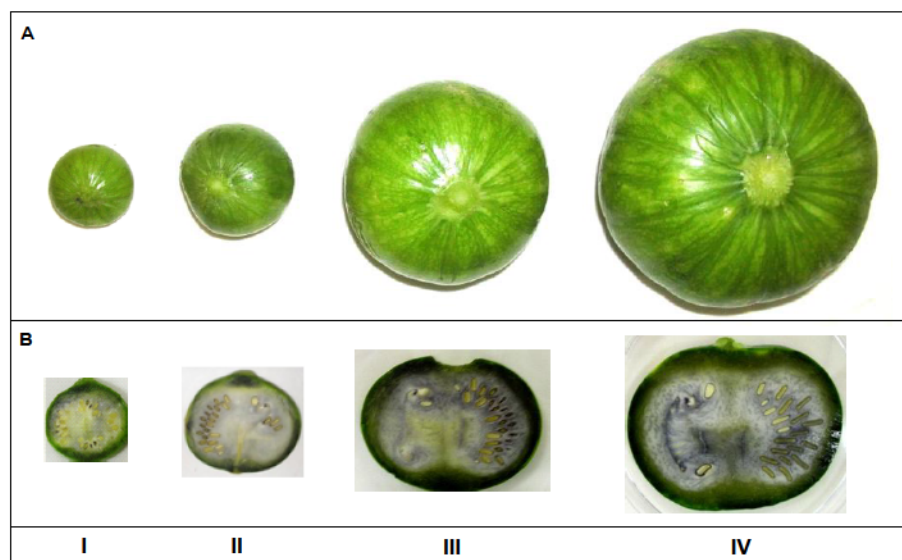


Figura 1.3: Apariencia de A) frutos enteros y B) secciones transversales de zapallitos en diferentes estadios de desarrollo (I-IV), tratadas con lugol.

b. Materia seca (MS), densidad y tasa respiratoria (TR)

Durante el desarrollo ontogénico del fruto se observa una disminución sucesiva del contenido de MS (**Figura 1.4 A**), siendo el valor del estado I o *baby* prácticamente el doble que el del estado IV (8 y 4% respectivamente). Por otra parte, la densidad de los frutos (**Figura 1.4 B**) mostró una tendencia a incrementarse hacia el estado II para luego permanecer prácticamente constante en un valor cercano a $0,90 \text{ g mL}^{-1}$. Los zapallitos en estado I presentaron una tasa respiratoria máxima conforme a lo esperado para frutos no climatéricos (**Figura 1.4 C**). En berenjena, un estudio de frutos con diferente estado de desarrollo también reportó una mayor TR en frutos pequeños (**Zaro et al., 2014**). La TR de los zapallitos descendió un 30% ya al estado II, pero posteriormente no se observaron variaciones significativas hasta la etapa de madurez comercial.

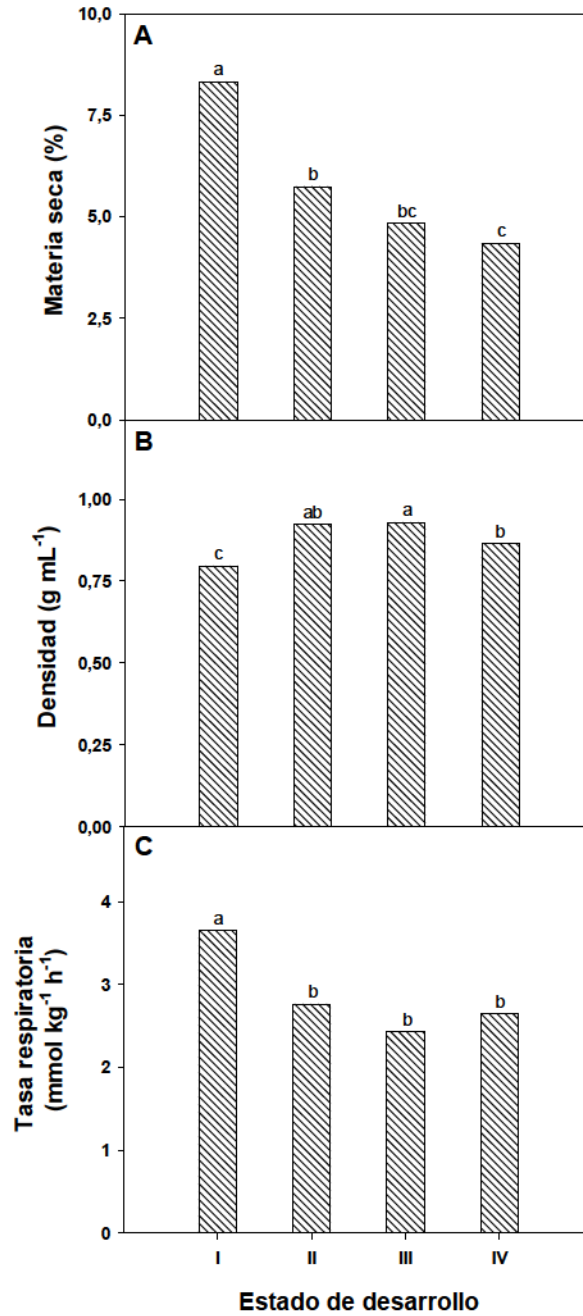


Figura 1.4: A) Materia seca, B) densidad y C) tasa respiratoria de zapallitos en diferentes estados de desarrollo (I a IV). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

c. Color de piel y pulpa, clorofilas, carotenoides y textura

Los zapallitos en el estado I exhibieron una mayor luminosidad (L^*) que los frutos de mayor desarrollo (**Figura 1.5 A**). Asimismo los zapallitos *baby* mostraron un menor valor de Hue (H) y mayor valor de cromaticidad asociado con un tono verde más

claro (**Figura 1.5 B**). El color de los frutos, determinado por los parámetros L^* , H y C^* , no mostró variaciones significativas entre los estadios II y IV, por lo que esta medida no resulta de utilidad para establecer el momento óptimo de cosecha.

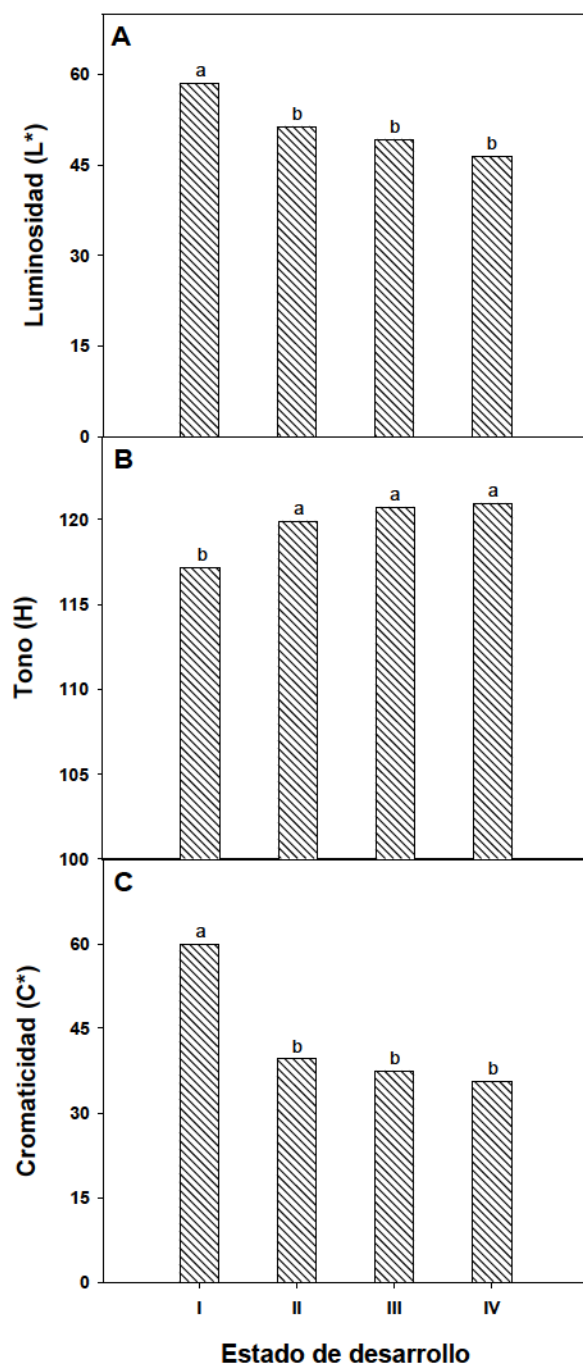


Figura 1.5: A) Luminosidad (L^*), B) tono (H) y C) cromaticidad (C^*) de la piel de zapallitos en diferentes estados de desarrollo (I a IV). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

Por su parte, la pulpa de los frutos *baby* mostró un color amarillento que se fue atenuando conforme avanzó el desarrollo. Esto se evidenció a partir del incremento en la luminosidad L^* hacia colores más claros (*Figura 1.6 A*). Por otra parte, si bien el tono de color fue casi el mismo para los 4 estados de desarrollo (*Figura 1.6 B*), durante el crecimiento de los frutos se redujo su saturación o cromaticidad (*Figura 1.6 C*).

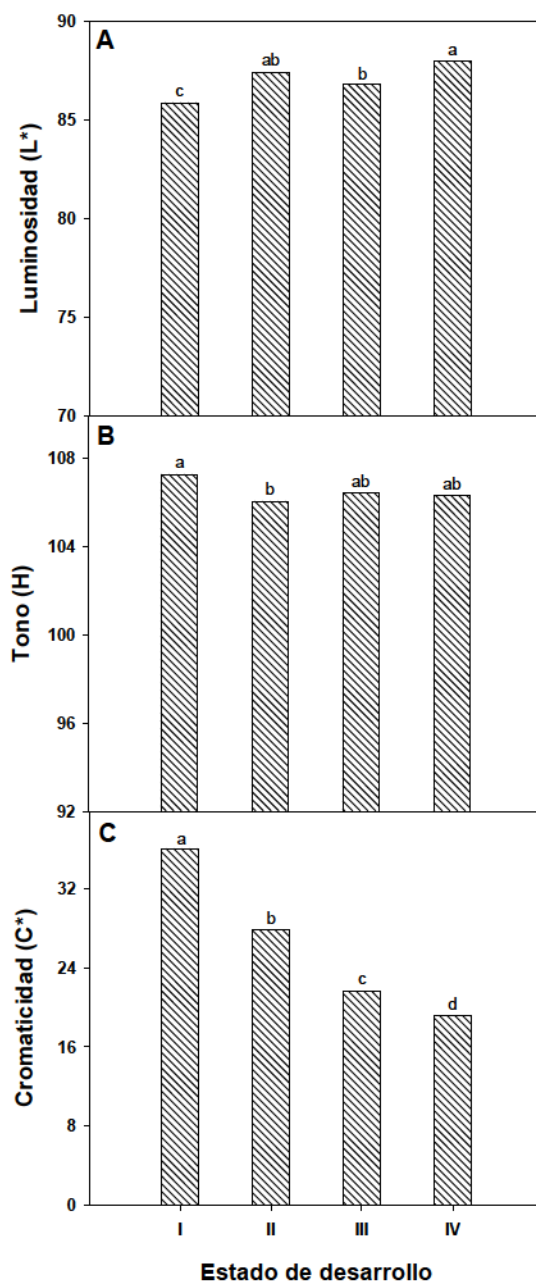


Figura 1.6: A) Luminosidad (L^*), B) tono (H) y C) cromaticidad (C^*) de la pulpa de zapallitos en diferentes estados de desarrollo (I a IV). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

A pesar de que el color de piel no se modificó luego del estado II, se observó que la acumulación de clorofila *a*, *b* y total en la piel de los frutos progresó en forma continua durante el desarrollo (*Figuras 1.7 A, B y C*).

Por su parte, se observó una drástica reducción en la concentración de compuestos carotenoides en forma marcada entre los estados I y II. Con posterioridad se detectó un leve incremento en el contenido de carotenoides (*Figuras 1.7 D*).

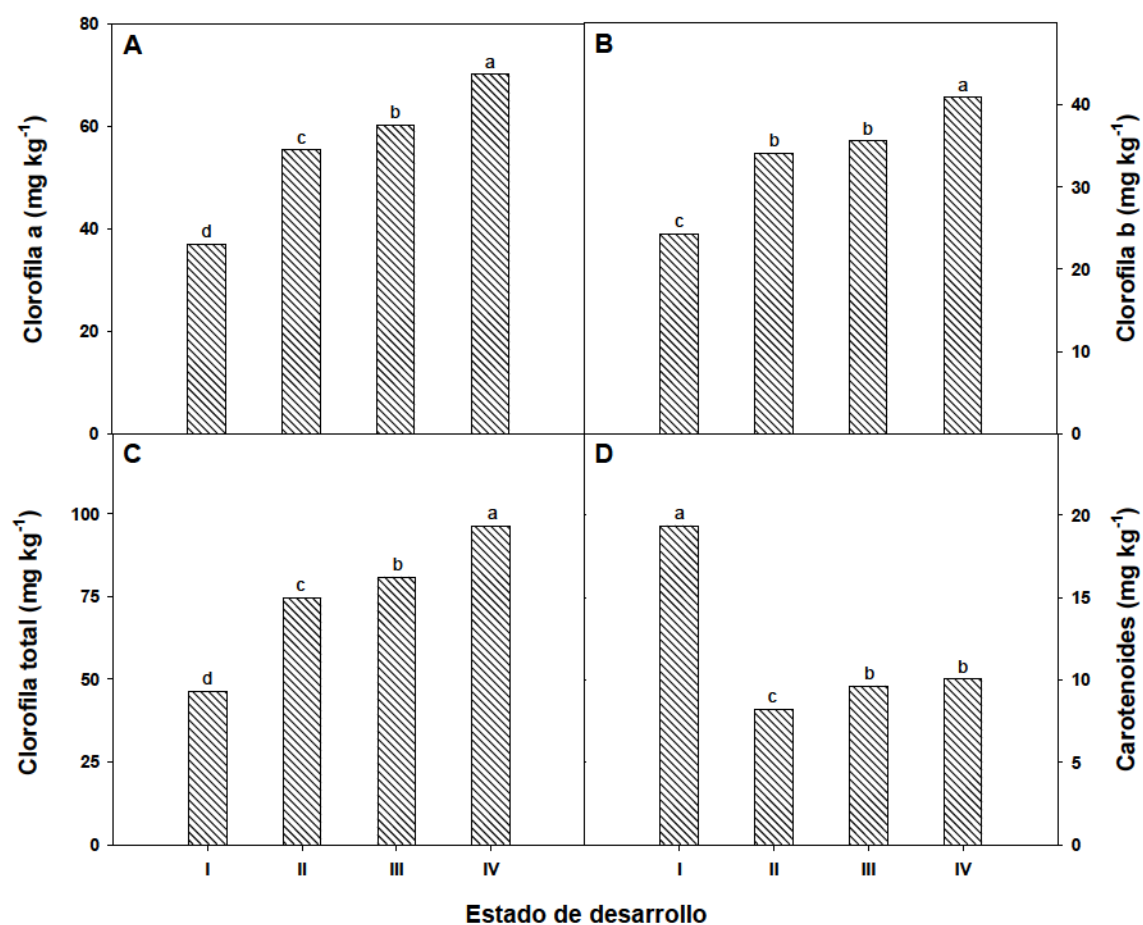


Figura 1.7: A) Clorofila a, B) clorofila b, C) clorofila total y D) carotenoides de zapallitos en diferentes estados de desarrollo (I a IV). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

La firmeza se incrementó a medida que avanzó el estado de desarrollo de los zapallitos (*Figura 1.8 A y B*).

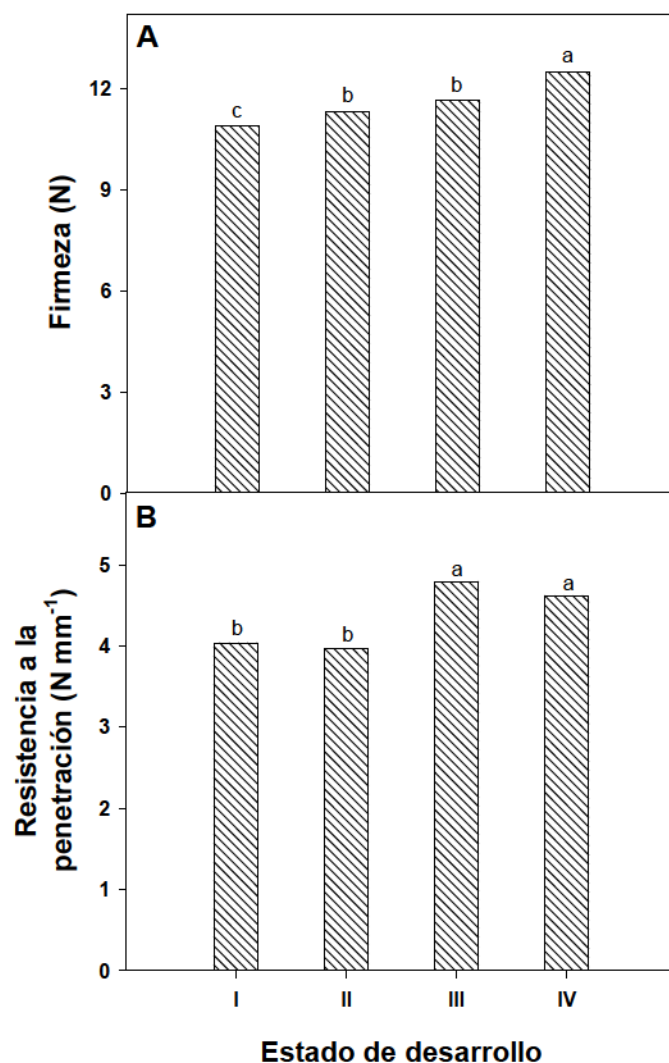


Figura 1.8: A) Firmeza y B) resistencia a la penetración en ensayos de compresión de zapallitos en diferentes estados de desarrollo (I a IV). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

d. Acidez, azúcares, sólidos solubles (SS) y fenoles totales

En general, se observaron tendencias decrecientes en el contenido de metabolitos al avanzar el desarrollo del fruto (*Figuras 1.9 A, B, C y D*).

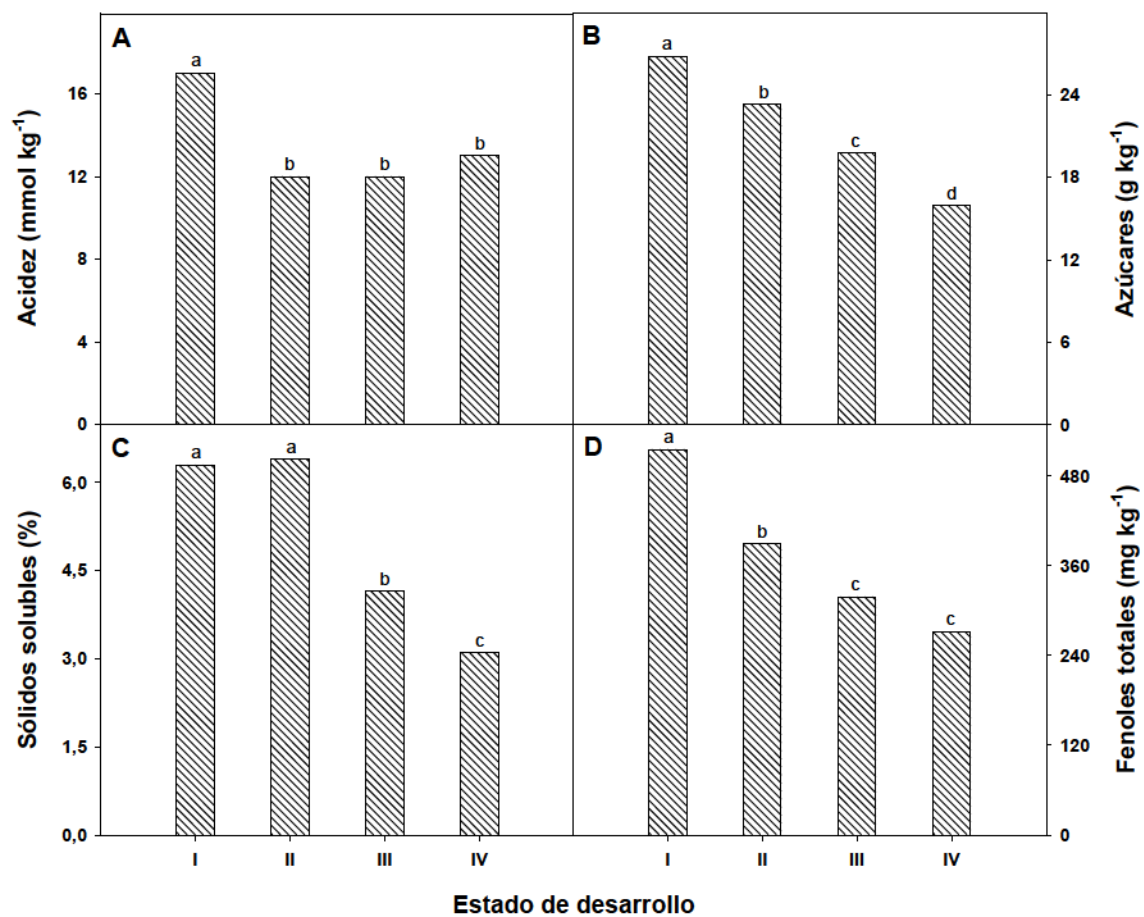


Figura 1.9: A) Acidez, B) azúcares, C) sólidos solubles y D) fenoles totales de zapallitos en diferentes estados de desarrollo (I a IV). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

PARTE B. EFECTO DE TRATAMIENTOS CON METIL-JASMONATO (MEJA) SOBRE LA CALIDAD Y EL DAÑO POR FRÍO (DF) DE ZAPALLITO

e. Índice de daño por frío

A lo largo del almacenamiento, tanto el grupo control de zapallitos como el tratado con MeJa exhibieron un incremento del deterioro (*Figura 1.10*). Esto se manifestó especialmente luego de la transferencia a 20 °C cuando los síntomas de DF se hicieron más evidentes. Los zapallitos tratados con MeJa se mostraron menos dañados que los frutos control luego de los dos períodos de incubación a 20 °C evaluados (14+4 y 21+4). De todos modos, los frutos asperjados con MeJa presentaron también síntomas visibles de picado superficial por lo que los beneficios de los tratamientos fueron moderados.

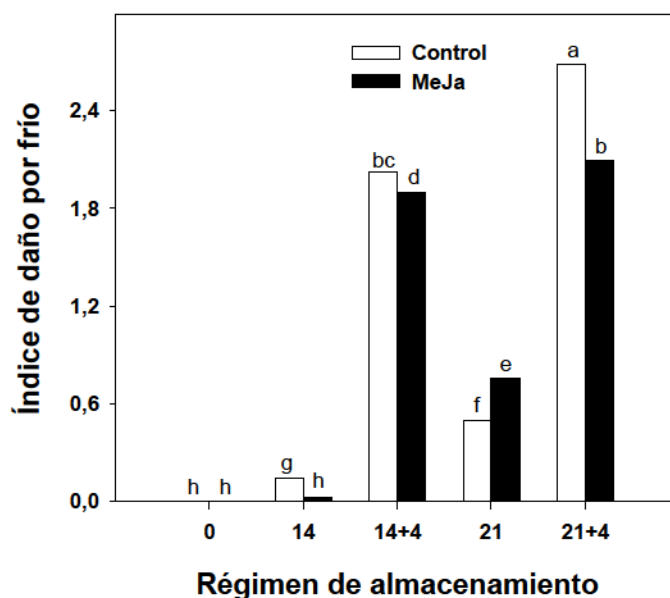


Figura 1.10: Índice de daño por frío de zapallitos control y tratados con MeJa (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 14 y 21 días a 0 °C y luego transferidos a 20 °C por 4 días (“+4”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

f. Pérdida de electrolitos

En condiciones de DF ocurren cambios bio-físicos en los lípidos de membrana como la peroxidación, los cuales conducen a modificaciones en la estructura de la membrana celular, a la pérdida de compartimentalización y a la pérdida de electrolitos (Marangoni *et al.*, 1996). Con el objeto de evaluar en más detalle el DF, se midió la pérdida de electrolitos cortando discos de zapallito de la superficie del fruto, ya que ésta era la zona del fruto más afectada. La pérdida de electrolitos (Figura 1.11) se mantuvo constante y sin grandes diferencias entre tratamientos a lo largo del almacenamiento a 0 °C. En el último día de evaluación (21+4) se observó un marcado incremento del contenido de electrolitos libres tanto en frutos control como en tratados con MeJa, debido a que en esta instancia los tejidos ya se encontraban con un nivel de deterioro muy avanzado. Esto difiere de lo reportado en zapallito zucchini en donde el MeJa mantuvo la integridad de las membranas en frutos almacenados a 5 °C (Wang *et al.*, 1994; 1999).

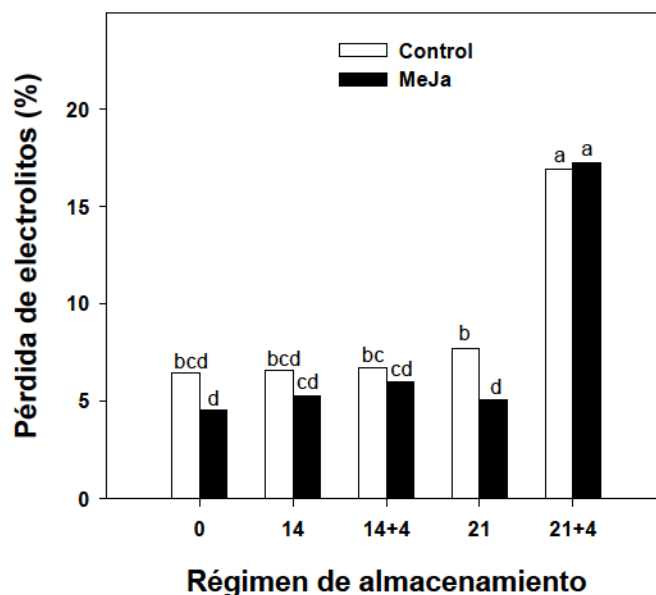


Figura 1.11: Pérdida de electrolitos de zapallitos control y tratados con MeJa (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 14 y 21 días a 0 °C y luego transferidos a 20 °C por 4 días (“+4”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

g. Tasa respiratoria

De forma general, a lo largo del almacenamiento tanto para los zapallitos control como tratados con MeJa, se observó un comportamiento respiratorio no climatérico.

La TR se redujo en los frutos control y tratados luego de 14 días y posteriormente no mostró grandes variaciones hasta el final del almacenamiento, no observándose diferencias marcadas entre los frutos control y tratados (*Figura 1.12*). Una respuesta similar se observó en mango tratado con MeJa (*González-Aguilar et al., 2000*).

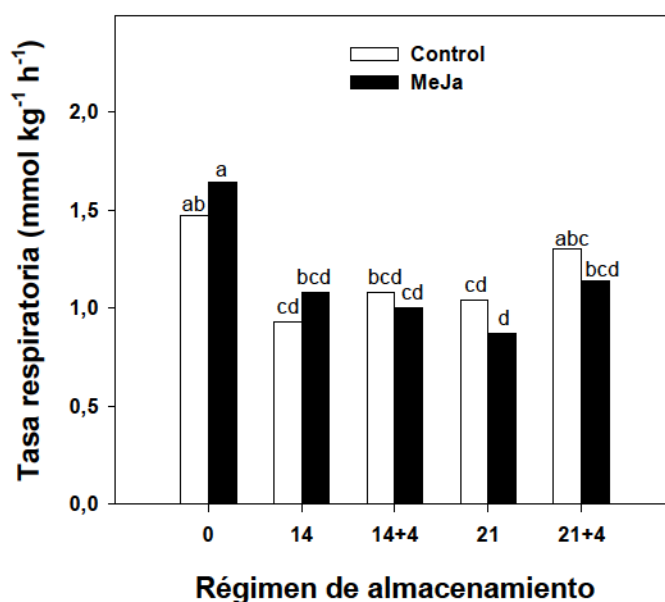


Figura 1.12: Tasa respiratoria de zapallitos control y tratados con MeJa (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 14 y 21 días a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 4 días (“+4”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

h. Pérdida de peso

La pérdida de peso (*Figura 1.13*) aumentó a lo largo del almacenamiento a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ para ambos grupos de zapallitos. No obstante, los frutos tratados con MeJa se

deshidrataron significativamente menos que los controles. Las diferencias se exacerbaban al llevar los frutos a 20 °C. Hacia el final del almacenamiento (21+4 días) el lote control perdió casi el doble de peso con respecto al tratado MeJa. Algunos estudios previos hallaron también un efecto protector del MeJa en la pérdida de peso de papaya tratada con vapores de MeJa 10^{-5} mol L⁻¹ (González-Aguilar *et al.*, 2003). El MeJa ha mostrado ser un poderoso inhibidor de la apertura de estomas en hojas de avena (Satler y Thimann, 1981), en la epidermis de flores de *Commelina benghalensis* (Raghavendra y Reddy, 1987), en hojas de olivo (Sanz *et al.*, 1993) y en *Arabidopsis* (Hossain *et al.*, 2011). Este efecto podría contribuir a explicar la menor pérdida de peso en los frutos tratados.

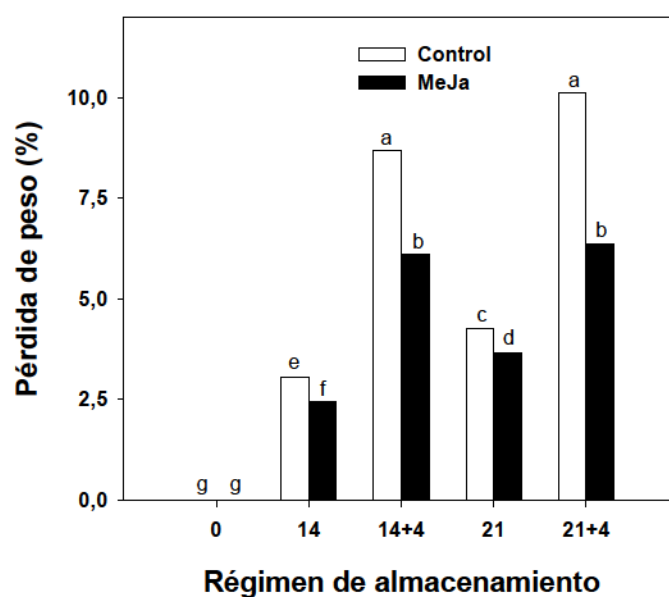


Figura 1.13: Pérdida de peso de zapallitos control y tratados con MeJa (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 14 y 21 días a 0 °C y luego transferidos a 20 °C por 4 días (“+4”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

i. Firmeza

El análisis de la firmeza de los frutos medida con un texturómetro permite obtener información variada. En este ensayo, se determinaron tanto la fuerza máxima

(“firmeza”) en ensayos de compresión de los frutos como la distancia recorrida por la sonda hasta la falla mecánica de los tejidos (“distancia a la ruptura”). En líneas generales la firmeza disminuyó a lo largo del almacenamiento siendo dicho descenso mayor al llevar los frutos a 20 °C, tanto para los zapallitos control como para los asperjados con MeJa (*Figura 1.14 A*). Además, esta disminución de firmeza se vio reflejada en el aumento de la distancia a la ruptura (*Figura 1.14 B*). Por otro lado, si bien el tratamiento retrasó la pérdida de firmeza luego de 14+4 días respecto del control, en líneas generales, no generó cambios de importancia en la textura de zapallito redondo. Esto difiere de lo encontrado por **González-Aguilar *et al.*, (2003)** quienes observaron un retraso sustancial de la pérdida de firmeza de papaya, respectivamente, tratados con MeJa y almacenados en condiciones de DF.

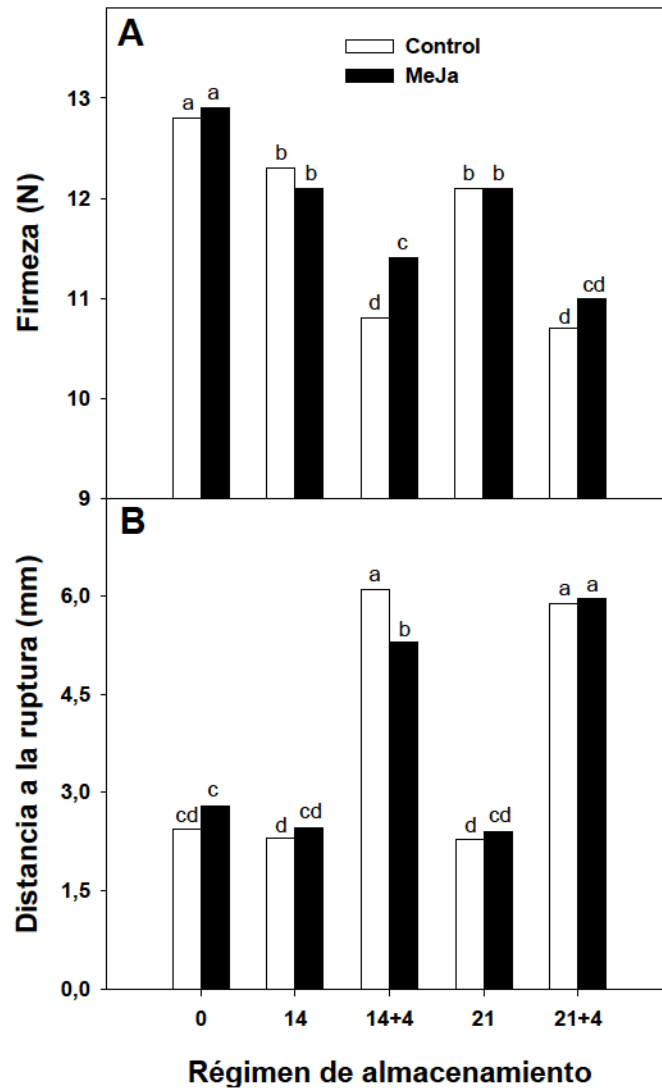


Figura 1.14: A) Fuerza máxima y B) distancia de ruptura de zapallitos control y tratados con MeJa (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 14 y 21 días a 0°C y luego transferidos a 20°C por 4 días (“+4”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

j. Color

A lo largo del almacenamiento se observó tanto en frutos control como para los asperjados con MeJa una ligera decoloración superficial (cambio desde tonos verde oscuros a verdes más claros) registrada en un aumento de la luminosidad (L^*). A su vez, se observó un leve corrimiento de H (tono) y un aumento de cromaticidad (C^*) en

las dos primeras semanas de almacenamiento (*Tabla 1.1*). Aunque en algunos estudios previos en manzana y mango el MeJa promovió el desarrollo del color (**Fan et al., 1998; Lalel et al., 2003**) en zapallito no se observaron cambios marcados en comparación a los frutos sin tratamiento.

Tabla 1.1: Color (L, H y C*) de zapallitos control y tratados con MeJa, almacenados por 0, 14 y 21 días a 0 °C y luego transferidos a 20 °C por 4 días (“+4”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.*

| | Tratamiento | Régimen de almacenamiento | | | | |
|----------------------|-------------|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|
| | | 0 | 14 | 14+4 | 21 | 21+4 |
| Luminosidad (L*) | Control | 40,3 ^d | 43,7 ^{bc} | 45,3 ^a | 44,9 ^{ab} | nd |
| | MeJa | 40,3 ^d | 44,2 ^{abc} | 43,4 ^c | 45,0 ^{ab} | nd |
| Tono (H) | Control | 122,9 ^a | 118,9 ^{bc} | 118,7 ^{bc} | 118,2 ^c | nd |
| | MeJa | 122,9 ^a | 119,2 ^b | 119,4 ^b | 118,4 ^{bc} | nd |
| Cromaticidad (C*) | Control | 27,8 ^c | 33,4 ^a | 32,8 ^{ab} | 33,8 ^a | nd |
| | MeJa | 27,8 ^c | 34,5 ^a | 31,2 ^b | 33,7 ^a | nd |

nd: No determinado.

k. Acidez, azúcares y fenoles totales

La acidez no mostró cambios significativos durante el almacenamiento a 0 °C ni entre tratamientos (*Tabla 1.2*). Al transferir los frutos a 20 °C por 4 días se detectó una disminución del tenor de azúcares totales y un aumento de la acidez, ambas cosas debidas probablemente al avanzado deterioro fisiológico de los frutos. Esto último difiere de lo reportado en frambuesas en las que desaceleró la pérdida de ácidos orgánicos durante el almacenamiento (**Wang, 2003**).

La tendencia general observada en el contenido de fenoles totales mostró una disminución a lo largo del almacenamiento. El tratamiento con MeJa no generó grandes cambios respecto del control. **Siboza *et al.* (2012)** encontraron una disminución del contenido de fenoles en limones almacenados a temperaturas de DF y sugirieron que el consumo de estos metabolitos podría deberse a su utilización para contrarrestar el daño ocasionado por el desorden fisiológico. Los resultados en zapallito coinciden con lo reportado por **Mirdehghan y Ghotbi (2014)** en frutos de granada tratados con JA y almacenados a temperaturas de DF ($1,5\pm 0,5$ °C) quienes no registraron diferencias en la concentración de fenoles respecto del control.

Tabla 1.2: Acidez, contenido de azúcares totales y fenoles totales de zapallitos control y tratados con MeJa, almacenados por 0, 14 y 21 días a 0 °C y luego transferidos a 20 °C por 4 días (“+4”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

| Tratamiento | | Régimen de almacenamiento | | | | |
|---|---------|---------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| | | 0 | 14 | 14+4 | 21 | 21+4 |
| Acidez (mmol kg ⁻¹) | Control | 8,9 ^{bcd} | 7,4 ^{cde} | 10,1 ^b | 6,9 ^{de} | 14,3 ^a |
| | MeJa | 8,1 ^{bcde} | 6,0 ^e | 9,5 ^{bc} | 7,5 ^{bcde} | 13,8 ^a |
| Azúcares totales (g kg ⁻¹) | Control | 25 ^{ab} | 27 ^a | 17 ^{cd} | 19 ^c | 16 ^{de} |
| | MeJa | 24 ^b | 25 ^{ab} | 16 ^{de} | 12 ^f | 13 ^{ef} |
| Fenoles totales (mg kg ⁻¹) | Control | 469 ^a | 466 ^a | 288 ^{cd} | 260 ^{de} | 332 ^{bc} |
| | MeJa | 440 ^a | 403 ^b | 263 ^{de} | 286 ^{cde} | 309 ^{bcd} |

1.3. CONCLUSIONES

En el presente capítulo se realizó una caracterización del proceso de desarrollo de frutos de zapallito redondo. Así se determinó el patrón de crecimiento y respiración, se cuantificaron los niveles de sólidos, pigmentos, ácidos, azúcares y antioxidantes

fenólicos y los cambios en propiedades físicas de importancia en la calidad como el color y la textura, información que no se encontraba sistematizada.

Por otra parte dado que el MeJa había sido descrito en la literatura como un compuesto capaz de aliviar los daños por frío en otras especies se evaluó su eficacia en zapallito de tronco ya que este desorden fisiológico es un factor importante en el deterioro de frutos almacenados. Los resultados mostraron que si bien los tratamientos provocan cierta reducción de la incidencia del DF, ésta es limitada y se observa a períodos de almacenamiento muy prolongados. Por lo tanto, el uso de este compuesto sería una práctica recomendable para poder almacenar frutos de zapallito a temperaturas inmediatamente superiores a su punto de congelación como se recomienda en otros frutos. La aplicación de MeJa 1 mM redujo marcadamente la deshidratación tanto luego del almacenamiento continuo a 0 °C como finalizado el período de vida de estante a 20 °C. Resultaría de interés realizar futuros estudios afín de determinar el mecanismo por el cual se ve reducida la pérdida de agua en los frutos asperjados con la hormona. Más allá de esto, el MeJa en zapallito no mostró efectos benéficos en la modulación de la TR, en el mantenimiento de la textura, color u otros atributos de calidad. Finalmente, el hecho de que el MeJa sea muy efectivo en zapallitos zucchini en la reducción del DF y no redunde en marcados beneficios en zapallito redondo, muestra que ambos frutos inmaduros, que normalmente se agrupan a la hora de definir las recomendaciones de manejo post-cosecha poseen respuestas muy diferentes. Por tanto sus similitudes fisiológicas y las estrategias tecnológicas durante la post-cosecha deben interpretarse y definirse con cautela y en forma independiente para cada sistema.

CAPÍTULO 2

*Uso de tratamientos con 1-
metilciclopropeno (1-MCP) para controlar
el daño por frío (DF) y mantener la
calidad de zapallito*



2.1. INTRODUCCIÓN

El etileno es una de las hormonas vegetales más trascendentes en el desarrollo de frutos (**Kader, 1985; Abeles et al., 1992; Barry et al., 2001**). Su acción más importante se asocia con la regulación de la maduración en frutos climatéricos y con la inducción de algunos procesos catabólicos como la degradación de clorofilas (**Lelièvre et al., 1997; Saltveit, 1999**). Es una herramienta de gran utilidad en el manejo post-cosecha de los frutos puesto que su aplicación en condiciones controladas puede ser empleada para acelerar cambios deseables en algunos productos (**Abeles et al., 1992; Wien, 1997; Kader, 2002**). Así, este compuesto se emplea comercialmente (en forma directa o a través de su generación por descomposición de otros metabolitos) para promover la maduración de bananas y otros frutos así como para provocar el desverdizado de la piel de cítricos (**Kays y Beaudry, 1987; Kader, 2007**).

Más allá de los efectos generales mencionados, el rol de esta hormona puede mostrar algunas diferencias dependiendo del producto considerado. Si bien en algunas especies de *Cucurbitáceas* como melón y sandía el rol del etileno es indiscutido (**Golding et al., 1998; Saftner et al., 2007; Pech et al., 2008**), en especies con frutos cosechados en forma inmadura como pepino o zapallito su importancia no se ha estudiado en detalle. *A priori* podría pensarse que por ser estos productos no climatéricos y por cosecharse en forma temprana de su ontogenia, la participación del etileno podría ser limitada. De todos modos, en un estudio realizado en pepino se mostró que el etileno estaba implicado en el deterioro del fruto (**Hurr et al., 2010**).

2.1.1. Control de los efectos desencadenados por el etileno

En ciertos casos la presencia del etileno puede ser indeseable por lo que se debe recurrir a diferentes estrategias de control (**Kader, 1986; Saltveit, 1999**). Las alternativas para proteger a los productos fruti-hortícolas contra el etileno pueden ubicarse dentro de tres grupos:

a. Evasión

El etileno ambiental puede ser producido tanto de forma biológica como no biológica. Las fuentes no biológicas pueden ser la combustión incompleta de hidrocarburos y la quema de desechos agrícolas (**Kader, 2002**). Las estrategias para evitar la producción biológica de etileno incluyen minimizar los golpes y el tiempo hasta la comercialización (**Abeles et al., 1992**), la eliminación de restos de cosecha y de frutos dañados (**Saltveit, 1999**).

b. Remoción

Una de las formas más efectivas y económicas es realizar una ventilación apropiada de la atmósfera circundante al producto (**Saltveit, 1999**). Otra alternativa es el uso de generadores de ozono para oxidar al etileno. En frutos envasados se pueden utilizar diferentes compuestos capaces de adsorber al etileno, como el carbón activado, bentonita, sílica gel, celite, vermiculita, perlita y óxidos de aluminio (**Kader, 2002**). En ciertos casos, los adsorbentes se combinan con otros compuestos capaces de oxidar el etileno, como KMnO_4 (**Kader, 2007**).

c. Inhibición

La inhibición de la acción del etileno puede ocurrir a nivel de su biosíntesis o de su acción (**Abeles et al., 1992**). La refrigeración afecta ambos procesos. Con respecto a las atmósferas modificadas y controladas, si bien el CO₂ es un inhibidor de la acción del etileno (inhibidor competitivo a nivel de los receptores) además puede disminuir la biosíntesis (**Kader, 2002**).

-Inhibición de la síntesis de etileno

La aminoetoxivinilglicina y el ácido aminooxiacético bloquean específicamente la síntesis del precursor directo del etileno mediante la inhibición de una de las enzimas de la ruta biosintética (ACC sintasa). El ión Co²⁺ bloquea la conversión del ACC a etileno inhibiendo la enzima ACC oxidasa.

-Inhibición de la acción del etileno

Existen algunos compuestos químicos capaces de inhibir la acción del etileno, como el tiosulfato de plata, el norbornadieno, el diazociclopentadieno y el 1-metilciclopropeno.

Tiosulfato de plata: A mediados de la década del '70 Beyer en DuPont descubrió que los iones plata en bajas concentraciones podían inhibir la acción del etileno (**Beyer, 1976**). Se considera que la plata reemplazaría al cobre en el receptor de etileno afectando su función. A pesar de esto, la aplicación de este compuesto se limita a flores debido a que por su toxicidad no se puede utilizar en alimentos.

Norbornadieno: El 2,5-norbornadieno posee la ventaja de ser más específico que la plata, pero para ejercer su acción, se requiere la exposición continua. Además, es tóxico y posee olor desagradable (**Robbins et al., 1985; Sisler y Serek, 1999**). Puede aplicarse en flores pero no en alimentos.

Diazociclopentadieno (DACP): El DACP es otro inhibidor pero también con uso comercial restringido debido a que cuando se concentra es explosivo y que para ser efectivo, debe someterse a la luz. Hoy se conoce que la radiación provoca la descomposición de este compuesto produciendo ciclopropenos, que son los compuestos con capacidad inhibitoria (**Serek et al., 1994**).

1-metilciclopropeno (1-MCP): El 1-MCP es efectivo a muy bajas concentraciones (entre 0,1 y 1 $\mu\text{L L}^{-1}$) para las que no se han observado riesgos de toxicidad en humanos ni en animales, es gaseoso, manipulable sin problemas y prácticamente no tiene mal olor o resulta indistinguible (**Environmental Protection Agency, 2002**). Este compuesto fue introducido en el mercado en la última década y ha resultado de gran utilidad para estudiar las respuestas al etileno e intentar inhibir aquellas de carácter deletéreo mediadas por esta hormona (**Blankenship y Dole, 2003; Sisler, 2006; Huber, 2008**). El uso de 1-MCP en manzana, kiwi, tomate, plátano, ciruela, caqui, palta y melón ha sido aprobado y aceptado para el uso en más de 34 países, entre ellos la Unión Europea y Estados Unidos. El producto se comercializa en forma de polvo (SmartFresh®, Rohm and Haas), donde su principio activo se encuentra asociado a una matriz de γ -ciclodextrina. A fin de realizar las aplicaciones, la muestra a tratar (frutas, hortalizas, etc.) se confina en una atmósfera donde se libera el 1-MCP gaseoso tras la disolución con agua del polvo y se deja actuar entre 12 a 18 horas (**Blankenship y Dole, 2003**).

Uno de los factores que más influyen sobre el efecto del 1-MCP es el estado de madurez. Cuando las aplicaciones se realizan en estados tempranos, el efecto del 1-MCP observado es claramente mayor. En la medida que los tratamientos se retrasan,

hay un consecuente menor efecto debido a numerosos procesos vinculados a la maduración que ya se han iniciado (**Watkins, 2006**). En aplicaciones muy tempranas, la detención de la maduración podría ser tan marcada que perdería sentido la aplicación desde una perspectiva comercial debido a que los productos requerirían excesivo tiempo para alcanzar la madurez óptima de consumo o tal vez nunca la alcanzarían.

Lógicamente es de esperar que el 1-MCP sea más efectivo en frutos climatéricos frutos en los cuales el etileno cumple un rol muy importante a nivel fisiológico. De todos modos, es importante destacar que en algunos frutos no climatéricos ha mostrado ser un producto efectivo. **Selvarajah et al. (2001)** mostraron una reducción del pardeamiento en ananá tratada con 1-MCP y por otro lado **Massolo et al., (2011)** mostraron que en berenjenas el tratamiento con 1-MCP previo al almacenamiento a 10 °C retrasaba la senescencia de cáliz y el pardeamiento de la pulpa.

Dado que en ciertos casos, se ha demostrado que el etileno se encuentra involucrado en la aparición de algunos síntomas de daño por frío (**Concellón et al., 2005**), la utilización de inhibidores como el 1-MCP ha resultado efectiva para su control. En palta, la inhibición de la acción del etileno reduce la decoloración de la pulpa (**Pesis et al., 2002**), mientras que en el ananá se traduce en un menor pardeamiento enzimático del corazón (**Selvarajah et al., 2001**). Contrariamente, en duraznos, el daño por frío se manifiesta por la presencia de una textura harinosa (**Brummell et al., 2004**) y el etileno ha mostrado ser efectivo en la reducción del problema (**Lurie y Crisosto, 2005**). El 1-MCP previno completamente la escaldadura superficial en manzanas almacenadas a 0 °C por 8 meses (**Fan et al., 1999; Shaham et al., 2003; Moggia et al., 2010; Çelikel et al., 2010; Sabban-Amin et al., 2011**). En peras almacenadas a 1 °C durante 8 meses la aplicación de 1-MCP disminuyó la tasa respiratoria, la producción de etileno y la incidencia de escaldaduras superficiales (**Argenta et al., 2003**).

En algunas *Cucurbitáceas*, el 1-MCP también ha sido evaluado. Este regulador ha sido eficaz en el retraso del ablandamiento, en la disminución de la pérdida de electrolitos, y en el retraso de la maduración en melón reticulado y sandía (**Ergun et al.,**

2005; Mao et al., 2004). En *Cucurbitáceas* no climatéricas como pepino se ha descrito que el tratamiento con 1-MCP favorece en parte la retención de la firmeza (**Lima et al., 2005**). En zapallitos no se conoce el rol del etileno en el proceso de desarrollo ni en el comportamiento post-cosecha. Tampoco se ha determinado qué efecto podría tener su inhibición. *En ese sentido, en el presente capítulo se estudió la influencia de los tratamientos con 1-MCP sobre la calidad de zapallito refrigerado. Por otra parte, se evaluó la potencialidad de los tratamientos como estrategia para reducir el daño por frío.*

2.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PARTE A. EFECTO DEL 1-MCP SOBRE EL DAÑO POR FRÍO Y LA CALIDAD DE FRUTOS ALMACENADOS A 0 °C

a. Índice de daño por frío

Los síntomas más importantes de deterioro observados en zapallitos almacenados a 0 °C fueron depresiones superficiales (*Figura 2.1 A*), exudado, ablandamiento y amarilleamiento. Los primeros síntomas de DF se manifestaron luego de 10 días de almacenamiento a 0 °C aunque se conoce que la irreversibilidad al daño por frío ocurre a nivel celular antes que la aparición de síntomas visibles (**Balandrán-Quintana et al., 2003**).

El DF se incrementó luego de 10 días a 0 °C y 2 días a 20 °C. A los 19 días a 0 °C los zapallitos tratados con 1-MCP mostraron menor deterioro por frío que los frutos control, siendo esta diferencia aún más marcada (*Figura 2.1 B*). En zapallitos zucchini se han ensayado varias estrategias para controlar el DF. Entre ellas se han evaluado los acondicionamientos térmicos, tratamientos térmicos de alta temperatura y tratamientos con altas concentraciones de CO₂ previos a la refrigeración (**Wang, 1995, 1996; Serrano et al., 1998**). De todos modos, a pesar de que los resultados fueron descritos a nivel experimental como promisorios, no se han difundido a nivel comercial probablemente por su elevada relación costo/beneficio.

Los mecanismos involucrados en el desarrollo del daño por frío en zapallito no se conocen en detalle. En otros frutos la exposición al etileno incrementa el problema (**Selvarajah et al., 2001; Pesis et al., 2002; Candán, et al, 2008**) sugiriendo un rol de esta hormona en el proceso. Por otra parte, las plantas sujetas al DF muestran en

muchos casos un aumento de la producción de etileno. A pesar de esto, en frutos cítricos y de carozo el DF se vio retrasado tratando a los frutos con etileno (Lafuente *et al.*, 2004; Dong *et al.*, 2001). En ese sentido el rol del etileno en el DF parece complejo y no se encuentra aun inequívocamente determinado. Los tratamientos con 1-MCP recientemente han logrado reducir el DF en algunos frutos (HersHKovitz *et al.*, 2005; Singh y Pala, 2008; Cao *et al.*, 2009). De manera similar, los resultados hallados en el presente trabajo muestran que la inhibición de las respuestas al etileno por el 1-MCP reducen en forma significativa las manifestaciones de daño por frío en zapallitos.

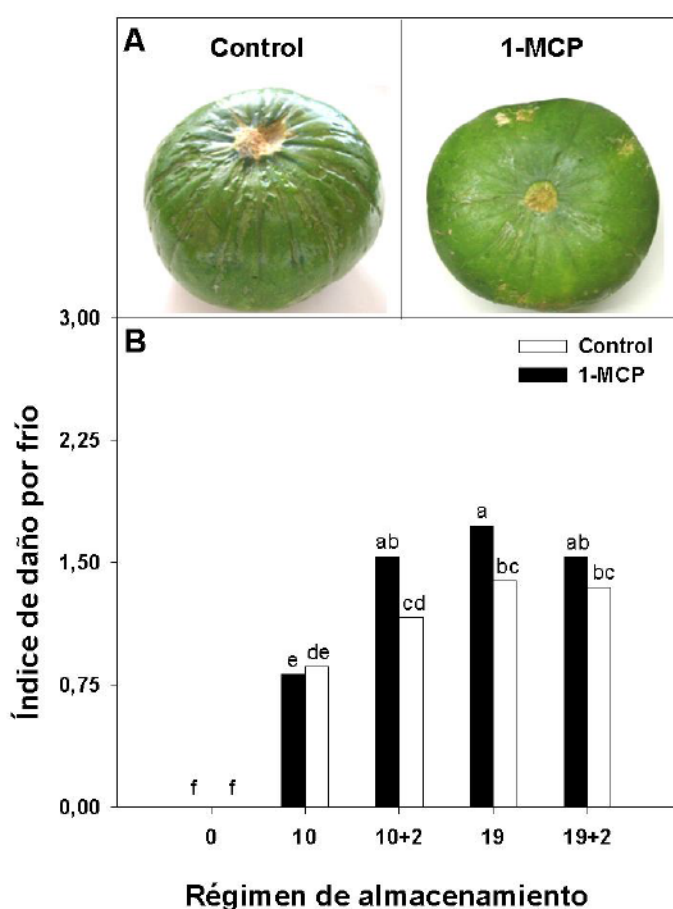


Figura 2.1: A) Picado superficial de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 19 días a 0°C . B) Daño por frío de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 10 y 19 días a 0°C y luego transferidos a 20°C por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

b. Color

Durante los días iniciales de almacenamiento se registró una reducción de la luminosidad superficial de los frutos (L^*). Posteriormente se observó un incremento en los frutos control, lo cual se asoció con el amarilleamiento de la piel y la degradación de clorofila (*Figura 2.2 A*). El valor Hue mostró una reducción tanto en los frutos control como en tratados a los 10 días de almacenamiento, pero luego de transferir a 20 °C disminuyó más rápidamente en zapallitos sin tratamientos (*Figura 2.2 B*). A los 19 o 19+2 días de almacenamiento, los frutos tratados con 1-MCP se mantuvieron más verdes que los frutos control. La cromaticidad (*Figura 2.2 C*) se incrementó durante los primeros días de almacenamiento en forma marcada. Luego de 10+2 o 19+2 los frutos tratados con 1-MCP mantuvieron niveles menores de saturación del color.

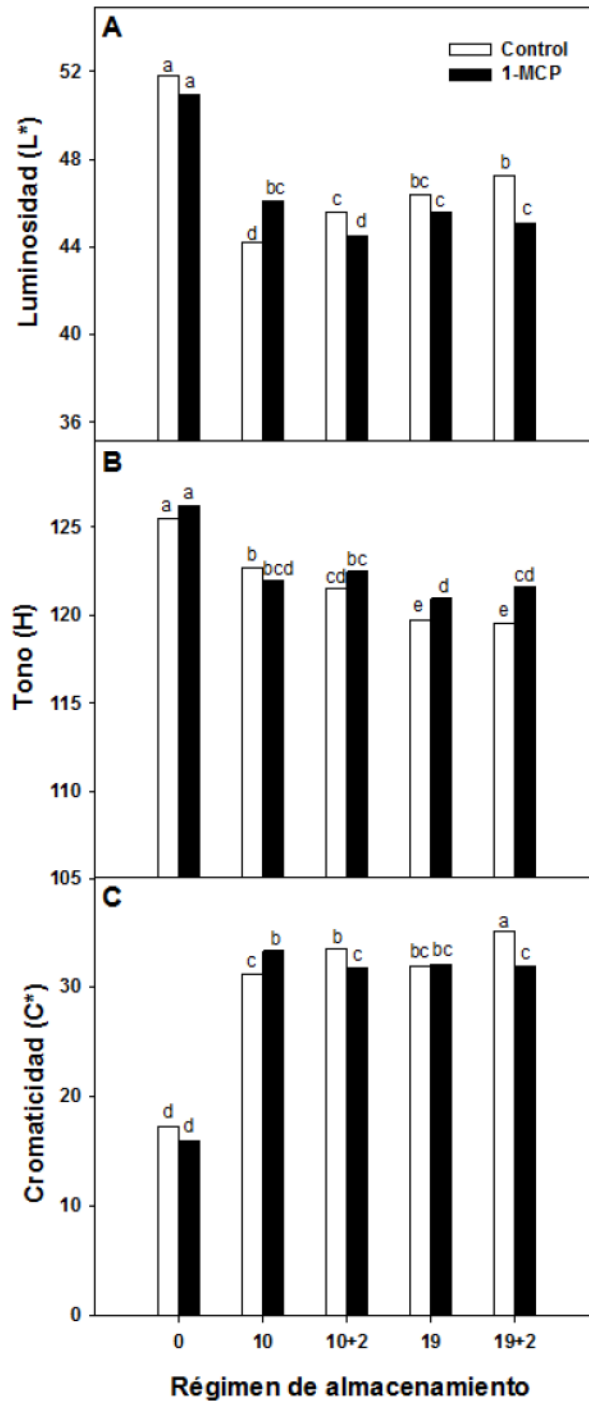


Figura 2.2: A) Luminosidad (L^*), B) tono (Hue, H) y C) cromaticidad (C^*) de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 10 y 19 días a 0°C y luego transferidos a 20°C por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

c. Tasa respiratoria y pérdida de peso

Es bien conocido que el etileno está implicado en la variación de la TR de frutos climatéricos (Abdi *et al.*, 1998; Fan y Mattheis, 1999a,b; Dong *et al.*, 2002; Jeong *et al.*, 2002). De todos modos, en frutos no climatéricos el etileno también afecta la tasa respiratoria. Así, tratamientos con 1-MCP en frutilla y calafate redujeron la TR (Tian *et al.*, 2000; Rodoni *et al.*, 2014). Los zapallitos tratados con 1-MCP también mostraron una menor TR respecto del control, al igual que otros trabajos en diferentes frutos no climatéricos, luego de 10 y 10+2 días a 0 °C (Figura 2.3 A). Posteriormente no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. La inhibición de la acción del etileno redujo la pérdida de peso luego de 10, 10+2 o 19 días de almacenamiento a 0 °C (Figura 2.3 B). Estos resultados son consistentes con el menor daño observado en los frutos sometidos al tratamiento con 1-MCP.

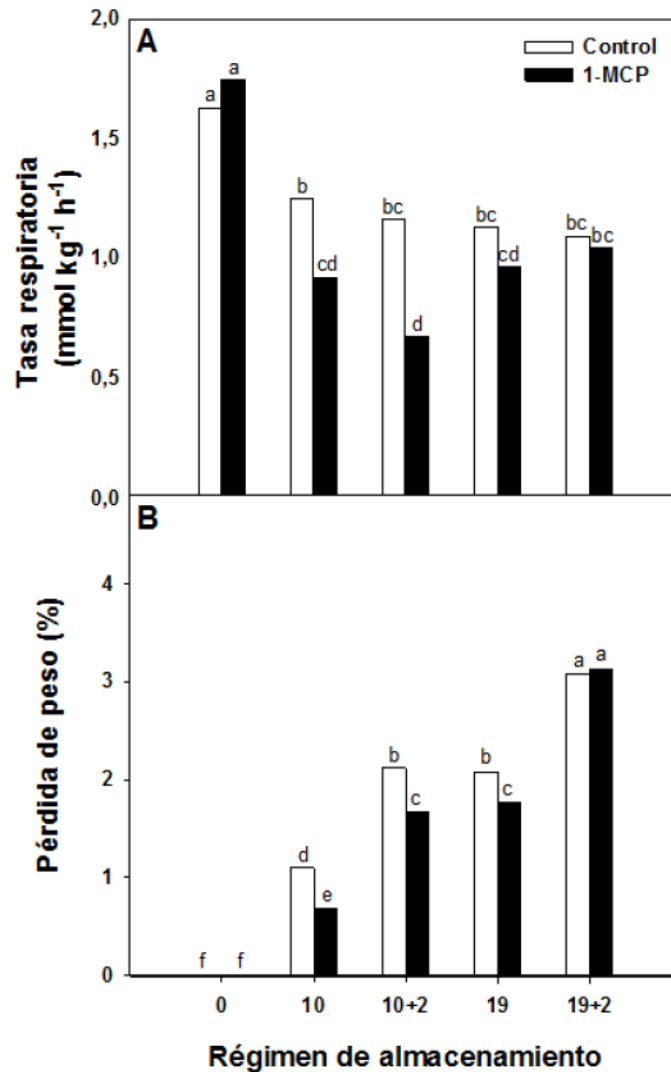


Figura 2.3: A) Tasa respiratoria y B) pérdida de peso de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 10 y 19 días a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

d. Firmeza

La resistencia a la penetración no mostró cambios muy marcados durante los primeros días de almacenamiento a $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Luego de las dos transferencias a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ se observó una rápida pérdida de firmeza en los frutos control, pero no se detectaron cambios en los tratados con 1-MCP (**Figura 2.4 A**). Con respecto a la distancia a la ruptura, en los ensayos de compresión hasta el día 19 inclusive no se detectaron

diferencias significativas entre el control y los frutos tratados, pero luego de la última salida de cámara (19+2) se observó un marcado incremento en los zapallitos sin tratamiento (*Figura 2.4 B*).

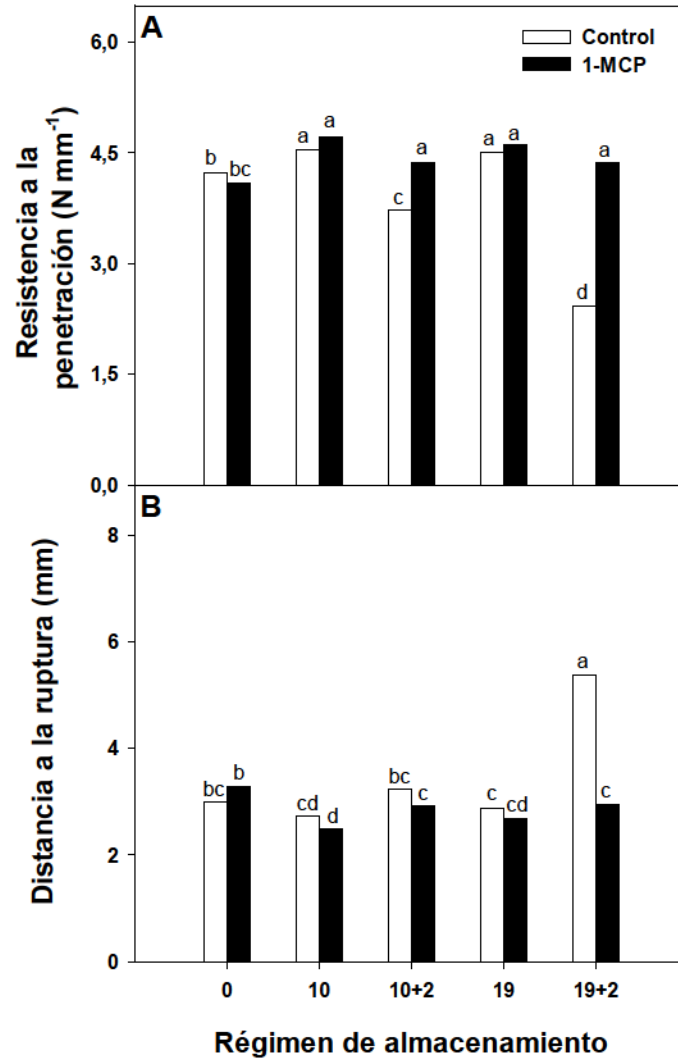


Figura 2.4: A) Resistencia a la penetración ($N\ mm^{-1}$) y B) distancia a la ruptura (mm) de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1\ \mu L\ L^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 10 y 19 días a $0\ ^\circ C$ y luego transferidos a $20\ ^\circ C$ por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

En paltas almacenadas a $5\ ^\circ C$, la aplicación de 1-MCP también retrasó la pérdida de firmeza (HersHKovitz *et al.*, 2005). Sin embargo, luego de 3,5 semanas a $5\ ^\circ C$ tanto los frutos control como los tratados con 1-MCP se ablandaron. En el presente estudio,

los tratamientos con 1-MCP mantuvieron prácticamente su firmeza inicial, incluso después del almacenamiento a 20 °C. Estos resultados sugieren que el ablandamiento de los zapallitos en condiciones de DF es altamente dependiente de etileno y que por tanto el proceso puede ser inhibido con tratamientos con 1-MCP al momento de cosecha.

e. Acidez, azúcares y fenoles totales

Los cambios en el contenido de azúcares y fenoles totales entre tratamientos o durante el almacenamiento no fueron marcados (*Tabla 2.1*). Luego de 19+2 d la acidez fue mayor en los frutos control probablemente como consecuencia de reacciones de fermentación asociadas con la disrupción de los tejidos.

Tabla 2.1. Acidez, azúcares y fenoles totales de zapallitos control y tratados con 1-MCP (1 $\mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 10 y 19 días a 0 °C con subsiguiente transferencia a 20 °C por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

| | | Régimen de almacenamiento | | | | |
|---|---------|---------------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| | | 0 | 10 | 10+2 | 19 | 19+2 |
| Acidez (mmol kg ⁻¹) | Control | 11,6 ^{ab} | 6,7 ^c | 10,6 ^{bc} | 7,8 ^{bc} | 14,4 ^a |
| | 1-MCP | 10,4 ^{bc} | 9,1 ^{bc} | 10,7 ^{abc} | 6,5 ^c | 10,1 ^{bc} |
| Azúcares totales (g kg ⁻¹) | Control | 29 ^a | 26 ^a | 28 ^a | 27 ^a | 28 ^a |
| | 1-MCP | 29 ^a | 29 ^a | 28 ^a | 30 ^a | 26 ^a |
| Fenoles totales (mg kg ⁻¹) | Control | 380 ^c | 371 ^c | 434 ^a | 392 ^{bc} | 435 ^a |
| | 1-MCP | 392 ^{bc} | 409 ^{abc} | 434 ^a | 420 ^{ab} | 403 ^{abc} |

PARTE B. EFECTO DEL 1-MCP SOBRE LA CALIDAD DE FRUTOS ALMACENADOS A 10 °C

f. Índice de deterioro (ID)

Para determinar el rol del etileno en zapallito en condiciones no predisponentes del DF, se evaluó la calidad de los frutos control y tratados durante el almacenamiento a 10 °C y a su vez luego de transferirlos a 20 °C por 2 días para simular la vida de estante. Como puede observarse, luego de 14+2 días, el grupo tratado con 1-MCP mostró apariencia marcadamente superior que el grupo control (*Figura 2.5 A*). El ID se calculó en base a la clorosis superficial, la deshidratación, el ablandamiento y el ataque de hongos. Los frutos tratados con 1-MCP mostraron un ID más bajo que el control tanto durante el almacenamiento a 10 °C como a 20 °C por 2 días (*Figura 2.5 B*).

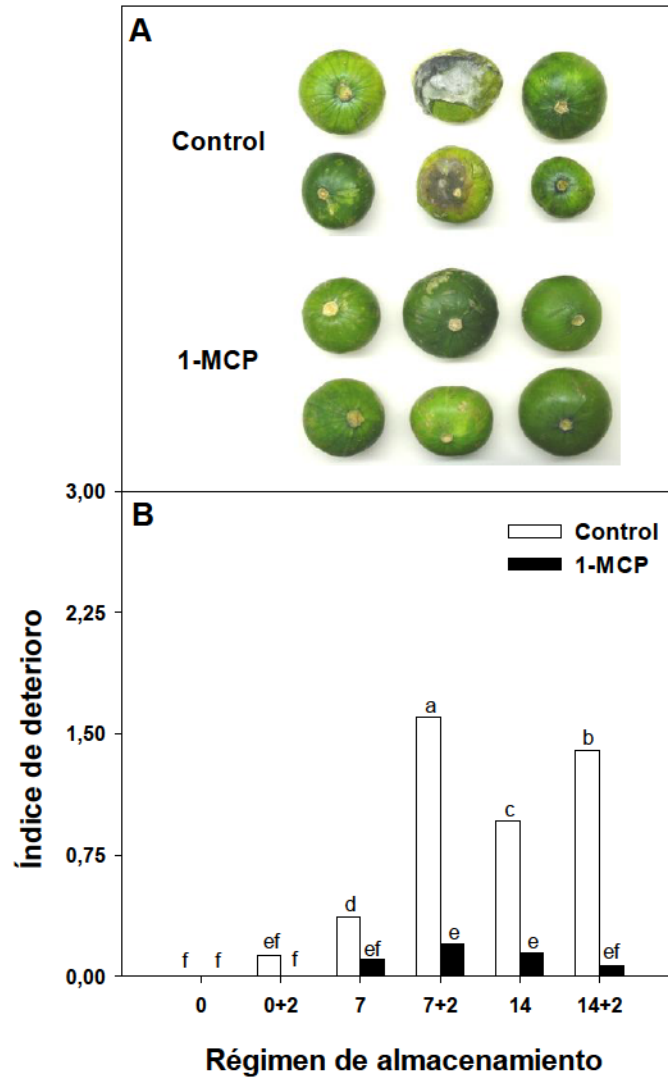


Figura 2.5: A) Apariencia de zapallitos control y tratados con 1-MCP luego de 14 días a 10 °C y 2 días a 20 °C y B) índice de deterioro de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 7 y 14 días a 10 °C y luego transferidos a 20 °C por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

g. Color

La luminosidad (L^*) disminuyó inicialmente pero con posterioridad se incrementó conforme el color de los frutos se tornó más claro. Luego de 7 o 14 días a 10 °C, los frutos tratados con 1-MCP mantuvieron valores de L^* inferiores (**Figura 2.6 A**). La misma tendencia se observó luego de la transferencia a 20 °C por 2 días. El Hue se incrementó de 121 a cerca de 124 en frutos tratados con 1-MCP luego de 1 semana a 10 °C, disminuyendo posteriormente (**Figura 2.6 B**). Los frutos control no mostraron incrementos en los valores de Hue durante la primera semana de almacenamiento y luego de 7 o 14 días a 10 °C exhibieron un mayor amarilleamiento que los frutos tratados con 1-MCP. Los valores de cromaticidad (**Figura 2.6 C**) no mostraron grandes variaciones ni diferencias marcadas entre tratamientos en el almacenamiento. Trabajos previos mostraron que el 1-MCP previene la pérdida de color en vegetales verdes al retardar la senescencia (**Watkins, 2006**). La degradación de clorofilas ha demostrado ser dependiente del etileno en melón y en banana (**Pech et al., 2008; Golding et al., 1998**). Los resultados sugieren que la inhibición de la acción del etileno es también de utilidad para reducir la pérdida de color en zapallitos almacenados.

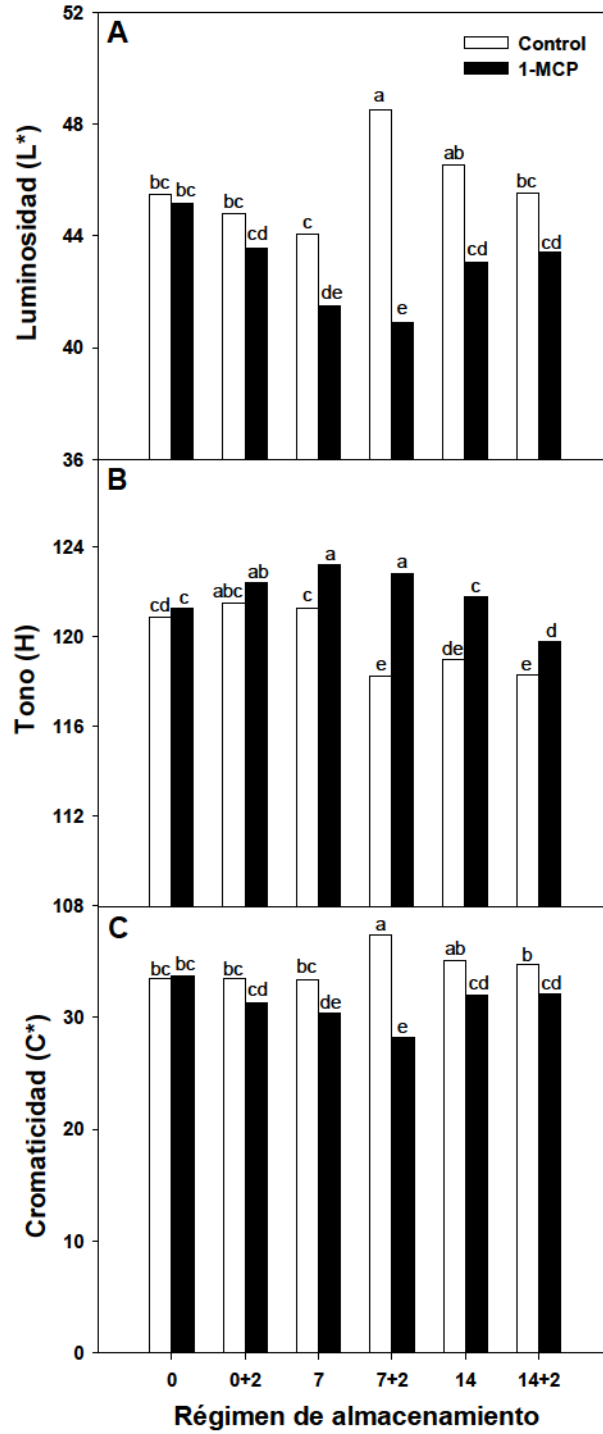


Figura 2.6: A) Luminosidad (L^*) y B) tono (Hue, H) y C) cromaticidad (C^*) de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 7 y 14 días a 10°C y luego transferidos a 20°C por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

h. Firmeza

La resistencia a la penetración se redujo de 4,5 a cerca de 1,5 N en los frutos control durante el almacenamiento mientras que en los tratados con 1-MCP no mostró variaciones aun luego de la transferencia a 20 °C (**Figura 2.7 A**). La distancia a la ruptura del tejido se fue incrementando a medida que los frutos se ablandaron. Tanto a los 7 y 14 d a 10 °C como luego de transferir los frutos a 20 °C, la distancia a la ruptura resultó ser más baja en frutos con 1-MCP, confirmando un marcado retraso en el ablandamiento (**Figura 2.7 B**). La pérdida de firmeza en *Cucurbitáceas* climatéricas como melón ha mostrado poseer componentes dependientes e independientes de etileno (**Pech et al., 2008**). Los resultados de este capítulo sugieren que en zapallitos el etileno estuvo implicado al menos en parte en los cambios de firmeza, aunque se trate de frutos no climatéricos. La evaluación del efecto directo del etileno sobre el ablandamiento de zapallitos sería necesaria para respaldar estos resultados. **Bennett y Lavabitch (2008)** estudiaron la influencia de la acción del etileno sobre la firmeza de frutos climatéricos, mediada por la regulación de la acción de proteínas de modificación de pared celular sobre los polisacáridos que la componen. Aunque estos autores encontraron que los genes que codifican para dichas enzimas no sólo se encuentran regulados por el etileno, es conocido que esta hormona se encuentra fuertemente implicada en la pérdida de firmeza durante la maduración de frutos tanto climatéricos como en algunos no climatéricos. La retención de una mayor firmeza en frutos de zapallito tratados podría ser el resultado de una actividad reducida de las enzimas de degradación de pared celular, como se ha mostrado en otros frutos expuestos al 1-MCP (**Blankenship y Dole, 2003**).

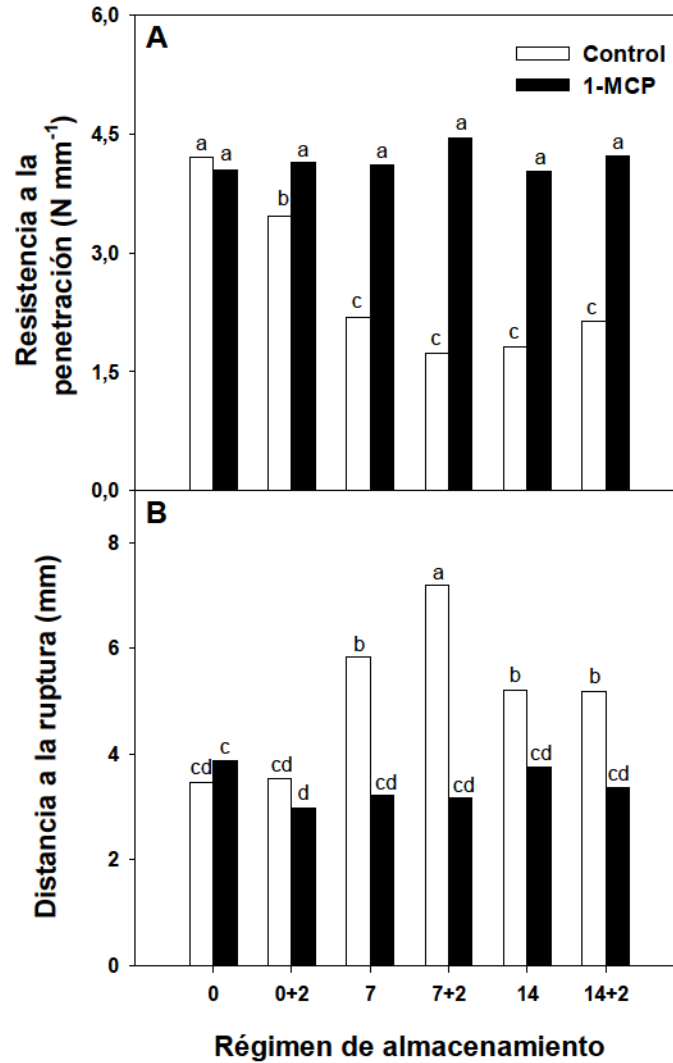


Figura 2.7: A) Resistencia a la penetración ($N\ mm^{-1}$) y B) distancia a la ruptura (mm) de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1\ \mu L\ L^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 7 y 14 días a $10\ ^\circ C$ y luego transferidos a $20\ ^\circ C$ por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

i. Tasa respiratoria y pérdida de peso

Durante la primera semana de almacenamiento a $10\ ^\circ C$ se detectó una reducción en la TR conforme a un comportamiento no climatérico. Los zapallitos tratados con 1-MCP exhibieron en general menor TR que el control siendo estadísticamente significativa luego de 2 días a $20\ ^\circ C$ (**Figura 2.8 A**).

Debido a la piel delicada y al incompleto desarrollo de la cutícula, los zapallitos son susceptibles a la deshidratación (Suslow y Cantwell, 2013a,c). La pérdida de peso aumentó durante el almacenamiento tanto en frutos control como en tratados. Sin embargo, la exposición al 1-MCP retrasó la pérdida de peso al final del almacenamiento (14+2) (Figura 2.8 B).

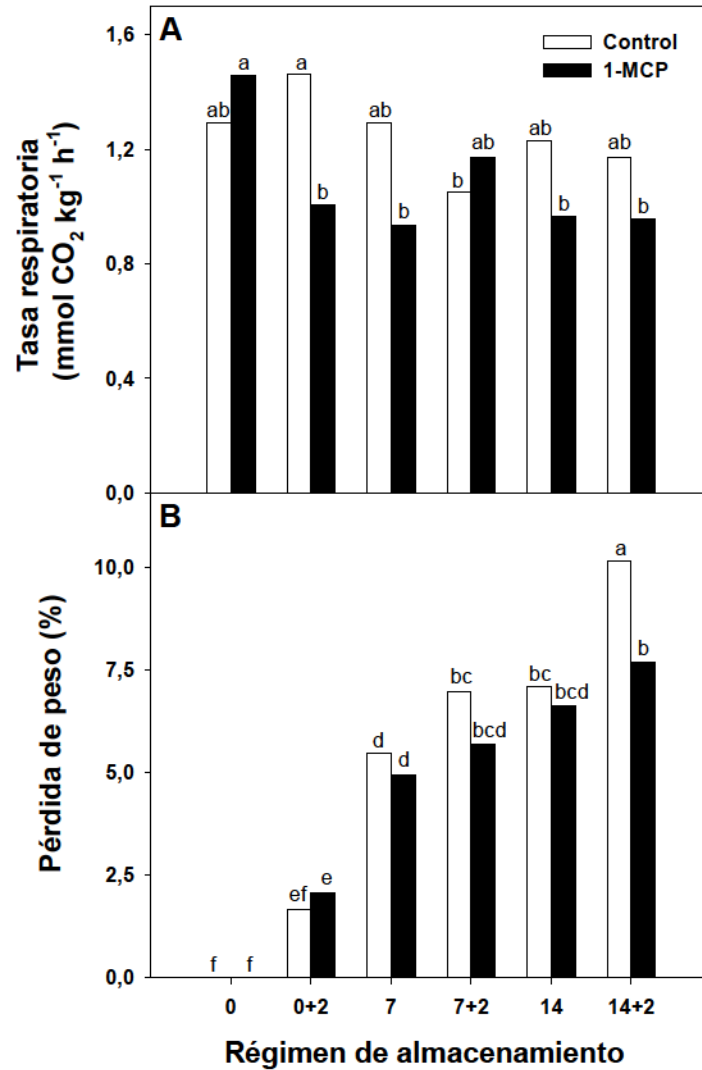


Figura 2.8: A) Tasa respiratoria y B) pérdida de peso de zapallitos control y tratados con 1-MCP ($1 \mu\text{L L}^{-1}$, 12 h) almacenados por 0, 7 y 14 días a $10 \text{ }^\circ\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

j. Acidez, azúcares y fenoles totales

Los cambios en ácidos, azúcares y fenoles se midieron para evaluar si los tratamientos generaban cambios en los atributos relacionados con el sabor y el valor nutricional. En la primera semana de almacenamiento, hubo un incremento en la acidez de frutos control, mientras que no se detectaron modificaciones en frutos tratados (*Tabla 2.2*). Los frutos control fueron más ácidos que los tratados luego de 14 y 14+2 días de almacenamiento. Esto, al igual que se describió en el capítulo anterior podría atribuirse a reacciones fermentativas asociadas al crecimiento microbiano exacerbado tras un daño severo del fruto. La acidez de frutos con 1-MCP se mantuvo constante a lo largo de todo el almacenamiento. El contenido de azúcares fue cercano a 40 g kg⁻¹ y no mostró importantes variaciones durante el almacenamiento entre zapallitos control y tratados con 1-MCP (*Tabla 2.2*). En otras *Cucurbitáceas* como el melón reticulado, más allá de su típico comportamiento climatérico, se ha mostrado que la acumulación de azúcar es independiente del etileno (*Pech et al., 2008*). El nivel de fenoles totales no se vio afectado por el tratamiento con 1-MCP (*Tabla 2.2*).

Tabla 2.2. Acidez, azúcares y fenoles totales de zapallitos control y tratados con 1-MCP (1 µL L⁻¹, 12 h) almacenados por 0, 7 y 14 días a 10 °C con subsiguiente transferencia a 20 °C por 2 días (“+2”). Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de P < 0,05.

| | | Régimen de almacenamiento | | | | | |
|--|----------------|----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 0 | 0+2 | 7 | 7+2 | 14 | 14+2 |
| Acidez (mmol kg ⁻¹) | Control | 12,8 ^c | 14,0 ^c | 17,6 ^{ab} | 17,2 ^{ab} | 16,8 ^{ab} | 19,6 ^a |
| | 1-MCP | 15,4 ^{bc} | 14,4 ^{bc} | 15,9 ^b | 14,1 ^c | 13,3 ^c | 14,6 ^{bc} |
| Azúcares (g kg ⁻¹) | Control | 43 ^{bc} | 43 ^{bc} | 42 ^c | 43 ^{bc} | 48 ^a | 42 ^c |
| | 1-MCP | 46 ^{ab} | 45 ^{ab} | 45 ^{ab} | 43 ^{ab} | 47 ^{ab} | 40 ^c |
| Fenoles totales (mg kg ⁻¹) | Control | 511 ^c | 545 ^{bc} | 697 ^a | 539 ^{bc} | 530 ^{ab} | 534 ^{bc} |
| | 1-MCP | 604 ^{abc} | 576 ^{bc} | 599 ^{abc} | 572 ^{bc} | 612 ^{bc} | 552 ^{bc} |

En general, los resultados muestran que la exposición al 1-MCP no generó cambios importantes en fenoles totales y azúcares y que retrasó cambios negativos, tales como la acidificación y pérdida excesiva de firmeza.

2.3. CONCLUSIONES

Los resultados de este capítulo sugieren que el etileno está implicado en la pérdida de calidad de zapallitos. El uso del 1-MCP retrasó el deterioro, el ablandamiento y el amarilleamiento sin generar cambios negativos en el contenido de azúcares, de fenoles totales y de ácidos. Los tratamientos no eliminaron el daño por frío en frutos almacenados a 0 °C pero claramente mejoraron su tolerancia a este desorden fisiológico. La exposición al 1-MCP redujo el picado superficial, la pérdida de peso, el amarilleamiento y el ablandamiento. En síntesis, los resultados muestran que los tratamientos con 1-MCP resultan de utilidad para complementar los efectos beneficiosos de la refrigeración de zapallitos.

CAPÍTULO 3

*Efecto de tratamientos con la citoquinina
N^o-bencilaminopurina sobre la calidad de
zapallito refrigerado*



3.1. INTRODUCCIÓN

Las citoquininas son un grupo de hormonas vegetales derivadas de la adenina que promueven la división y la diferenciación celular biótico (**Gan y Amasino, 1996;**). Si bien los procesos mencionados no son controlados de manera exclusiva por las citoquininas, éstas poseen un rol central en su regulación. Las citoquininas poseen participación en otros procesos vegetales tales como el desarrollo de cloroplastos, la diferenciación vascular, la senescencia foliar, y la respuesta a condiciones de estrés (**Argueso et al., 2010**).

Las citoquininas se sintetizan en diferentes tejidos vegetales: tallos, raíces, hojas, flores, frutos o semillas, aunque se acepta generalmente que es en las raíces donde se producen en forma predominante. Comúnmente se hallan en concentraciones a las restantes fito-hormonas (**Davies, 1995**). Regularmente, existe una mayor producción de citoquininas en sitios y momentos en los que tienen lugar la división y/o diferenciación celular , sea porque se requieren para inducir estos procesos o porque las nuevas células las sintetizan en mayores cantidades(**Argueso et al., 2010**). En general se encuentran en meristemas, frutos en maduración y raíces en desarrollo (**Davies, 1995**)

Las citoquininas han sido utilizadas a nivel productivo mayoritariamente en forma previa a la cosecha de los frutos (**Famiani et al., 1999**). Se han empleado como agentes de raleo (**Petri et al, 2006; Dal Cin et al., 2007; Schröder et al., 2012**). También se ha reportado que la aspersión de un análogo de las mismas, el CPPU (1-(2-cloro-piridil)-3-fenilurea) en pre-cosecha permite incrementar el tamaño de frutos (**Nickell, 1986; Ogata et al., 1988**). En otro estudio, la aspersión con CPPU indujo el desarrollo de tomates partenocárpicos (**Ding et al., 2013**). Por otra parte, se ha demostrado un retraso del pardeamiento del raquis de uva tanto mediante la aplicación de CPPU (**Raban et al., 2013**) como de N⁶-bencilaminopurina ‘BAP’ (**Balic et al., 2012**) en pre-cosecha. Por último, **Beno-Moualem et al. (2001)** demostraron que el uso de BAP en plantas de

palta disminuyó el porcentaje de frutos con ataque de hongos (cerca de un 20% tras 2 semanas de cosecha).

Aunque las citoquininas forman parte de la lista de bio-pesticidas aprobados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) el número de estudios que evalúan sus efectos en la maduración, senescencia y desórdenes durante el almacenamiento de frutos es limitado. La aplicación de la citoquinina sintética BAP redujo la expresión de genes de degradación de clorofila en brócoli (**Gomez-Lobato et al., 2012**) y retrasó el desensamblaje de los cloroplastos y el amarilleamiento de las hojas e inflorescencias (**Costa et al., 2006; Zhang et al., 2011**).

Llamativamente, la evidencia directa respecto del papel de las citoquininas en la maduración y senescencia de los frutos es escasa. Los mutantes del tomate *rin* tienen mayores contenidos de citoquininas que los frutos de maduración normal (**McAtee et al., 2013**). El contenido de citoquininas en mango, uva y naranja disminuye antes de la maduración (**Chen, 1983; Miñana et al., 1989; Bottcher et al., 2011**). En contraste, en kiwi las citoquininas incrementan abruptamente durante el desarrollo (**Pilkington et al., 2013**). Algunos estudios han mostrado que las citoquininas pueden afectar los niveles de azúcares y acidez en frutos. De todos modos, dado que estos resultados provienen de ensayos en los que la aplicación se realizó en pre-cosecha, los efectos en la calidad de los frutos podrían deberse a modificaciones en el balance fuente-destino inducidas a nivel de planta. Sólo unos pocos estudios han evaluado el efecto de tratamientos con citoquininas en post-cosecha sobre la calidad de frutos. Los resultados descritos en la literatura muestran grandes variaciones dependiendo de la especie considerada. En frutos de litchi, las aplicaciones de BAP en post-cosecha redujeron la tasa metabólica y retrasaron la maduración (**Jiang y Fu, 1998**), mientras que en aceitunas verdes tratamientos similares indujeron la respiración y un acelerado desarrollo de color (**Tsantili et al., 2002**). El rol de las citoquininas en la regulación de la maduración es prácticamente desconocido. Con respecto a su utilización en frutos cosechados en estados inmaduros prácticamente no hay reportes hasta la fecha. Un estudio reciente

mostró que BAP podría resultar de utilidad para reducir la degradación de clorofila en pepino (**Chen y Yang, 2013**). *En el presente capítulo se evaluó el efecto de tratamientos con citoquininas (BAP) sobre la calidad y el metabolismo de pared celular de zapallitos refrigerados.*

3.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a. Índice de deterioro, pérdida de peso y tasa respiratoria

Un estudio reportado por **Wang (1996)** indicó que los zapallitos zucchini son altamente sensibles al daño por frío. El almacenamiento a 0 °C (**Capítulo 3**) resultó en daño severo del fruto por lo que temperaturas cercanas a 10 °C han sido empleadas para evitar este desorden (**Balandrán-Quintana et al., 2002**). Muchos de los trabajos publicados han sido llevados a cabo utilizando zapallitos zucchini los cuales son particularmente susceptibles al frío. **Wang (1996)** demostró que el almacenamiento a 5 °C tan sólo durante 4 días resultó en un deterioro severo. En contraste, en el presente trabajo sólo hubo una leve incidencia de DF luego de 25 días de almacenamiento (**Figura 3.1 A**), en tal sentido la temperatura óptima de almacenamiento debiera ser 5 °C en lugar de 10 °C como se ha informado en la literatura.

Los tratamientos con BAP fueron efectivos para disminuir el deterioro. El porcentaje de frutos atacados fue del 17 y del 2% para los frutos control y tratados con BAP respectivamente al final del ensayo (datos no mostrados). Luego de 13 días a 5 °C el ID (**Figura 3.1 B**) alcanzó valores de 0,4 y 0,05 en frutos control y tratados con citoquininas respectivamente. A los 25 días los frutos tratados con citoquininas mostraron un ID similar que el control al día 13. Para las salidas de cámara de 13 y 25 días a 5 °C con 2 días a 20 °C en cada caso (13+2 y 25+2 respectivamente) los frutos tratados con BAP también se mostraron marcadamente menos deteriorados que los controles respectivos.

La pérdida de peso durante el almacenamiento fue también marcadamente reducida como consecuencia de los tratamientos con BAP. A los 13 días ya se observó

menor deshidratación. Luego de 25+2 días, la pérdida de peso fue de 5,2 y 3,9% en frutos controles y tratados respectivamente (*Figura 3.1 C*).

Hasta los 13+2 días de almacenamiento y de acuerdo al comportamiento no climatérico, la TR tanto del grupo control como del tratado disminuyó. Posteriormente la producción de CO₂ se incrementó en ambos grupos de frutos (*Figura 3.1 D*) denotándose de esta manera la presencia de daño. Se ha descrito el aumento en la TR en especies sensibles al daño por frío luego de un almacenamiento prolongado se ha descrito (*Wang, 1982*).

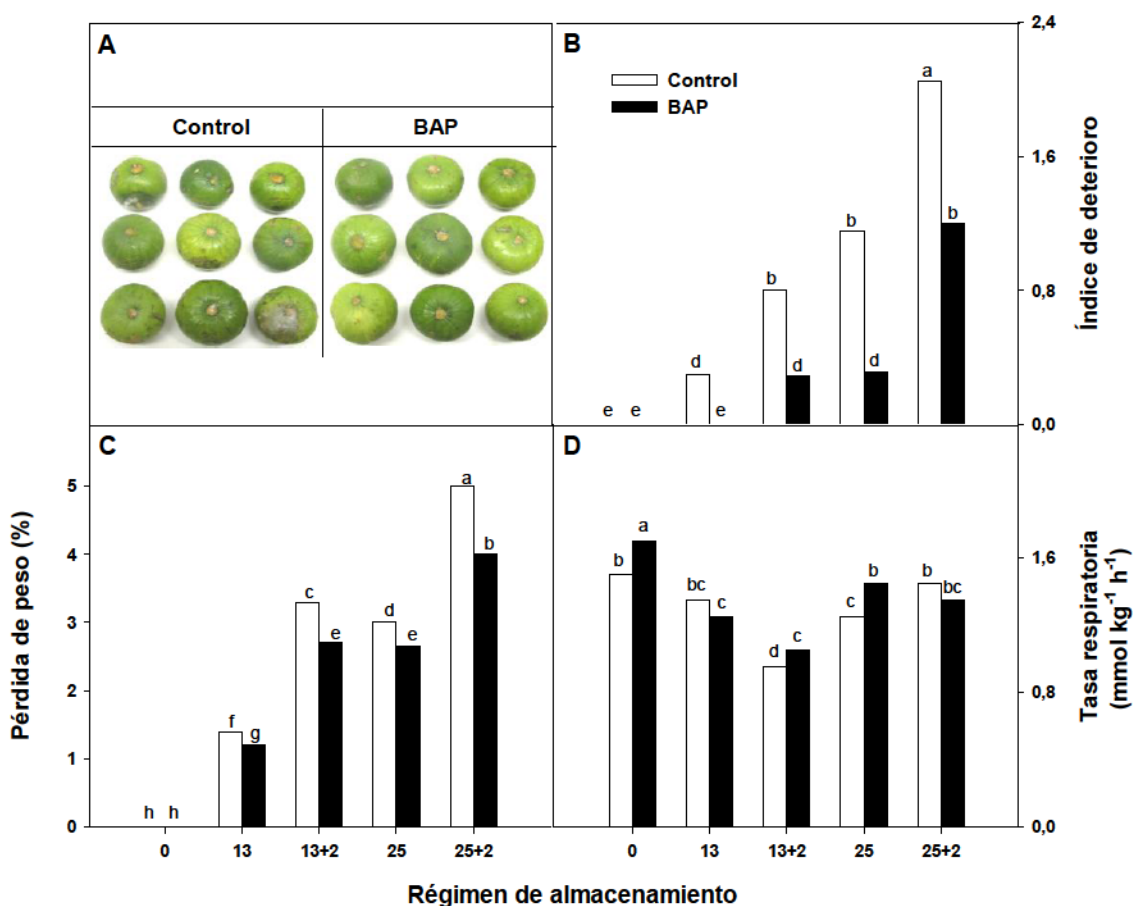


Figura 3.1: A) Apariencia, B) índice de deterioro, C) pérdida de peso y D) tasa respiratoria en zapallitos control y asperjados con BAP (1 mmol L⁻¹) almacenados por 0, 13, y 25 días a 5 °C y luego transferidos a 20 °C por 2 días (“+2”). Valores con letras distintas son significativamente diferentes en un test de Fisher con un nivel de significancia de P < 0,05.

b. Color superficial, acidez, azúcares y compuestos fenólicos

No se detectaron zonas amarillentas en la superficie de los frutos, aun a los 25 días a 5 °C, sino que hubo una gradual disminución del color verde durante el almacenamiento y la consecuente aparición de tonalidades más claras. A los 13 días la luminosidad (L^*) se incrementó tanto en zapallitos control como en tratados (*Figura 3.2 A*) y esto se mantuvo hasta el día 25, ya que a partir de este momento los frutos de ambos lotes se tornaron significativamente más claros. La disminución del ángulo Hue durante el almacenamiento estuvo acorde con la menor intensidad del color verde mencionada. Los cambios en el ángulo Hue fueron retrasados luego de 13+2 días en zapallitos tratados con BAP, pero finalmente no se observaron diferencias importantes entre los tratamientos (*Figura 3.2 B*). La cromaticidad se incrementó luego de los primeros 13 días de almacenamiento pero cayó en el último día de muestreo (*Figura 3.2 C*). Es de interés remarcar que a diferencia de lo que ocurre en otros órganos vegetales, como hojas y flores (Costa *et al.*, 2006; Chen *et al.*, 2013), en el presente estudio los tratamientos con BAP no contribuyeron a la retención del color verde de los frutos de zapallito. A su vez, en kiwi en desarrollo, se demostró que las citoquininas se encontraban implicadas en el mantenimiento de los niveles de clorofila de la pulpa (Pilkington *et al.*, 2013). Aunque se conoce que en plantas las citoquininas actúan como reguladores negativos de la senescencia, se ha demostrado que la senescencia de los frutos y de órganos vegetativos no comparten todos los eventos regulatorios (Wangstaff *et al.*, 2009).

El contenido de fenoles solubles en etanol fue de 500 mg kg⁻¹ tanto en frutos control como en tratados. Luego del almacenamiento durante 13 días la concentración de compuestos fenólicos se incrementó en el control, permaneciendo invariable en los zapallitos tratados con BAP (*Figura 3.2 D*). Un incremento superior fue detectado en frutos sin tratar durante el almacenamiento a 20 °C. Contrariamente, el contenido de compuestos fenólicos permaneció invariable en zapallitos asperjados con citoquininas.

Al final del período de refrigeración, los controles acumularon un 40% más que los frutos tratados. Aunque el origen de la acumulación de compuestos fenólicos en los frutos control es desconocido, el hecho de que ocurra tanto a 5 como a 20 °C indica que no es consecuencia del daño por frío sino una respuesta del desarrollo. Dado que en nuestro estudio sólo se estudiaron frutos cosechados es posible que sea una respuesta por senescencia retrasada por la aplicación de BAP. Si bien los antioxidantes disminuyen en los últimos estadios antes de la muerte celular se ha descrito que pueden acumularse durante la senescencia temprana (Cavaiuolo *et al.*, 2013). Algunos estudios han encontrado que el nivel de fenoles totales se incrementa marcadamente en hojas senescentes (Kar y Mishra, 1976) y se ha reportado que el tratamiento con citoquininas puede prevenir su acumulación (Parthasarathy *et al.*, 2002).

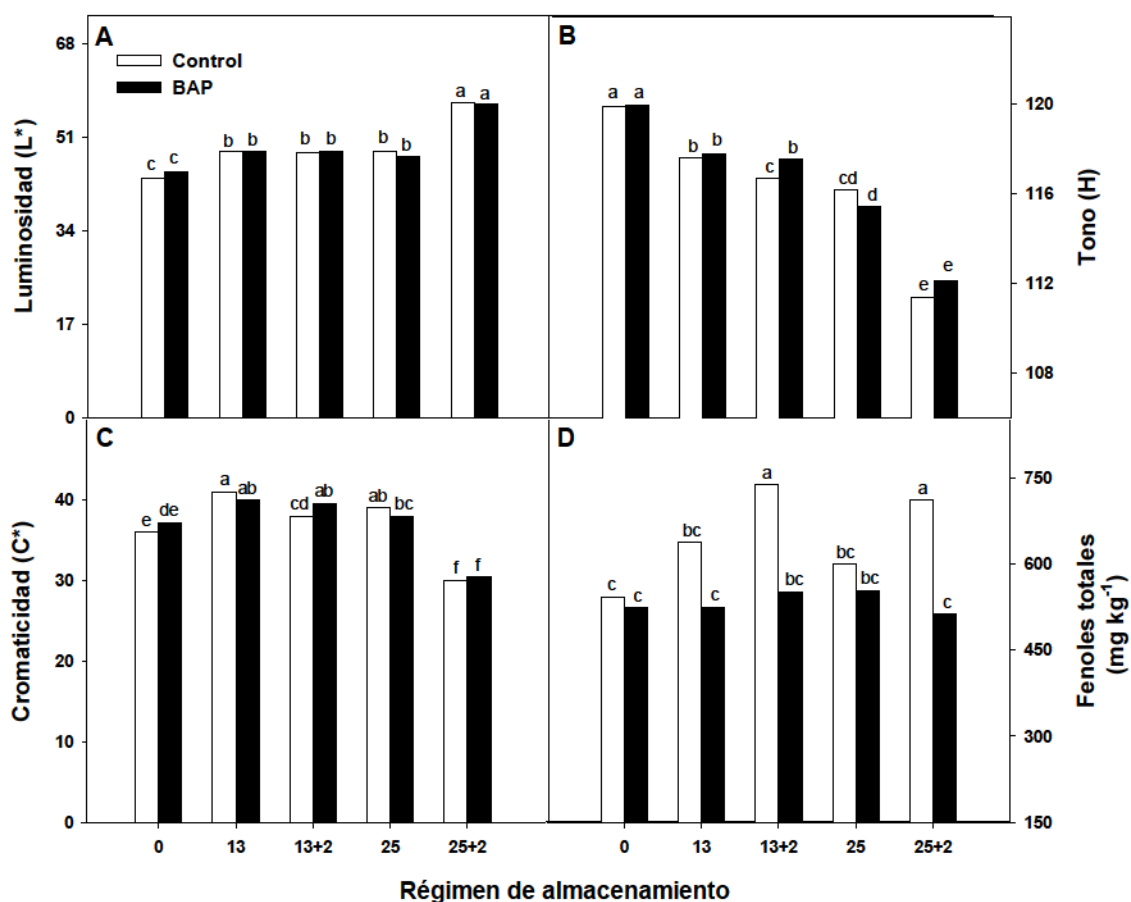


Figura 3.2: A) Luminosidad (L*) y B) tono (Hue, H) y C) cromaticidad (C*) y D) fenoles totales de zapallitos control y asperjados con BAP (1 mmol L⁻¹) almacenados por 0, 13, y 25 días a 5 °C y luego

transferidos a 20 °C por 2 días (“+2”). Valores con letras distintas son significativamente diferentes en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

La acidez no mostró grandes cambios durante el almacenamiento refrigerado. Una tendencia al incremento fue evidente luego de la transferencia de los frutos a 20 °C, pero no se encontraron diferencias entre tratamientos (*Tabla 3.1*). El contenido de azúcares resultó ser de 33 g kg⁻¹ al momento de cosecha y mostró una leve reducción durante el almacenamiento. *Antognozzi et al. (1996)* mostraron que los tratamientos con CPPU incrementaron el contenido de azúcares. Sin embargo, la citoquinina fue aplicada a campo y en especies que acumulan almidón como el kiwi. Aquí, la aspersión con citoquinina en post-cosecha no afectó el contenido de azúcares de zapallito redondo (*Tabla 3.1*).

Tabla 3.1. Acidez y azúcares en zapallitos control y asperjados con BAP (1 mmol L⁻¹) por 0, 13, y 25 días a 5 °C y luego transferidos a 20 °C por 2 días (“+2”). Valores con letras distintas son significativamente diferentes en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

| Tratamiento | | Régimen de almacenamiento | | | | |
|------------------------------------|---------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | | 0 | 13 | 13+2 | 25 | 25+2 |
| Acidez (mmol kg ⁻¹) | Control | 7,3 ^{cd} | 9,5 ^{bc} | 13,4 ^a | 8,4 ^{cd} | 10,8 ^b |
| | BAP | 6,5 ^d | 7,4 ^{cd} | 13,6 ^a | 8,0 ^d | 12,8 ^{ab} |
| Azúcares (g kg ⁻¹) | Control | 34 ^a | 33 ^{cd} | 30 ^{cd} | 26 ^e | 30 ^{bc} |
| | BAP | 33 ^{ab} | 30 ^{bc} | 27 ^{de} | 29 ^{cde} | 28 ^{cde} |

c. Firmeza y rendimiento de pared celular

Para caracterizar mejor el efecto de los tratamientos con BAP en zapallito, evaluamos los cambios en la firmeza de frutos, la distancia a la ruptura y la resistencia a

la penetración. Los tres parámetros mostraron distintos patrones durante el almacenamiento así como entre zapallitos control y tratados con citoquininas. La firmeza de los frutos disminuyó significativamente luego de 13 días de almacenamiento a 5 °C en los controles, pero permaneció invariable en frutos asperjados con citoquininas (**Figura 3.3 A**). Al final del ensayo los zapallitos tratados se mantuvieron nuevamente más firmes que los frutos control. La distancia a la falla mecánica del tejido podría en estos casos proveer información complementaria útil para caracterizar las modificaciones en la textura. Este parámetro se incrementó durante el almacenamiento, pero los zapallitos tratados con BAP mantuvieron menores valores que el control en todos los días de muestreo. Las diferencias encontradas en la distancia a la ruptura entre el control y el tratado fueron relativamente más altas que aquellas registradas en la fuerza máxima (**Figura 3.3 A y B**). A su vez ésta fue más dependiente de la temperatura de almacenamiento que la firmeza. Finalmente, determinamos la resistencia inicial a la compresión de frutos, para intentar emular de la mejor forma posible el testeado de la firmeza de los frutos por parte de los consumidores al momento de compra. La resistencia a la compresión disminuyó durante el almacenamiento y además en este caso los zapallitos tratados con BAP mostraron valores mayores para todas las fechas de muestreo (**Figura 3.3 C**). **Benou-Moualem et al. (2001)** encontraron que los tratamientos con benciladenina retrasaron el ablandamiento en palta *cv. Ettinger*. Los presentes resultados indican que las aspersiones con citoquinina pueden prevenir el deterioro de textura en zapallito redondo. Los cambios de textura en frutos han sido atribuidos a diferentes factores tales como la excesiva pérdida de agua y pérdida de turgencia así como al desmantelamiento de los polisacáridos de pared celular (**Vicente et al., 2007a**). Los efectos de BAP en el mantenimiento de la firmeza pudieron deberse a los cambios en la susceptibilidad a la deshidratación. En manzanas, los tratamientos con BAP no alteraron el grosor de la cutícula, pero sí afectaron la estructura epidérmica del fruto (**Stern et al., 2013**). Para determinar si los cambios en la firmeza ocasionados por los tratamientos con BAP podían estar asociados con cambios en el des-ensamblaje

de las paredes celulares de los frutos, se extrajeron los polisacáridos insolubles en alcohol que constituyen aquellos asociados a esta estructura celular como la celulosa, hemicelulosa y pectinas. El RIA disminuyó durante el almacenamiento acompañando al aumento del ablandamiento, pero no se encontraron diferencias en los contenidos de pared totales entre los frutos control y tratados (*Figura 3.3D*).

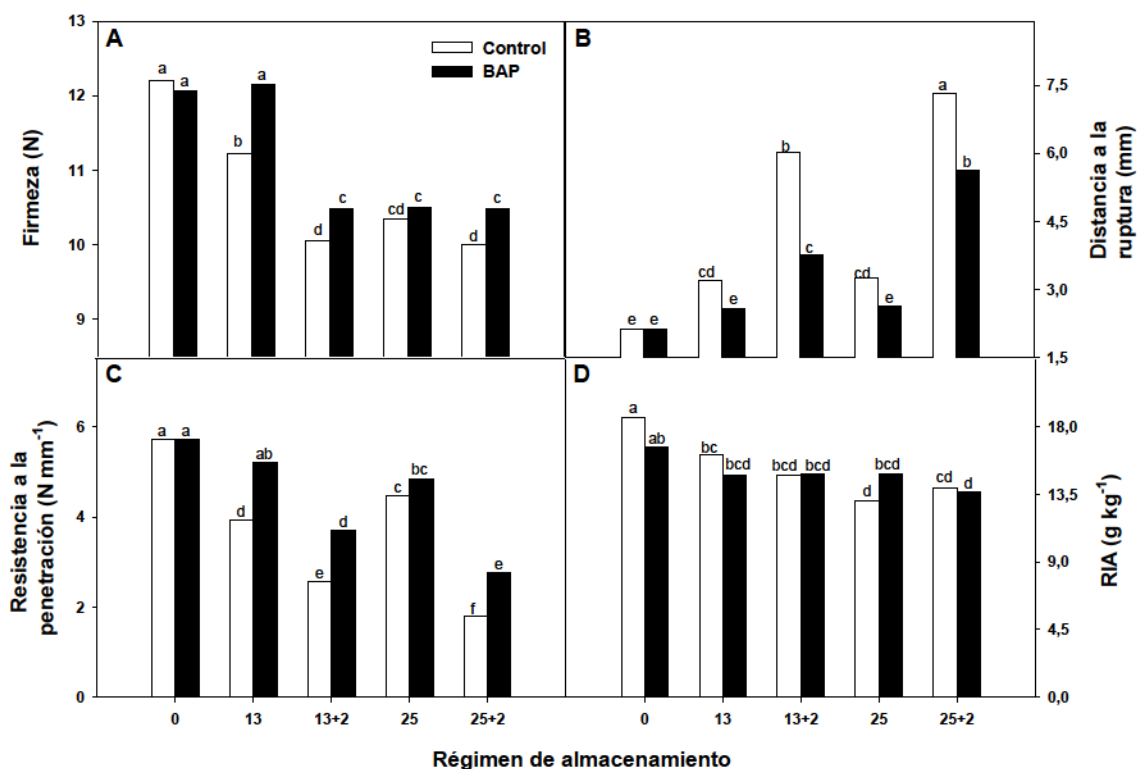


Figura 3.3: A) Firmeza, B) distancia a la ruptura, C) resistencia a la penetración y D) residuo insoluble en alcohol (RIA) de zapallitos control y asperjados con BAP (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 13, y 25 días a $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 días (“+2”). Valores con letras distintas son significativamente diferentes en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

d. Solubilización de componentes de pared celular

Para comprobar si los tratamientos con BAP generaban cambios específicos en la composición de la pared celular, se fraccionaron los RIA mediante una extracción secuencial en agua, CDTA y Na_2CO_3 para segregar los grupos mayores de polisacáridos

en base a su solubilidad. Las pectinas solubles en agua no mostraron cambios luego de 13 o 13+2 días. Sin embargo, un gran incremento en el contenido de poliuronidos solubles en agua (PSA) fue detectado en los zapallitos control luego de 25 días de almacenamiento refrigerado (*Figura 3.4. A*). Los ácidos urónicos solubles en agua aumentaron durante el último período de la vida de estante a 20 °C. Los frutos tratados con BAP mantuvieron un menor contenido de PSA que los controles. Por otro lado, los poliuronidos unidos iónicamente se incrementaron progresivamente durante el almacenaje tanto de frutos control como de tratados (*Figura 3.4. B*). Así como en las fracciones de PSA, hacia el final del almacenamiento se detectaron niveles menores de poliuronidos solubles en CDTA (PSC) en los frutos tratados con la citoquinina que en los frutos control. Los controles no mostraron marcados cambios en el contenido de poliuronidos solubles en carbonato de sodio (PSN) durante el almacenamiento (*Figura 3.4. C*). En contraposición, los PSN aumentaron en los frutos asperjados con BAP. El incremento de las pectinas solubles en agua y unidas iónicamente han sido descritas en varios frutos conforme se reduce la firmeza (**Brummell, 2006**). Los resultados muestran que la citoquinina retrasa la solubilización de ácidos urónicos (AU). En varias especies frutales el incremento en la pectina débilmente unida se ha asociado con la disminución concomitante de los PSN (**Vicente et al., 2007b**).

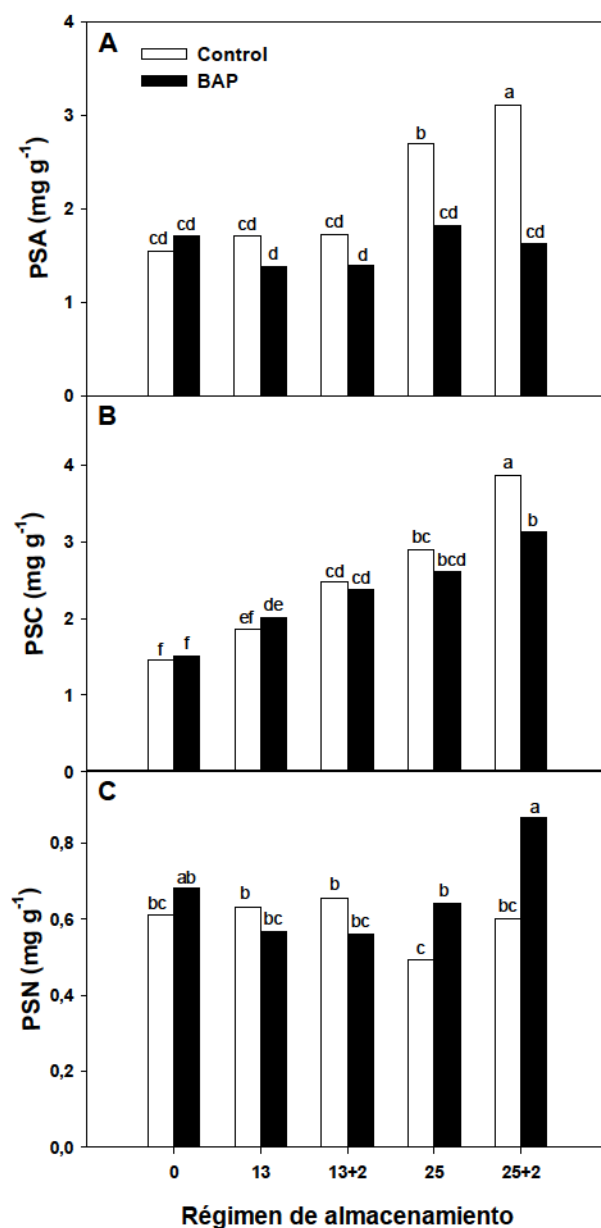


Figura 3.4: A) Pectina soluble en agua (PSA), B) pectina soluble en CDTA (PSC) y C) pectina soluble en carbonato de Na (PSN) de zapallitos control y asperjados con BAP (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 13, y 25 días a $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 días (“+2”). Valores con letras distintas son significativamente diferentes en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

Esta diferencia sugiere que los ácidos urónicos están siendo principalmente solubilizados del material de pared asociado a glicanos como la celulosa o xiloglucano (fracciones FSK1 y FSK4 o α -celulosa). Si bien los modelos iniciales de pared difirieron en la matriz péctica de la de glicanos de entrecruzamiento existe evidencia

reciente de una fuerte asociación entre pectinas y otros polímeros de pared (**Popper and Fry, 2005; Zykwinska et al., 2005**).

Los azúcares neutros solubles en carbonato de sodio (PSN) disminuyeron continuamente en los zapallitos control durante el almacenamiento, permaneciendo sin cambios en los frutos tratados con BAP. Hacia el final del período de almacenamiento los AN de frutos tratados mostraron una menor solubilidad que los respectivos controles (evidenciada a partir de una mayor proporción de la fracción PSN) (**Figura 3.5**). Si bien se ha descrito que las citoquininas pueden inducir la biosíntesis de pared celular durante la ontogenia de frutos (**Robertson et al., 1999**) el presente es el primer reporte que indica que estos compuestos pueden regular la degradación de pectinas en frutos cosechados. Sería interesante determinar la actividad de enzimas que serían afectadas por BAP.

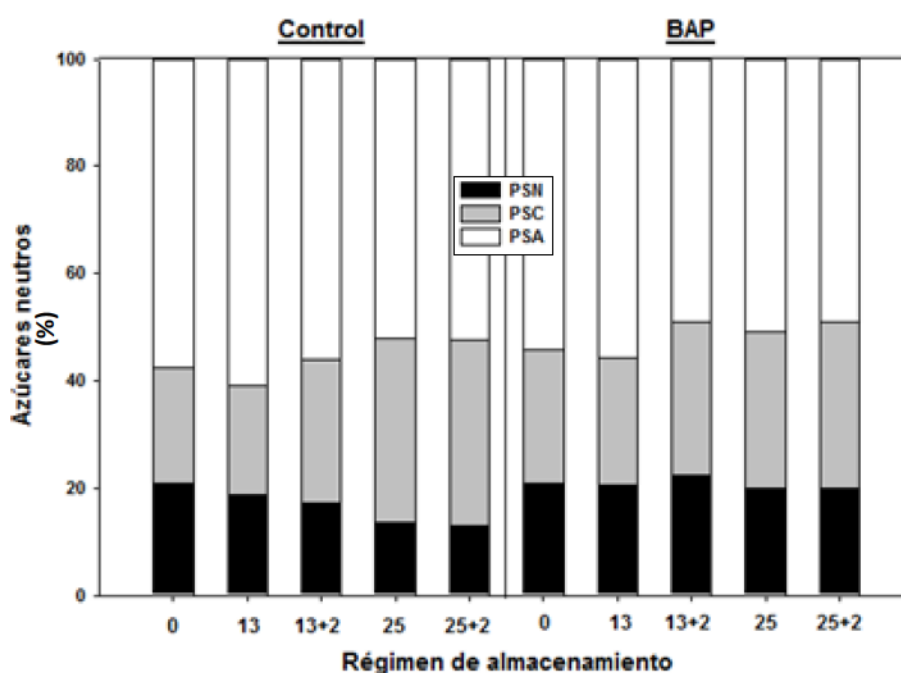


Figura 3.5: Distribución relativa de AN basada en la solubilidad en agua (PSA), en CDTA (PSC) y en carbonato de sodio (PSN) en zapallitos control y asperjados con BAP (1 mmol L^{-1}) almacenados por 0, 13, y 25 días a $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego transferidos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 días (“+2”).

Finalmente, no se detectaron cambios en α -celulosa ni en glicanos de entrecruzamiento durante el almacenamiento o entre los tratamientos (*Tabla 3.2*). El hecho de que las diferencias en el ablandamiento entre el control y los frutos tratados con citoquinina ya fueran detectadas a los 13 días de almacenamiento, antes de las modificaciones más marcadas en la pared, sugiere que el efecto inicial de BAP sobre la retención de la firmeza se encuentra más bien relacionado con las diferencias de pérdida de agua. El menor ablandamiento a largos tiempos (desde los 25 días) en los frutos asperjados con BAP podría resultar de la reducción en la solubilización de pectinas de pared.

Tabla 3.2. Azúcares neutros solubles en KOH 1M (FSK1), azúcares neutros solubles en KOH 4M (FSK4), y α -celulosa en zapallitos control y asperjados con BAP (1 mmol L⁻¹) por 0, 13, y 25 días a 5 °C y luego transferidos a 20 °C por 2 días (“+2”). Valores con letras distintas son significativamente diferentes en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

| Tratamiento | | Régimen de almacenamiento | | | | |
|-------------------------------|---------|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 0 | 13 | 13+2 | 25 | 25+2 |
| FSK1 (mg g ⁻¹) | Control | 1,0 ^a | 0,7 ^a | 0,7 ^a | 0,6 ^a | 1,0 ^a |
| | BAP | 0,9 ^a | 0,8 ^a | 0,5 ^a | 0,7 ^a | 0,6 ^a |
| FSK1 (mg g ⁻¹) | Control | 0,9 ^{bc} | 0,7 ^d | 0,7 ^d | 0,8 ^{cd} | 1,1 ^a |
| | BAP | 1,0 ^{ab} | 0,8 ^{cd} | 0,8 ^{cd} | 1,0 ^{ab} | 0,8 ^{cd} |
| α -celulosa | Control | 0,24 ^a | 0,13 ^b | 0,18 ^{ab} | 0,13 ^b | 0,18 ^{ab} |
| | BAP | 0,17 ^{ab} | 0,21 ^{ab} | 0,17 ^{ab} | 0,15 ^{ab} | 0,15 ^{ab} |

3.3. CONCLUSIONES

El presente trabajo mostró que los zapallitos redondos podrían almacenarse a 5 °C por 25 días sin marcada incidencia de daño por frío. Los tratamientos con BAP por

aspersión, previos a la refrigeración, redujeron el deterioro, principalmente la deshidratación y el ablandamiento. En contraste con lo que se ha establecido para tejidos vegetativos y florales, dicho tratamiento no afectó la retención de clorofila. Las citoquininas previnieron algunos cambios metabólicos importantes que ocurren en zapallitos como, la acumulación de compuestos fenólicos y el catabolismo de pectinas. Los efectos principales observados fueron el retraso de la solubilización tanto de ácidos urónicos como de AN en las fracciones ricas en pectinas. Contrariamente, los tratamientos con la hormona no afectaron la solubilización de glicanos de redes de celulosa. En síntesis, los resultados indican que los tratamientos con la citoquinina BAP (1mmol L^{-1}) retrasan la degradación de pared celular y el ablandamiento de los tejidos y por lo tanto serían útiles para mantener la calidad de zapallito refrigerado.

CAPÍTULO 4

Evaluación de factores que afectan la calidad de rodajas de zapallito deshidratadas



4.1. INTRODUCCIÓN

En los capítulos precedentes se observó que si bien los tratamientos con metiljasmonato han sido efectivos para el control del daño por frío en varios frutos, estos no generan grandes beneficios en zapallito (**Capítulo 1**). Posteriormente evaluamos otras estrategias complementarias a la refrigeración como los tratamientos con 1-MCP (**Capítulo 2**) o el asperjado con citoquininas (**Capítulo 3**) que mostraron una buena potencialidad para mantener la calidad y extender la vida post-cosecha de los zapallitos. A pesar de esto, aún en las mejores condiciones de manipulación y almacenamiento, la vida útil de los frutos en forma fresca no supera los 20 a 25 días.

El procesamiento juega un rol importante en la cadena de producción y distribución de alimentos por diversos motivos. A nivel global, cerca del 30% de la producción global de alimentos se pierde anualmente entre la cosecha y el consumo. Esto representa en forma directa pérdidas de 1.300 millones de toneladas de alimentos (**FAO, 2014**). Desde esta perspectiva el procesamiento de vegetales constituye una oportunidad para estabilizar alimentos altamente perecederos durante períodos prolongados. En los últimos años se ha incrementado el interés en el desarrollo de nuevos métodos de procesado de vegetales procurando extender su capacidad de almacenamiento y conservando las características nutricionales de sus contrapartes frescos (**Lück y Pager, 2000; Mujumdar y Wu, 2008**).

Las mermas post-cosecha de frutas y hortalizas ocurren tanto en los propios establecimientos productores como en la cadena de comercialización. Si bien la mejora en la manipulación post-cosecha y la búsqueda de tratamientos para el manejo en fresco pueden contribuir en el control del deterioro luego de la salida del campo, un porcentaje importante de frutos (20-30% de las pérdidas totales) suele no entrar directamente a la cadena de distribución por defectos en el calibre o en la apariencia que reducen la aceptabilidad para la venta en fresco con las actuales exigencias de calidad. Desde esta óptica los avances en el procesamiento (**Jangam et al., 2010**) resultarían valiosos para

emplear frutos que presentando sólo defectos de forma o tamaño satisfagan los requisitos de calidad e inocuidad necesarios para ser empleados en la alimentación humana pero que actualmente no poseen un destino cierto. Por otra parte, el procesamiento podría resultar una estrategia para aumentar la cartera de productos disponibles ampliando la oportunidad de incorporar este grupo de alimentos cuyo consumo se encuentra aún muy por debajo de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2004).

Los vegetales deshidratados constituyen una alternativa de interés para ampliar el consumo de hortalizas. Si bien la papa es el vegetal con mayor penetración en este segmento de alimentos bajo la forma de *snack*, esta posee una carga calórica relativamente elevada derivada del almidón presente en el producto y del empleo de aceite en su elaboración lo que resulta, desde el punto de vista nutricional, desfavorable comparado con los vegetales frescos. El desarrollo de vegetales deshidratados a partir de materias primas menos calóricas y empleando métodos de procesamiento que permitan obtener productos más sanos respecto a productos fritos resulta una estrategia atractiva.

El secado con aire caliente es una metodología empleada desde hace mucho tiempo en la estabilización de vegetales (Sablani, 2006a; 2006b). Durante este proceso, el calor se transmite por convección, desde el aire de secado hasta la superficie del alimento y por conducción, desde la superficie del alimento hasta su interior. La fuerza impulsora para la transferencia de materia es el gradiente de potencial químico entre el interior, más húmedo, y la superficie, más seca por estar en contacto con el aire de secado (Fito *et al.*, 1998). La reducción de la actividad acuosa disminuye marcadamente su percibibilidad, reduciendo el ataque microbiano y otras reacciones involucradas en el deterioro (Huang y Zang, 2012). De todos modos, en frutas y hortalizas frescas se ha observado que el secado con aire caliente puede ocasionar importantes pérdidas de algunos antioxidantes y vitaminas. En pimiento deshidratado a 65 °C, donde el secado con aire convectivo disminuyó un 40% la actividad antioxidante, un 85% el contenido

de fenoles totales y un 25% el contenido de vitamina C (**Reis et al., 2013**). La exposición de los alimentos a altas temperaturas por períodos prolongados puede además favorecer reacciones de pardeamiento (**Queiroz et al., 2008**). Si bien otras metodologías de deshidratación a baja temperatura como la liofilización protegen en mayor medida muchos compuestos de interés nutricional y minimizan reacciones indeseables dependientes de la temperatura (**Ciurzyńska y Lenart, 2011, Doymaz, 2011**), su costo suele ser elevado. Por lo tanto, su empleo con fines comerciales se limita a productos de alto valor. La deshidratación osmótica (DO) se ha empleado en algunos casos con éxito para evitar el daño de compuestos termo-lábiles y reducir el tiempo de secado con calor y en consecuencia los costos energéticos (**Rahman y Lamb, 1991; Nsonzi y Ramaswamy; 1998; Sereno et al., 2001; Ciurzyńska y Lenart, 2009**). Este procedimiento consiste en sumergir al producto que se desea deshidratar en una solución hipertónica para lograr que el agua difunda hacia el medio (**Raoult-Wack, 1994; Kaymak-Ertekin y Sultanoglu, 2000**). Durante el intercambio se presentan dos flujos en dirección opuesta: el desplazamiento de agua desde el alimento hacia la solución concentrada y el movimiento de solutos desde la solución al alimento debido al gradiente de potencial químico existente a un lado y otro de la superficie del alimento considerado (**Figura 4.1**).

Los solutos más usados, debido a su disponibilidad y bajo costo, son el cloruro de sodio y la sacarosa. Sin embargo se pueden usar otros solutos como glucosa, jarabes de almidón, etanol y polioles (**Singh et al., 2008**). Según el fin que se persiga, se utilizará uno de ellos o una combinación de los mismos. En el caso particular de querer conseguir un producto que se consuma tipo *snack* se suele utilizar NaCl no sólo para lograr una deshidratación parcial sino también realizar tempranamente el salado del producto.

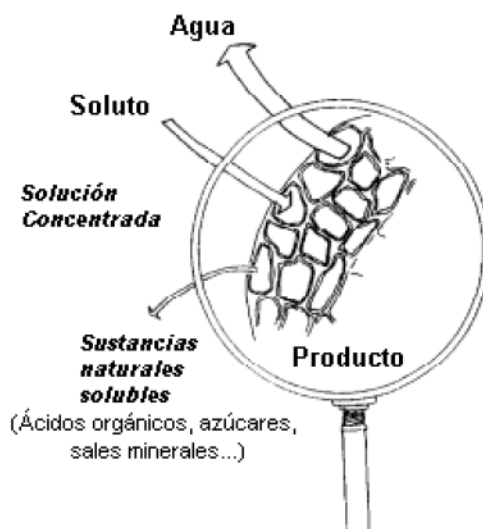


Figura 4.1: Esquema del proceso de deshidratación osmótica. Fuente: **Torreggiani (1993)**.

Las pérdidas de agua por parte del alimento en la deshidratación osmótica se pueden dividir, al igual que en otros procesos de secado, en dos períodos: (1) uno de velocidad constante y (2) otro de velocidad decreciente de eliminación de agua (**Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000**). Dado que la remoción de agua durante la DO suele ser parcial, en muchos casos es necesario realizar un proceso de secado complementario para lograr los bajos niveles de humedad deseados en los productos (**Fernandes et al., 2006; Lombard et al., 2008; Botha et al., 2012; Chavan y Amarowicz, 2012**). El empleo de la DO como estrategia de remoción parcial de agua a baja temperatura para obtener nuevos productos aún no se encuentra difundido en vegetales. Entre los escasos ejemplos en trabajos previos, se encuentra el uso de la DO de rodajas de calabaza inmersas en soluciones de sacarosa de 30 a 60 °Brix, a 35 y 65 °C durante 90 a 120 min, donde se buscó seleccionar el tratamiento osmótico óptimo y para la elaboración de un producto confitado (**Lee y Lim, 2011**). *En el presente capítulo se evaluó el empleo de métodos combinados de remoción de agua (deshidratación osmótica y secado con aire caliente) sobre la calidad de zapallitos redondo y zucchini deshidratados.*

4.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE RODAJAS DE ZAPALLITOS

a. Humedad durante la deshidratación osmótica (DO)

El trabajo se realizó tanto en zapallito redondo como zucchini puesto que este último posee características morfológicas que podrían resultar atractivas como producto deshidratado. En una primera etapa se determinaron las cinéticas de cambio de peso en rodajas de zapallito redondo y zucchini durante su incubación en soluciones de cloruro de sodio de diferente concentración (0,5; 1 y 2% p/v) (*Figura 4.2 A y B*). En ambos zapallitos la incubación con NaCl 0,5% provocó un incremento en la humedad indicando que la presión osmótica del tejido es superior a la de la solución mencionada. Si bien este tratamiento pudo haber ocasionado cierta incorporación de sal al tejido, ejerció un efecto contrario al buscado, esto es, provocó un incremento en la humedad y por ello se descartó para ensayos subsiguientes. Por su parte, el tratamiento con 1% de NaCl generó un descenso de humedad de 15% en bs sólo para zapallito zucchini. Sin embargo la DO con solución de 2% de NaCl fue efectiva en ambos tipos de zapallitos al lograr reducir la humedad un 25% en bs.

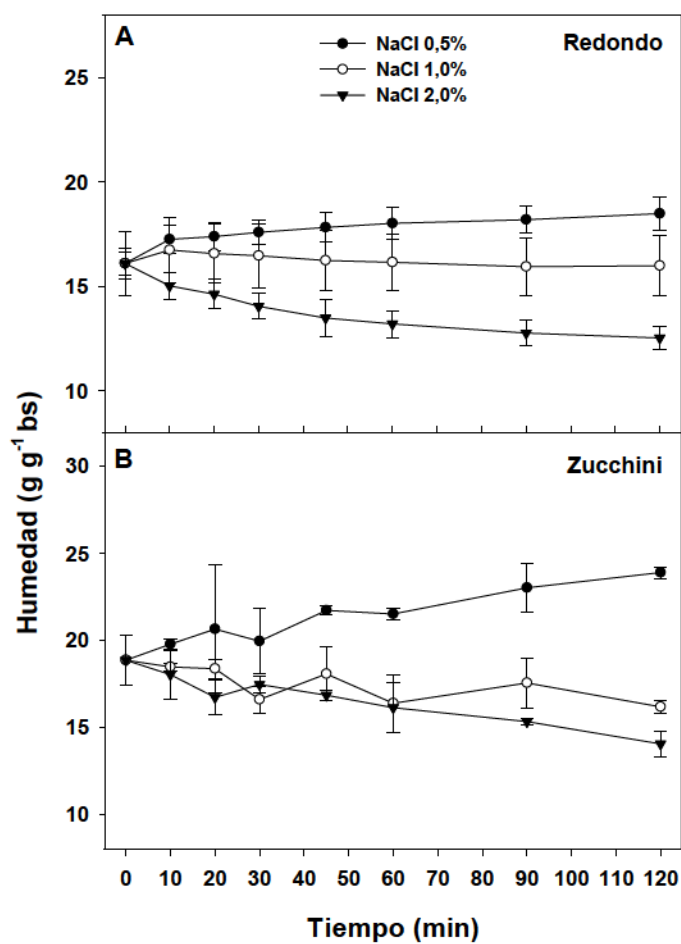


Figura 4.2: Cinéticas de DO (como humedad en base seca) de rodajas de zapallito A) redondo y B) zucchini control o incubadas en soluciones de NaCl 0,5, 1 y 2% por 2 h.

b. Actividad de agua

La DO con NaCl 2% permitió, como se mencionó anteriormente, una remoción parcial del agua de las rodajas. La actividad acuosa de las rodajas mostró una reducción en la medida en los frutos sometidos al tratamiento de DO así como lo han demostrado otros autores (Mazza, 1983; Tortoe, 2010; Araújo *et al.*, 2012). De todos modos, dada la alta humedad de los vegetales, el valor de a_w se mantuvo en todos los casos en niveles cercanos a 0,98 (Figura 4.3 A y B). En tal sentido, para finalizar la remoción de agua y llegar a un producto microbiológicamente estable, las rodajas de los frutos DO con soluciones diluidas deben ser sometidas a un proceso complementario de secado.

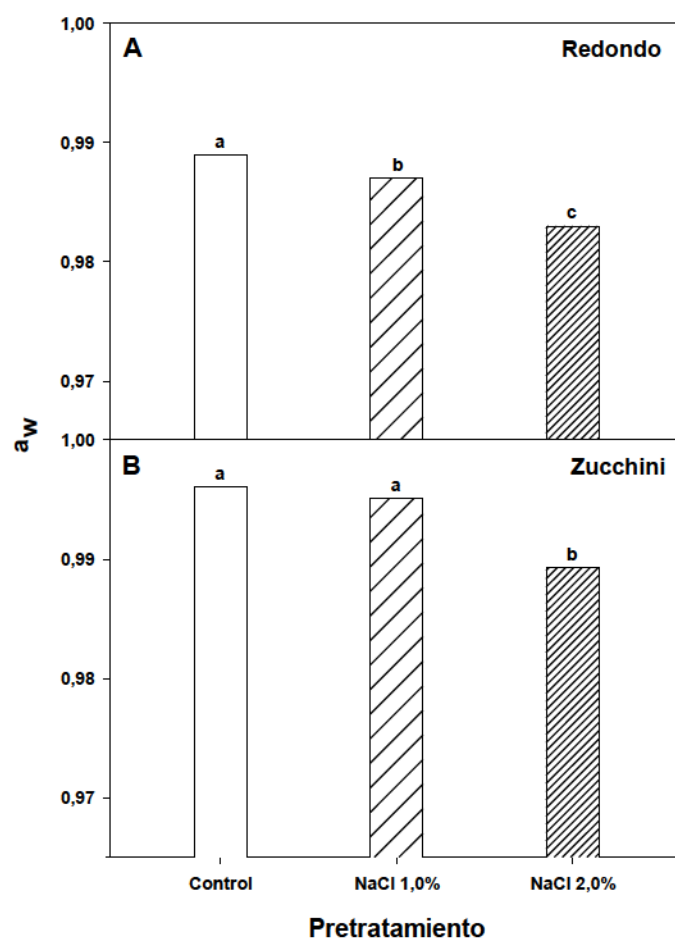


Figura 4.3: Actividad de agua (a_w) de rodajas de zapallito A) redondo y B) zucchini control o deshidratadas osmóticamente en soluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

c. Apariencia, color y carotenoides

La DO provocó cambios en la apariencia de las rodajas. En la medida que se incrementó la concentración de la solución salina, las rodajas de ambos tipos de zapallito se tornaron más amarillas (*Figura 4.4*) lo cual se evidenció objetivamente como una reducción en la luminosidad (*Figura 4.5 A y A'*), una disminución del Hue (*Figura 4.5 B y B'*) y un incremento de la cromaticidad (*Figura 4.5 C y C'*).

En zapallito redondo el tratamiento de DO con la concentración de sal más elevada provocó la formación de bordes irregulares. Algo similar fue observado por otros autores en zapallo anco (Mayor *et al.*, 2008; 2011). Cuando a un tejido vegetal se lo coloca en una solución hipertónica sus células sufren plasmólisis (Raven *et al.*, 1999; Mauro *et al.*, 2002). Cuando esto ocurre, hay pérdida de presión de turgencia, contracción de la membrana plasmática, deformación de las paredes celulares y en consecuencia de los tejidos (Mayor *et al.*, 2008). Contrariamente y probablemente por diferencias estructurales las rodajas de zapallito zucchini prácticamente no se observaron deformaciones luego de la DO.

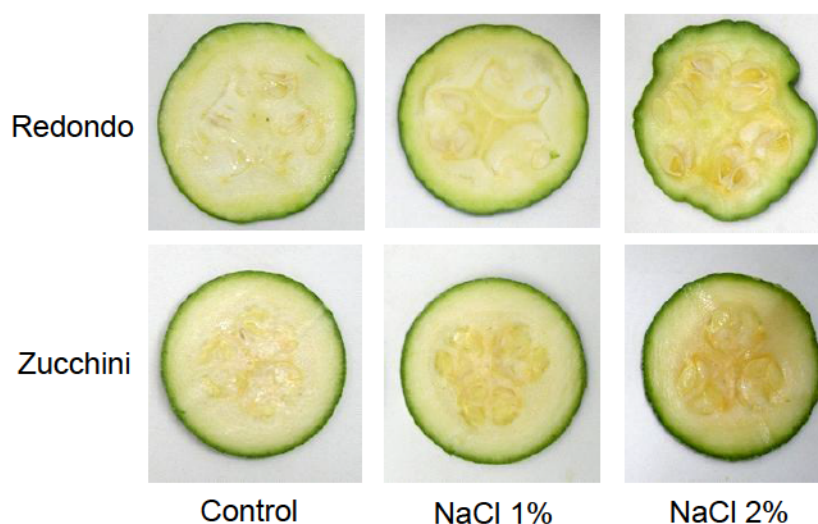


Figura 4.4: Apariencia de rodajas de zapallito redondo y zucchini Control o deshidratados osmóticamente en soluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h.

Como se mencionó anteriormente, las rodajas de zapallito control poseen un color amarillo-verde muy claro que fue afectado por el tratamiento osmodeshidratante llegando a tonos más oscuros y donde el color amarillo prevalecía en el tejido de la pulpa de las rodajas. Es así que se determinó dicha alteración del color en forma objetiva a través de la variación de diversos parámetros tales como L*, ángulo Hue (H) y cromaticidad (C*). Este incremento de las tonalidades amarillas con el empleo de soluciones de NaCl se evidenció como una reducción en la luminosidad L* tanto para zapallito redondo (Figura 4.5 A) como zucchini (Figura 4.5 A'). Por otro lado, también

se observó en ambos zapallitos la reducción del valor de H (*Figura 4.5 B y B'*) hacia valores cercanos a 90° (tonos amarillos), y se verificó un incremento de la cromaticidad (*Figura 4.5 C y C'*) denotando la mayor saturación de este color.

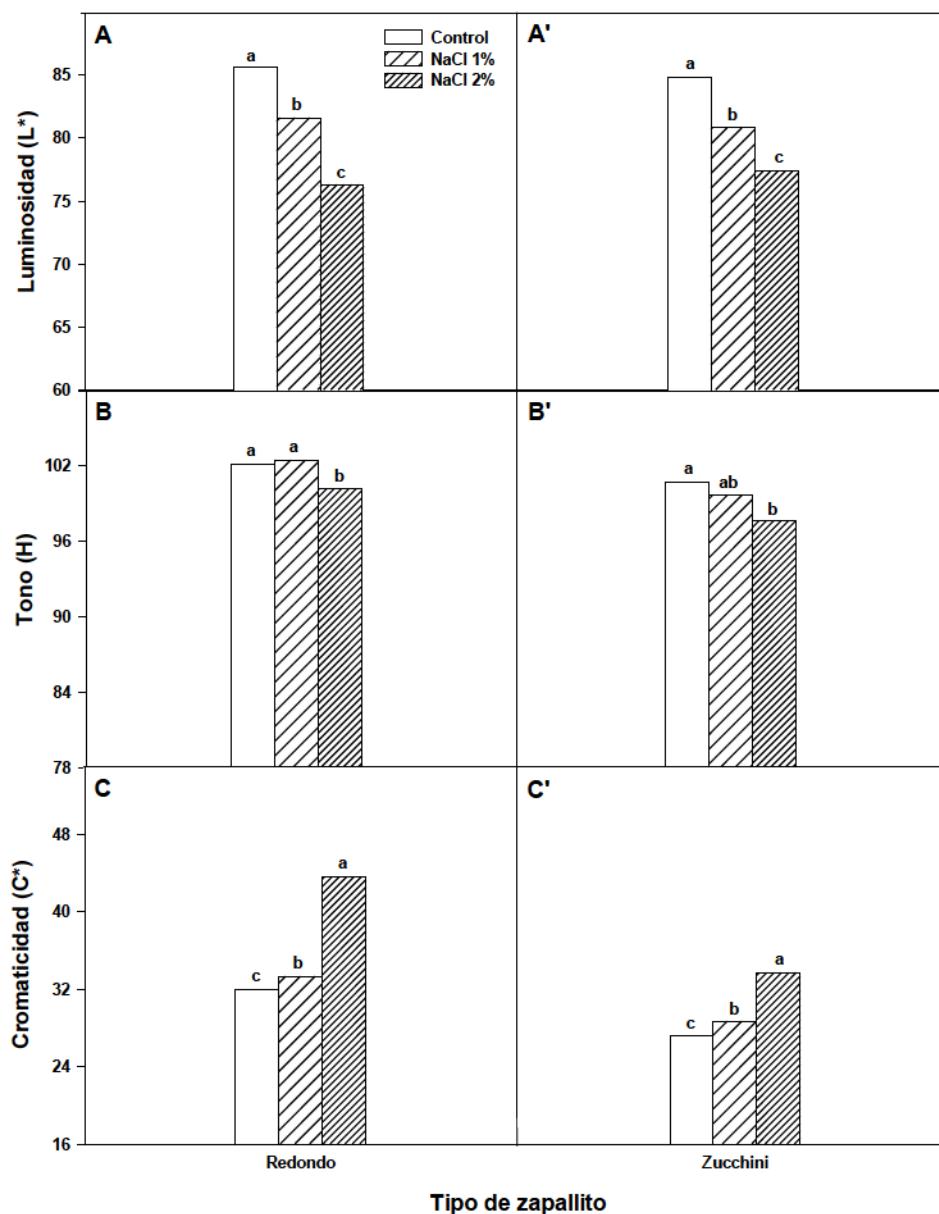


Figura 4.5: A) Luminosidad (L^*), B) tono, Hue (H) y C) cromaticidad (C^*) de rodajas de zapallito control o pre-incubados en NaCl 1 y 2% por 2 h. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

El cambio de color en las rodajas de zapallito hacia tonos más amarillos o pardos como consecuencia de la DO pudo deberse a un incremento en la concentración de

carotenoides o a reacciones de pardeamiento por oxidación de compuestos fenólicos. A fin de determinar cuál podría haber sido el origen del cambio de apariencia se realizaron ensayos de DO en presencia y en ausencia de inhibidores de reacciones de pardeamiento enzimático, como el ácido cítrico y ácido ascórbico. El cambio de color (ΔE) en las rodajas de zapallito redondo (*Figura 4.6 A*) y zucchini (*Figura 4.6 B*) durante la DO en presencia o ausencia de antioxidantes (AOX) fue similar.

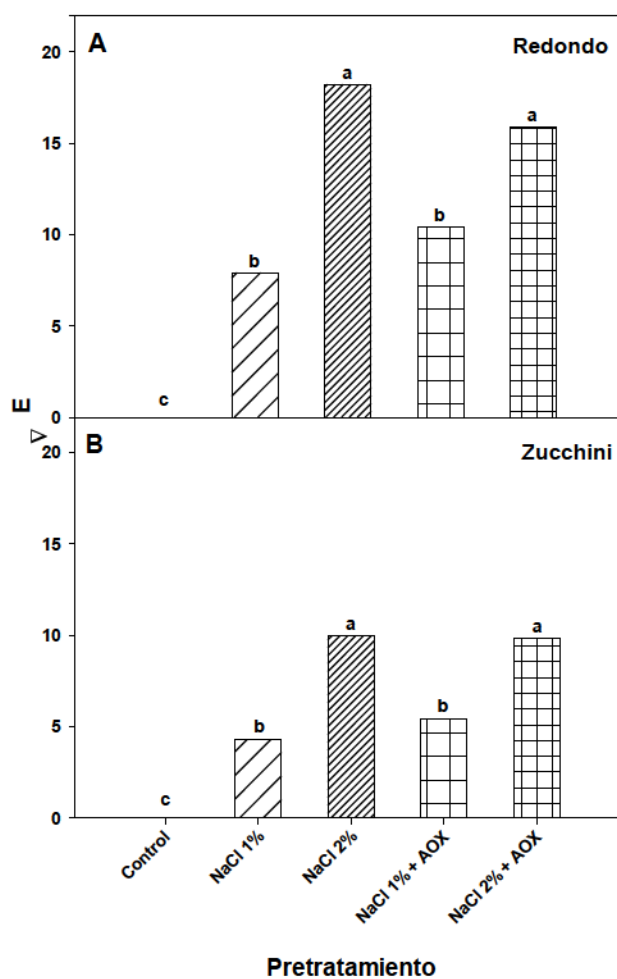


Figura 4.6: Diferencia de color de rodajas de zapallito A) redondo y B) zucchini control o incubadas en NaCl 1 y 2% sin y con AOX (ácido ascórbico 1% p/v en ácido cítrico 1% p/v) por 2 h. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

Esto sugirió que la tonalidad de las rodajas de zapallito con DO no habría cambiado por efecto del pardeamiento enzimático. Por otro lado se dosó la concentración de carotenoides en las rodajas, confirmándose que los frutos

deshidratados osmóticamente mostraron un mayor nivel de β -caroteno en base húmeda que los controles, y que a su vez el contenido de pigmentos fue dependiente de la concentración de la solución salina empleada en la DO (*Figura 4.7 A y B*). Así, el contenido de carotenoides fue mayor en rodajas de zapallito redondo y zucchini cuando éstas fueron sumergidas en NaCl 2%, independientemente del empleo o no de AOX en la solución deshidratante.

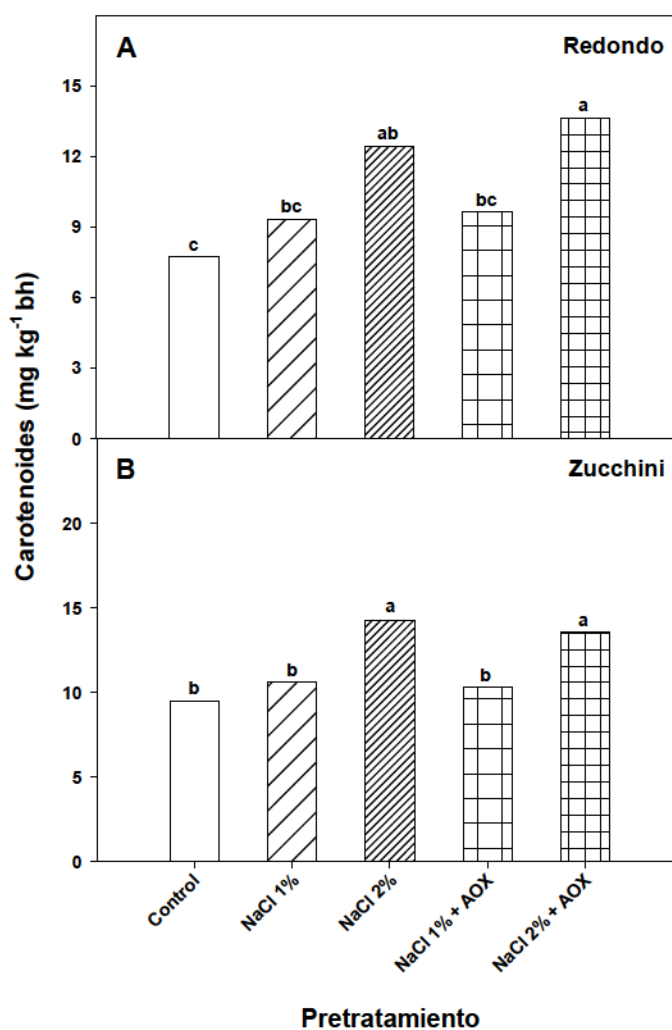


Figura 4.7: Contenido de carotenoides (bh) de rodajas de zapallito A) redondo y B) zucchini controlado incubadas en NaCl 1 y 2% sin y con AOX (ácido ascórbico 1% p/v en ácido cítrico 1% p/v) por 2 h. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

SECADO CON AIRE CALIENTE DE RODAJAS DE ZAPALLITOS

d. Humedad durante el secado

En un ensayo preliminar se evaluó la influencia de la temperatura de secado sobre la calidad de rodajas de zapallito redondo y zucchini. Se ensayaron tres condiciones de secado en estufa 40, 50 y 60 °C. Desde el punto de vista de la apariencia, las rodajas deshidratadas a las tres temperaturas ensayadas no mostraban diferencias apreciables, pero como es esperable el tiempo total del proceso se reducía con el incremento de la temperatura del aire (datos no mostrados). Por lo tanto se seleccionó la temperatura de 60 °C para ensayos ulteriores. También se ensayó previamente la humedad final de las rodajas. Para esto se secaron rodajas de zapallito a 60 °C en estufa hasta alcanzar 30, 20, 10, 5 y 1% de humedad en base húmeda, hallándose que el producto con 10% de humedad bh ($0,11 \text{ g g}^{-1} \text{ bs}$) (*Figura 4.8*) ya presentaba un carácter de crujiente adecuado, por lo que se decidió emplear este valor para decidir el punto final del secado en ensayos siguientes. Los zapallitos redondos (*Figura 4.8 A*) y zucchini (*Figura 4.8 B*) control lograron la humedad final de 10% luego de 620 min. El tiempo de secado no se redujo en forma marcada en los frutos tratados con NaCl 1%. Sin embargo, en los frutos deshidratados osmóticamente en NaCl 2% el período de permanencia en estufa se redujo casi en un 33%. **Revaskar et al. (2014)** mostraron un efecto similar en aros de cebolla deshidratados osmóticamente y posteriormente secados a 50, 60 y 70 °C, aunque en este caso se emplearon soluciones osmóticas de mucha mayor concentración (10, 15 y 20% NaCl).

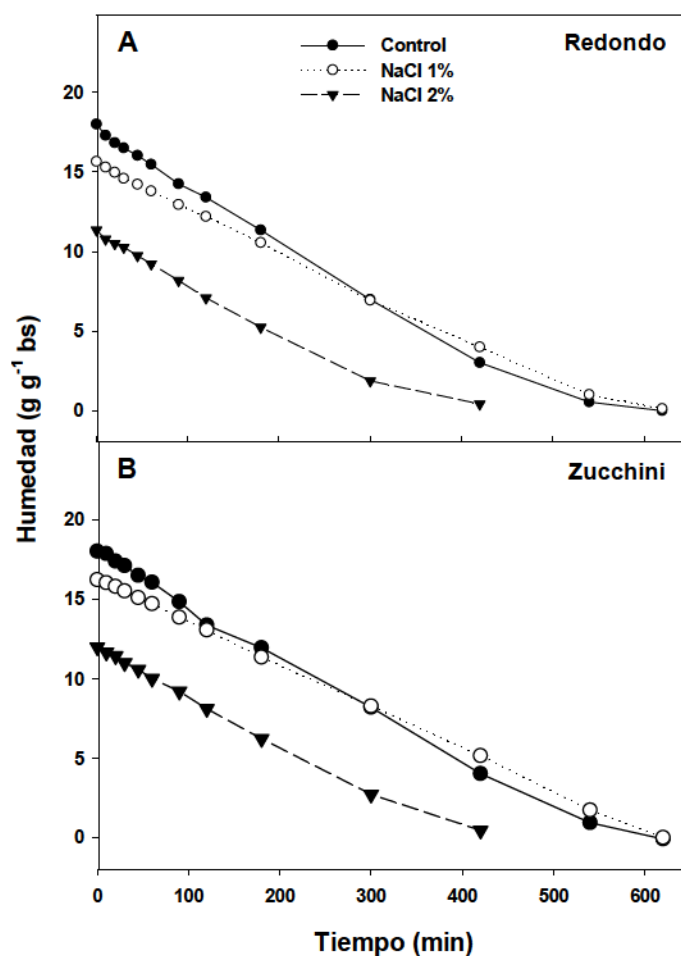


Figura 4.8: Cinéticas de secado (como humedad en base seca) de rodajas de zapallito A) redondo y B) zucchini control o incubadas en disoluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h, con posterior secado a 60 °C.

e. Color

Durante el secado en estufa tanto los zapallitos redondo como zucchini de los 3 tratamientos ensayados (control y DO 1 y 2% NaCl) (*Tabla 4.1*) se tornaron más pardos. Esto se vio reflejado en la disminución del parámetro L^* y en el aumento de los parámetros b^* y ΔE . Las rodajas de frutos secadas mediante el método combinado (DO + estufa) presentaron al final del secado un color más oscuro debido a que al inicio del período de remoción de agua con aire caliente en estufa ya mostraban una tonalidad amarillenta por pre-concentración de carotenoides como se menciona en la sección 4.2.c.

Por otra parte, resulta interesante mencionar que al aumentar el porcentaje de sal se observó que el producto final presentaba una superficie más lisa. Esto podría estar asociado a la simetría y a la compactación celular en tejidos vegetales sometidos a tratamientos que provocan una redistribución de solutos y de agua (Mayor *et al.*, 2008).

Tabla 4.1. Parámetros de color L^* (luminosidad), a^* , b^* y ΔE (diferencia de color) de rodajas de zapallito redondo y zucchini control o incubadas en disoluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h en las distintas etapas del proceso: al inicio, luego de la DO y luego del secado en estufa. Letras distintas indican dentro de una misma fila diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$ de forma independiente para cada tipo de zapallito.

| | Etapas del proceso | Redondo | | | Zucchini | | |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | Control | 1% | 2% | Control | 1% | 2% |
| L^* | Inicio | 85,6 ^a | 85,6 ^a | 85,6 ^a | 84,8 ^a | 84,8 ^a | 84,8 ^a |
| | DO | - | 81,6 ^b | 76,3 ^c | - | 80,8 ^b | 77,4 ^c |
| | Producto seco | 82,6 ^a | 74,5 ^b | 75,9 ^b | 71,1 ^a | 70,9 ^a | 64,8 ^b |
| a^* | Inicio | -6,69 ^a | -6,69 ^a | -6,69 ^a | -5,00 ^a | -5,00 ^a | -5,00 ^a |
| | DO | - | -7,17 ^a | -7,67 ^b | - | -4,80 ^a | -4,30 ^a |
| | Producto seco | -4,60 ^b | -4,50 ^b | -0,10 ^a | -0,05 ^b | -0,04 ^b | 2,31 ^a |
| b^* | Inicio | 31,3 ^a | 31,3 ^a | 31,3 ^a | 26,7 ^a | 26,7 ^a | 26,7 ^a |
| | DO | - | 32,5 ^b | 42,9 ^a | - | 28,2 ^b | 33,3 ^a |
| | Producto seco | 38,5 ^b | 43,9 ^a | 40,4 ^a | 32,8 ^c | 36,3 ^b | 38,9 ^a |
| ΔE | Inicio | 0,0 ^a | 0,0 ^a | 0,0 ^a | 0,0 ^a | 0,0 ^a | 0,0 ^a |
| | DO | - | 4,2 ^b | 14,8 ^a | - | 4,3 ^b | 10,0 ^a |
| | Producto seco | 0,0 ^c | 7,7 ^b | 28,6 ^a | 0,0 ^c | 3,5 ^b | 9,1 ^a |

f. Azúcares totales, pH, acidez y fenoles totales

En zapallito zucchini no se encontraron diferencias en la acidez entre tratamientos. Contrariamente en el tipo redondo se observó una tendencia a reducir la acidez en los frutos sometidos a DO. Esto podría asociarse con una mayor lixiviación de ácidos durante el tratamiento osmótico. De todos modos los tratamientos prácticamente no afectaron el pH de las rodajas que se ubicó en el rango 6,25-6,39 (*Tabla 4.2*).

El contenido de azúcares de las rodajas control se ubicó cerca de 40 g kg⁻¹ (*Tabla 4.2*). Si bien el contenido de azúcares totales mostró ligeras variaciones con la DO, éstas no fueron marcadas. A fin de determinar la influencia de las diferentes condiciones de procesamiento (DO seguida del secado) sobre componentes antioxidantes, se evaluaron los cambios en el contenido de compuestos fenólicos (y de carotenoides). El contenido de fenoles totales fue de 350 y 400 mg por kg de producto bs final para los zapallitos zucchini y redondos respectivamente, sin observarse diferencias entre tratamientos (*Tabla 4.2*).

Tabla 4.2. Azúcares totales, pH, acidez y fenoles totales de rodajas de zapallito redondo y zucchini control secado en estufa a 60 °C o incubadas en disoluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h, con posterior secado a 60 °C. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$ de forma independiente para cada tipo de zapallito.

| | Redondo | | | Zucchini | | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | Control | 1% | 2% | Control | 1% | 2% |
| Acidez (mmol kg ⁻¹ bh) | 375 ^a | 272 ^b | 269 ^b | 324 ^a | 320 ^a | 294 ^a |
| pH | 6,27 ^a | 6,37 ^a | 6,39 ^a | 6,28 ^a | 6,20 ^b | 6,25 ^{ab} |
| Azúcares totales (g kg ⁻¹ bh) | 304 ^b | 412 ^a | 334 ^{ab} | 263 ^{ab} | 291 ^a | 239 ^b |
| Fenoles totales (mg kg ⁻¹ bh) | 423 ^a | 411 ^a | 394 ^a | 361 ^a | 358 ^a | 347 ^a |

Teniendo en cuenta un valor promedio de fenoles totales en base seca en los frutos antes del procesamiento ($\sim 10000 \text{ mg kg}^{-1} \text{ bs}$), se observó una pérdida importante de estos compuestos. En un estudio realizado por **Zaro et al. (2014)** se demostró que la pérdida de compuestos fenólicos en discos de berenjena fue casi completa, aún a temperaturas de $50 \text{ }^\circ\text{C}$ y en estufa de vacío. Algo similar se observó en pimientos deshidratados en un secador de lecho fijo a $45, 55$ o $65 \text{ }^\circ\text{C}$ (**Reis et al., 2013**).

g. Carotenoides

Los carotenoides más allá de su rol como pigmentos son potentes antioxidantes en muchas hortalizas (**Rodríguez-Amaya, 2001**). La habilidad de neutralizar a las especies reactivas de oxígeno (**Burton, 1989**) está relacionada con el sistema de enlaces dobles conjugados que poseen (**Foote et al., 1970**). En varias *Cucurbitáceas* los carotenoides son el grupo mayoritario de pigmentos y probablemente de antioxidantes (**Rodríguez-Amaya, 2001**). El contenido de carotenoides en base seca de frutos frescos fue cercano a 150 y $180 \text{ mg kg}^{-1} \text{ bs}$. En zapallito zucchini control el contenido de estos compuestos en base seca prácticamente no varió luego del secado en estufa, mientras que en redondo se incrementó un 80% alcanzando valores cercanos a $260 \text{ mg kg}^{-1} \text{ bs}$ (**Figura 4.9 A y B**). La elevada estabilidad y aún el incremento de la disponibilidad de carotenoides en frutos sometidos a ciertos tratamientos físicos han sido descritos (**Gartner et al., 1997; Böhm y Bitsch, 1999; Russell, 2001**). En tomate tratado térmicamente se ha informado un aumento del contenido de licopeno respecto a los frutos frescos, debido a su mayor liberación de la matriz celular inducida por calor (**Rickman et al., 2007; Jacob et al., 2010**). Resulta interesante destacar que los frutos con el tratamiento de DO y posterior secado en estufa mostraron un nivel de carotenoides 40% superior a los frutos control (**Figura 4.9 A y B**).

Si bien resulta necesario realizar mayores estudios para poder determinar las causas de este incremento, es plausible que el tratamiento con la solución salina haya favorecido la extracción y disponibilidad de carotenoides. Los tratamientos de DO podrían provocar un cambio en la compartimentalización celular de los carotenoides y/o reducir la estabilidad de los complejos que estos pigmentos forman con proteínas para proteger la maquinaria fotosintética, haciéndolos más disponibles. Algunos estudios han sugerido el empleo de la DO como estrategia para facilitar la extracción de pigmentos de tejidos vegetales (Prabuthas *et al.*, 2009).

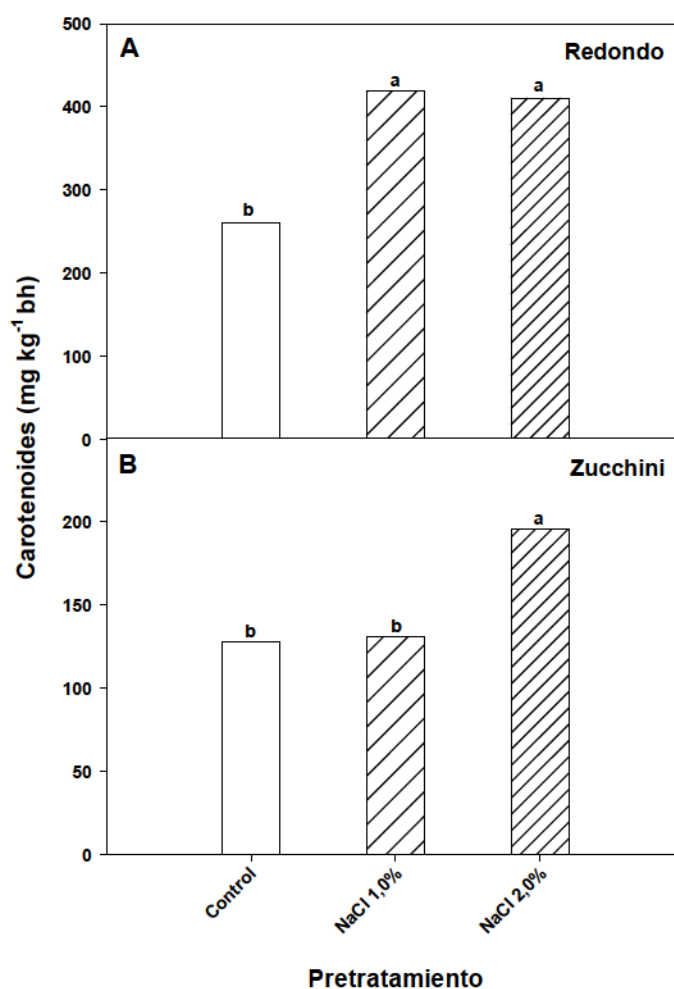


Figura 4.9: Contenido de carotenoides de rodajas de zapallito A) redondo y B) zucchini control o incubadas en disoluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h, con posterior secado a 60 °C. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

h. Apariencia y atributos sensoriales

A fin de determinar las características sensoriales de los productos obtenidos con las diferentes formas de procesamiento estudiadas, se realizó para el caso de las rodajas de zapallito zucchini una prueba de aceptabilidad por atributos del producto obtenido por secado convencional o por combinación de un proceso de DO y de secado con aire caliente. Los evaluadores recibieron muestras como las que se observan en la **Figura 4.10 A** y una planilla donde asignaron el puntaje a cada atributo según se detalló en la sección *III.B.23*. Los resultados mostraron que los panelistas expresaron una aceptabilidad elevada y similar entre los tres productos en cuanto al carácter de crujiente, sabor y aceptabilidad global (**Figura 4.10 B**). El mayor contenido de NaCl en las muestras con previa DO no causó una diferencia de aceptabilidad en el atributo sabor por parte de los evaluadores. Sin embargo, el mayor color pardo que presentaban las muestras con previa DO redujo la puntuación en el atributo color de las mismas, por lo que los evaluadores prefirieron el color de las rodajas secas sin previa DO.

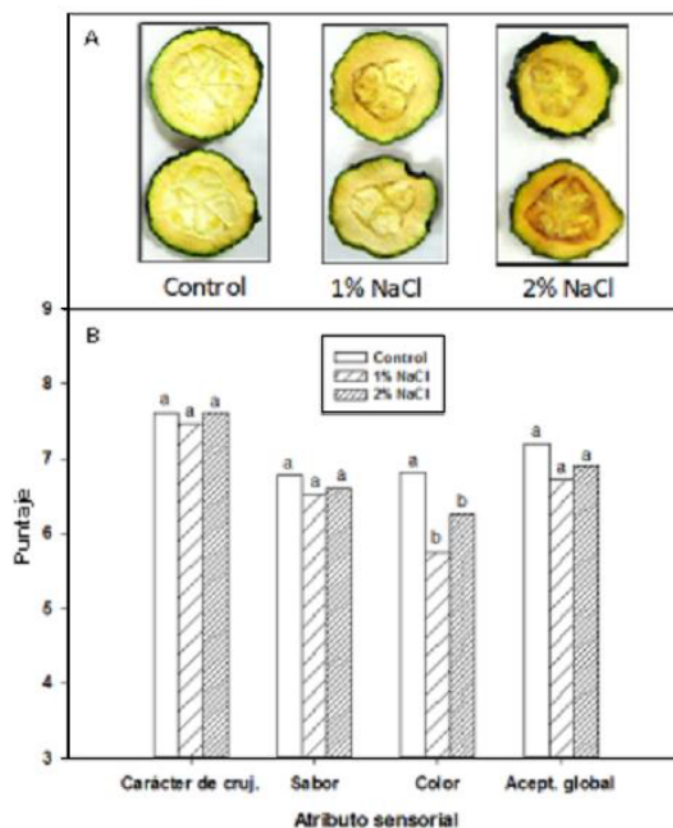


Figura 4.10: A) Apariencia y B) puntaje de atributos sensoriales (carácter de crujiente, sabor, color y aceptabilidad global) de rodajas de zapallito zucchini control e incubadas en disoluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h, con posterior secado a 60 °C. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$ para cada atributo.

REHIDRATACIÓN DE RODAJAS DE ZAPALLITOS SECADAS EN ESTUFA

i. Relación de peso y relación de diámetro

Si bien las rodajas de zapallito deshidratado podrían consumirse en forma directa como *snack*, poseen la posibilidad de ser empleadas en otras preparaciones luego de su rehidratación conservando su estructura (a diferencia de lo que ocurre con los productos similares derivados de la papa). En tal sentido se determinaron algunas propiedades de rehidratación de los discos. Las rodajas de zapallito redondo mostraron una recuperación luego de su rehidratación cercana al 20% del peso inicial (**Figura 4.12A**).

Las tratadas osmóticamente presentaron un nivel algo menor pero las diferencias fueron pequeñas (~2%). Por su parte los discos de zucchini tuvieron una mayor capacidad de recuperación del peso inicial (~35%). En este caso no se encontraron diferencias entre tratamientos (*Figura 4.12A*). Finalmente, ambos tipos de zapallitos recuperaron un 90% del diámetro inicial (*Figura 4.12 B y B'*) sin mayores diferencias entre las muestras control o con DO.

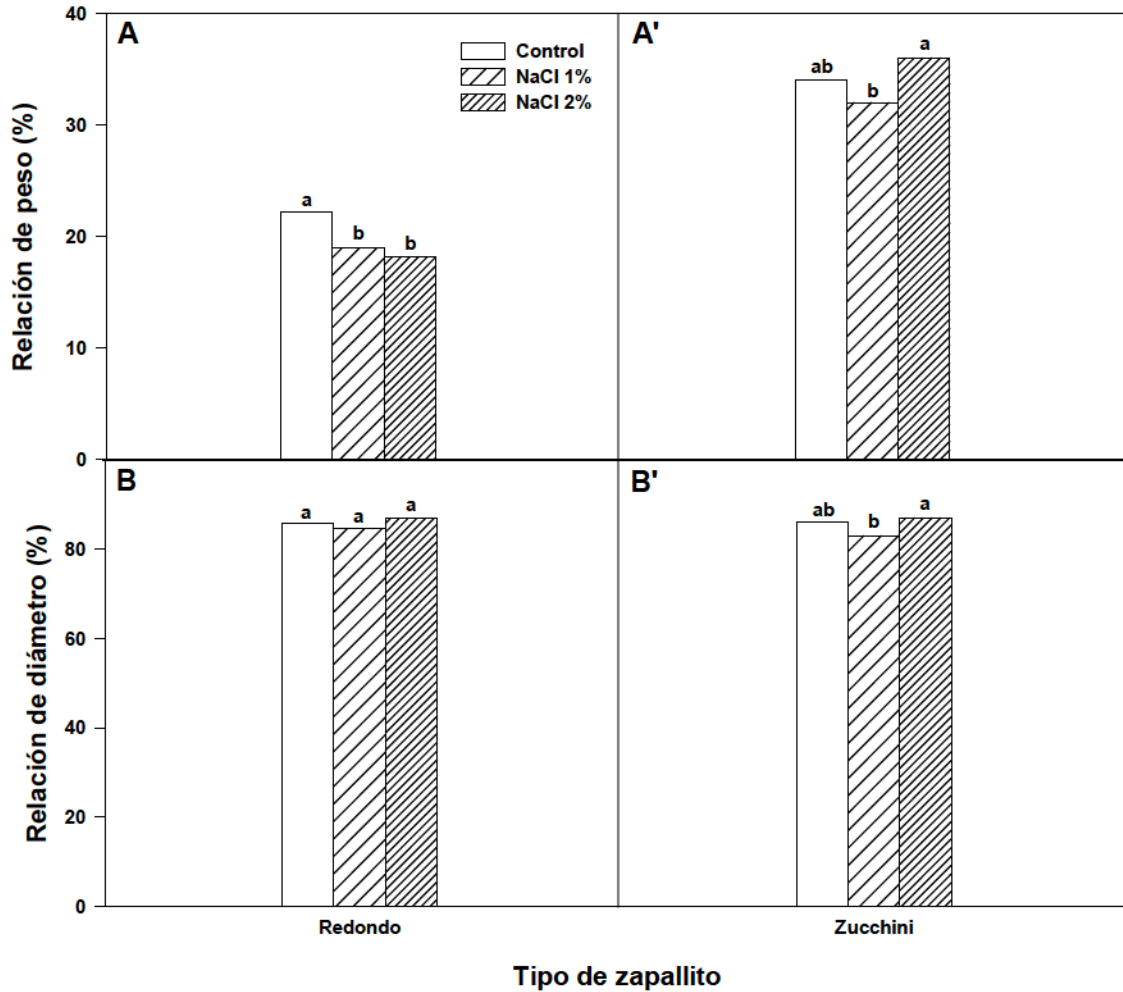


Figura 4.11: A),A') Relación de peso y B), B') relación de diámetro de rodajas de zapallito redondo y zucchini control incubadas en disoluciones de NaCl 1 y 2% por 2 h, con posterior secado a 60 °C y rehidratación a saturación durante 2 h antes y luego de la rehidratación. Letras distintas indican diferencias en un test de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

4.3. CONCLUSIONES

Los resultados del presente capítulo permitieron establecer la influencia de diferentes variables de proceso sobre la calidad de rodajas de zapallito redondo y zucchini deshidratados. La incorporación de una etapa de deshidratación osmótica en soluciones de NaCl 2% por 120 minutos previa al secado en estufa permitió reducir en un 25% el contenido de agua inicial de las rodajas para luego contribuir a reducir un 33% el tiempo de exposición de los frutos al calor por lo que podría ser un tratamiento de interés. Los zapallitos deshidratados tanto control como con previa DO no muestran grandes diferencias en el pH, contenido de azúcares y contenido de antioxidantes fenólicos. Sin embargo, el secado por métodos combinados (DO+estufa) permitió mantener en el producto final niveles significativamente más altos de antioxidantes carotenoides, lo que implicó también un mayor desarrollo de las tonalidades amarillo-marrones. Finalmente las rodajas mostraron una recuperación de un 90% del diámetro y de un 20-35% del peso inicial y podría ser empleado tanto en la forma de *snack* como en preparaciones que requieran rehidratación. Los zapallitos deshidratados podrían resultar una alternativa de interés para el procesamiento y consumo de frutos que, presentando limitaciones de calibre o forma, no son aptos para su comercialización en fresco.

V. CONCLUSIONES FINALES



En una primera etapa del presente trabajo se realizó una caracterización del proceso de desarrollo de frutos de zapallito redondo (Capítulo 1). Así se determinó el patrón de crecimiento y respiración, se cuantificaron los niveles de sólidos, pigmentos ácidos, azúcares y antioxidantes fenólicos y los cambios en propiedades físicas de importancia en la calidad como el color y la textura, información que no se encontraba sistematizada. En la 2^{da} parte del capítulo inicial se estudió la eficacia de tratamientos de MeJa sobre el control del daño por frío y deterioro de frutos almacenados a baja temperatura. Si bien los tratamientos provocan cierta reducción de la incidencia del DF, ésta es limitada y se observa a períodos de almacenamiento muy prolongados. Por lo tanto, el uso de este compuesto no parece una práctica recomendable. Esto indica a su vez que el zapallito redondo muestra importantes diferencias con otras especies similares de Cucurbitáceas como el zucchini en donde el MeJa sí ha resultado eficaz en la reducción del estrés por almacenamiento a bajas temperaturas. Dado que el MeJa redujo significativamente la pérdida de peso con respecto al control, resultaría de interés evaluar en ensayos futuros el mecanismo por el cual se reduce la deshidratación de zapallito redondo, teniendo como hipótesis que el MeJa podría estar implicado en la reducción de la permeabilidad de la cutícula de estos frutos.

En el estudio de la acción del 1-metilciclopropeno en zapallitos, se demostró que su aplicación resultó eficaz para reducir el deterioro tanto en condiciones de almacenamiento refrigerado a 0 como a 10 °C (Capítulo 2). Las mejoras observadas en frutos sugieren que esta hormona se encuentra implicada en el desarrollo de daño por frío. El tratamiento con 1-MCP en forma previa al almacenamiento a 0 °C redujo la incidencia y severidad de las alteraciones por frío como el picado superficial y el amarilleamiento de la piel. Además, el 1-MCP disminuyó la pérdida de peso y el ablandamiento. Por otro lado, indirectamente se demostró que el etileno se encuentra involucrado en el deterioro de estos frutos no climatéricos dado que el 1-MCP retrasó la senescencia de los tejidos conservados a 10 °C. La aplicación de este compuesto retrasó marcadamente la pérdida de calidad de zapallitos durante el almacenamiento. Así los frutos tratados mostraron muy pocos cambios durante todo el período de almacenamiento en contraposición con los controles, en los que el ablandamiento, la deshidratación, la degradación de clorofila y el ataque microbiano fueron evidentes.

*En el Capítulo 3 se estudió el rol de las citoquininas (*n*⁶-bencilaminopurina, BAP) en la calidad de frutos de zapallito redondo almacenados a 5 °C. Los zapallitos no presentaron DF a esta temperatura, lo que sugiere que estos frutos debieran*

almacenarse a 5 °C y no a 10 °C como se recomienda en la literatura. La aspersión con BAP mantuvo en buen estado la apariencia de zapallito redondo, hasta 25 días de almacenamiento bajo refrigeración. A diferencia de lo que se ha descrito en otros frutos y tejidos vegetativos, en los que las citoquininas poseen un rol marcado en el retraso de la degradación de clorofila, en zapallito la aplicación de estos compuestos no modificó los cambios de color superficial. De todos modos, el tratamiento retrasó el ataque de hongos y la pérdida de peso. Llamativamente los frutos tratados retuvieron mejor la firmeza en comparación con los zapallitos control. Esto se confirmó a partir de un estudio bioquímico de pared celular donde se encontró que las citoquininas retrasaron marcadamente la solubilización de pectinas.

Por último, en el **Capítulo 4** se evaluó el proceso de obtención de un producto deshidratado de zapallito redondo y zucchini que pudiera ser de utilidad para reincorporar a la cadena comercial frutos que presentan defectos de forma y tamaño. Se evaluó la posibilidad de realizar un proceso de deshidratación osmótica en forma previa al secado en estufa con el objetivo de reducir los tiempos de exposición al calor y lograr mantener los niveles de compuestos desde el punto de vista nutricional. La realización de tratamientos de DO con soluciones de NaCl (2% p/v) por 120 min redujo el contenido de agua en un 25%. Posteriormente se realizaron cinéticas de secado a 60 °C de zapallitos con o sin previa DO hallando que el tratamiento osmótico contribuyó a reducir el tiempo de secado en estufa un 33%. Los zapallitos con y sin DO presentaron igual aceptabilidad global sabor y carácter de crujiente aunque mostraron un color más oscuro. Los zapallitos sometidos al tratamiento de DO mostraron un incremento en la disponibilidad de antioxidantes carotenoides. Las rodajas de zapallito redondo y zucchini deshidratadas podrían resultar de utilidad tanto como “snacks” así como en preparaciones que requieran rehidratación.

Como corolario, el presente trabajo de tesis permitió ampliar el conocimiento sobre la influencia de reguladores vegetales para complementar la refrigeración y prolongar la vida post-cosecha de frutos de zapallito. El estudio de la influencia de condiciones de proceso sobre la calidad de rodajas de zapallito deshidratado permitió avanzar en el sentido de optimizar estrategias que permitan reincorporar a la cadena comercial frutos que suelen ser descartados para el mercado fresco por alteraciones de forma y tamaño.

VI. REFERENCIAS



- Abano EE, Haile MA, Owusu J, Engmann FN. 2013. Microwave-vacuum drying effect on drying kinetics, lycopene and ascorbic acid content of tomato slices. *Journal of Stored Products and Postharvest Research*. 4, 11-22.
- Abdi N, McGlasson WB, Holford P, Williams M, Mizrahi Y. 1998. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*. 14, 29-39.
- Abeles FB, Morgan PW, Saltveit ME. 1992. Fruit ripening, abscission, and postharvest disorders. En: *Ethylene in plant biology* (2da edición). Academic Press, New York, EEUU. Pp 182.
- Albertini MV, Carcouet E, Pailly O, Gambotti C, Luro F, Berti L. 2006. Changes in organic acids and sugars during early stages of development of acidic and acidless citrus fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54, 8335-8339.
- Alibas I. 2007. Microwave, air and combined microwave–air-drying parameters of pumpkin slices. *LWT - Food Science and Technology*. 40, 1445–1451.
- Alibas. 2012. Determination of vacuum and air drying characteristics of celeriac slices. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 6, 1-13.
- Antognozzi F, Battistelli A, Famiani F, Moscatello S, Stanica F, Tombesi, LA. 1996. Influence of CPPU on carbohydrate accumulation and metabolism in fruits of *Actinidia deliciosa* (a. Chev.). *Scientia Horticulturae*. 65, 37-47.
- AOAC. 1980. *Official Methods of Analysis*, 13th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. pp 359.
- Araújo PM, Fonseca JRL, Magalhães MMA, Medeiros MFD. 2012. Drying of carrots slices with osmotic dehydration. *African Journal of Biotechnology*. 13, 3061-3067.
- Argenta LC, Fan X, Mattheis JP. 2003. Influence of 1-methylcyclopropene on ripening, storage life, and volatile production by d'Anjou cv. pear fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51, 3858-3864.

- Argueso CT, Raines T, Kieber JJ. 2010. Cytokinin signaling and transcriptional networks. *Plant Biology*. 13, 533-539.
- Balandrán-Quintana RR, Mendoza Wilson AM, Álvarez Manilla G, Bergmann C, Vargas Arispuro I, Martínez-Téllez MA. 2002. Effect of pectic oligomers on physiological responses of chilling injury in discs excised from zucchini (*Curcubita pepo* L.). *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 290, 577–584.
- Balandrán-Quintana RR, Mendoza-Wilson AM, Gardea-Béjar AA, Vargas-Arispuro I, Martínez-Téllez MA. 2003. Irreversibility of chilling injury in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.) could be a programmed event long before the visible symptoms are evident. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 307, 553–557.
- Balic I, Moreno A, SanHueza D, Huerta C, Orellana A, Defilippi BG, Campos-Vargas R. 2012. Molecular and physiological study of postharvest rachis browning of table grape cv Red Globe. *Postharvest Biology and Technology*. 72, 47-56.
- Barry CS, Fox EJ, Yen H, Lee S, Ying T, Grierson D, Giovannoni JJ. 2001. Analysis of the ethylene response in the epinastic mutant of tomato. *Plant Physiology* 127, 58-66.
- Barbosa-Cánovas GV, Vega-Mercado H. 2000. *Deshidratación de Alimentos*. Editorial Acibia, S.A. 1ª edición, 1ª impresión. Traducido por Ibarz Ribas A. Zaragoza (España).
- Ben-Arie R, Sonogo L. 1980. Pectolytic enzyme activity involved in woolly breakdown of stored peaches. *Phytochemistry*. 19, 2553–2555.
- Bennett AB, Labavitch JM. 2008. Ethylene and ripening-regulated expression and function of fruit cell wall modifying proteins. *Plant Science*. 175, 130-136.
- Beno-Moualem D, Vinokur Y, Prusky D. 2001. Cytokinins increase epicatechin content and fungal decay resistance in avocado fruits. *Journal of Plant Growth Regulation*. 20, 95–100.

- Berger S. 2002. Jasmonate-related mutants of Arabidopsis as tools for studying stress signaling. *Planta*. 214, 497-504.
- Bermejo A, Cano A. 2012. Analysis of nutritional constituents in twenty citrus cultivars from the mediterranean area at different stages of ripening. *Food and Nutrition Sciences*. 3, 639-650.
- Bernasconi P. 1998. Auxins. En: Taiz L, Zeiger E (Eds.). *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Sunderland, United Kingdom. pp 543–590.
- Beyer EM. 1976. Silver ion, a potent antiethylene agent in cucumber and tomato. *Horticultural Science*. 11, 195-96.
- Biale, JB, Young RE, Olmstead AJ. 1954. Fruit respiration and ethylene production. *Plant Physiology*. 29, 168-174.
- Blankenship SM, Dole JM. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology*. 28, 1-25.
- Blumenkrantz N, Asboe-Hansen G. 1973. New method for quantitative determination of uronic acids. *Analytical Biochemistry*. 54, 484-489.
- Böhm V, Bitsch R. 1999. Intestinal absorption of lycopene from different matrices and interactions to other carotenoids, the lipid status, and the antioxidant capacity of human plasma. *European Journal of Nutrition*. 38, 118–125.
- Bolin HR, Huxsoll CC, Jackson R. 1983. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. *Journal of Food Science and Technology*. 48, 202-205.
- Botha GE, Oliveira JC, Ahrné L. 2012. Quality optimisation of combined osmotic dehydration and microwave assisted air drying of pineapple using constant power emission. *Food and Bioproducts Processing Journal*. 90, 171-179.
- Bottcher C, Harvey K, Forde CG, Boss PK, Davies C. 2011. Auxin treatment of pre-veraison grape (*Vitis vinifera* L.) berries both delays ripening and increases the synchronicity of sugar accumulation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 17, 1–8.
- Bouchereau A, Aziz A, Larher F, Martin-Tanguy J. 1999. Polyamines and environmental challenges: recent development. *Plant Science*. 140, 103-125.

- Browse J. 2005. Jasmonate: an oxylipin signal with many roles in plants. *Vitamins and Hormones*. 72, 431-456.
- Brummell DA, Dal Cin V, Lurie S, Crisosto CH, Labavitch JM. 2004. Cell wall metabolism during the development of chilling injury in cold-stored peach fruit: association of mealiness with arrested disassembly of cell wall pectins. *Journal of Experimental Botany*. 55, 2041-2052.
- Brummell DA. 2006. Cell wall disassembly in ripening fruit. *Functional Plant Biology*. 33, 103–119.
- Budde CO, Polenta G, Pagani A, Gabilondo J, Fussi M, Murray R. 2005. High temperature estrés and exogenous application of methyl jasmonate on peaches. *Acta Horticulturae*. 682, 363–368.
- Burton GW. 1989. Antioxidant action of carotenoids. *Journal of Nutrition*. 119, 109-111.
- Calvo G, Sozzi GO. 2004. Improvement of postharvest storage quality of 'Red Clapp's' pears by treatment with 1-methylcyclopropene at low temperature. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 79, 930–934.
- Candán AP, Graell J, Crisosto C, Larrigaudiere C. 2006. Improvement of storability and shelf-life of 'Blackamber' plums treated with 1-methylcyclopropene. *Food Science and Technology International*. 12, 437-443.
- Candán AP, Graell J, Larrigaudiere C. 2008. Roles of climacteric ethylene in the development of chilling injury in plums. *Postharvest Biology and Technology*. 47, 107-112.
- Cao S, Zheng Y, Wang K, Rui H, Tang S. 2009. Effect of 1-methylcyclopropene treatment on chilling injury, fatty acid and cell wall polysaccharide composition in loquat fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57, 8439-8443.
- Cao S, Cai Y, Yang Z, Zheng Yonghua. 2012. MeJa induces chilling tolerance in loquat fruit by regulating proline and γ -aminobutyric acid contents. *Food Chemistry*. 133, 1466–1470.

- Capell T, Bassie L, Christou P. 2004. Modulation of the polyamine biosynthesis pathway in transgenic rice confers tolerance to drought stress. Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A. 101, 9909-9914.
- Castillo AE, Subovsky MJ, Rodríguez SC, Fernández NN. 2002. Dehydration of vegetables using a solar dryer [Deshidratacion de hortalizas usando un secadero solar]. Información tecnológica. 13, 181-184.
- Cavaiuolo M, Cocetta G, Ferrante A. 2013. The antioxidants changes in ornamental flowers during development and senescence. Antioxidants. 2, 132-155.
- Çelikel FG, Özelkök S, Acican T, Aslim A. 2010. Effect of 1-MCP (1-methylcyclopropene) pretreatment on cold storage of 'Granny Smith' apples. Acta Horticulturae. 877, 339-344.
- Chathuri KBB, Sarananda KH. 2011. Effect of 6-BAP and Sucrose Pulsing on Vase Life of Lotus (*Nelumbo nucifera*). Tropical Agricultural Research Vol. 22, 402-409.
- Chattopadhyay MK, Tiwari BS, Chattopadhyay G, Bose A, Ghosh B. 2002. Protective role of exogenous polyamines on salinity-stressed rice (*Oryza sativa*) plants. Physiologia Plantarum. 116, 192-199.
- Chavan UD, Amarowicz R. 2012. Osmotic dehydration process for preservation of fruits and vegetables. Journal of Food Research. 1, 202-209.
- Chen B, Yang H, 2013. 6-Benzylaminopurine alleviates chilling injury of postharvest cucumber fruit through modulating antioxidant system and energy status. Journal of the Science of Food and Agriculture. 93, 1915-1921.
- Chen WS. 1983. Cytokinins of the developing mango fruit: isolation, identification, and changes in levels during maturation. Plant Physiology. 71, 356-361.
- CHFBA (Censo Hortiflorícola de la Provincia de Buenos Aires. 2005. Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires. Fecha de consulta, febrero de 2015. En: <http://www.ec.gba.gov.ar/estadistica/chfba/result.htm>

- Ciurzyńska A, Lenart A. 2009. Colour changes of freeze-dried strawberries osmotically dehydrated before drying. *Food Technology Operations: New vistas*. pp 217–223.
- Ciurzyńska A, Lenart A. 2011. Freeze-drying – application in food processing and biotechnology – A review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 61, 165-171.
- Clarke SF, Jameson PE, Downs C. 1994. The influence of 6-benzylaminopurine on post-harvest senescence of floral tissues of broccoli (*Brassica oleracea* var *Italica*). *Journal of Plant Growth Regulation*. 14, 21-27.
- Clouse SD, Sasse JM. 1998. Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development. *Annual Review of Plant Physiology*. 49, 427–451.
- Cohen Y, Gisi U, Niderman T. 1993. Local and system protection against phytophthora infestans induced in potato and tomato plants by jasmonic methyl ester. *Phytopathology*. 83, 1054-1062,
- Concellón A, Añón MC, Chaves AR. 2005. Effect of chilling on ethylene production in eggplant fruit. *Food Chemistry*. 92, 63-69.
- Concha CM, Figueroa NE, Poblete LA, Oñate FA, Schwab W, Figueroa CR. 2013. Methyl jasmonate treatment induces changes in fruit ripening by modifying the expression of several ripening genes in *Fragaria chiloensis* fruit. *Plant Physiology and Biochemistry*. 70, 433-444.
- Cornforth JW, Milborrow BV, Ryback G. 1965. Chemistry and physiology of dormins' In Sycamore: Identity of sycamore dormin with Abscisin II. *Nature*. 205, 1269-1270.
- Costa ML, Civello PM, Chaves AR, Martínez GA. 2006. Effect of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20 °C. *Postharvest Biology and Technology*. 35, 191-199.

- Creelman RA, Mullet JE. 1995. Jasmonic acid distribution and action in plants: regulation during development and response to biotic and abiotic stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 92, 4114-4119.
- Creelman RA, Mullet JE. 1997. Biosynthesis and action of jasmonate in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 48, 355–381.
- Cutler SR, Rodriguez PL, Finkelstein RR, Abrams SR. 2010. Abscisic acid: emergence of a core signaling network. *Annual Review of Plant Biology*. 61, 651–679.
- Dal Cin V, Boschetti A, Dorigoni A, Ramina A. 2007. Benzylaminopurine application on two different apple cultivars (*Malus domestica*) displays new and unexpected fruitlet abscission features. *Annals of Botany*. 99, 1195-1202.
- Davies PJ (Ed.). 1995. The plant hormones: Their nature, occurrence, and functions. En: *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Editorial Kluwer. Boston, Massachusetts, EEUU. pp 13–38.
- De Grazia J, Tiftonell PA, Perniola OS, Caruso AC, Chiesa A. 2003. Precocidad y rendimiento en Zapallito Redondo del Tronco (*Cucurbita maxima* var. zapallito (Carr.) Millán) en función de la relación nitrógeno:potasio. *Agricultura Técnica*. ISSN 0365-2807.
- De La Cruz Medina J, Hernández Bautista P, Rebolledo A, Garcia HS. 2007. Efecto de la aplicación de metil-jasmonato sobre la fisiología post-cosecha de piña (*Ananas comosus* Cv. MD-2). V Congreso Iberoamericano de Tecnología Post-cosecha y Agroexportaciones. Cartagena, España. *Actas de Congreso*. 82-91.
- Delauney AJ, Verma DPS. 1993. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. *The Plant Journal*. 4, 215-223.
- Della Rocca P. Secado de alimentos por métodos combinados: Deshidratación osmótica y secado por microondas y aire caliente. [Tesis de maestría en internet]. Director: Dr. Rodolfo H. Mascheroni. C.A.B.A., Buenos Aires, Argentina. 2010. Fecha de consulta, noviembre de 2014. En: <http://posgrado.frba.utn.edu.ar/investigacion/tesis/MTA-2010-Rocca.pdf>

- De Poix A, Rouet-Mayer MA, Philippon J. 1980. Action combine des chlorures et de l'acide ascorbique sur l'inhibition des brunissements enzymatiques d'un broyat de pommes. *LWT - Food Science and Technology*. 14, 105.
- Díaz J, ten Have A, van Kan JAL. 2002. The role of ethylene and wound signaling in resistance of tomato to *Botrytis cinerea*. *Plant Physiology*. 129, 1341-1351.
- Ding J, Chen B, Xia X, Mao W, Shi K, Zhou Y, Yu J. 2013. Cytokinin-induced parthenocarpic fruit development in tomato is partly dependent on enhanced gibberellin and auxin biosynthesis. *PlosOne*. [Publicación electrónica]. doi:10.1371/journal.pone.0070080.
- Dong L, Zhou HW, Sonogo L, Lers A, Lurie S. 2001. Ethylene involvement in the cold storage disorder of 'Flavortop' nectarine. *Postharvest Biology and Technology*. 23, 105–115.
- Dong L, Lurie S, Zhou H. 2002. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of 'Canino' apricots and 'Royal Zee' plums. *Postharvest Biology and Technology*. 24, 135-145.
- Doymaz I. 2007. The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *Journal of Food Engineering*. 79, 243–248.
- Doymaz I, Göl E. 2011. Convective drying characteristics of eggplant slices. *Journal of Food Processing Engineering*. 34, 1234-1252.
- Eissa HA, Bareh GF, Ibrahim AA, Moawad RK, Ali HS. 2013. The effect of different drying methods on the nutrients and non-nutrients composition of zucchini (green squash) rings. *Journal of Applied Sciences Research*. 9, 5380-5389.
- Engelberth J, Alborn HT, Schmelz EA, Tumlinson JH. 2004. Airborne signals prime plants against insect herbivore attack. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 101, 1781–1785.
- Engelberth J. 2010. Capítulo 13. Jasmonates and other fatty acid-derived signaling pathways in the plant defense response. En: *Plant physiology*. Taiz L, Zeiger E (5ta ed.). San Antonio, TX.

- Eng Sánchez F. 2008. Jasmonatos: compuestos de alto valor para la agricultura. Parte I. Actividad biológica y ruta biosintética del ácido jasmónico en plantas. Revista sobre los derivados de la caña de azúcar. 42, 51-59.
- Environmental Protection Agency. 2002. Federal Register. 67, 48796-48800.
- Ergun M, Jeong J, Huber DJ, Cantliffe DJ. 2005. Suppression of ripening and softening of 'Galia' melon fruit by 1-methylcyclopropene applied at pre-ripe or ripe stages of development. Horticultural Science. 40, 170-175.
- Famiani F, Battistelli, A, Moscatello S, Boco M, Antognozzi E. 1999. Thidiazuron affects fruit growth, ripening and quality of *Actinidia deliciosa*. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 74, 375-380.
- Fan X, Mattheis JP, Fellman JK. 1998. Responses of apples to postharvest jasmonate treatments. Journal of the American Society for Horticultural Science. 123, 421-425.
- Fan X, Mattheis JP. 1999a. Impact of 1-methylcyclopropene and methyl jasmonate on apple volatile production. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 47, 847-2853.
- Fan X, Mattheis JP. 1999b. Methyl jasmonate promotes apple fruit degreening independently of ethylene action. HortScience. 34, 310-312.
- Fan X, Mattheis JP, Blankenship S. 1999. Development of apple superficial scald, soft scald, core flush, and greasiness is reduced by MCP. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 47, 3063-3068.
- FAO. 2014. Food losses and waste in the context of sustainable food systems. Fecha de consulta, septiembre de 2014. En: <http://www.fao.org/3/a-i3901e.pdf>
- Faostat. 2014. Fecha de consulta, diciembre de 2014. Última actualización: agosto de 2014. En: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- Felton GW, Workman J, Duffey SS. 1992. Avoidance of antinutritive plant defense: Role of midgut pH in Colorado potato beetle. Journal of Chemical Ecology. 18, 571-583.

- Fernandes FAN, Rodrigues S, Gaspareto OCP, Oliveira EL. 2006. Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying. *Journal of Food Engineering*. 77, 188–193.
- Fito P, Salvatori JD, Barat J, Chiralt A, Andrés A. 1998. Some advances in osmotic dehydration of fruit. *Food Science and Technology International*. 4, 329-338.
- Foote CS, Chang YC, Denny RW. 1970. Chemistry of singlet oxygen X. Carotenoid quenching parallels biological protection. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 92, 5216-5218.
- Fujioka S, Yokota T. 2003. Biosynthesis and metabolism of brassinosteroids. *Annual Review of Plant Biology*. 54, 137-164.
- Gan SS, Amasino RM. 1996. Cytokinins in plant senescence: from spray and pray to clone and play. *Bioessays*. 18, 557–565.
- García Muñoz MC, Riaño Luna CE. 1996. Influencia de algunas variables sobre el proceso de deshidratación osmótica de mango, banano y aguacate. *Cenicafé*. 48, 109-119.
- Gartner C, Stahl W, Sies H. 1997. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *American Journal of Clinical Nutrition*. 66, 116–122.
- Golding B, Shearer D, Wyllie SG, McGlasson WB. 1998. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 14, 87-98.
- Gómez-Lobato ME, Civello PM, Martínez GA. 2012. Effects of ethylene, cytokinin and physical treatments on BoPaO gene expression of harvested broccoli. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92, 151-158.
- González-Aguilar GA, Fortiz J, Cruz R, Baez R, Wang CY. 2000. Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintains postharvest quality of mango fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48, 515–519.

- González-Aguilar GA, Buta JG and Wang CY. 2001. Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of 'Kent' mangoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81, 1244–1249.
- González-Aguilar GA, Buta JG, Wang CY. 2003. Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya 'Sunrise'. *Postharvest Biology and Technology*. 28, 361–370.
- González-Aguilar GA, Tiznado-Hernández ME, Zavaleta-Gatica R, Martínez-Téllez MA. 2004. Methyl jasmonate treatments reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 313, 694–701.
- Gualanduzzi S, Baraldi E, Braschi I, Carnevali F, Gessa CE, De Santis A. 2009. Respiration, hydrogen peroxide levels and antioxidant enzyme activities during cold storage of zucchini squash fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 52, 16–23.
- Hatton TT. 1990. Reduction of chilling injury with temperature manipulation. En: Wang CY (Ed.). *Chilling Injury of Horticultural Crops*, CRC Press, Boca Raton, FL. p. 269-280.
- Hawkes J, Flink JM. 1978. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2, 265-284.
- Heredia A, Peinado I, Barrera C, Grau AA. 2009. Influence of process variables on colour changes, carotenoids retention and cellular tissue alteration of cherry tomato during osmotic dehydration. *Journal of Food Composition and Analysis*. 22, 285-294.
- HersHKovitz V, Saguy SI, Pesis E. 2005. Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars. *Postharvest Biology and Technology*. 37, 252-264.
- Hooda S, Kawatra A. 2013. Nutritional evaluation of baby corn (*Zea mays*). *Nutrition & Food Science*. 43, 68-73.

- Hossain MA, Munemasa S, Uraji M, Nakamura Y, Mori IC, Murata Y. 2011. Involvement of endogenous abscisic acid in methyl jasmonate-induced stomatal closure in Arabidopsis. *Plant Physiology*. 156, 430-438.
- Huang L, Zang M. 2012. Trends in development of dried vegetable products as snacks. *Drying Technology*. 30, 448-461.
- Huber DJ. 2008. Suppression of ethylene responses through application of 1-methylcyclopropene: A powerful tool for elucidating ripening and senescence mechanisms in climacteric and non-climacteric fruits and vegetables. *Horticultural Science*. 43, 106-111.
- Hui YH, Clary C, Farid MM, Fasina OO, Noomhorm A, Welti-Chanes J (Eds). 2008. *Food Drying, Science and Technology*. USA: DEStech Publications. 792 p. ISBN: 1932078568.
- Hurr BM, Huber DJ, Vallejos CE. 2010. Features of programmed cell death precede watersoaking development in ethylene-treated immature cucumber fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 58, 13–20.
- Hwang I, Sheen J, Muller B. 2012. Cytokinin signaling networks. *Annual Review of Plant Biology*. 63, 353-380.
- INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). Censo nacional agropecuario 2002 (CNA 02). Fecha de consulta, noviembre de 2014. Última actualización: abril de 2005. En: http://www.indec.mecon.gov.ar/agropecuario/cna_defini2.asp
- Izumi H, Watada AE, Douglas W. 1996. Low O₂ atmospheres affect storage quality of zucchini squash slices treated with calcium. *Journal of Food Science*. 61, 317-321.
- Jacob K, Garcia-Alonso FJ, Ros G, Periago MJ. 2010. Stability of carotenoids, phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant capacity of tomatoes during thermal processing. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 60, 192-198.
- Jangam SV, Law CL, Mujumdar AS (Eds.). 2010. Basic concepts and definitions. En: *Drying of Foods, Vegetables and Fruits*. Mechanical Engineering Department y M3TC National University of Singapore, Singapur. 1, 1-30.

- Jarayaman KS, Das Gupta DK. 1992. Dehydration of fruits and vegetables: recent developments in principles and techniques. *Drying Technology*. 10, 1-50.
- Jeong J, Huber DJ, Sargent SA. 2002. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 2, 241-364.
- Jiang Y, Fu J. 1998. Effect of postharvest treatment with N⁶-benzyladenine on quality of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. *Tropical Science*. 38, 161-164.
- Jin P, Zhu H, Wang J, Chen J, Wang X, Zheng Y. 2013. Effect of methyl jasmonate on energy metabolism in peach fruit during chilling stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 93, 1827-1832.
- Jiyoung O. Growth regulator effects on watermelon chilling resistance, flowering, and fruiting. [Tesis de maestría en internet]. Director: Dr. Wehner TC. Raleigh, North Carolina. 2008. Fecha de consulta: febrero de 2015. En: http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/growth-regulator-effects-on-watermelon-chilling-resistance-flowering-and-fruiting/id/50923077.html
- Joshi APK, Rupasinghe HPV, Khanizadeh S. 2011. Impact of drying processes on bioactive phenolics, vitamin C and antioxidant capacity of red-fleshed apple slices. *Journal of Food Processing and Preservation*. 35, 453-457.
- Kader AA. 1985. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. *Horticultural Science*. 20, 54-57.
- Kader AA. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*. 40, 99-104.
- Kader AA (Ed.). 2002. *Postharvest technology of horticultural crops*, 3ra edición. University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, p535.
- Kader AA. 2007. *Tecnología post-cosecha de cultivos hortofrutícolas*, 3ra edición. 16, 185.

- Kar M, Mishra D. 1976. Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase activities during rice leaf. *Plant Physiology*. 57, 315-319.
- Kaymak-Ertekin F., Sultanoglu M. 2000. Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. *Journal of Food Engineering*. 46, 243-250.
- Kays SJ, Beaudry RM. 1987. Techniques for inducing ethylene effects. *Acta Horticulturae*. 201, 77-116.
- Kinnersley AM, Lin F. 2000a. Receptor modifiers indicate that 4-aminobutyric acid (GABA) is a potential modulator of ion transport in plants. *Journal of Plant Growth Regulation*. 32, 65–76.
- Kinnersley AM, Turano FJ. 2000b. Gamma aminobutyric acid (GABA) and plant responses to stress. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences*. 19, 479–509. -
- Kilcher, MR. 1981. Plant development, stage of maturity and nutrient composition. *Journal of Range Management Archives*. 34, 363-364.
- Kramer GF, Wang CY. 1989. Correlation of reduced chilling injury with increased spermine and spermidine levels en zucchini. *Physiologia Plantarum*. 76, 479-484.
- Krinsky NI. 1989. Antioxidant functions of carotenoids. *Free Radical Biology and Medicine*. 7, 617-635.
- Kumar V, Parvatam G, Ravishankar GA. 2009. AgNO₃ - a potential regulator of ethylene activity and plant growth modulator. *Electronic Journal of Biotechnology*. 12, pp 15.
- Kuznetsov VV, Shevyakova NI. 2007. Polyamines and stress tolerance of plants. *Plant Stress*. 1-71.
- Lafuente MT, Sala JM, Zacarías L. 2004. Active oxygen detoxifying enzymes and phenylalanine ammonia-lyase in the ethylene-induced chilling tolerance in citrus fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52, 3606-3611.
- Lalel, HJD, Singh Z, Tan SC. 2003. The role of methyl jasmonate in mango ripening and biosynthesis of aroma volatile compounds. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 78, 470–484.

- Lee L, Arul J, Lenckit R, Castaigne F. 1995. A review on modified atmosphere packaging and preservation of fresh fruits and vegetables: physiological basis and practical aspects-Part I. *Packaging Technology and Science*. 8, 315-331.
- Lee L, Arul J, Lenckit R, Castaigne F. 1996. A review on modified atmosphere packaging and preservation of fresh fruits and vegetables: physiological basis and practical aspects-Part II. *Packaging Technology and Science*. 9, 1-17.
- Lee SK, Kader AA. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*. 20, 207-220.
- Lee JS, Lim LS. 2011. Osmo-dehydration pretreatment for drying of pumpkin slice. *International Food Research Journal* 18, 1223-1230.
- Lelièvre JM, Latche A, Jones B, Bouzayen M, Pech JC. 1997. Ethylene and fruit ripening. *Physiologia Plantarum*. 101, 727-739.
- Li J, Chory J. 1998. Brassinosteroid actions in plants. *Journal of Experimental Botany* 50, 275-282.
- Lichtenthaler HK. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*. 148, 350–382.
- Lima LCO, Hurr BM, Huber DJ. 2005. Deterioration of beet alpha and slicing cucumbers (*Cucumis sativus* L.) during storage in ethylene or air: Responses to suppression of ethylene perception and parallels to natural senescence. *Postharvest Biology and Technology*. 37, 265–276.
- Liu WC, Carns HR. 1961. Isolation of abscisin, an abscission accelerating substance. *Science*. 134, 384-385.
- Lombard GE, Oliveira JC, Fito P, Andrés A. 2008. Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *Journal of Food Engineering*. 85, 277–284.
- Lucera A, Costa C, Mastromatteo M, Conte A, Del Nobile MA. 2010. Influence of different packaging systems on fresh-cut zucchini (*Cucurbita pepo*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11, 361–368.

- Lück E (Ed.), Jager M. 2000. Conservación química de los alimentos: Características, usos, efectos. Editorial Acirbia, S.A. 2ª edición. Traducido por Barrado AM. Zaragoza (España). 2000. 46–98.
- Ludford PM. 1987. Plant hormones and their role in plant growth and development. En: Davies PJ (Ed.). Plant Hormones and their Role in Plant Growth and Development. Ithaca, New York, EEUU. Book part: E, 574-592.
- Lund ST, Stall RE, Klee HJ. 1998. Ethylene regulates the susceptible response to pathogen infection in tomato. *Plant Cell*. 10, 371-382.
- Lurie S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biology and Technology*. 14, 257-269.
- Lurie S, Crisosto C. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biology and Technology*. 37, 195-208.
- Manganaris GA, Vicente AR, Crisosto CH, Labavitch, JML. 2007. Effect of dips in a 1-methylcyclopropene-generating solution on ‘Harrow Sun’ plums stored under different temperature regimes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55, 715-720.
- Manganaris GA, Vicente, AR, Crisosto CH, Labavitch JM. 2008. Effect of delayed storage and continuous ethylene exposure on flesh reddening of ‘Royal Diamond’ plums. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88, 2180-2185.
- Manning K. 1993. Soft fruits. En Seymour GB, Taylor JE, Tucker GA (Eds.), *Biochemistry of Fruit Ripening*, Chapman and Hall, Cambridge, UK. pp 347–373.
- Mao L, Karakurt Y, Huber DJ. 2004. Incidence of water-soaking and phospholipid catabolism in ripe watermelon (*Citrullus lanatus*) fruit: Induction by ethylene and prophylactic effects of 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*. 33, 1–9.
- Marangoni AG, Palma TDW. 1996. Membrane effects in postharvest physiology. *Postharvest Biology and Technology*. 7, 193-217.

- Martínez-Téllez MA, Ramos-Clamont MG, Gardea AA, Vargas-Arispuro I. 2002. Effect of infiltrated polyamines on polygalacturonase activity and chilling injury responses in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.). Biochemical and Biophysical Research Communication. 295, 98–101.
- Massolo JF, Concellón A, Chaves AR, Vicente AR. 2011. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) delays senescence, maintains quality and reduces browning of non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. Postharvest Biology and Technology. 59, 10-15.
- Mauro MA, Tavares DD, Menegalli FC. 2002. Behavior of plant tissue in osmotic solutions. Journal of Food Engineering. 56, 1–15.
- Mayor L, Pissarra J, Sereno AM. 2008. Microstructural changes during osmotic dehydration of parenchymatic pumpkin tissue. Journal of Food Engineering. 85, 326-339.
- Mayor L, Moreira R, Sereno AM. 2011. Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) fruits. Journal of Food Engineering. 103, 29–37.
- Mazza G. 1983. Dehydration of carrots. Effects of pre-drying treatments on moisture transport and product quality. Journal of Food Technology. 18,113-123.
- Mazzeo Meneses MH, Agaton LL, Hernández HA, Guapacha HJ. 2006. Deshidratación osmótica de arveja (*Pisum sativum* L.) y habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizando soluciones de glicerol y cloruro de sodio. Vector. 1, 9-28.
- McAtee P, Karim S, Schaffer R and David K. 2013. A dynamic interplay between phytohormones is required for fruit development, maturation, and ripening. Frontiers in Plant Science. 4-79.
- McGuire RG. 1992. Reporting of objective color measurements. Horticultural Science. 27, 1254-1255.

- Meyer R, Rautenbach GF, Dubery IA. 2003. Identification and quantification of methyl jasmonate in leaf volatiles of *Arabidopsis thaliana* using solid-phase microextraction in combination with gas chromatography and mass spectrometry. *Phytochemical Analysis*. 14, 155–159.
- Millán R. 1945. Variaciones del zapallito amargo *Cucurbita andreana* y el origen de *Cucurbita maxima*, *Revista Argentina de Agronomía*. 12, 86-93.
- Millán R. 1947. Los zapallitos de tronco de Sudamérica extratropical. *Darwiniana*. 7, 333-345.
- Miller WR, Chun D, Risse LA, Hatton TT, Hirsch RT. 1990. Conditioning of Florida grapefruit to reduce peel stress during low-temperature storage. *Horticultural Science*. 25, 209-211.
- Miñana FM, Primo Millo E, Primo Millo J. 1989. Endogenous cytokinins in developing fruits of seeded and seedless citrus cultivars. *Journal of Experimental Botany*. 40, 1127-1134.
- Mirdehghan SH, Ghotbi F. 2014. Effects of salicylic acid, jasmonic acid, and calcium chloride on reducing chilling injury of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 16, 163-173.
- Moggia C, Moya-León MA, Pereira M, Yuri JA, Lobos GA. 2010. Effect of DPA and 1-MCP on chemical compounds related to superficial scald of Granny Smith apples. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 8, 178-187.
- Mujumdar AS (Ed.). 2007. *Handbook of Industrial Drying*, 3ra edición. Chemical Rubber Company (CRC) Press, Boca Raton, Florida, EEUU.
- Mujumdar AS, Wu Z. 2008. Thermal drying technologies-Cost-effective innovation aided by mathematical modeling approach. *Drying Technology*. 26, 146-154.
- Mullins ED, McCollum TG, McDonald RE. 2000. Consequences on ethylene metabolism of inactivating the ethylene receptor sites in diseased non-climacteric fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 19, 155-164.

- Nawirska A, Figiel A, Kucharska AZ, Sokół-Łętowska A, Biesiada A. 2009. Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods. *Journal of Food Engineering*. 94, 14-20.
- Nickell LG. 1986. The effect of N-(2-chloro-4-pyridyl)-N-phenylurea on grapes and other crops. *Proceedings in Plant Growth Regulation Society of America*. 13, 236-241.
- Nsonzi F, Ramaswamy HS. 1998. Osmotic dehydration kinetics of blueberries. *Drying Technology*. 16, 725–741.
- Ogata R, Saito T, Oshima K. 1988. Effect of N-phenyl-N'-(4-pyridyl) urea (4-pu) on fruit size: Apple, Japanese pear, grapevine, and kiwi fruit. *Acta Horticulturae*. 239, 395-398.
- Okhuma K, Lyon JL, Addicott FT, Smith OE. 1963. Abscisin II, an abscission-accelerating substance from young cotton fruit. *Science*. 142, 1592-1593.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2004. Estrategia Mundial de la Organización Mundial de la Salud sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud. Fecha de consulta: diciembre de 2014. En: http://www.who.int/dietphysicalactivity/strategy/eb11344/strategy_spanish_web.pdf
- Overmyer K, Tuominen H, Kettunen R, Betz C, Langebartels C, Sandermann H Jr, Kangasjarvi J. 2000. Ozone-sensitive Arabidopsis rcd1 mutant reveals opposite roles for ethylene and jasmonate signaling pathways in regulating superoxide-dependent cell death. *Plant Cell*. 12, 1849-1862.
- Pailly O, Ison G, Amouroux A. 2004. Harvest time and storage conditions of 'star ruby' grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) for short distance consumption. *Postharvest Biology and Technology*. 34, 65-73.
- Palozza P, Krinsky NI. 1992. Antioxidant effects of carotenoids in vivo and in vitro: An overview. *Methods in Enzymology*. 213, 403-420.

- Paltrinieri G, Figuerola F, Rojas L. Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala. [Libro en internet]. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 1993. pp 190. Fecha de consulta: diciembre de 2014. En: <http://www.fao.org/docrep/x5062s/x5062S00.htm#Contents>
- Parthasarathy VA, Barua A, Nagaraju V, Parthasarathy UU. 2002. Effect of cytokinins on morphological, physiological and biochemical characteristics of shoots of citrus *in vitro*. *Journal of Plant Growth Regulation*. 20, 95-100.
- Pech JC, Bouzayen M, Latché A. 2008. Climacteric fruit ripening: Ethylene-dependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit. *Plant Science*. 175, 114-120.
- Pękosławska A, Lenart A. 2009. Osmotic dehydration of pumpkin in starch syrup. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 17, 107-113.
- Peleg Z, Blumwald E. 2011. Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. *Current Opinion in Plant Biology*. 14, 290–295.
- Pesis E, Ackerman M, Ben-Arie R, Feygenberg O, Feng X, Apelbaum A, Goren R, Prusky D. 2002. Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*. 24, 171–181.
- Petri JL, Leite GB, Basso C. 2006. Chemical thinning of 'Fuji' apples growing in a mild winter climate. *Acta Horticulturae*. 727, 429-436.
- Pilkington SM, Montefiori M, Galer AL, Neil Emery RJ, Allan AC, Jameson PE. 2013. Endogenous cytokinin in developing kiwifruit is implicated in maintaining fruit flesh chlorophyll levels. *Annals of Botany*. 112, 57-68.
- Popper ZA, Fry SC. 2005. Widespread occurrence of a covalent linkage between xyloglucan and acidic polysaccharides in suspension-cultured angiosperm cells. *Annals of Botany*. 96, 91–99.
- Prabuthas P, Srivastav PP, Mishra HN. 2009. Optimization of pigment extraction from *Spirulina platensis* var. *Ionor* biomass. *Seaweed Res Util*. 31, 117-125.

- Purvis AC, Barmore CR. 1981. Involvement of ethylene in chlorophyll degradation in peel of citrus fruit. *Plant Physiology*. 68, 854-856.
- Queiroz C, Mendes Lopes M, Fialho E, Valente-Mesquita V. 2008. Polyphenol oxidase: characteristics and mechanisms of browning control. *Food Reviews International*. 24, 361-375.
- Raban E, Kaplunov T, Zutahy Y, Daus A, Alchanatis V. 2013. Rachis browning in four table grape cultivars as affected by growth regulators or packaging. *Postharvest Biology and Technology*. 84, 88-95.
- Raghavendra AS, Reddy KB. 1987. Action of proline on stomata differs from that of abscisic acid, G-substances or methyl jasmonate. *Plant Physiology*. 44, 691-695.
- Rahman MDS, Lamb J. 1991. Air drying behaviour of fresh and osmotically dehydrated pineapple. *Journal of Food Engineering*. 14, 163-171.
- Raoult-Wack AL. 1994. Recent advances in the osmotic dehydration of fruits. *Journal of Food Science and Technology*. 5, 255-260.
- Ratti C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*. 49, 311–319.
- Ratti C (Ed.). 2008. *Advances in food dehydration*. Chemical Rubber Company (CRC) Press, Taylor and Francis Group. 467 p. ISBN: 9781420052527.
- Raven PH, Evert RF, Eichhorn SE. 1999. *Biology of Plants*, 6^{ta} edición. W.H. Freeman and Company. New York, EEUU.
- Reis RC, Castro VC, Devilla IA, Oliveira CA; Barbosa LS, Rodovalho R. 2013. Effect of drying temperature on the nutritional and antioxidant qualities of cumari peppers from Pará (*Capsicum chinense* Jacqui). *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 30, 337-343.
- Revaskar VA, Pisalkar PS, Pathare PB, Sharma GP. 2014. Dehydration kinetics of onion slices in osmotic and air convective drying process. *Research in Agricultural Engineering*. 60, 92–99.

- Rickman JC, Bruhn CM, Barrett DM. 2007. Nutritional comparison of fresh, frozen, and canned fruits and vegetables II. Vitamin A and carotenoids, vitamin E, minerals and fiber. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87, 1185–1196.
- Rikin A, Atsmon D, Gitler C. 1979. Chilling injury in cotton: Prevention by abscisic acid. *Plant Cell Physiology*. 20, 1537-1546.
- Robbins JA, Reid MS, Paul JL, Rost TL. 1985. The effect of ethylene on adventitious root formation in mung bean (*Vigna radiata*) cuttings. *Journal of Plant Growth Regulation*. 4, 147–157.
- Robertson D, Wojtaszek P, Bolwell P. 1999. Stimulation of cell wall biosynthesis and structural changes in response to cytokinin- and elicitor-treatments of suspension-cultured *Phaseolus vulgaris* cells. *Plant Physiology and Biochemistry*. 37, 611–621.
- Robinson RW, Decker-Walters DS. 1997. Cucurbits. National Library of Australia. pp 226.
- Rodoni L, Feuring V, Zaro M, Sozzi G, Vicente A, Arena M. 2014. Ethylene responses and quality of antioxidant-rich stored barberry fruit (*Berberis microphylla*). *Scientia Horticulturae*. 179, 233–238.
- Rodriguez-Amaya DB. 2001. A guide to carotenoid analysis in foods. [Monografía en internet]. International Life Science Institute (ILSI) Press. Washington D. C., EEUU. pp 64. Fecha de consulta: febrero de 2015. En: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACQ929.pdf
- Rohwer CL, Erwin JE. 2008. Horticultural applications of jasmonates: A review. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 83, 283–304.
- Rojo E, Solano R, Sanchez-Serrano JJ. 2003. Interactions between signaling compounds involved in plant defense. *Journal of Plant Growth Regulation*. 22, 82-98.

- Russell RM. 2001. Lycopene and Lutein: the next steps to the mixed carotenoids. En: Kramer K, Hoppe PP, Packer L (Eds). *Nutraceuticals in Health and Disease Prevention*. Marcel Dekker, Inc., NY, EEUU. pp 23–43.
- Sabban-Amin R, Feygenberg O, Belausov E, Pesis E. 2011. Low oxygen and 1-MCP pretreatments delay superficial scald development by reducing reactive oxygen species (ROS) accumulation in stored ‘Granny Smith’ apples. *Postharvest Biology and Technology*. 62, 295–304.
- Sablani SS. 2006a. Drying of fruits and vegetables: Retention of nutritional/functional quality. *Drying Technology*. 24, 428-432.
- Sablani SS. 2006b. Food quality attributes in drying. *Stewart Postharvest Review*. 2, 1-5.
- Saftner R, Luo Y, McEvoy J, Abbott JA, Vinyard B. 2007. Quality characteristics of fresh-cut watermelon slices from non-treated and 1-methylcyclopropene- and/or ethylene-treated whole fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 44, 71-79.
- Sagar VR, Suresh Kumar P. 2010. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*. 47, 15–26.
- Saltveit ME, Morris LL. 1990. Overview on chilling injury of horticultural crops. En: *Chilling injury of horticultural crops*. Wang CY (Editor). CRC Press, Boca Raton, FL, EEUU. pp 3-15.
- Saltveit ME. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*. 15, 279-292.
- Sanz LC, Fernández-Maculet JC, Gómez E, Vioque B, Oliast JM. 1993. Effect of methyl jasmonate on ethylene biosynthesis and stomatal closure in olive leaves *Phytochemistry*. 33, 285-289.
- Satler SO, Thimann KV. 1981. Le jasmonate de méthyle: nouveau et puissant promoteur de la senescence des feuilles. *Proceedings of the Academy of Sciences. Series III*. 293, 735-740.

- Sayyari M, Castillo S, Valero D, Díaz-Mula HM, Serrano M. 2011. Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*. 60, 136-142.
- Schröder M, Link H, Bangerth KF. 2012. Correlative polar auxin transport to explain the thinning mode of action of benzyladenine on apple. *Scientia Horticulturae*. 153, 84-92.
- Schuber F. 1989. Influence of polyamines on membrane functions. *Biochemical Journal*. 260, 1-10.
- Selvarajah S, Bauchot AD, John P. 2001. Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*. 23, 167-170.
- Senaratna T, Mackay CE, McKersie BD, Fletcher RA. 1988. Uniconazole-induced chilling tolerance in tomato and its relationship to antioxidant content. *Journal of Plant Physiology*. 133, 779-782.
- Serek M, Reid MS, Sisler EC. 1994. A volatile ethylene inhibitor improves the postharvest life of potted roses. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 119, 572-577.
- Serenó AM, Hubinger MD, Comesana JF, Correa A. 2001. Prediction of water activity of osmotic solution. *Journal of Food Engineering*. 49, 103–114.
- Serrano M, Pretel MT, Martínez-Madrid MC, Romojaro F, Riquelme F. 1998. CO₂ treatment of zucchini squash reduces chilling-induced physiological changes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46, 2465-2468.
- Sevillano L, Sanchez-Ballesta MT, Romojaro F, Flores FB. 2009. Physiological, hormonal and molecular mechanisms regulating chilling injury in horticultural species. Postharvest technologies applied to reduce its impact. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89, 555-573.

- Shaham Z, Lers A, Lurie S. 2003. Effect of heat or 1-methylcyclopropene on antioxidative enzyme activities and antioxidants in apples in relation to superficial scald development. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 128, 761-766.
- Shelp BJ, Bown AL, Faure D. 2006. Extracellular γ -Aminobutyrate Mediates Communication between Plants and Other Organisms. *Plant Physiology*. 142, 1350–1352.
- Shen WY, Nada K, Tachibana S. 2000. Involvement of polyamines in the chilling tolerance of cucumber cultivars. *Plant Physiology*. 124, 431-439.
- Siboza XI, Bower JP, Bertling I. 2012. Effect of methyl jasmonate and salicylic acid on chilling injury of 'Eureka' lemons. *Acta Horticulturae*. 928, 395-402.
- Singh SP, Pala RK. 2008. Response of climacteric-type guava (*Psidium guajava* L.) to postharvest treatment with 1-MCP. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47, 307–314.
- Singh B, Panesar PS, Nanda V. 2008. Osmotic dehydration kinetics of carrot cubes in sodium chloride solution. *International Journal of Food Science and Technology*. 43, 1361-1370.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 299, 152-178.
- Sisler EC, Serek M. 1999. Compounds controlling the ethylene receptor. *Botanical Bulletin- Academia Sinica*. 40, 1-7.
- Sisler EC, Serek M. 2003. Compounds interacting with the ethylene receptor in plants. *Plant Biology*. 5, 473–480.
- Sisler EC. 2006. The discovery and development of compounds counteracting ethylene at the receptor level. *Biotechnology Advances*. 24, 357–367.

- Soares Chaves AL, Mello-Farias PC. 2006. Ethylene and fruit ripening: from illumination gas to the control of gene expression, more than a century of discoveries. *Genetics and Molecular Biology*. 29, 508-515.
- Stem R, Ben-Arie R, Ginzberg I. 2013. Reducing the incidence of calyx cracking in 'Pink Lady' apple using a combination of cytokinin (6-benzyladenine) and gibberellins (GA4+7). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 88, 147-153.
- Stewart I, Wheaton TA. 1972. Carotenoids in citrus: Their accumulation induced by ethylene. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 20, 448-449.
- Suslow TV. 2013. Sandía: recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. En: http://postharvest.ucdavis.edu/frutasy_melones/Sandía/. Última actualización: 29 de agosto, 2013.
- Suslow TV, Cantwell M. 2013a. Cucumber: recommendations for maintaining postharvest quality. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/Cucumber/>. Última actualización: 7 de noviembre, 2013.
- Suslow TV, Cantwell M. 2013b. Pumpkin & winter squash: recommendations for maintaining postharvest quality. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/PumpkinWinterSquash/>. Última actualización: 28 de septiembre, 2014.
- Suslow TV, Cantwell M. 2013c. Squash (soft rind): recommendations for maintaining postharvest quality. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/Squash/>. Última actualización: 6 de junio, 2013.
- Suslow TV, Cantwell M, Mitchell J. 2013a. Cantaloupe: recommendations for maintaining postharvest quality. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/PFfruits/Cantaloupe/>. Última actualización: 12 de diciembre, 2013.
- Suslow TV, Cantwell M, Mitchell J. 2013b. Honeydew: recommendations for maintaining postharvest quality. En:

- <http://postharvest.ucdavis.edu/PFfruits/Honeydew/>. Última actualización: 18 de diciembre, 2013.-Taiz L, Zeiger E. 1998. Auxins. En: Plant Physiology, 2da edición. Sinauer Associates. EEUU. pp. 757.
- Tavakolipour H, Mokhtarian M, Kalbasi-Ashtari A. 2014. Intelligent monitoring of zucchini drying process based on Fuzzy Expert Engine and ANN. Journal of Food Process Engineering. 37, 474-481.
- Teferi Z, Workneh TS, Woldetsadik K. 2013. Thin-layer drying of pumpkin fruit slices. Advanced Materials Research. 824, 283-292.
- Tian MS, Prakash S, Elgar HJ, Young H, Burmeister DM, Ross GS. 2000. Responses of strawberry fruit to 1-methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene. Plant Growth Regulation. 32, 83-90.
- Torreggiani D. 1993. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. Food Research International. 26, 59-68.
- Tortoe C. 2010. A review of osmodehydration for food industry. African Journal of Food Science. 4, 303-324.
- Tsantili E, Rekoumi K, Roussos PA, Pontikis C. 2002. Effects of postharvest treatment with N⁶-benzyladenine on green olive fruit. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 77, 294-299.
- USDA (United States Department of Agriculture) Nutrition Data Base. Fecha de consulta: enero de 2015. En: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2968>
- USDA (United States Department of Agriculture) Nutrition Data Base. Fecha de consulta: febrero de 2015. En: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3324>
- van Deusch AW, Mitchell CD, Williams CE, Dutt K, Silvestrov NA, Klement BJ, Abukhalaf IK, van Deusch DA. 2005. Polyamines protect against radiation-induced oxidative stress. Gravitational and Space Biology Bulletin. 18, 109-110.
- Vicente AR, Powell A, Greve LC, Labavitch JM. 2007a. Cell wall disassembly events in boysenberry (*Rubus idaeus* L. × *Rubus ursinus* Cham. y Schldl.) fruit development. Functional Plant Biology. 34, 614–623.

- Vicente AR, Saladie M, Rose JKC, Labavitch JM. 2007b. The linkage between cell wall metabolism and fruit softening: looking to the future. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87, 1435–1448.
- Wagstaff C, Yang TJW, Stead AD, Buchanan-Wollaston V, Roberts JA. 2009. A molecular and structural characterization of senescing *Arabidopsis* siliques and comparison of transcriptional profiles with senescing petals and leaves. *The Plant Journal*. 57, 690-705.
- Wang CY, Baker JE. 1979. Effects of two free radical scavengers and intermittent warming on chilling injury and polar lipid composition of cucumber and sweet pepper fruits. *Plant and Cell Physiology*. 20, 243-251.
- Wang CY. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. *Horticultural Science*. 17, 173-181.
- Wang CY. 1991. Effect of abscisic acid on chilling injury of zucchini squash. *Journal of Plant Growth Regulation*. 10, 101-105.
- Wang CY. 1993. Relation of chilling stress to polyamines in zucchini squash. *Acta Horticulturae*. 343, 288-289.
- Wang CY, Buta JG. 1994. Methyl jasmonate reduces chilling injury in *Cucurbita pepo* through its regulation of abscisic acid and polyamine levels. *Environmental and Experimental Botany*. 34, 427-432.
- Wang CY. 1995. Effect of temperature preconditioning on catalase, peroxidase, and superoxide dismutase in chilled zucchini squash. *Postharvest Biology and Technology*. 5, 67-76.
- Wang CY. 1996. Temperature preconditioning affects ascorbate antioxidant system in chilled zucchini squash. *Postharvest Biology and Technology*. 8, 29-36.
- Wang CY, Buta JG. 1999. Methyl jasmonate improves quality of stored zucchini squash. *Journal of Food Quality*. 22, 663-670.
- Wang CY. 2000. Postharvest techniques for reducing low temperature injury in chilling-sensitive commodities. En: *Improving postharvest technologies of fruits,*

- vegetables and ornamentals. Artés F, Gil MI, Conesa MA (Eds). International institute of refrigeration. Murcia (España). 2, 467-471.
- Wang J, Wang JS, Yu Y. 2007. Microwave drying characteristics and dried quality of pumpkin. *International Journal of Food Science & Technology*. 42, 148–156.
- Wang Y, Wang Y, Ji K, Dai S, Hu Y, Sun L, Li Q, Chen P, Sun Y, Duan C, Wu Y, Luo H, Zhang D, Guo Y, Leng P. 2013. The role of abscisic acid in regulating cucumber fruit development and ripening and its transcriptional regulation. *Plant Physiology and Biochemistry*. 64, 70-79.
- Wagstaff C, Yang TJW, Stead AD, Buchanan-Wollaston V, Roberts JA. 2009. A molecular and structural characterization of senescing *Arabidopsis* siliques and comparison of transcriptional profiles with senescing petals and leaves. *The Plant Journal*. 57, 690-705.
- Wasternack C. 2006. Oxylipins: biosynthesis, signal transduction and action. En: *Plant Hormone Signaling*. Blackwell. Oxford, United Kingdom. pp 185-222.
- Watkins CB. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances*. 24, 389-409.
- Whitaker BD, Wang CY. 1987. Effect of paclobutrazol and chilling on leaf membrane lipids in cucumber seedlings. *Physiologia Plantarum*. 70, 404-411.
- Wien HC. 1997. *The physiology of vegetable crops*. CABI publishing. Wallingford, United Kingdom. pp 672.
- Wittstock U, Gershenzon J. 2002. Constitutive plant toxins and their role in plant defense. *Current Opinion in Plant Biology*. 5, 300–307.
- Yemm, EW, Willis AJ. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochem. J*. 57, 508–514.
- Zaro MJ, Keunchkarian S, Chaves AR, Vicente AR, Concellón A. 2014. Changes in bioactive compounds and response to postharvest storage conditions in purple eggplants as affected by fruit developmental stage. *Postharvest Biology and Technology*. 96, 110–117.

- Zaro MJ. Análisis de factores que afectan la acumulación, distribución y estabilidad de antioxidantes de naturaleza fenólica en berenjena (*Solanum melongena* L.). [Tesis doctoral]. Director: Dra. Concellón A. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 2014.
- Zhang W, Jiang B, Li W, Song H, Yu Y, Chen J. 2009. Polyamines enhance chilling tolerance of cucumber (*Cucumis sativus* L.) through modulating antioxidative system. *Scientia Horticulturae*. 122, 200-208.
- Zhang X, Zhang Z, Li J, Wu L, Guo J, Ouyang L, Xia Y, Huang X, Pang X. 2011. Correlation of leaf senescence and gene expression/activities of chlorophyll degradation enzymes in harvested Chinese flowering cabbage (*Brassica rapa* var. *parachinensis*). *Journal of Plant Physiology*. 168, 2081-2087.
- Zheng Y, Fung RWM, Wang SY, Wang CY. 2008. Transcript levels of antioxidative genes and oxygen radical scavenging enzyme activities in chilled zucchini squash in response to superatmospheric oxygen. *Postharvest Biology and Technology*. 47, 151–158.
- Zykwinska AW, Ralet MCJ, Garnier CD, Thibault JFJ. 2005. Evidence for *in vitro* binding of pectin side chains to cellulose. *Plant Physiology*. 139, 397–407.