

UNIVERSIDAD
DE CHILE

MANEJO POSTCOSECHA DE TOMATES Y PIMIENTOS FRESCOS Y DE IV GAMA

SERIE
CIENCIAS
AGRONÓMICAS

Nº 32, 2019



Editores:

Víctor Hugo Escalona Contreras
Julio Correa San Martín
Alfonso González Olivares

MANEJO POSTCOSECHA DE TOMATES Y PIMIENTOS FRESCOS Y DE IV GAMA

La presente publicación fue desarrollada con el apoyo del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) del Gobierno Regional de O'Higgins, a través de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) mediante el proyecto "Aplicación de tecnologías postcosecha emergentes que permitan la exportación y mínimo procesamiento de tomate y pimiento de la Región de O'Higgins" código: PYT-2016-0441 desarrollado entre los años 2016 - 2019.



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



Chile
en marcha



Santiago de Chile, 2019

V. Escalona C., J. Correa S. y A. González O.

Manejo postcosecha de tomates y pimientos frescos y de IV gama.

Santiago, Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Agronómicas, 2019

Serie Ciencias Agronómicas N° 32

96 páginas.

ISBN Libro: 978-956-19-1141-3

ISBN Serie: 978-956-19-0363-0

R.P.I.: 305603

Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Agronómicas

Departamento de Producción Agrícola

Avda. Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago

E-mail: vescalona@uchile.cl

Supervisión Técnica: Fundación para la Innovación Agraria (FIA)

Edición: 300 ejemplares.

Diseño y Diagramación: Denisse Espinoza Aravena

Impresión: Alfredo Molina Flores S.A.

Tabla de Contenidos

	Pág.
Agradecimientos	1
Prólogo	3
Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC)	5
Asociados	6
Resumen del Proyecto	7
Capítulo I: Situación actual de la horticultura en el país	9
1.1 Producción de tomate y pimiento	11
1.2 Variedades comerciales en tomate	12
1.2.1 Variedades especiales	13
1.3 Variedades comerciales de pimiento	14
1.4 Mercados del tomate y pimiento	15
Capítulo II: Manejo de postcosecha de tomate y pimiento	17
2.1 Cosecha e índices de cosecha	17
2.2 Envasado y transporte a packing	18
2.3 Recepción	19
2.4 Selección	20
2.5 Lavado, enjuague y secado	22
2.6 Envasado y paletizado	22
2.7 Almacenamiento	23
2.8 Principales pérdidas en postcosecha	23
2.8.1 Producción de etileno	24
2.8.2 Tasa respiratoria	25
2.8.3 Daño por frío	25
2.8.4 Daños mecánicos	27
2.8.5 Podredumbres y agentes patógenos	27
2.8.6 Pérdida de peso	29
Capítulo III: Tecnologías postcosecha complementarias a la conservación refrigerada para frutos de tomate y pimiento enteros	33
3.1 Uso de 1-MCP	35
3.1.1 Aplicación de 1-MCP	35

3.1.2 Resultados de la aplicación de 1-MCP en frutos de tomate conservados en refrigeración	36
3.1.2.1 Producción de etileno	36
3.1.2.2 Firmeza de la pulpa	36
3.1.2.3 Color de la piel	37
3.1.2.4 Podredumbres	37
3.1.2.5 Recomendaciones	37
3.1.3 Resultados de la aplicación de 1-MCP en pimientos conservados en refrigeración	38
3.1.3.1 Producción de etileno	38
3.1.3.2 Firmeza de la pulpa	39
3.1.3.3 Color de la piel	39
3.1.3.4 Podredumbres	39
3.1.3.5 Recomendaciones	40
3.2 Uso de tratamientos térmicos	41
3.2.1 Aplicación de tratamiento térmico	41
3.2.2 Resultados de la aplicación de tratamientos térmicos en tomate	42
3.2.2.1 Tasa respiratoria y producción de etileno	42
3.2.2.2 Firmeza de la pulpa	43
3.2.2.3 Color de la piel	44
3.2.2.4 Sólidos solubles y acidez	45
3.2.2.5 Daños por frío	45
3.2.2.6 Proteínas de choque térmico	47
3.2.2.7 Podredumbres	48
3.2.2.8 Recomendaciones	48
3.2.3 Resultados de la aplicación de tratamiento térmico en pimiento	49
3.2.3.1 Firmeza de la pulpa	49
3.2.3.2 Color de la piel	50
3.2.3.3 Sólidos solubles y acidez	50
3.2.3.4 Podredumbres	50
3.2.3.5 Recomendaciones	50
3.3 Uso de sales cálcicas	52
3.3.1 Efecto de la alta temperatura y sales de calcio	52
3.3.2 Resultados de la aplicación de sales cálcicas en tomate	53
3.3.2.1 Firmeza de la pulpa	53
3.3.2.2 Color de la piel	53
3.3.2.3 Sólidos solubles y acidez	54

3.3.2.4	Concentración de calcio en la pulpa	55
3.3.2.5	Podredumbres	55
3.3.2.6	Recomendaciones	55
3.3.3	Resultados de la aplicación de sales cálcicas en pimiento	57
3.3.3.1	Firmeza de la pulpa	57
3.3.3.2	Color de la piel	58
3.3.3.3	Sólidos solubles y acidez	58
3.3.3.4	Podredumbres	60
3.3.3.5	Recomendaciones	60
3.4	Uso de la modificación de la atmósfera	60
3.4.1	Atmósfera controlada	60
3.4.2	Atmósfera modificada	61
3.4.3	Películas plásticas	61
3.4.4	Resultados de la modificación de la atmósfera en tomate	62
3.4.4.1	Tasa respiratoria y producción de etileno	62
3.4.4.2	Firmeza de la pulpa	63
3.4.4.3	Color de la piel	63
3.4.4.4	Podredumbres	65
3.4.4.5	Recomendaciones	66
3.4.5	Resultados de la modificación de la atmósfera en pimiento	66
3.4.5.1	Tasa respiratoria y producción de etileno	66
3.4.5.2	Firmeza de la pulpa	67
3.4.5.3	Color de la piel	68
3.4.5.4	Podredumbres	69
3.4.5.5	Recomendaciones	69
Capítulo IV: Hortalizas de IV Gama		71
4.1	Preparación de un producto procesado en IV gama	72
4.1.1	Selección y clasificación	72
4.1.2	Lavado de las hortalizas enteras (previo al procesamiento)	72
4.1.3	Cortado	73
4.1.4	Lavado de trozos	73
4.1.5	Envasado	73
4.1.6	Transporte y comercialización	74
4.2	Fisiología de una hortaliza de IV gama	76
4.3	Tecnologías postcosecha complementarias a la conservación refrigerada para tomate y pimiento de IV gama	77

4.3.1 Resultados de la modificación de la atmósfera en tomate de IV gama	77
4.3.1.1 Tasa respiratoria y producción de etileno	77
4.3.1.2 Firmeza de la pulpa	77
4.3.1.3 Color de los tabiques de las rodajas	78
4.3.1.4 Calidad microbiológica	78
4.3.1.5 Recomendaciones	80
4.3.2 Modificación de la atmósfera en pimiento de IV gama	80
4.3.2.1 Firmeza de la pulpa	80
4.3.2.2 Color de la piel de las tiras	81
4.3.2.3 Calidad microbiológica	82
4.3.2.4 Recomendaciones	83
4.4 Uso de sanitizantes en hortalizas de IV gama	83
4.4.1 Hipoclorito de sodio	83
4.4.2 Dióxido de cloro	84
4.4.3 Clorito de sodio acidificado (CSA)	84
4.4.4 Ácido peracético	85
4.4.5 Luz UV-C	85
4.4.6 Ozono	86
4.5 Uso de ácido peracético en la calidad microbiológica en pimiento de IV gama	86
4.5.1 Recomendaciones	87
4.6 Uso de distintos sanitizantes en la calidad microbiológica de pimiento de IV Gama	88
4.6.1 Recomendaciones	89
Consideraciones finales	91
Referencias Bibliográficas	93

Agradecimientos

En primer lugar agradecemos a los agricultores y agricultoras hortícolas de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins por su entusiasmo, ganas de trabajar, espíritu emprendedor y por la confianza que todos ellos depositaron en este equipo de trabajo. En especial, a los Sres. Eduardo Atala, Martín Soto y Leonel Canales, por proporcionar los frutos para realizar los ensayos para este manual.

Gracias a la enorme colaboración y trabajo de Coopeumo sus directivos y trabajadores en la ejecución en terreno y promoción de este proyecto.

Agradecemos el trabajo de todo el equipo del proyecto (UChile-Coopeumo) quienes participaron en la realización de los ensayos que generaron los resultados que permitieron la confección de este Manual. En estas actividades participaron agricultores, alumnos de pre y postgrado de la Universidad de Chile, practicantes de diferentes instituciones, estudiantes de pasantía extranjeros, profesionales, etc. Esperamos que este documento sea un aporte al manejo postcosecha de tomate y pimiento para reducir significativamente las enormes pérdidas que se producen actualmente durante la cadena de comercialización. Además, deseamos aportar al conocimiento sobre la conservación, procesamiento y generar mayor valor agregado en estas hortalizas que conlleve mejores oportunidades y bienestar para nuestros agricultores y población en general.

Deseamos agradecer al grupo de postcosecha del INIA, y en especial, al Dr. Bruno Defilippi, por su gran aporte al facilitar la tecnología para la aplicación de 1-MCP, en tomates y pimientos. También agradecemos al profesor Herman Silva Ascencio y a su grupo de trabajo del Laboratorio de Genómica Funcional y Bioinformática Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, por entregar las facilidades y apoyo para la determinación de proteínas de estrés térmico.

Finalmente agradecemos a la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) por su aporte económico y logístico al desarrollo de este proyecto y actividades complementarias. A todos ustedes, gracias por el compromiso.

Prólogo

La iniciativa de redactar el presente Manual se debe al Prof. Víctor H. Escalona, director del prestigioso Centro de Estudios Postcosecha de la Universidad de Chile (CEPOC-UChile), que destaca por su influencia científica en las técnicas de postcosección y del procesado mínimo hortofrutícola en dicho país y en toda Iberoamérica. La ha abordado junto a dos de sus colaboradores de la Facultad de Ciencias Agronómicas, los Ingenieros: Julio Correa y Alfonso González, con la ayuda en las experiencias de muchos de sus estudiantes, de agricultores de la cooperativa campesina Coopeumo de la Región de O'Higgins, así como de otros profesionales y el apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria. Este equipo promotor cumple así una obligación para todo buen investigador, como es la transferencia de sus resultados, acertando a cubrir una urgente necesidad de la comercialización hortofrutícola a escala de pequeños productores y expendedores, a los que ayudará a cumplir dos objetivos esenciales. De una parte, reducir las graves pérdidas entre la producción y el mercado que sufren los alimentos que obtienen, lo que a su vez atiende unos aspectos éticos y socioeconómicos que contribuirán a la imprescindible seguridad alimentaria global. De otra, facilitando la necesidad imperiosa de que los pequeños agricultores puedan participar en forma integrada y asociativa de los beneficios que proporciona la cadena de valor añadido de sus producciones. Con ello, los autores están contribuyendo decisivamente a limitar algunos desequilibrios existentes y ayudando a establecer unas relaciones sociales y económicas más justas y solidarias en la sociedad agropecuaria chilena a la que tan adecuadamente sirven.

Esta Monografía se ha concebido para que sea particularmente útil para los pequeños agricultores de tomate y pimiento de la Región de O'Higgins, que hoy día tienen bajos retornos económicos y muy escasa posibilidad de aplicar tecnologías postcosecha, por lo que generalmente venden en el propio campo a intermediarios. No obstante, la información que se ha generado tendrá utilidad, tras los necesarios ajustes, para otras zonas donde se den circunstancias similares como, por ejemplo, en mi propia Región de Murcia en España, gran productora y exportadora tanto de tomates como de pimientos de pulpa gruesa en fresco. La selección de estos dos productos es relevante, porque se trata de unos frutos hortícolas de gran interés económico en Chile, por la considerable superficie global de cultivo que se les dedica, y social, por afectar a muy numerosos agricultores familiares con reducidas extensiones individuales. Por ello se ha abordado acertadamente el estudio y aplicación de técnicas sencillas y fáciles de implementar a bajo costo, que permitirán iniciarse a los pequeños agricultores para participar en las etapas postcosección que generan más valor a sus producciones de tomate y pimiento. Por otra parte, ambos cultivos están basados en variedades plenamente adaptadas a la producción local, incluso alguna de ellas autóctona, lo que supone un interés adicional, ya que los agricultores conocen bien su comportamiento en el campo.

Sobre dichas técnicas postcosecha se exponen de forma clara y directa los aspectos más importantes a considerar en las actividades de manipulación y comercialización de ambos frutos hortícolas a pequeña escala.

Se ha atendido con interés el desarrollo de tecnologías postcosecha necesarias para lograr una vida comercial del tomate y del pimiento enteros de al menos un mes, manteniendo unas buenas prácticas en la producción agrícola, en la recolección, en la manipulación y en la línea de proceso y envasado, incluyendo la exigencia de pre-refrigerar y de mantener la cadena de frío durante la conservación, el transporte y la distribución comercial de los frutos. Sobre los mejores resultados experimentales obtenidos se ofrecen en los correspondientes capítulos unas recomendaciones particulares. Todo ello permitirá llevar los tomates y pimientos a los mercados de exportación que, como es sabido, son capaces de generar mayor valor a estos productos. Ello no resulta fácil de conseguir porque en el caso del tomate se trata de un fruto climatérico complejo y tanto el tomate como el pimiento son muy sensibles a la deshidratación, al etileno y a los daños mecánicos, así como a las alteraciones microbianas y a las fisiológicas denominadas daños por el frío, por lo que requieren unos cuidados especiales.

Igualmente se ha estudiado para ambos frutos su procesado mínimo en fresco, o en la Cuarta Gama, caracterizado por mantener vivos los tejidos vegetales tras su elaboración, ser muy perecederos y estar preparados para su consumo fácil, íntegro e inmediato. Este subsector agroalimentario tiene mucho interés porque viene mostrando la mayor tasa de crecimiento comercial a escala mundial, al tener muy en cuenta las actuales modas alimentarias de los consumidores. Los autores han analizado la caracterización varietal de los dos tipos de frutos así como su maduración y puesto a punto tecnología sostenible para el acondicionamiento, la desinfección y el empleo de algunos coadyuvantes tecnológicos emergentes, lo que permite lograr para los elaborados una vida útil de al menos una semana con calidad global y seguridad alimentaria idóneas, al prepararlos bajo estrictas normas de higiene y en condiciones óptimas de procesado, refrigeración y envasado en atmósfera modificada, que se detallan en el texto. Además, se apoyan las exposiciones con abundante material gráfico, diagramas, cuadros y fotografías, que ayudan a la mayor comprensión de cuanto se aporta. Con todo ello los productores podrán atender, en una fase inicial, las crecientes demandas de esta atractiva gama de productos por parte de las tiendas especializadas, los supermercados y el canal de hostelería, restauración y catering tanto de la Región de O'Higgins como de sus áreas de influencia.

El considerable esfuerzo realizado por los autores y sus colaboradores para efectuar los trabajos que han conducido a la redacción de este Manual, así como la manifestación de sus sólidos conocimientos sobre los aspectos que se analizan, queda bien reflejado a lo largo de las exposiciones, en especial en las adecuadas recomendaciones que ofrecen, y merece por ello un reconocimiento y felicitación. Auguro un notable éxito a esta publicación.

Prof. Dr. Francisco Artés Calero

Murcia, 5 de julio de 2019

Catedrático Emérito de la Universidad Politécnica de Cartagena

Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC)

El CEPOC de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile nace en 1993 con el propósito de crear un centro a nivel nacional e internacional en materia de postcosecha de frutas y hortalizas. En 1996 comenzaron las investigaciones sobre la elaboración de productos de IV gama o mínimamente procesados (MP), su fisiología, tratamientos de conservación y sanitización amigables con el medio ambiente y el análisis de compuestos funcionales para obtener un producto inocuo y de calidad. Todo esto mediante proyectos financiados por FONDEF y FONDECYT, FIC Regional y empresas privadas asociadas. Dichos proyectos han dado origen a la creación de redes internacionales de investigación y colaboración como CYTED (www.hortyfresco.uchile.cl) y colaboraciones bilaterales con Hispanoamérica y Nueva Zelanda. En 2011, conscientes de los principales problemas de calidad que enfrentan las hortalizas, se inició una línea de investigación en calidad microbiológica y de tratamientos de estrés ambiental controlados para aumentar las concentraciones de compuestos funcionales en las hortalizas. Además, el CEPOC se ha destacado por la organización de cursos de extensión en Hidroponía, Acuaponía, Mínimo Proceso y Postcosecha de Frutas y Hortalizas dirigidas a pequeños y medianos agricultores, muchos usuarios de INDAP.

Asociados

COOPEUMO LTDA, es una Cooperativa Campesina de Servicios que nace en 1969 y agrupa alrededor de 400 pequeños agricultores ubicados en cuatro comunas de la Región de O'Higgins, cubriendo aproximadamente 2.500 hectáreas, un tercio de las cuales se destina actualmente a la producción hortofrutícola.

La cooperativa tiene una amplia experiencia en el rubro hortícola. Son 117 socios dedicados a la producción de hortalizas, abarcando casi 1120 hectáreas en total. Los cultivos principales, según la superficie destinada a su obtención, son: tomate para agroindustria y fresco, melón, sandía, entre otros. Además la Cooperativa cuenta con una superficie aproximada de 2.500 m² de invernaderos, una planta de producción de plantines, bodega de acopio con certificación USDA y maquinaria agrícola.

A partir del 2014 se trabaja junto a pequeños productores de tomate con el fin de rescatar y poner en valor el antiguo tomate Rosado de Peumo. También se integró al consejo directivo del Programa Estratégico Regional de Hortalizas "Horticrece", como contraparte privada.

En 2015, participó en la agenda de exportación de hortalizas en el marco del convenio firmado entre la Región de O'Higgins y el estado de Delaware (EE. UU.), instancia en la que se intentó levantar un piloto de exportación de zapallo espagueti.

Resumen del Proyecto

En la actualidad la exportación de hortalizas a mercados internacionales se ha visto discontinuada en el caso de tomate o nunca ha existido para pimiento, esto debido principalmente a problemas relacionados con su calidad y condición en destino. Estos frutos, sensibles a temperaturas bajas durante su conservación y transporte marítimo son susceptibles al ataque de podredumbres bacterianas y fúngicas. Esta problemática obliga a los agricultores nacionales especializados en la producción de estos frutos a comercializarlos en el mercado local obteniendo bajos beneficios económicos.

En los últimos años la población busca alimentos sanos y frescos, pero al mismo tiempo el consumo de frutas y hortalizas se ha reducido. Por esta razón, los productos de IV gama o mínimamente procesados (MP) presentan una ventaja para el consumidor, ya que están listos (pelados, cortados, y envasados), y poseen un elevado valor nutritivo. Sin embargo, el mínimo procesamiento daña el tejido vegetal e incrementa su tasa de senescencia y ataque microbiológico. Por esta razón, en otros países al igual que en Chile, existe una oferta principalmente de hortalizas de hoja de IV gama pero muy pocas alternativas en frutas y menos de origen hortícola, alcanzando en esos casos una vida útil cercana a 4 días.

El objetivo de este proyecto fue obtener un paquete tecnológico basado en tecnologías de acondicionamiento y postcosecha de tomate y pimientos enteros que aseguren un período de conservación y transporte suficientes de al menos 4 semanas, y que permita alcanzar mercados internacionales. Se planteó desarrollar una IV Gama de estas hortalizas con una vida útil ≥ 7 días, bajo refrigeración y satisfacer la demanda cada vez mayor de supermercados y de la cadena de hoteles, restaurantes y casinos (HORECA), aprovechando la cercanía de la Región de O'Higgins a grandes centros urbanos. Para alcanzar estos objetivos se determinaron la influencia al procesar frutos de diferentes variedades y estados de madurez, evaluar distintos acondicionamientos, uso de sanitizantes, sales cálcicas y atmósferas innovadoras durante la conservación refrigerada.

Como tratamientos de acondicionamiento se empleó 1-MCP para retardar la maduración en tomates cv. Alamina y Rosado de Peumo, obteniéndose una mayor firmeza y menores cambios de color, alargándose la vida de estos frutos a un mes bajo refrigeración seguido de un período de comercialización. Mientras que en pimiento, el uso de 1-MCP no presentó efecto sobre la maduración durante su vida postcosecha.

La combinación de sales de calcio (cloruro, lactato o propionato) y agua caliente (45 – 50 °C) mantuvo una mayor firmeza en tomate Rosado de Peumo y cv. Patrón, y en pimiento cv. Kadeka y cv. Almuden durante 30 días de conservación sin afectar el sabor de los frutos.

La conservación en atmósferas modificadas y/o controladas con bajas concentraciones de O₂ y moderadas de CO₂ retardó la maduración en tomate cv. Alamina y Patrón manteniendo una calidad óptima luego de un mes. Un período similar se obtuvo para pimiento cv. Kadeka, donde estas atmósferas mantuvieron la firmeza de los frutos evitando las pérdidas por deshidratación.

En productos de IV gama, el uso de atmósferas con bajo O₂ y moderado CO₂ mantuvo la calidad de rodajas de tomate cv. Yolli Bell y tiras de pimiento cv. Kadeka, disminuyendo el crecimiento microbiano y generando un producto con una vida útil superior a los 9 días en refrigeración.

Se observó que en tiras de pimiento cv. Kadeka, el uso de ácido peracético en combinación de un envasado en atmósfera modificada disminuyó la carga microbiana inicial durante al menos 7 días a 5 °C, determinándose un resultado similar al uso de cloro. Por otra parte, luz UV-C aplicada en dosis de 5 kJ / m² disminuyó la carga microbiana en trozos de pimiento cv. Almuden extendiendo su vida útil en 10 días a 5 °C.

Se debe tener en cuenta que el uso de estas tecnologías postcosecha es de carácter complementario, por lo que es importante realizar buenas prácticas de pre cosecha y una cuidadosa cosecha. El procesamiento de estos frutos debe ser bajo refrigeración y manteniéndose la cadena de frío durante el transporte y comercialización para asegurar la calidad de estos productos enteros y de IV gama.

Capítulo I: Situación actual de la horticultura en el país

En Chile, la producción de hortalizas se realiza en todo el territorio nacional, presentando una gama muy variada de especies que se han adaptado a las características de cada zona, tanto por sus condiciones edafoclimáticas y sociales, como por las técnicas y sistemas de producción aplicadas en ellas. De acuerdo a información del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), en 2017 la superficie cultivada con hortalizas en el país totalizó 70,7 mil hectáreas.

En la Figura 1, se observa que la superficie hortícola en nuestro país presentó una variación mínima en los años 2009 y 2011. En el año 2012, la superficie total hortícola disminuyó a 78,8 mil hectáreas, mientras que en 2013 la superficie bajó cerca de un 15%, registrándose 67,3 mil hectáreas. Esta baja estaría relacionada con la sequía que ha afectado a la zona centro-norte del país, el aumento de costos asociados al cultivo y la baja disponibilidad de mano de obra. Entre los años 2014 y 2017 se observó una mínima variación entre la superficie cultivada, sin embargo, la tendencia para los años posteriores es al aumento (ODEPA, 2017).

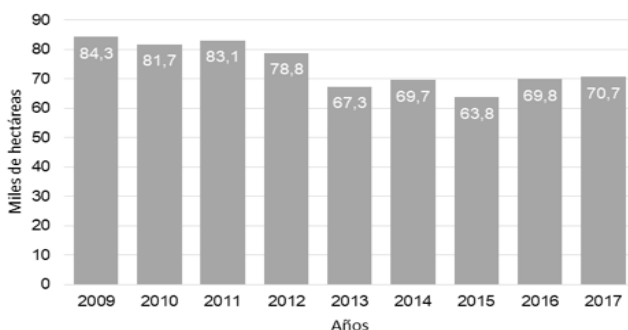


Figura 1. Superficie en hectáreas de los cultivos hortícolas en Chile durante los años 2009 y 2017.

La mayor actividad hortícola se desarrolla en la zona centro del país, entre las regiones de Coquimbo y del Maule, la que concentró el año 2017, 84,2% de la superficie hortícola nacional. Esta zona abastece directamente a la zona central, lo que se explica por tratarse de productos altamente perecibles. Las regiones más destacadas en superficie hortícola son la región Metropolitana, con un 31% de participación, seguida por la región de O'Higgins con un 14,3% y la región del Maule con un 14,2%.

La producción hortícola en Chile se caracteriza por presentar una alta variedad de especies cultivadas (Cuadro 1). La especie con mayor superficie cultivada es el choclo, representando el 13,5% de la superficie total de hortalizas en 2017.

En segundo lugar se encuentra la lechuga y le siguen el tomate para consumo fresco, la cebolla de guarda y el zapallo, tanto temprano como de guarda (ODEPA, 2017).

Cuadro 1. Estimación de superficie sembrada por especie a nivel país en el año 2017.

Tipo de hortaliza	Superficie (ha)	Superficie total (%)
Choclo	9.541,3	13,5
Lechuga	6.518,6	9,2
Tomate consumo fresco	5.269,3	7,5
Cebolla de guarda	4.474,4	6,3
Zapallo temprano y de guarda	3.552,4	5,0
Poroto granado	3.539,0	5,0
Zanahoria	3.489,7	4,9
Cebolla temprana	2.850,6	4,0
Sandía	2.711,6	3,8
Melón	2.693,7	3,8
Poroto verde	2.671,7	3,8
Repollo	2.030,4	2,9
Arveja verde	1.950,2	2,8
Haba	1.842,2	2,6
Espárrago	1.765,6	2,5
Coliflor	1.539,6	2,2
Ajo	1.528,7	2,2
Brócoli	1.521,1	2,2
Alcachofa	1.464,3	2,1
Betarraga	1.388,4	2,0
Zapallo italiano	1.099,5	1,6
Apio	1.044,7	1,5
Pimiento	951,7	1,3
Acelga	796,5	1,1
Ají	714,1	1,0
Espinaca	587,6	0,8
Pepino	481,1	0,7
Oregano	378,4	0,5
Otras hortalizas	2.310,2	3,3
Total	70.706,6	100

Elaboración propia, datos obtenidos de ODEPA, 2017.

La producción de tomate para consumo en fresco fue de 5.269 ha, las que corresponden al 7,5% de la superficie total del país, mientras que la superficie destinada a la producción de pimiento alcanzó 952 ha, lo que representa el 1,3% de la superficie total (Cuadro 1).

1.1 Producción de tomate y pimiento

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y el pimiento (*Capsicum annuum* L.) son hortalizas de fruto pertenecientes a la familia Solanaceae. La superficie cultivada de tomate en nuestro país se concentra en la región del Libertador Bernardo O'Higgins con 973 ha, seguida por la región de Valparaíso y de Arica y Parinacota con 901 y 887 ha, respectivamente. Por su parte, la producción de pimiento se concentra en la región de Coquimbo con 328 ha, seguida por la región de Arica y Parinacota con 174 ha (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estimación de superficie cultivada de tomate y pimiento en hectáreas, por región en el año 2017.

Región	Tomate	Pimiento
Arica y Parinacota	886,9	174,0
Atacama	108,5	8,3
Coquimbo	303,4	327,8
Valparaíso	901,0	152,1
Metropolitana	840,0	87,0
O'Higgins	972,9	117,1
Maule	869,1	83,3
Biobío	250,1	2,1
Araucanía	130,6	0,0
Resto País	6,6	0,1
Total	5.269,3	951,7

Elaboración propia, datos obtenidos de ODEPA, 2017.

Respecto a la producción, el 98% del total de hortalizas se producen al aire libre, mientras que sólo el 2% se producen en invernadero. De éste 2%, el 67% corresponde a tomate en fresco, lo que equivale a 947 ha bajo invernadero, mientras que un 8% se destina a la producción de pimiento, resultando 113 ha bajo invernadero.

1.2 Variedades comerciales en tomate

El tomate es una hortaliza con gran diversidad, hay variedades con distinto aspecto exterior (forma, tamaño, color) y características organolépticas (sabor, textura y dureza). Existen variedades destinadas para consumo fresco y otras para procesado industrial (ODEPA, 2017).

Las preferencias por un tipo determinado son muy variadas y van en función del país, tipo de población, uso al que se destina, etc. En general las características más apreciadas en el tomate para consumo en fresco son color y sabor.

En algunos casos, son más apreciados los tomates grandes para ensaladas y bocadillos (Foto 1). Los sistemas de clasificación de acuerdo al tamaño del fruto son adoptados sobre todo en los países desarrollados, mientras que en los países en vías de desarrollo esta característica no constituye una limitación para su comercialización. Respecto a las preferencias por el color son extremadamente variables dependiendo de los países, de la estación del año y del uso al que se destina.



Foto 1. Tomate Rosa de la Reina (A) y tomate Tomande (B), frutos de tamaño grande utilizados para ensaladas y bocadillos en España.

Otra forma de clasificar las variedades de tomate corresponde al uso que se le da, hay variedades específicas para la industria, y dentro de este grupo las hay para jugos, purés, pastas y concentrados; para conservas de tomate natural enteros y pelados, para salsas, deshidratados, tomate confitado, en polvo y encurtido. En estas variedades de uso industrial se privilegian aquellas que tienen incorporado el gen “joinless” que facilita el desprendimiento del fruto sin el pedúnculo, lo que permite la cosecha mecanizada. Además se prefieren las variedades de crecimiento determinado para concentrar el período de producción y cosecha con frutos uniformes y de color rojo intenso, firmes, con un elevado contenido de sólidos y alta viscosidad.

Por otra parte, están las variedades para consumo en estado fresco, las que se pueden agrupar en aquellas cultivadas bajo invernadero y/o al aire libre. Ade-

más destacan las variedades para producción de tomates en racimo (Foto 2), como las variedades de larga vida que presentan una vida en postcosecha de al menos dos semanas a temperatura ambiente.



Foto 2. Tomate en racimo, variedad utilizada para consumo fresco (A) Tomate cherry en racimo, variedad utilizada para consumo fresco y cocktail (B).

De acuerdo a su constitución genética hay dos grandes grupos, las variedades estándares, donde en su formación no hay un manejo de la polinización, en consecuencia las plantas son fundamentalmente homocigotas. El otro grupo corresponde a variedades híbridas donde está claramente definida la constitución genética de los padres y la polinización es controlada para asegurar la heterocigosis. En la actualidad, este grupo, a pesar de tener un costo superior de las semillas, se ha impuesto por sobre las variedades tradicionales, por su mayor rendimiento, mejores características de la planta y frutos de tamaño y color uniformes.

1.2.1 Variedades especiales

Las variedades de tomate Limachino y Rosado de Peumo (Foto 3), que por muchos años fueron las variedades de tomate más consumidas en Chile, han sido sustituidas por estas variedades híbridas con frutos más firmes y en consecuencia con menores pérdidas en postcosecha.



Foto 3. Fruto de tomate Rosado de Peumo en la planta (Pichidegua, Chile).

Contemporáneo a dichas variedades tomó gran auge las variedades marmande y supermarmande, de frutos acostillados y de tamaño mediano a grande, cercano al tipo beefsteak ampliamente cultivado en otros países que se utilizan en rodajas cubriendo gran parte de la superficie del plato.

En la década de los sesenta, en Chile comenzaron a dominar las variedades de frutos redondos y lisos, que se mantiene hasta hoy. A fines de los ochenta hizo su aparición los tomates de larga vida comercial, que por la incorporación de un gen como nr (never ripe), rin (ripening inhibitor), o nor (nonripening) los frutos detienen sus procesos de maduración. Si bien las variedades larga vida han facilitado el transporte a largas distancias, y le han dado una mayor vida postcosecha a los frutos para su comercialización, éstos presentan menos aroma y sabor que las variedades tradicionales. Estos cambios varietales han sido acompañados por un aumento del consumo de tomate a nivel nacional ya que se considera un alimento funcional debido a su alto contenido en licopeno, caroteno asociado al color rojo característico de los frutos y cuyo consumo promovería una mejor salud de los consumidores.

1.3 Variedades comerciales de pimiento

Existen diferentes tipos de pimientos y los más conocidos en Chile son: (i) Pimiento para paprika que se caracteriza por su forma cónica, alargada, de tamaño medio a grande, de color rojo intenso en su madurez y de pericarpio grueso. Estos frutos son dulces y sin pungencia y se comercializan como producto deshidratado y molido (pimentón); (ii) El pimiento tipo Bell o campana o de cuatro cascós que se caracteriza por su forma cúbica-cuadrada, de tamaño medio (10 cm de largo), de color verde cuando son inmaduros y que pasan a rojo, amarillo o anaranjado en su madurez; (iii) Los pimientos cuadrados alargados o tipo Lamuyo con una forma cúbica alargada, grande (15 a 20 cm de largo), de color verde (inmaduro) a rojo (maduro) y con un pericarpio grueso, donde destaca la variedad Kadeka (Foto 4); y (iv) Los pimientos morrones o de trompo con una forma acorazonada, tamaño medio (10 cm de largo), de color verde (inmaduro) a rojo intenso (maduro) y con un pericarpio grueso y dulce.



Foto 4. Pimiento de tipo Lamuyo cv. Kadeka. (A) Pimiento verde inmaduro. (B) Pimiento rojo maduro.

1.4 Mercados del tomate y pimiento

El destino del tomate en fresco nacional es principalmente mercado interno, donde está presente durante todo el año. El amplio rango de condiciones agroclimáticas que ofrece Chile hace posible su cultivo desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Los Lagos. La combinación de diferentes zonas geográficas y condiciones agroclimáticas unido a un extendido período de cosecha para variedades de hábito indeterminado de larga vida, permiten el abastecimiento del mercado durante gran parte del año. La Región de Arica y Parinacota produce tomates al aire libre en pleno invierno – desde mediados de mayo hasta fines de agosto abasteciendo las regiones centrales del país. Luego la zona de producción se desplaza a Copiapó y Ovalle hasta fines de octubre. Posteriormente aparece la producción en invernadero de la Región de Valparaíso (Quillota y Limache) que abastece el mercado hasta fines de diciembre, cuando aparecen los primeros tomates tempranos de la zona central. La plena temporada de cosecha de tomate fresco en la zona central (Regiones Metropolitana, de O’Higgins y del Maule) se extiende hasta principios de abril. Paralelamente la producción al aire libre de Ovalle tiene un importante rol en el abastecimiento del mercado en la temporada tardía, desde principios de abril hasta mediados de mayo, cuando enlaza con la producción de Arica.

Por otra parte, la producción de tomate para uso agroindustrial está concentrada geográficamente en las Regiones de O’Higgins y del Maule, ya que en esta área se encuentran las plantas procesadoras de pulpa concentrada. El período de cosecha es más acotado debido al uso de variedades de hábito determinado y se extiende desde fines de enero hasta mediados de marzo.

En cuanto al pimiento en fresco, el principal destino es el mercado interno. Para mercado en fresco, el pimiento se puede recolectar antes de su madurez fisiológica en estado verde para lograr buenos precios. La floración comienza de 1 a 2 meses después del trasplante y la primera cosecha de pimientos verdes se inicia un mes después de la floración. A partir de entonces, los pimientos rojos maduros se recogen a intervalos de 2 semanas durante un período de hasta 3 meses. En la zona central de Chile esta labor termina con el inicio de las primeras heladas de otoño.

El pimiento se exporta procesado en conserva, deshidratado y jugo. El jugo del pimiento tipo Bell (rojo, verde y amarillo) se comercializa concentrado y filtrado como ingrediente de bebidas a base de vegetales, en la industria de pastas o para smoothies, entre otros. También se exporta pimiento rojo tipo Bell como deshidratado en distintos formatos (escamas o flakes, gránulos y en polvo) para sopas, condimentos y otras aplicaciones en la industria de alimentos. Otro formato de exportación es el pimiento rojo, verde y amarillo congelado en IQF en discos como ingrediente en servicios de comida y en la industria de productos ready to eat (Invertecfood, 2017).

Capítulo II: Manejo de postcosecha de tomate y pimiento

2.1 Cosecha e índices de cosecha

El tomate es una hortaliza de fruto de tipo climatérico, por lo que luego de su cosecha con un estado mínimo de madurez definida como madurez fisiológica, los frutos presentan un alza en la tasa respiratoria y producción de etileno, lo cual les permite madurar a un estado de consumo incluso separado de la planta.

El primer paso para asegurar una vida postcosecha prolongada en un fruto de tomate es el momento de la cosecha. Para los frutos de tomate destinados a consumo en fresco, la cosecha se realiza manualmente, por lo que la decisión de si el producto ha alcanzado la madurez correcta depende del criterio del cosechador. La madurez del tomate al momento de la cosecha determina su vida de almacenamiento y calidad, y afecta la forma en que deben ser manipulados, transportados y comercializados. El significado del término maduro está asociado a un índice de madurez que considera que sus características sensoriales son satisfactorias para su consumo (Foto 5). Los frutos deben ser cosechados con una madurez adecuada tratando de reducir al máximo las pérdidas durante las labores de cosecha y posteriormente ser transportados tan rápidamente como sea posible a un packing para su envasado, enfriamiento y comercialización.



Foto 5. Estados de madurez de tomate. 1: Verde maduro, 2: Quiebre de color, 3: Tornado, 4: Rosa, 5: Rojo maduro.

En general se recomienda durante la cosecha que al menos un 5 a 10% de los frutos presenten color tornado o rosado, de esta forma se maximiza la proporción de los frutos verde-maduros que pueden madurar y alcanzar una calidad aceptable para consumo. Si bien los frutos verdes pero en estado de madurez fisiológica (semillas viables) son capaces de madurar e incluso pueden responder a la aplicación de etileno exógeno para favorecer su maduración, suelen tener una calidad organoléptica inferior a aquellos cosechados más maduros en la planta, debido a que los primeros alcanzan bajos contenidos de azúcares y acidez. Otra dificultad que puede haber al momento de la cosecha, es en variedades de toma-

te en racimos donde se puede presentar una maduración desuniforme con frutos verdes y maduros en el mismo racimo.

En el caso del pimiento, éste se caracteriza por ser un fruto no climatérico, por lo que no presenta un aumento en la producción de etileno luego de cosechado, por tanto se recomienda que la cosecha sea con el estado de madurez deseado para comercializar.

Para la zona central de Chile, el pimiento virado o amarillo se cosecha de enero a marzo y el pimiento rojo de febrero a abril. Para los pimientos verdes, se buscan características de tamaño, firmeza y color, mientras que en pimientos de color rojo se requiere un mínimo de 50% de coloración (Foto 6). El corte del pedúnculo debe realizarse con una cuchilla limpia y afilada, y en lo posible se debe dejar un pedúnculo de 1,5 a 2,5 cm de longitud. Los frutos destinados al consumidor final requieren estar completamente coloreados y brillantes (sin hombros verdes o marcas o manchas verdes inmaduras). Su forma debe ser uniforme, con buena textura, limpios y libres de defectos externos.



Foto 6. Escala de color para pimientos. 1 y 2: Verde maduro; 3, 4 y 5: Virado; Amarillo o Quiebre de color; 6: Rojo maduro.

2.2 Envasado y transporte a packing

Los frutos de tomate se suelen cosechar en cajas plásticas y se deben colocar en la sombra para evitar que se calienten y deshidraten mientras se transportan al packing o a una zona especialmente habilitada para su selección y embalaje. En cuanto a las cajas, se deben evitar aquellas con perforaciones en el fondo y/o a los costados y que puedan marcar o causar heridas a los frutos (Foto 7 A). Esto ocurre más acentuadamente cuando se emplean cajas de madera donde los bordes suelen ser ásperos, con tachuelas y/o la misma superficie de la caja daña a los frutos.

Para la cosecha en campo y/o en la zona de selección se pueden emplear cintas transportadoras móviles o estacionarias que permiten facilitar y mejorar el trabajo de inspección. Para mantener los tomates unidos a los racimos, la manipulación

debe ser mínima. Los racimos deben ser cortados y colocados directa y cuidadosamente en las cajas, desde donde luego se seleccionan. En la Foto 7 A se observa la base de una caja plástica que por su superficie y perforaciones puede marcar los frutos depositados en ella, a diferencia de las cajas con base lisa y sin perforaciones (Foto 7 B).

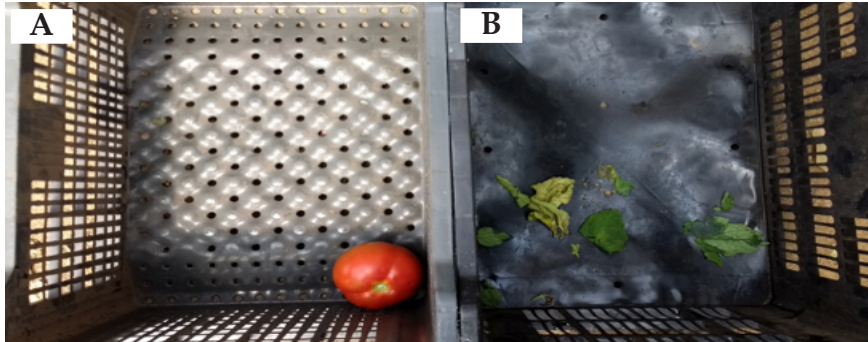


Foto 7. Cajas de plástico para la venta en mercado mayorista de tomates a granel. Caja con perforaciones en el fondo y base sinuosa (A). Caja sin perforaciones en el fondo con base lisa (B).

En el caso del pimiento se deben seleccionar frutos en base al color y tamaño, luego, se procede a envasarlos en cajas plásticas para ser transportados a las instalaciones de enfriamiento. Esta selección durante la cosecha es muy importante, ya que así se reduce la cantidad de frutas transportadas hasta el centro de clasificación y embalaje y que luego tendrían que ser descartadas en dicho lugar por ser no-comerciales. También se reduce la posibilidad de transportar frutas con daños por enfermedades que puedan contaminar a otras frutas sanas. En nuestro país la cosecha suele hacerse a nivel de pequeño agricultor en cajas de cartón reutilizadas y empleadas previamente para la importación de bananas. Estas cajas con 7 a 8 kg de frutos se comercializan directamente en mercados mayoristas o en tiendas y ferias.

Para ambas hortalizas lo recomendable es realizar el transporte en camiones refrigerados para evitar que los frutos se calienten y así disminuir las posteriores pérdidas en postcosecha asociadas a deshidratación y sobremadurez.

2.3 Recepción

Tras la cosecha, para aquellos frutos que deben esperar para ser seleccionados y embalados se recomienda enfriarlos rápidamente hasta una temperatura de trabajo. Lo ideal es bajar la temperatura de las frutas dependiendo de la especie y el estado de madurez entre 10 y 12 °C para tomate y entre 5 a 7 °C para pimientos. Aquellos frutos más maduros pueden conservarse a temperaturas más bajas reduciendo la posibilidad de presentar daños por frío. Mientras más rápido se

baje la temperatura, menores serán las pérdidas de peso y la deshidratación que afectan seriamente la apariencia de los frutos.

En nuestro país, es habitual dejar en cámaras de frío convencionales las cajas de fruta para disminuir la temperatura del campo, lo cual hace que el enfriamiento sea lento y poco eficiente (Foto 8). Si bien éste es el método más utilizado, no es recomendado para frutos de vida postcosecha corta como son tomate y pimiento. Lo recomendable es utilizar un sistema de aire forzado para acelerar la velocidad de enfriamiento en la pulpa de los frutos (Foto 9).



Foto 8. Cámara de frío con tomates y pimientos recién cosechados del campo almacenados en bins plásticos (Murcia, España).



Foto 9. Túneles de aire forzado para pimientos envasados en cajas de cartón palletizadas (California, EE.UU.).

2.4 Selección

Al momento de la selección en una línea de packing, los frutos pueden ser volcados en una línea transportadora, teniendo especial cuidado en no dañar los frutos (Foto 10 A). Un daño mecánico considerable se presenta en las operaciones de descarga en seco: magullamiento, raspaduras, abrasiones y fracturas. Otra alternativa es vaciar los frutos en piscinas con agua clorada para evitar golpes y luego, mediante rodillos transportarlos hasta la mesa de selección (Foto 10 B).



Foto 10. Vaciado de frutos de tomate en cajas plásticas sobre la línea transportadora (A). Inmersión de tomates en agua para evitar golpes (B).

En algunos procesos de clasificación se pueden utilizar seleccionadores electrónicos para separar frutos verde-maduros de los maduros. Después de realizar una selección por defectos y color, los frutos se separan en categorías por tamaño. La clasificación se puede hacer por diámetro con clasificadores de anillos o por peso (Foto 11). Otro método de clasificación es el manual, con personal previamente instruido, donde los frutos pasan por las bandas transportadoras y aquellos que no cumplen los parámetros deseados son separados.



Foto 11. Separación de frutos por diámetro empleando una clasificadora de anillos (Quillota, Chile).

En la selección de pimiento se eliminan los frutos que no se ajustan a las características mínimas generales exigidas. Los pimientos deben cumplir con ser frutos enteros y sanos, aspecto fresco, provistos de su pedúnculo, exentos de humedad externa, plagas y enfermedades. Los principales parámetros de selección son tamaño y color (Foto 12). Opcionalmente, se les puede dar un cepillado para quitar la suciedad proveniente del campo.



Foto 12. Selección manual de pimientos en base a defectos y estado de madurez (Murcia, España).

2.5 Lavado, enjuague y secado

Posterior a la clasificación de los frutos de tomate y pimiento, se debe realizar un lavado en agua clorada a una concentración de 100 a 200 ppm manteniendo el pH de la solución sanitizante entre 6 a 7 para asegurar la efectividad del cloro. Este lavado es importante para sanitizar y disminuir la carga de microorganismos inicial que provienen del campo. A continuación, los frutos se enjuagan en un baño con agua potable con la finalidad de eliminar restos de cloro de los frutos.

Después del lavado se secan, para prevenir podredumbres, haciéndolos pasar por una sección provista de cepillos de caucho que eliminan el agua de la superficie.

2.6 Envasado y paletizado

Luego del secado, los tomates verde-maduros y rosados se colocan en cajas de cartón, madera o plástico. Estas cajas se llenan por peso o volumen y en el caso de los tomates (Foto 13) se pueden envasar por número de piezas y clasificarse por tamaño durante la misma operación. En pimiento, los frutos se colocan en cajas de cartón o plásticos, y se llenan por tamaño o color.



Foto 13. Tomate en estado de madurez rojo empacado en campo (Murcia, España).

En algunos casos, los frutos de tomate o pimiento se pueden envasar en una bolsa perforada para así evitar daños por deshidratación y pérdidas de peso, luego de este envasado se colocan en cajas de cartón (Foto 14). Cuando los frutos ya son colocados en cajas de cartón se palletizan para el transporte (Foto 15).



Foto 14. Pimientos envasados en bolsa perforada en cajas de cartón (Murcia, España).

2.7 Almacenamiento

Las temperaturas óptimas para un almacenamiento de corto plazo y transporte son de 12,5 a 15 °C para tomate verde y de 10 a 12,5 °C para tomate parcial o totalmente maduro. El rango óptimo de humedad relativa debe ser de 90-95%.

En pimiento la temperatura óptima de almacenamiento es de 7 a 10 °C, con una humedad relativa de 90-95%. En casos particulares con frutos maduros de color rojo se pueden emplear temperaturas de 5 °C.



Foto 15. Pallets con cajas de tomates y pimientos. Pallet con cajas de cartón con frutos de tomate en Quillota (A). Pallet con pimientos almacenados en cajas de cartón en España (B).

2.8 Principales pérdidas en postcosecha

El tomate es un fruto altamente perecedero ya que presenta una alta tasa respiratoria y sensibilidad a la deshidratación debido a las características de su piel y a que presenta un 94% de agua en su composición. Es también sensible a la acción

del etileno, a las podredumbres, a los daños mecánicos y fisiológicos e incluso a la congelación (Aguayo *et al.*, 2008).

Por su parte, el pimiento es un fruto no climatérico que presenta una baja producción de etileno y baja tasa respiratoria, sin embargo, es altamente sensible al etileno exógeno, generando una maduración acelerada al exponerse a este gas. También es un fruto sensible a la deshidratación, a las podredumbres y daños mecánicos generados por una mala manipulación (Silveira *et al.*, 2011).

2.8.1 Producción de etileno

El etileno es una hormona vegetal gaseosa, que regula la maduración y senescencia de los productos hortofrutícolas a nivel molecular, bioquímico y fisiológico. Su efecto se manifiesta en la expresión de genes que codifican para las enzimas relacionadas con los cambios durante la maduración y/o senescencia (Jiang y Fu, 2000).

El tomate es un fruto climatérico, por lo tanto, posee un alza o “peak” de producción de etileno, lo que gatilla una maduración más acelerada, provocando una susceptibilidad mayor al deterioro y podredumbres. Por ello se recomienda que al ser cosechado se enfríe a las temperaturas mencionadas anteriormente para reducir esta alza en la producción de etileno y evitar posibles pérdidas en postcosecha (Barco *et al.*, 2011). En la Figura 2, se presenta la evolución de la producción de etileno en tomates Rosado de Peumo almacenados a dos temperaturas de conservación.

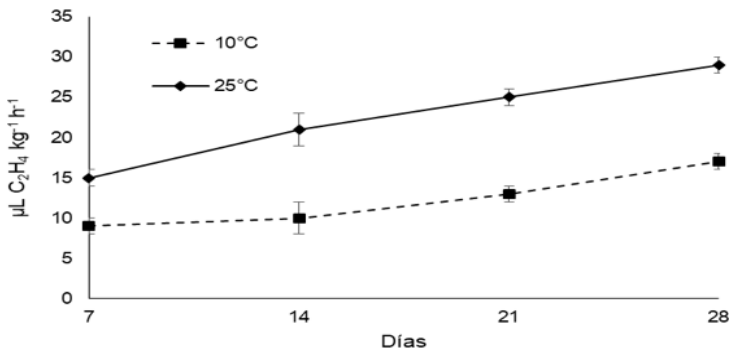


Figura 2. Evolución de la producción de etileno de tomates Rosado de Peumo almacenados a 10 y 25 °C durante 28 días. Los valores son la media (n=3) ± ES (Correa, 2019).

Los efectos negativos del etileno son una maduración acelerada del fruto, la cual provoca un aumento paulatino de la respiración del fruto, y esto genera el acortamiento de la vida útil del producto. Sin embargo, la aplicación de etileno también tiene un efecto positivo al controlar la maduración de los frutos. Es así que tratamientos de 100 ppm de etileno a temperaturas de 18 a 22 °C durante 1 a

2 días pueden hacer madurar de forma uniforme los frutos para ser comercializados posteriormente (Cantwell y Kasmire, 2007).

Considerando que el etileno acelera los procesos de maduración en tomate, es preciso evitar su acumulación en cámaras de conservación mediante ventilación o empleando sistemas de absorción de este gas ya que como se mencionó, si este gas se acumula entorno a frutos no maduros, puede desencadenar rápidamente su maduración, lo que contribuiría a acelerar el deterioro de los mismos (Artés, 2007).

2.8.2 Tasa respiratoria

El tomate es un fruto con una tasa relativamente elevada con valores de 10 a 45 $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a temperaturas de 5 y 25 °C, respectivamente. La respiración depende en parte del estado de madurez que presenta el fruto y de la variedad. En la Figura 3, se presenta la evolución de la respiración en tomate Rosado de Peumo almacenado a dos temperaturas.

Los considerables cambios físicos y químicos que suceden en la maduración del tomate durante el climaterio se manifiestan en una rápida evolución del color verde, con degradación de clorofilas, hacia tonos anaranjados y rojos, acompañado de un descenso de la firmeza, una ligera disminución de la acidez y un pequeño aumento de los sólidos solubles, tanto en frutos tradicionales como de larga vida (Gross *et al.*, 2003).

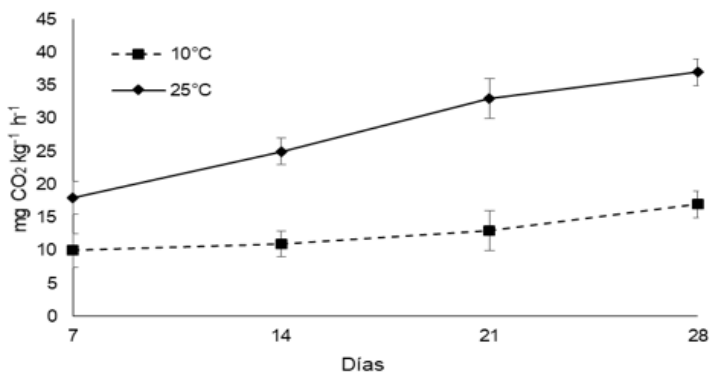


Figura 3. Evolución de la tasa respiratoria de tomates Rosado de Peumo almacenados a 10 y 25 °C durante 28 días. Los valores son la media (n=3) ± ES (Correa, 2019).

2.8.3 Daño por frío

El tomate es susceptible al daño por frío, lo que restringe el transporte refrigerado a mercados lejanos o el uso de almacenamiento prolongado en frío. Almacenar a baja temperatura (2-6 °C) por 2 semanas es suficiente para inducir daño

interno en tomate que conduce al desarrollo de síntomas visuales como podredumbre y maduración desuniforme (Vega-García *et al.*, 2010).

Otros autores señalan que a partir de 5 a 6 días de almacenamiento a temperaturas menores a 10 °C, los frutos pueden manifestar depresiones de la epidermis (picado o “pitting”), ablandamiento, infiltración acuosa en los tejidos del mesocarpo, incapacidad para alcanzar la plena madurez, pérdida de aroma y aumento de la susceptibilidad a los ataques fúngicos (en particular *Alternaria* sp.) (Artés y Artés-Hernández, 2004).

En la Foto 16, se presentan síntomas de daño por frío en tomate Rosado de Peumo conservado durante 28 días a 5 °C, los cuales se manifiestan como maduración y coloración irregular, picado y presencia de podredumbres en los frutos.

En pimiento, el daño por frío se manifiesta al almacenar los frutos a temperaturas inferiores a 5 °C. Los síntomas son la aparición de manchas en el pericarpio, pardeamiento de las semillas y una mayor susceptibilidad a los ataques fúngicos como *Botrytis cinerea* (Foto 17). Los pimientos que sufren daños por frío muestran inicialmente una disminución de la actividad respiratoria, que aumenta luego hasta niveles superiores a la de aquellos almacenados a mayor temperatura (Artés y Artés- Hernández, 2004).

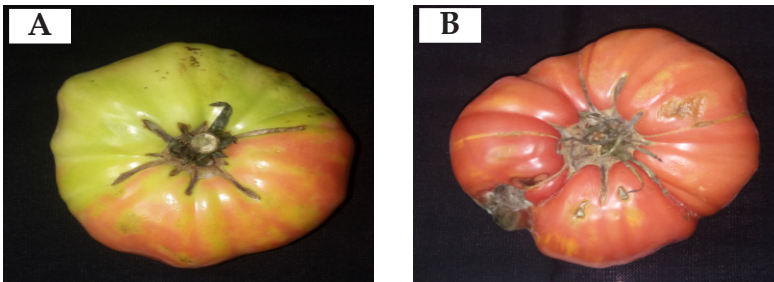


Foto 16. Daño por frío en tomate Rosado de Peumo. Maduración desuniforme (A). Picado en los hombros del fruto y presencia de podredumbres (B).

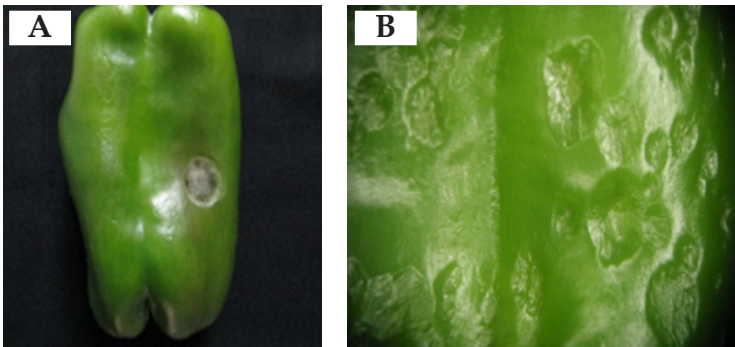


Foto 17. Daño por frío en pimiento cv. Kadeka. Pudrición con *Botrytis cinerea* (A). Picado o pitting en piel (B).

2.8.4 Daños mecánicos

Los frutos deben embalsarse en cajas con superficies lisas y contornos redondeados, sin protuberancias para evitar daños en los frutos. En la Foto 18 se muestran frutos de tomate con marcas de bordes provocados por las perforaciones ubicadas en la base de las cajas.

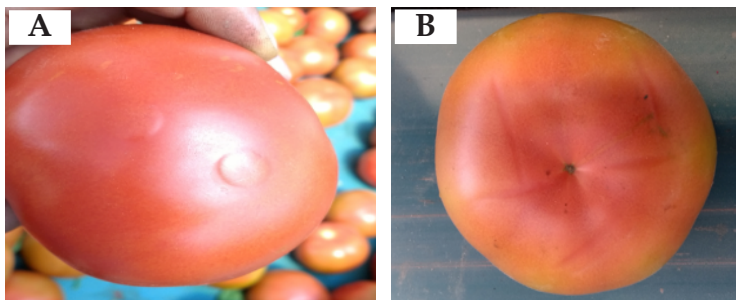


Foto 18. Daño por abrasión en frutos de tomate por uso de cajas con orificios en la base (A). Daño por presión con los bordes de las cajas (B).

2.8.5 Podredumbres y agentes patógenos

Las podredumbres son una de las principales causas de deterioro en tomates y pimientos en postcosecha. Dentro de las principales enfermedades asociadas al tomate, se encuentran las podredumbres relacionadas con bacterias como *Erwinia carotovora*, la cual provoca la llamada podredumbre blanda bacteriana. Respecto a las podredumbres relacionadas a hongos, destacan la podredumbre ácida generada por *Geotrichum candidum*, la podredumbre húmeda provocada por *Rhizopus stolonifer*, la podredumbre gris, ocasionada por *Botrytis cinerea* y la podredumbre negra generada por *Alternaria alternata*, las cuales aparecen en las lesiones generadas por daño por frío y/o heridas en los frutos (Foto 19) (Mahovic *et al.*, 2006).

En pimiento, las principales enfermedades de postcosecha son causadas por hongos como *Botrytis cinerea* que provocan podredumbre gris y afectan a la pulpa del fruto, además de que colonizan el pedúnculo (Foto 20). También pueden presentarse podredumbres por *Rhizopus stolonifer* (Foto 21). Otra podredumbre importante es la podredumbre blanda generada por la bacteria *Erwinia carotovora* que se manifiesta como lesiones en la zona de inserción del pedúnculo y el arrugamiento de la epidermis.

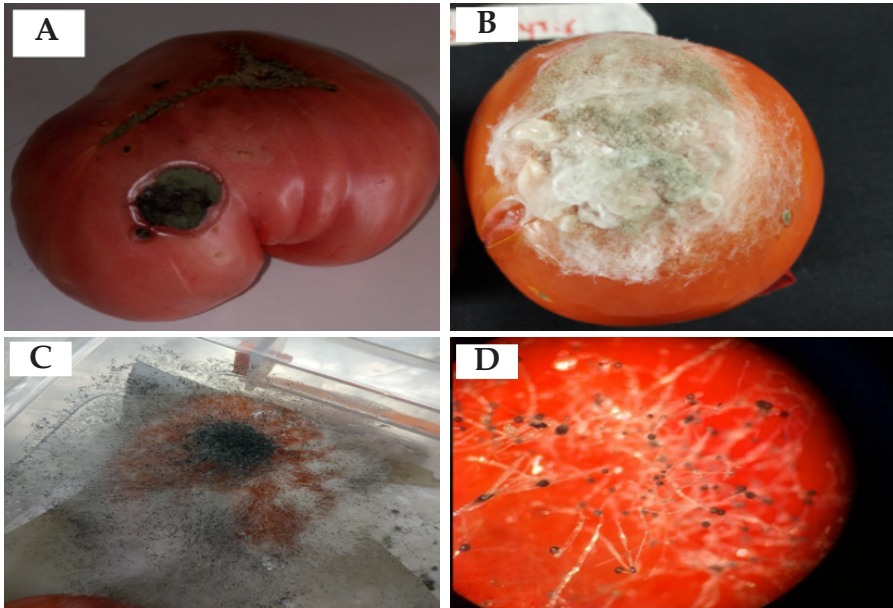


Foto 19. Podredumbres de postcosecha en tomate. Podredumbre negra provocada por *Alternaria alternata*, como consecuencia de daño por frío (A). Podredumbre gris provocada por *Botrytis cinerea* (B). Podredumbre húmeda por *Rhizopus stolonifer* (C) y (D).

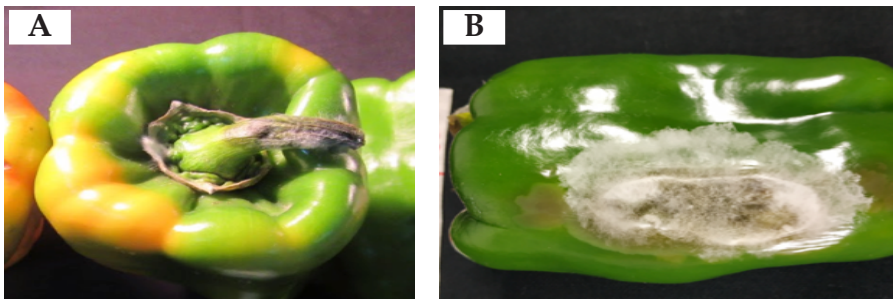


Foto 20. Podredumbre por *Botrytis cinerea* en pimiento. Colonización en pedúnculo (A). Podredumbre en pulpa (B).



Foto 21. Podredumbre por *Rhizopus stolonifer* en trozos de pimiento.







2.8.6 Pérdida de peso

Es consecuencia directa de la deshidratación y suele ir acompañada por la pérdida de firmeza de los frutos. A su vez, la pérdida de peso aumenta a medida que disminuye la humedad relativa en el entorno del fruto y se extiende el tiempo de almacenamiento.







En un ensayo realizado con tomates cv. Alanina envasados en bolsa de 15 x 20 cm con 10 perforaciones de 0,7 mm cada una y otros almacenados sin bolsa. Se observó luego de 5 días de almacenamiento a 10 °C, que los frutos embolsados presentaron una pérdida del 0,4% respecto del peso inicial, mientras que los frutos sin bolsas mostraron una pérdida del 2,8%. Luego de 12 días, los valores de pérdidas aumentaron aunque en aquellos frutos envasados solo llegó a 1,1% mientras que aquellos sin bolsas perdieron un 5,6% del peso inicial mostrando una calidad visual inferior (Cuadro 3).

En el Cuadro 4, se presenta la evolución de la pérdida de peso de tomate cv. Alanina envasados con y sin bolsa perforada, almacenados a 20 °C. Tras 5 días de almacenamiento, los frutos envasados presentaron una pérdida del 1% respecto al peso inicial, mientras que los frutos no envasados mostraron una pérdida del 5,6%. Luego de 12 días, los frutos envasados presentaron una pérdida de 2,6%, mientras que los no envasados perdieron un 10,6% del peso inicial, presentándose frutos deshidratados con depresiones.

Cuadro 3. Evolución de la apariencia y la pérdida de peso en tomates cv. Alanina almacenados con y sin bolsa perforada durante 12 días a 10 °C.

Tratamientos	Sin bolsa	Con bolsa
Día 0		
Día 5	 2,8%	 0,4%
Día 12	 5,6%	 1,1%

Cuadro 4. Evolución de la apariencia y la pérdida de peso en tomates cv. Alamina almacenados con y sin bolsa perforada durante 12 días a 20 °C.

Tratamientos	Sin bolsa	Con bolsa
Día 0		
Día 5	 5,6%	 1,0%
Día 12	 10,6%	 2,6%

Por lo tanto, en este estudio se observó que la menor pérdida de peso registrada en los frutos envasados fue debido a que se mantuvo una alta humedad relativa dentro de los envases, lo que redujo la deshidratación y pérdida de peso de los frutos.







Adicionalmente se realizó un ensayo con frutos de pimiento conservados a 10 y 20 °C y al igual que en tomate se emplearon bolsas de 15 x 20 cm y 10 perforaciones de 0,7 mm cada una y como testigo se almacenaron pimientos sin bolsa. En el Cuadro 5, se presenta la evolución de la apariencia y la pérdida de peso en frutos de pimiento cv. Almuden almacenados a 10 °C, con y sin bolsa perforada, luego de 12 días. Tras 5 días, los pimientos envasados perdieron un 0,3% del peso inicial, mientras que los conservados sin bolsa, perdieron 3,7%. Luego de 12 días, los frutos envasados perdieron un 2,4%, presentando una buena apariencia, mientras que los frutos sin bolsa alcanzaron un 5% de pérdida, mostrando síntomas de deshidratación externa leves.

En el Cuadro 6 se presenta la evolución de la apariencia y la pérdida de peso de pimientos cv. Almuden después de 5 días a 20 °C, los frutos en bolsa presentaron una pérdida < 1%. En el mismo período, los frutos sin bolsas perdieron 9% de peso viéndose afectada severamente su calidad visual. Después de 12 días de conservación, los frutos sin bolsas llegaron a pérdidas de 19%, mientras que los envasados tuvieron 4,9%.







Una menor pérdida de peso se presentó en los frutos almacenados en bolsa en relación a los frutos sin envase, aunque en las bolsas al ser perforadas también

se registraron reducciones de peso por pérdida de agua. Al igual como se indicó en tomate, la presencia de la bolsa plástica perforada reduce significativamente las pérdidas de peso de los frutos envasados.

Cuadro 5. Evolución de la apariencia y la pérdida de peso en pimientos cv. Almuden almacenados con y sin bolsa perforada durante 12 días a 10 °C.

Tratamientos	Sin bolsa	Con bolsa
Día 0		
Día 5	 3,7%	 0,3%
Día 12	 5,0%	 2,4%

Cuadro 6. Evolución de la apariencia y de la pérdida de peso en pimientos cv. Almuden almacenados con y sin bolsa perforada durante 12 días a 20 °C.

Tratamientos	Sin bolsa	Con bolsa
Día 0		
Día 5	 8,9%	 1,0%
Día 12	 19%	 4,9%

Capítulo III: Tecnologías postcosecha complementarias a la conservación refrigerada para frutos de tomate y pimiento enteros

En la actualidad, la exportación de tomate y pimiento a otros países no se realiza habitualmente debido principalmente al deterioro de la calidad de los frutos por falta de implementación de tecnologías de postcosecha que aseguren una vida útil suficiente que permita su comercialización en mercados externos. Aun así, existen experiencias anteriores donde desde Chile se exportó tomate a EE.UU. llegando con problemas por daño por frío y presencia de podredumbres fúngicas y/o bacterianas.

Esta inseguridad para poder exportar hortalizas de calidad, ha obligado a los agricultores nacionales a destinar su producción a mercado interno. Esta falta de oportunidades podría ser una de las causas más probables de porqué los productores no se ven motivados a buscar nuevas herramientas tecnológicas para innovar en producción y comercialización de estas hortalizas.

En la actualidad, el consumidor exige alimentos naturales, frescos, sin tratar, sin aditivos y nutritivos, dispuestos para su consumo, seguros, saludables y con fáciles preparaciones domésticas o listos para consumir. Es así como, los productos de IV gama o mínimamente procesados atraen el interés de productores, procesadores, plataformas de distribución – venta y canales HORECA y consumidores en general.

Es interesante considerar que durante los últimos años, las ventas de productos de IV gama mostraron un crecimiento de 10 a 20% anual tanto en Chile como en otros mercados internacionales. En el caso de tomate y pimiento de IV gama comercializado a través de los canales de HORECA, éstos pueden alcanzar una vida útil de unos pocos días a causa de un rápido ablandamiento y exudación de líquido desde la zona de corte.

En el marco del proyecto FIA PYT-2016-0441 se realizaron una serie de ensayos en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y en la sede de Coopeumo en Pichidegua de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. El propósito de estos ensayos fue extender la vida postcosecha y la calidad de tomates y pimientos enteros para alcanzar mercados internacionales y/o para conseguir un almacenamiento prolongado de estos frutos. También se probaron diferentes tratamientos para obtener productos de IV gama de estas hortalizas mediante la aplicación de tecnologías emergentes. Los frutos que se emplearon para realizar estas investigaciones fueron cultivados por agricultores de la zona de Pichidegua en la Región de O'Higgins (Foto 22).



Foto 22. Cultivo al aire libre de tomates Rosado de Peumo en la comuna de Pichidegua (A y B). Invernadero tradicional con pimientos cv. Kadeka (C).

3.1 Uso de 1-MCP

El etileno es una hormona vegetal que afecta al desarrollo de distintos procesos como la maduración y senescencia de los tejidos vegetales. El 1-metilciclopropeno (1-MCP) es un potente inhibidor de la acción del etileno capaz de disminuir o retrasar la producción de etileno y CO₂ en la mayoría de los frutos climatéricos; así como mantener la firmeza de los frutos en postcosecha. En el caso de frutos no-climatéricos se ha reportado que detiene la senescencia (Blankenship y Dole, 2003). El 1-MCP está clasificado por la Agencia de Protección del Ambiente de EE.UU. como un regulador de crecimiento, con un modo de acción inocuo para el ser humano (Blankenship y Dole, 2003).

El 1-MCP es utilizado como un retardante de la maduración en los frutos climatéricos, por lo que es recomendable usarlo en frutos climatéricos en estados de madurez más tempranos. En el caso de tomate, se recomienda su aplicación en estados de madurez 1: Verde maduro y 2: Quiebre de color (Foto 23).

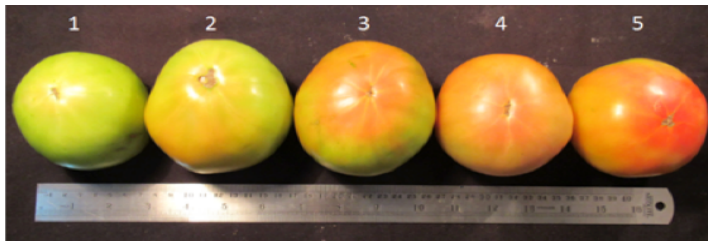


Foto 23. Escalas de color en tomate. 1: Verde maduro, 2: Quiebre de color, 3: Tornado, 4: Rosado, 5: Rojo.

3.1.1 Aplicación de 1-MCP

Para la aplicación del producto se debe emplear una cámara hermética en condiciones de temperatura de 10 °C y 90 a 95% de HR. La dosis recomendada es cercana a los 500 ppb y su período de aplicación de 12 a 18 horas. A continuación se muestra en la Foto 24 un contenedor para la aplicación del producto a nivel de laboratorio donde se practicaron diferentes dosis según la especie y estado de madurez de la fruta.



Foto 24. Contenedor modificado y aplicación de 1-MCP en tomate Rosado de Peumo con un estado de quiebre de color (Gentileza de la Unidad de Postcosecha, INIA).

3.1.2 Resultados de la aplicación de 1-MCP en frutos de tomate conservados en refrigeración

3.1.2.1 Producción de etileno

La producción de etileno se ve disminuida con la aplicación de 1-MCP, por lo que el uso de esta molécula ralentiza la maduración en tomates. En la Figura 4, se presenta la evolución en la producción de etileno de tomate Rosado de Peumo, donde la aplicación de 1-MCP disminuyó la producción de etileno en casi un 15% respecto a los frutos no tratados durante 28 días a 10 °C.

Un comportamiento similar se presentó en tomate cv. Alamina, donde el tratamiento con 1-MCP presentó una producción menor con $10,2 \mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, mientras que frutos sin tratar presentaron $15,6 \mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ tras 28 días a 10 °C.

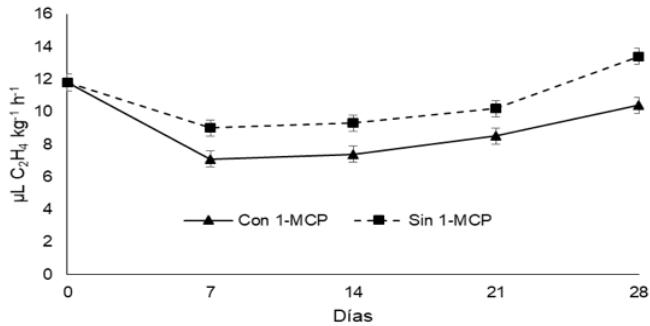


Figura 4. Producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) de tomates Rosado de Peumo tratados con y sin 1-MCP almacenados durante 28 días a 10 °C. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

3.1.2.2 Firmeza de la pulpa

El uso de 1-MCP mantuvo la firmeza de la pulpa de tomate durante un almacenamiento de al menos 35 días. En tomate cv. Alamina, luego de 30 días a 10 °C más 5 días a 20 °C, los tomates tratados con 1-MCP presentaron una mayor firmeza de 13,7 N, respecto a los frutos sin tratar que obtuvieron 10,4 N (Figura 5). Luego de 35 días a 10 °C más 5 días a 20 °C, los tomates Rosados de Peumo, mantuvieron una firmeza más alta en los frutos tratados con 1-MCP, con un valor de 11,5 N, mientras que los no tratados presentaron 7,6 N.

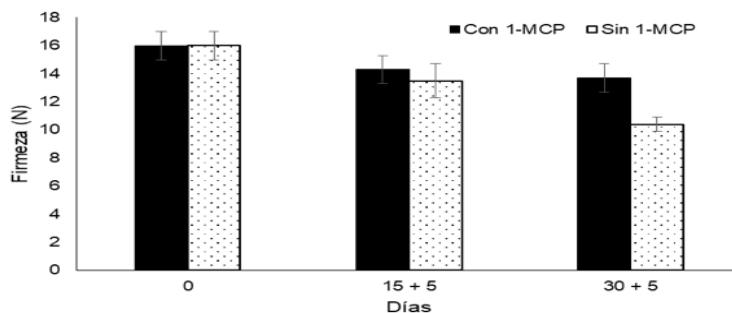


Figura 5. Firmeza (N) de la pulpa de tomates cv. Alamina tratados con y sin 1-MCP, almacenados en bolsas perforadas durante 30 días a 10°C más 5 días a 20°C. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

3.1.2.3 Color de la piel

La aplicación de 1-MCP en tomate en estado de madurez verde maduro (tono de 95-100°, amarillo verdoso) ralentizó la maduración en estos frutos. De hecho cuando los frutos se almacenaron a temperaturas de 10 °C la evolución del color rojo en la piel se desarrolló de manera más lenta.

El tomate cv. Alamina presentó una menor evolución del tono cuando fueron tratados con 1-MCP, con un valor de 65-70° (amarillo rojizo) luego de 30 días a 10 °C más un período de comercialización de 5 días a 20 °C, mientras que los frutos no tratados con 1-MCP, presentaron un valor de 40-45° (rojizo) (Cuadro 7). En el caso del tomate Rosado de Peumo, se presentó una tendencia similar, puesto que el uso de 1-MCP generó un desarrollo más lento del color mientras permanecieron bajo refrigeración. Sin embargo, luego de 35 días a 10 °C más 5 días a 20 °C, los frutos desarrollaron el color natural de la variedad, presentando un tono de 50-55° (rosado), mientras que los frutos no tratados obtuvieron un tono de 40-45° (rojo) (Cuadro 8).

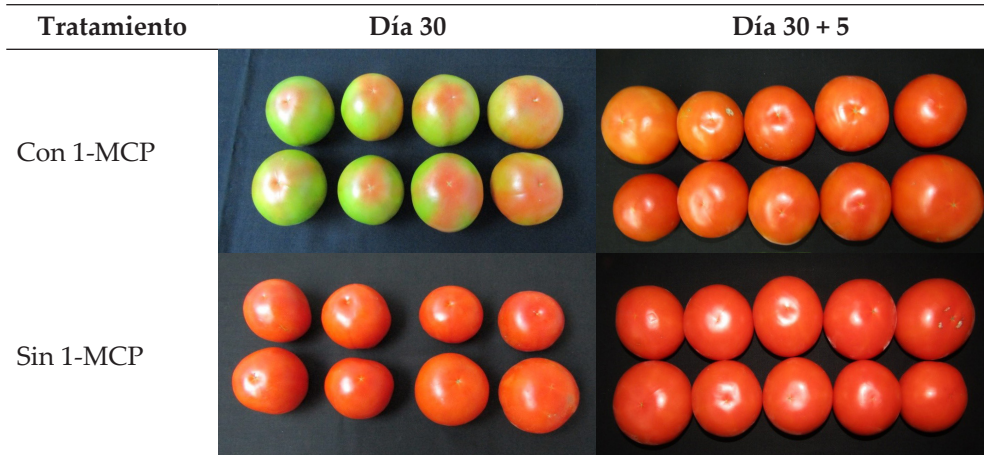
3.1.2.4 Podredumbres

En los mismos ensayos mencionados anteriormente, los tomates cv. Alamina no presentaron podredumbres en ninguno de los tratamientos con y sin 1-MCP. Sin embargo, en tomate Rosado de Peumo los frutos sin tratar con 1-MCP presentaron un 30% de podredumbres.

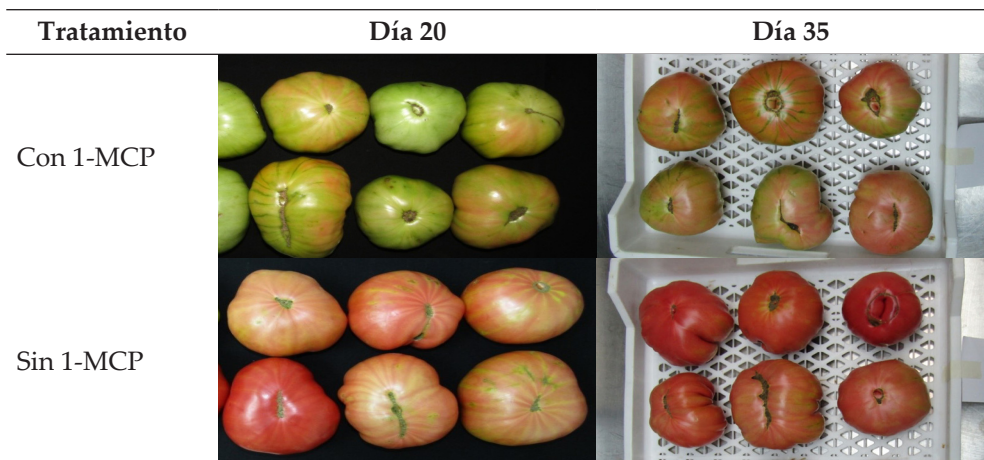
3.1.2.5 Recomendaciones

El uso de 1-MCP retarda la maduración de tomate al mantener el color y la firmeza reduciendo la producción de etileno. Para tomate en estado de madurez verde maduro y/o quiebre de color, la recomendación es utilizar 500 ppb durante 12 horas en una cámara hermética con alta humedad relativa.

Cuadro 7. Evolución del color en tomate cv. Alamina cosechado en un color inicial verde maduro tratado y sin tratar con 1-MCP, almacenados en bolsas perforadas durante 30 días a 10 °C más 5 días a 20 °C.



Cuadro 8. Tomate Rosado de Peumo en color inicial verde maduro tratado y sin tratar con 1-MCP, almacenados en bolsas perforadas durante 35 días a 10 °C.



3.1.3 Resultados de la aplicación de 1-MCP en pimientos conservados en refrigeración

3.1.3.1 Producción de etileno

El pimiento es un fruto no climatérico, por lo que genera muy poco etileno (Artés, 2007), esto significa que luego de cosechado madura de manera muy lenta, a menos que sea expuesto a una fuente de etileno externa que acelera la madura-

ción, lo que se traduce principalmente en un cambio de color de la piel y la pulpa (Cantwell y Kasmire, 2007). En pimiento cv. Kadeka la aplicación de 500 ppb de 1-MCP durante 12 h no generó cambios en la producción de etileno respecto de los frutos no tratados y los valores fluctuaron entre 3,6 y 6 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\text{ h}^{-1}$ (Figura 6).

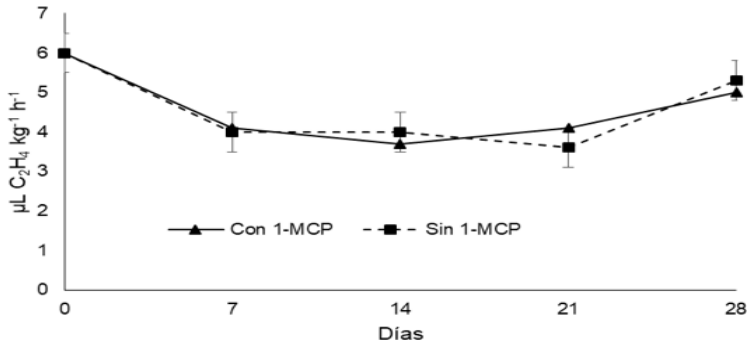


Figura 6. Evolución de la producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1}\text{ h}^{-1}$) en pimientos cv. Kadeka tratados con y sin 1-MCP almacenados durante 28 días a 10 °C. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

3.1.3.2 Firmeza de la pulpa

Respecto a la firmeza de la pulpa, la aplicación de 1-MCP no generó diferencias significativas respecto a los frutos sin tratar. Este resultado se explicaría porque el uso de 1-MCP no afecta la producción de etileno. En la Figura 7 se presenta la evolución de la firmeza en pimiento cv. Kadeka tratados con y sin 500 ppb de 1-MCP, luego de 40 días a 10 °C más un período de 5 días a 20 °C. En esta Figura se observa que la firmeza de los frutos tratados y sin tratar fue similar, registrándose valores entre 12,4 y 15,0 N.

3.1.3.3 Color de la piel

La aplicación del 1-MCP no afectó al desarrollo del color en pimiento cv. Kadeka en estado de madurez inicial verde-maduro. En la Figura 8, se presenta la evolución del tono en pimiento cv. Kadeka tratados con y sin 1-MCP luego de 40 días a 10 °C más 5 días a 20 °C, donde se obtuvieron valores entre 105,2 y 93,4°, respectivamente. Por tanto los frutos mantuvieron su color verde amarillento durante todo el período de estudio (Cuadro 9).

3.1.3.4 Podredumbres

Al final de estos ensayos, sólo se presentaron problemas por podredumbres en los frutos sin 1-MCP, donde se observó un 10% de frutos dañados luego de 40 días a 10 °C más 5 días a 20 °C.

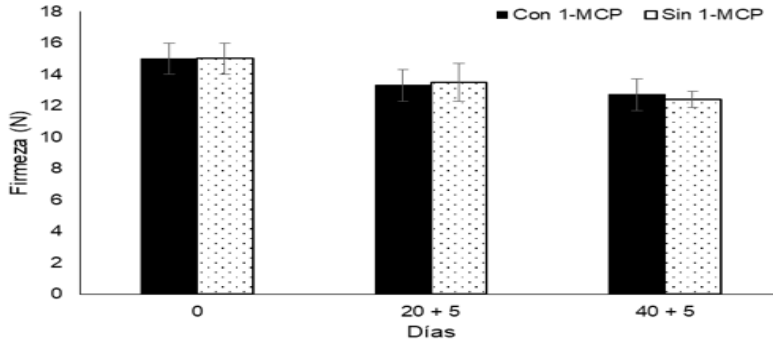


Figura 7. Firmeza (N) de la pulpa de pimientos cv. Kadeka tratados con y sin 1-MCP, almacenados en bolsas perforadas durante 40 días a 10 °C más 5 días a 20 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES.

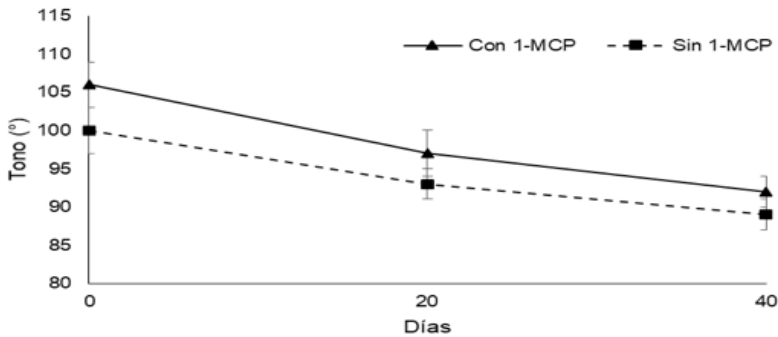


Figura 8. Evolución del tono en piel de pimientos cv. Kadeka tratados con y sin 1-MCP almacenados en bolsas perforadas durante 40 días a 10 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES.

3.1.3.5 Recomendaciones

El uso de 1-MCP no sería efectivo en los frutos de pimiento ya que producen una cantidad de etileno naturalmente baja, por tanto su inhibición no afectaría la maduración y senescencia de estos frutos.

Cuadro 9. Pimientos cv. Kadeka tratados con y sin 1-MCP, almacenados en bolsas perforadas durante 40 días a 10 °C más 5 días a 20 °C.



3.2 Uso de tratamientos térmicos

El tratamiento térmico consiste en la aplicación de temperaturas moderadas a elevadas por un tiempo determinado. Las formas para aplicar calor pueden ser aire forzado, vapor, baños de agua y pulverización con agua. La elección de la forma de aplicar el tratamiento depende de la especie, cultivar, tamaño, estado de madurez, condiciones de campo, entre otras (Escribano y Mitcham, 2014). Este tratamiento puede ser usado como control sanitario y para alargar la vida de postcosecha al brindarle al vegetal una tolerancia al daño por frío (Wang, 1998). Sin embargo, es necesario conocer la combinación precisa de temperatura y tiempo de aplicación a los cuales deben ser sometidas las diferentes especies hortícolas para así asegurar los beneficios de este tratamiento (Garmendia y Vero, 2006).

Los beneficios de esta técnica en frutos están asociados al control de ciertas enfermedades fúngicas, modificar las respuestas metabólicas de los procesos como la respiración, disminuir la actividad del etileno, inactivar ciertas enzimas, junto con ser un tratamiento inocuo y que no daña al medio ambiente (Hansen y Johnson, 2007).

3.2.1 Aplicación de tratamiento térmico

El modo de aplicación del agua caliente se puede realizar mediante inmersión, donde se requiere de un recipiente de acero inoxidable suficiente para los frutos a tratar. La recomendación sería emplear entre 10 y 20 L de agua por kilogramo

de fruta a tratar. A nivel experimental, el tratamiento se realiza en recipientes de acero inoxidable donde es fundamental el monitoreo y control permanente de la temperatura del agua. En la Foto 25 se muestra un recipiente de acero inoxidable con frutos de tomate a los cuales se aplica el tratamiento térmico.



Foto 25. Recipiente de acero inoxidable con frutos de tomate Rosado de Peumo sumergidos en agua caliente (1 kg/15 L).

3.2.2 Resultados de la aplicación de tratamientos térmicos en tomate

3.2.2.1 Tasa respiratoria y producción de etileno

El tratamiento térmico de 40 a 60 °C durante 4 min redujo el metabolismo y la velocidad en la maduración de los frutos, lo que extendió su vida postcosecha en condiciones de almacenamiento a baja temperatura. Es así como los tomates Rosado de Peumo, tratados por inmersión a 45 y 60 °C durante 4 min presentaron valores de respiración menores respecto a aquellos tratados en agua fría o tratados térmicamente por 1 minuto luego de 14 y 21 días de almacenamiento a 10 °C (Cuadro 10).

Respecto a la producción de etileno, se observó una tendencia similar, donde las aplicaciones de tratamientos térmicos provocaron una disminución en la maduración de los frutos. En el Cuadro 11 se presenta la evolución de la producción de etileno en tomates Rosado de Peumo inmersos en agua a 45 y 60 °C durante un período de 28 días a 10 °C. Se aprecia que los tomates tratados presentaron una menor producción de etileno, aunque esta reducción no fue significativa.

Cuadro 10. Tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de frutos de tomate Rosado de Peumo tratados con agua a 5, 45 y 60 °C durante 1 y 4 minutos almacenados 28 días a 10 °C. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES (Correa, 2019).

Tratamiento	Día		
	14	21	28
5 °C x 1 min	17,7 \pm 0,2 a*	15,9 \pm 0,4 a	20,9 \pm 0,5 NS
5 °C x 4 min	18,2 \pm 0,4 a	16,3 \pm 0,7 a	21,4 \pm 0,2
45 °C x 1 min	17,7 \pm 0,3 a	16,5 \pm 0,4 a	21,8 \pm 0,3
45 °C x 4 min	15,0 \pm 0,1 c	13,2 \pm 0,2 b	18,2 \pm 0,6
60 °C x 1 min	16,1 \pm 0,2 b	12,2 \pm 0,6 b	18,6 \pm 0,7
60 °C x 4 min	13,0 \pm 0,5 d	11,4 \pm 0,4c	19,9 \pm 0,5

*Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas. NS = No significativo.

Cuadro 11. Producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4\cdot\text{kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de frutos de tomate Rosado de Peumo tratados con agua a 5, 45 y 60°C durante 1 y 4 minutos almacenados 28 días a 10 °C. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES (Correa, 2019).

Tratamiento	Día		
	14	21	28
5 °C x 1 min	2,0 \pm 0,2 NS*	2,5 \pm 0,2 NS	4,0 \pm 0,2 NS
5 °C x 4 min	1,9 \pm 0,3	2,4 \pm 0,1	4,5 \pm 0,1
45 °C x 1 min	1,5 \pm 0,2	2,3 \pm 0,1	4,0 \pm 0,3
45 °C x 4 min	1,2 \pm 0,1	2,1 \pm 0,2	3,5 \pm 0,3
60 °C x 1 min	1,2 \pm 0,3	2,0 \pm 0,1	3,8 \pm 0,2
60 °C x 4 min	1,3 \pm 0,2	2,1 \pm 0,4	3,4 \pm 0,2

*NS = No significativo.

3.2.2.2 Firmeza de la pulpa

La aplicación de tratamientos térmicos mantuvo la firmeza de los frutos durante mayor tiempo. Así temperaturas más elevadas en el agua, permitieron obtener tomates más firmes. Se debe tener en cuenta que el tiempo de inmersión debe ser suficiente para generar este efecto del agua caliente sobre los frutos. En la Figura 9, se observa la evolución de la firmeza de tomate Rosado de Peumo envasados en bolsas perforadas a través del tiempo, donde los tratamientos con 45 y 60 °C durante 4 min mantuvieron una mayor firmeza durante 21 días a 10 °C más 2 días de período de comercialización a 20 °C, con valores entre 9,3 y 9,7 N, mientras que los frutos tratados con agua fría presentaron menores valores de 7,4 y 8,1 N.

En otro estudio realizado en la variedad de larga vida cv. Patrón, tras 32 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, se preservó una mayor firmeza con 10,2 N para los frutos tratados en agua a 50°C por 5 min, mientras que aquellos tratados a 10 °C por 5 min presentaron un valor de 6,1 N.

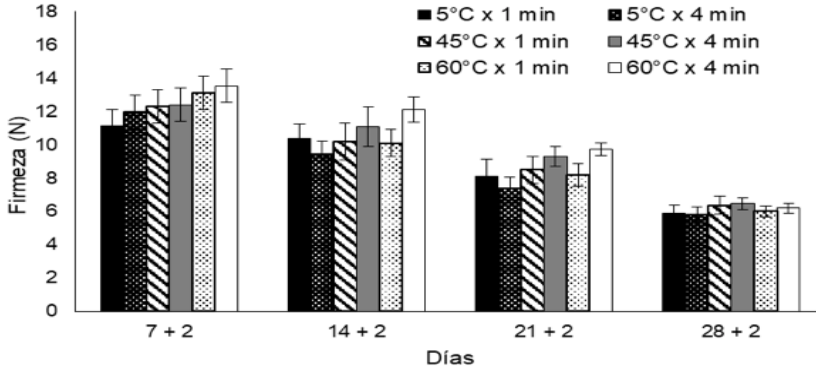


Figura 9. Firmeza (N) de la pulpa de tomates Rosado de Peumo tratados con agua a 5, 45 y 60 °C durante 1 y 4 minutos almacenados en bolsas perforadas durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES (Correa, 2019).

3.2.2.3 Color de la piel

La aplicación de agua caliente retrasó la maduración de los frutos de tomate Rosado de Peumo, principalmente porque reduciría la respiración y la producción de etileno de los frutos lo cual se manifestó como un desarrollo más lento del color rojo. Inmersiones de 40 a 60 °C durante tiempos de exposición de 4 minutos fueron suficientes para generar un retardo en el desarrollo del color en los frutos de tomate de esta variedad. Los frutos tratados a 45 y 60 °C por 4 min presentaron un mayor tono en el día 14 a 10 °C más 2 días a 20 °C, con valores de 69,2 y 63,4° (amarillo rojizo), mientras que los no tratados presentaron valores de 52,0 a 47,2° (rojizo). Tras 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, la combinación 60 °C x 4 min presentó el mayor tono con 52,1°, mientras que los frutos no tratados presentaron valores de 43,4 a 43,7° alcanzándose tonalidades más rosadas, color característico de esta variedad.

Por otra parte, en tomate cv. Patrón envasado en bolsa perforada, el uso de agua a 50 °C por 5 min no generó cambios en el color, respecto a los no tratados tras 32 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. Es así que no se presentaron diferencias entre tratamientos, con valores de 39,2 y 43,8°.

En el Cuadro 12 se presenta el desarrollo del color en frutos de tomate Rosado de Peumo, donde tras 14 días a 10 °C más 2 días a 20 °C hubo un menor desarrollo del color en los tratamientos de 45 y 60°C por 4 min. Luego de 28 días a 10 °C

más 2 días a 20 °C el tratamiento 60 °C por 4 min. presentó un menor desarrollo de color rosado. Algunos frutos cosechados en un estado inmaduro (verde) se mantuvieron verdes y no maduraron posteriormente, por tanto, es fundamental que junto a determinar la adecuada combinación de temperatura del agua y tiempo de aplicación, se deba asegurar que los frutos hayan alcanzado un estado de madurez suficiente (quiebre de color) para completar su maduración normal luego de un almacenamiento refrigerado.

3.2.2.4 Sólidos solubles y acidez

Respecto a los contenidos de sólidos solubles totales (%) y acidez (%), la aplicación de tratamientos térmicos de 45 y 60 °C en tiempos de exposición de 1 y 4 min no tuvo un efecto importante, lo que sugiere que las aplicaciones de agua caliente no generan efectos en el sabor de los frutos.

En tomate Rosado de Peumo, luego de 28 días a 10 °C y 2 días a 20 °C, se observó un pequeño aumento en los sólidos solubles producto de la maduración, y las aplicaciones de agua caliente a 45 y 60 °C no provocaron cambios en este parámetro registrándose valores entre 3,9 y 6,0%. Mientras que en tomate cv. Patrón, aplicaciones de agua a 50 °C por 5 min, no presentaron diferencias respecto a los frutos sin tratar, obteniendo valores de 3,5 a 3,9%.

En relación a la acidez, el tomate Rosado de Peumo mostró una disminución durante el almacenamiento y comercialización debido probablemente a la maduración de los frutos. Las aplicaciones de agua caliente a 45 y 60 °C no presentaron cambios en los frutos con valores entre 0,38 y 0,61%. En tomate cv. Patrón, el uso de agua a 50 °C por 5 min no presentó diferencias respecto a los frutos sin tratar, con valores entre 0,41 y 0,47%.

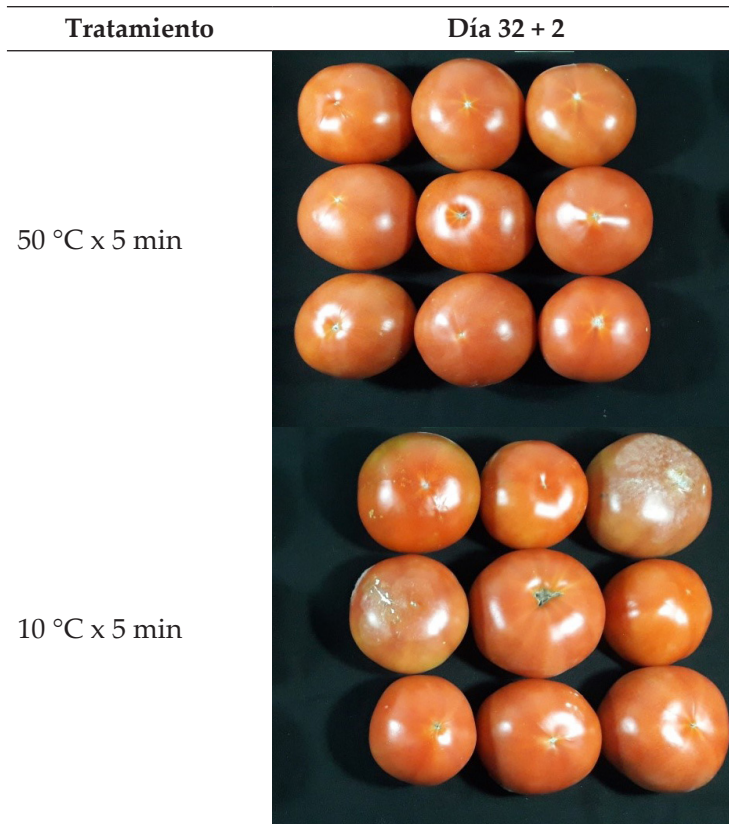
3.2.2.5 Daños por frío

La aplicación de tratamientos térmicos aumenta la resistencia al daño por frío en frutos subtropicales y tropicales expuestos a bajas temperaturas. La razón de esta termotolerancia sería atribuible a la síntesis de proteínas de estrés térmico, las cuales protegen la membrana celular al actuar como chaperonas y unirse a las proteínas de la membrana de los tejidos vegetales para que éstas no pierdan su funcionalidad. Se realizó un ensayo con tomates cv. Patrón, almacenados a 5 °C durante 32 días con la finalidad de inducir daño por frío. Los tomates fueron tratados con agua a 50 y 10 °C durante 5 min antes del almacenamiento refrigerado. Pasados 32 días a 5 °C más 2 días a 20 °C, los frutos tratados con agua caliente alcanzaron una buena calidad comercial, mientras que los tratados con agua a 10 °C presentaron podredumbres severas (Cuadro 13).

Cuadro 12. Desarrollo del color en frutos de tomate Rosado de Peumo tratados con agua a 5, 45 y 60 °C por 1 y 4 min luego de 28 días envasados en bolsas perforadas a 10 °C más 2 días a 20 °C (Correa, 2019).

Tratamiento	Día 14 + 2			Día 28 + 2		
5 °C x 1 min						
5 °C x 4 min						
45 °C x 1 min						
45 °C x 4 min						
60 °C x 1 min						
60 °C x 4 min						

Cuadro 13. Apariencia e incidencia de podredumbres en tomates cv. Patrón tratados con agua a 10 y 50 °C por 5 minutos almacenados en bolsas perforadas durante 32 días a 5 °C más 2 días a 20 °C.



3.2.2.6 Proteínas de choque térmico

Las proteínas de estrés térmico tienen como función ser chaperonas y evitar la desnaturalización de proteínas afectadas por un estrés (Barreiro y Sandoval, 2006). En postcosecha el efecto de estas proteínas se puede observar como termotolerancia o protección contra daño por frío, sobretodo en frutos como tomate que naturalmente son susceptibles a este desorden fisiológico a temperaturas inferiores a 10 °C. Las proteínas más estudiadas y que están directamente ligadas con el daño por frío en vegetales son HSP21 y HSP70.

En las Fotos 26 y 27, se observa la expresión de genes para proteínas HSP21 y HSP70 en tomate Rosado de Peumo, donde los tratamientos de 45 °C x 4 min., 60 °C x 1 min y 60 °C x 4 min. presentaron bandas, por lo cual estos tratamientos sí expresaron estas proteínas.

En cuanto al tratamiento 45 °C x 1 min, no se observó la expresión de gen para estas proteínas, probablemente porque el tiempo de exposición no fue suficiente para gatillar la síntesis de estas proteínas.

3.2.2.7 Podredumbres

En el desarrollo de los ensayos en tomate Rosado de Peumo, no se presentaron problemas por podredumbres salvo en el último día. Tras 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, se observaron podredumbres en los frutos tratados con agua a 5 °C. En estos frutos, el 30% presentaron podredumbres causadas por *Alternaria alternata*, probablemente por el daño por frío generado en el almacenamiento a 10 °C. En frutos de tomate cv. Patrón, luego 32 días a 5 °C más 2 días a 20 °C, el 50% de los frutos tratados con agua a 10 °C presentaron podredumbres por *Botrytis cinerea*, mientras que los frutos tratados con agua a 50 °C por 5 min no presentaron podredumbres.

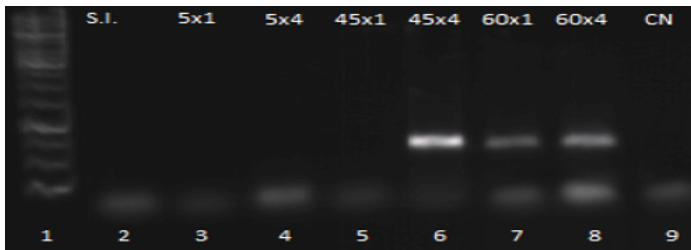


Foto 26. PCR utilizando partididor para expresión de genes para proteína HSP21 con tratamientos térmicos en tomate Rosado de Peumo. CN: Control negativo. La presencia de banda corresponde a la expresión de gen para la proteína HSP21 (Correa, 2019).



Foto 27. PCR utilizando partididor para expresión de genes para proteína HSP70 con tratamientos térmicos en tomate Rosado de Peumo. CN: Control negativo. La presencia de banda corresponde a la expresión de gen para la proteína HSP70 (Correa, 2019).

3.2.2.8 Recomendaciones

Las aplicaciones de agua caliente a temperaturas de 45 a 50 °C por un tiempo de exposición de 3 a 5 min son efectivos para mantener la calidad en postcosecha

de tomates Rosados de Peumo y cv. Patrón durante al menos 28 días de almacenamiento a 10 °C.

La aplicación de tratamiento térmico ayudaría a mantener la firmeza, disminuir la respiración y producción de etileno, así como a reducir la incidencia de podredumbres durante almacenamientos prolongados a 10 °C.

La aplicación de agua caliente previo al almacenamiento en cámara de frío se presenta como una alternativa viable y efectiva para aumentar la vida en postcosecha de tomates, siendo una técnica de bajo costo y de fácil implementación.

3.2.3 Resultados de la aplicación de tratamiento térmico en pimiento

3.2.3.1 Firmeza de la pulpa

Los tratamientos térmicos de 10 y 50 °C por 5 min no generaron efectos notorios en la firmeza de frutos de pimiento. Estos resultados se explicarían porque la aplicación de agua a temperaturas moderadas a altas, afectaría directamente la producción de etileno, pero el pimiento, al ser no climatérico y producir bajas cantidades de esta hormona, el efecto de este tratamiento no sería significativo en la calidad del fruto (Artés, 2007). En la Figura 10, se presenta la evolución en la firmeza en pimiento cv. Kadeka envasados en bolsas perforadas tratados con agua a 10 y 50 °C luego de 28 días a 10 °C + 2 días a 20 °C. Se observa que no hubo diferencias significativas entre los frutos tratados y sin tratar alcanzándose valores entre 10,6 y 13,5 N, respectivamente.

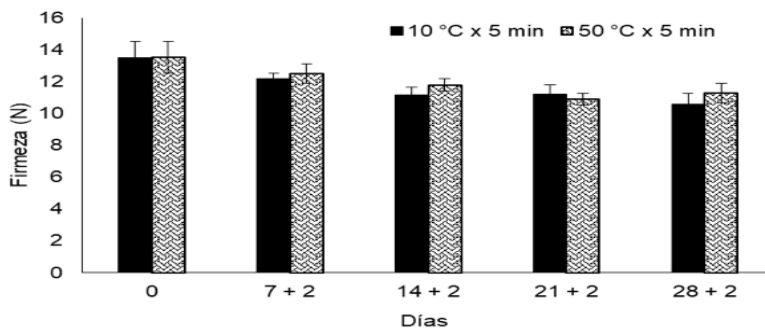


Figura 10. Firmeza (N) de pimientos cv. Kadeka tratados con agua a 10 y 50 °C durante 5 minutos y almacenados en bolsas perforadas durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES (Urrejola, 2019).

3.2.3.2 Color de la piel

Respecto al desarrollo del color, no se presentaron diferencias entre los frutos tratados y sin tratar con temperatura. Estos resultados se explicarían porque el pimiento al ser no climatérico no sería afectado por el calor del tratamiento térmico. Para pimiento cv. Kadeka, el tono presentó valores de 106,4 a 108,6° en ambos tratamientos para el día 0 y luego de 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, lo que corresponde a frutos de color verde amarillento (Cuadro 14). Siguiendo la misma tendencia en pimiento cv. Almuden, no se observaron diferencias en color de la piel tras 51 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, con valores entre 112,4 y 113,5°, con frutos de color verde amarillento (Cuadro 15).

3.2.3.3 Sólidos solubles y acidez

En pimientos cv. Kadeka, luego de 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, no se presentaron diferencias en los sólidos solubles totales entre tratamientos registrándose valores de 4,0 y 4,4%. A su vez en pimientos cv. Almuden, tras 51 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, con valores de 4,1 y 4,3%. Respecto a la acidez, no hubo cambios entre frutos tratados a 10 y 50 °C, registrándose valores de 0,4 y 0,47%, respectivamente. Mientras que en pimientos cv. Almuden, el uso de agua a 50 °C por 2 min no generó diferencias respecto a los frutos sin tratar con valores entre 0,37 y 0,43%.

Por tanto, la aplicación de agua a temperatura de 50 °C por 5 min no tuvo un efecto significativo en la concentración de sólidos solubles totales y acidez de los pimientos. Esto sugiere que las aplicaciones de agua caliente no afectarían el sabor de los frutos.

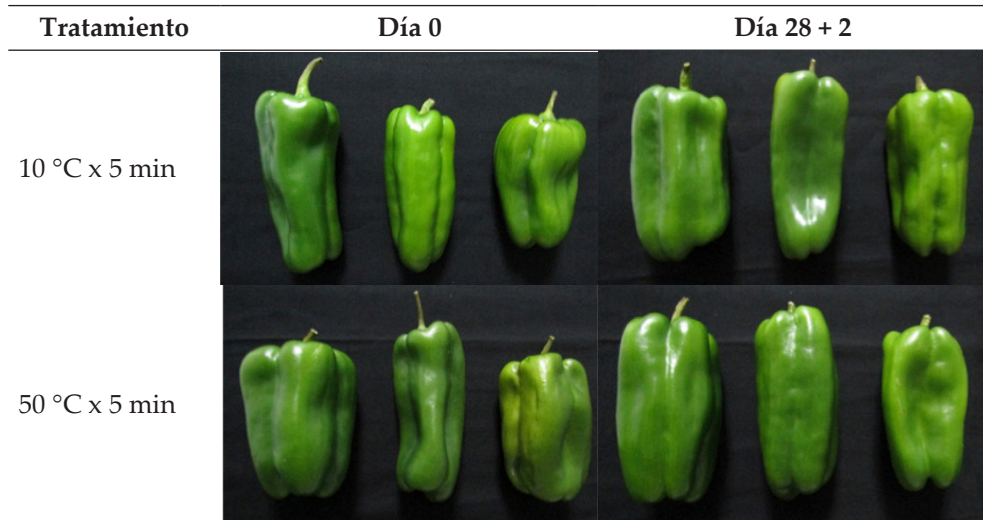
3.2.3.4 Podredumbres

Bajo las condiciones de estudios señaladas anteriormente no se presentaron podredumbres en pimientos cv. Kadeka ni en cv. Almuden, ya sea tratados con agua caliente o no tratados.

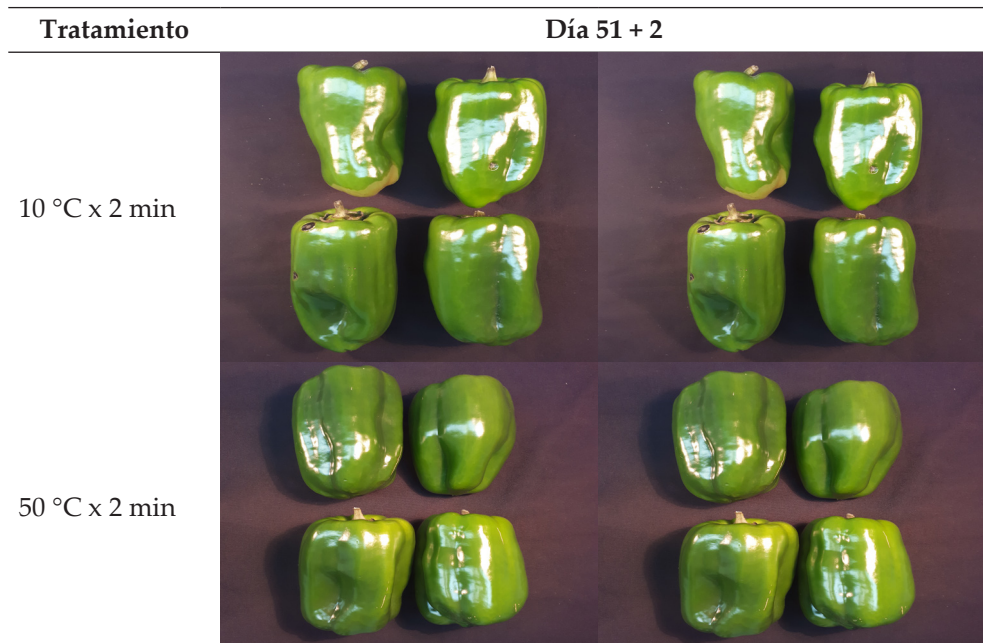
3.2.3.5 Recomendaciones

La aplicación de tratamientos térmicos con temperaturas de 50 °C no provocó cambios significativos en la firmeza, desarrollo del color, contenido de sólidos solubles y acidez en pimientos verdes.

Cuadro 14. Color en pimientos cv. Kadeka tratados con agua a 10 y 50 °C durante 5 minutos y almacenados en bolsas perforadas durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C (Urrejola, 2019).



Cuadro 15. Color de pimientos cv. Almuden tratados con agua a 10 y 50 °C durante 2 minutos y almacenados en bolsas perforadas durante 51 días a 10 °C más 2 días a 20 °C (González, 2020).



3.3 Uso de sales cálcicas

El calcio es un nutriente que está directamente relacionado con la firmeza de los frutos ya que se une a las pectinas de la pared celular de las células, formando una nueva estructura conocida como pectatos de calcio. La formación de estos complejos da mayor estabilidad y rigidez a la pared celular, lo que se traduce en una menor pérdida de firmeza durante el almacenamiento (Ni *et al.*, 2005).

La aplicación de sales cálcicas mediante inmersión de los frutos, previo a su almacenaje en cámara de frío, es una alternativa para mantener la calidad en postcosecha. Se han utilizado diferentes sales de calcio en postcosecha como cloruro, lactato, citrato, ascorbato, propionato y silicato (Aguayo *et al.*, 2008). Su empleo se asocia con una reducción del daño por frío durante el almacenamiento (Serrano *et al.*, 2004), mantención de la firmeza del fruto (Prusia *et al.*, 2005) y resistencia al ataque de podredumbres (Lara *et al.*, 2004).

El aporte de calcio como tratamiento postcosecha se ha relacionado con un incremento en la concentración de este elemento tanto en la piel como en la pulpa de la fruta. La cantidad que ingresa a la fruta depende de la fuente de calcio utilizada para el tratamiento, encontrándose un mayor suministro cuando se emplea cloruro o lactato de calcio (Silveira *et al.*, 2011). El calcio puede ser aplicado en postcosecha por medio de la inmersión de las frutas en una solución con la sal o por infiltración de ésta al vacío. En ambos métodos se expone al producto a una concentración de calcio definida por un periodo de tiempo de 1 a 5 min (Gonçalves *et al.*, 2000).

3.3.1 Efecto de la alta temperatura y sales de calcio

El incremento en la temperatura de la fruta provoca la activación de la enzima pectin metilesterasa (PME), la cual es catalizadora de la hidrólisis de grupos metilester presentes en la pared celular. A través de esta actividad se generan ácidos pépticos libres que a su vez contienen grupos carboxilos disponibles para la adhesión de los iones de calcio provenientes del tratamiento con sales, lo que aumenta la firmeza de los frutos (Ni *et al.*, 2005). Paralelamente se ha visto que estos tratamientos con mayor temperatura mejoran la solubilidad de las sales en la solución, facilitando su penetración a través de los tejidos vegetales (Aguayo *et al.*, 2008). La combinación de agua caliente y sales de calcio aumenta la difusión de calcio en los tejidos, lo que se reflejaría en una mejora de la calidad de diversos frutos, específicamente con el mantenimiento de la firmeza y la reducción de pardeamientos durante la conservación refrigerada (Rico *et al.*, 2007).

3.3.2 Resultados de la aplicación de sales cálcicas en tomate

3.3.2.1 Firmeza de la pulpa

La aplicación de sales cálcicas se efectúa para mantener la firmeza de los frutos durante su conservación refrigerada. Así la interacción que presenta la sal de calcio con la temperatura del agua de inmersión es primordial para aumentar la penetración del calcio en los tejidos y preservar la firmeza (Aguayo *et al.*, 2008). En la Figura 11, se observa que la aplicación de sales de cloruro, lactato y propionato de calcio al 2% en agua a 45 °C, mantuvo la firmeza de tomates Rosado de Peumo envasados en bolsas perforadas durante 21 días a 10 °C más un período de 2 días a 20 °C. En esta Figura se observan valores de 14,7 a 10,4 N para los frutos tratados con calcio mientras que aquellos inmersos en agua a 45 °C sin calcio presentaron valores más bajos de 6,5 N. Por tanto los frutos sin calcio alcanzaron sólo la mitad del valor de firmeza de los tratados con calcio. Finalmente, luego de 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, el uso de lactato y propionato al 2% en solución a 45 °C tuvo una mayor firmeza de 9,4 N respecto a los otros tratamientos que presentaron valores de 5,7 a 7,0 N.

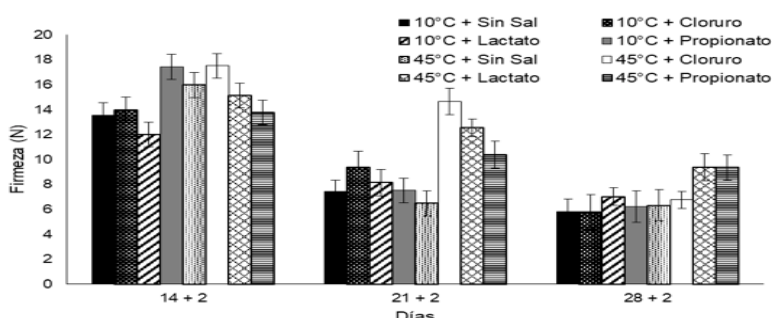


Figura 11. Firmeza (N) de tomates Rosado de Peumo tratados con una solución de cloruro, lactato y propionato al 2% y agua a 10 y 45 °C almacenados en bolsas perforadas durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES (Correa, 2019).

En tomate cv. Patrón envasado en bolsa perforada, tras 32 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, se conservó una mayor firmeza con 10,2 N para los tratados con cloruro de calcio al 2% en agua a 50 °C por 5 min, mientras que los tratados con esta sal en agua a 10 °C por 5 min presentaron una firmeza un 40% más baja, con un valor de 6,1 N.

3.3.2.2 Color de la piel

En general se reporta que el uso de sales de calcio retarda la maduración, presentándose un desarrollo del color rojo más lento, en comparación a los frutos no tratados. Sin embargo, en tomate Rosado de Peumo no se observó esta tendencia, ya que a medida que pasaron los días de almacenamiento, todos los fru-

tos disminuyeron de tono virando a colores rosados al final del almacenamiento con valores de 39,0 y 48,1° (Figura 12). La apariencia de los frutos de tomate Rosado de Peumo se aprecia en el Cuadro 16, donde no hubo diferencias de color ni presencia de podredumbres en los distintos tratamientos.

Así mismo, en tomate cv. Patrón tampoco se presentó esta tendencia, puesto que tras 32 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, no se observaron diferencias en el color de los tomates tratados con cloruro de calcio respecto a los sin sal, y ambos tratamientos presentaron un tono de 39,2 y 43,8°, que corresponde a colores rojos anaranjados.

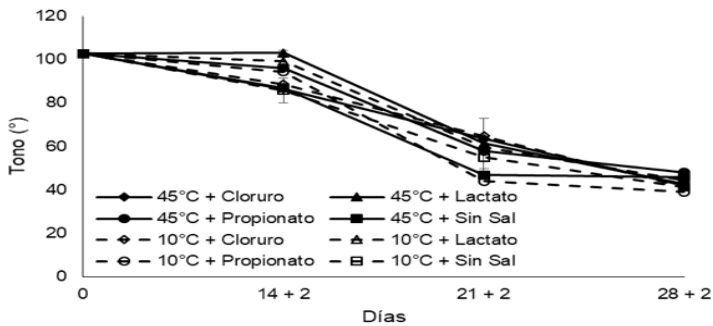


Figura 12. Tono de tomates Rosado de Peumo tratados con cloruro, lactato y propionato al 2% y agua a 10 y 45 °C almacenados en bolsas perforadas durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES (Correa, 2019).

3.3.2.3 Sólidos solubles y acidez

Respecto a la concentración de sólidos solubles totales y acidez, la aplicación de agua a temperatura de 45 °C en combinación con sales de cloruro, lactato y propionato de calcio no tuvo efecto sobre estos parámetros. En tomate Rosado de Peumo, luego de 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, se observó un leve aumento en los sólidos solubles debido a la maduración de los frutos. Por tanto, aplicaciones de agua caliente a 45 °C en combinación de cloruro, lactato y propionato de calcio no presentaron diferencias con los tratamientos sin sal, alcanzándose valores entre 3,9 y 4,6%. Mientras que en tomate cv. Patrón, las aplicaciones de cloruro de calcio al 2% en combinación de agua a 50 °C, tampoco presentaron diferencias respecto a los frutos sin tratar, registrando valores de 3,5 a 3,9%.

Respecto a la acidez de tomate se presentó una disminución durante el almacenamiento refrigerado, donde las aplicaciones de agua a 45 °C con cloruro, lactato y propionato respecto a los tratamientos sin sal no presentaron diferencias, con valores entre 0,44 y 0,62% para tomates Rosado de Peumo. En tomate cv. Patrón, tampoco se presentaron diferencias entre los tratamientos, con valores entre 0,41 y 0,47%.

3.3.2.4 Concentración de calcio en la pulpa

La concentración de calcio total en la pulpa aumentó con la aplicación de sales y la temperatura del agua. Este resultado se debería a que el agua caliente ayudó a difundir mejor el calcio en los tejidos del fruto, además de facilitar la fijación de éste a la pared celular (Aguayo *et al.*, 2008). Los frutos tratados con agua a 45 °C en combinación con cloruro, lactato y propionato presentaron una mayor concentración de calcio en sus tejidos, de hasta un 20% más en todos los días evaluados, lo que se tradujo en frutos más firmes (Cuadro 17). Los frutos tratados con alguna de las tres sales de calcio en una solución a 10 °C presentaron una menor concentración de calcio total. Estos resultados evidencian la importancia de la aplicación de ambas técnicas postcosecha en conjunto, es decir, inmersión en soluciones de sales de calcio a 45 °C.















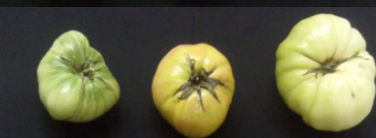

3.3.2.5 Podredumbres

Los frutos de tomate Rosado de Peumo tratados con agua a 10 °C presentaron síntomas de podredumbres por *Alternaria alternata* tras 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, independiente de la aplicación de sal. En otra experiencia realizada en tomate cv. Patrón no se presentaron podredumbres en los frutos tratados con cloruro al 2% y agua a 45 °C luego de 32 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, en cambio, los frutos tratados con agua fría a 10 °C presentaron podredumbres causadas por *Alternaria alternata* y *Botrytis cinerea*.

3.3.2.6 Recomendaciones

Se recomienda utilizar soluciones de cloruro, lactato o propionato al 2% a una temperatura de 45 °C, puesto que el agua caliente facilitaría la penetración de calcio en los tejidos del fruto, manteniéndolos más firmes durante el almacenamiento refrigerado y luego de un período de comercialización. Esta recomendación es válida para tomates tradicionales como Rosado de Peumo y para tomates de larga vida como cv. Patrón.

Cuadro 16. Desarrollo del color de frutos de tomate Rosado de Peumo tratados con una solución de cloruro, lactato y propionato al 2% y agua a 10 y 45 °C almacenados en bolsas perforadas durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C (Correa, 2019).

Tratamiento	Día 0			Día 28 + 2		
10 °C + Sin sal						
10 °C + Cloruro						
10 °C + Lactato						
10 °C + Propionato						
45 °C + Sin sal						
45 °C + Cloruro						
45 °C + Lactato						
45 °C + Propionato						

Cuadro 17. Concentración de calcio (mg Ca 100 g⁻¹MF) de frutos de tomate Rosado de Peumo tratados con una solución de cloruro, lactato y propionato al 2% y agua a 10 y 45 °C, almacenados en bolsas perforadas durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES (Correa, 2019).

Tratamiento	Día		
	14 +2	21 + 2	28 +2
10 °C + Sin sal	6,2 ± 0,4 b*	6,4 ± 0,4 b	6,4 ± 0,6 b
10 °C + Cloruro	5,5 ± 0,2 b	6,6 ± 0,2 b	7,1 ± 0,5 b
10 °C + Lactato	5,3 ± 0,6 b	6,0 ± 0,2 b	7,5 ± 0,1 ab
10 °C + Propionato	6,2 ± 0,3 b	7,7 ± 0,4 a	6,3 ± 0,3 b
45 °C + Sin sal	6,0 ± 0,4 b	7,1 ± 0,5 ab	5,5 ± 0,3 b
45 °C + Cloruro	8,9 ± 0,3 a	8,4 ± 0,5 a	7,6 ± 0,4 a
45 °C + Lactato	8,4 ± 0,4 a	7,7 ± 0,3 a	7,5 ± 0,6 a
45 °C + Propionato	7,5 ± 0,5 a	8,1 ± 0,1 a	8,3 ± 0,2 a

*Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas.

3.3.3 Resultados de la aplicación de sales cálcicas en pimiento

3.3.3.1 Firmeza de la pulpa

Según diferentes estudios, el uso de soluciones de sales cálcicas mejoraría la firmeza de los frutos, inclusive reduciría el metabolismo, por lo que en frutos no climatéricos como el pimiento el uso de estos tratamientos mantendría la firmeza de los frutos durante su vida postcosecha (Aguayo *et al.*, 2008). En la Figura 13, se observa que en pimientos cv. Kadeka inmersos durante 5 min en soluciones de carbonato, propionato y cloruro de calcio al 2% a 50 °C mantuvieron una mayor firmeza luego de 28 días a 10 °C + 2 días a 20 °C, con valores de 12,1 a 12,5 N. Por su parte, los frutos no tratados con sales presentaron valores de 8,2 a 10 N, perdiendo casi un 20% de firmeza respecto a los tratados con calcio durante el almacenamiento.

En otra experiencia con pimientos cv. Almuden envasados en bolsa perforada, el uso de agua caliente de 50 °C por 2 min. en combinación con cloruro de calcio al 2% preservó la firmeza de los frutos durante 51 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, con valores de 11,5 a 12,1 N, mientras que los no tratados presentaron una firmeza de 7,4 a 8,5 N.

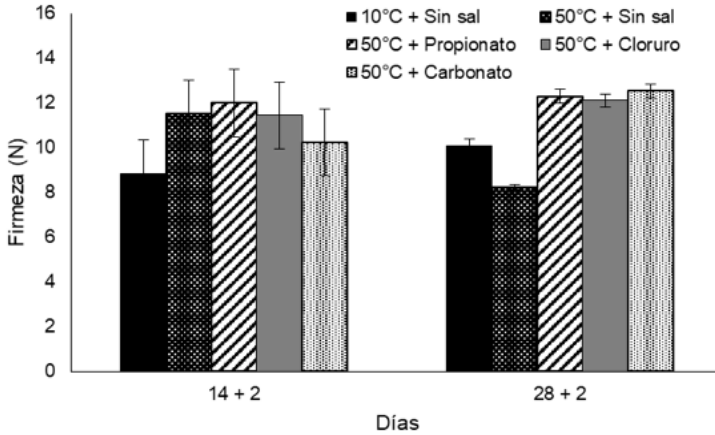


Figura 13. Firmeza (N) de pimientos cv. Kadeka inmersos durante 5 min con soluciones de cloruro, propionato y carbonato al 2% y agua a 10 y 50 °C, almacenados en bolsas perforadas durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. Los valores son la media ($n=3$) \pm ES (Urrejola, 2019).

3.3.3.2 Color de la piel

La aplicación de sales cálcicas no generó efectos significativos en el color de los pimientos. La evolución del tono en pimiento cv. Kadeka tratado con tres sales de calcio y dos temperaturas de inmersión, presentó valores entre 105,7 y 108,4°, sin diferencias entre tratamientos. Los pimientos siempre mantuvieron un color verde amarillento (Cuadro 18, Figura 14). En otro estudio realizado en pimiento cv. Almuden, el uso de cloruro de calcio al 2% en agua a 50 °C no generó diferencias respecto a los tratados con agua a 10 °C con valores entre 112,4 y 113,6°.

3.3.3.3 Sólidos solubles y acidez

La aplicación de agua a 50 °C en combinación con cloruro, carbonato y propionato no modificó la evolución del contenido de sólidos solubles ni de la acidez de los frutos durante el almacenamiento, lo que sugiere que estos tratamientos no afectan su sabor. En pimiento cv. Kadeka, luego de 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, se observó un pequeño aumento en el contenido de sólidos solubles sin encontrarse diferencias entre frutos con o sin aplicación de calcio alcanzando valores de 3,5 y 4,4%. Respecto a la acidez, se observó una disminución de los valores en todos los tratamientos probablemente debido a la respiración de los frutos durante el almacenamiento. Los frutos tratados y sin tratar tuvieron valores entre 0,09 y 0,15%.

Cuadro 18. Evolución del color en pimientos cv. Kadeka inmersos durante 5 min en soluciones de cloruro, propionato y carbonato al 2% y agua a 10 y 50 °C, almacenados en bolsas perforadas durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C (Urrejola, 2019).

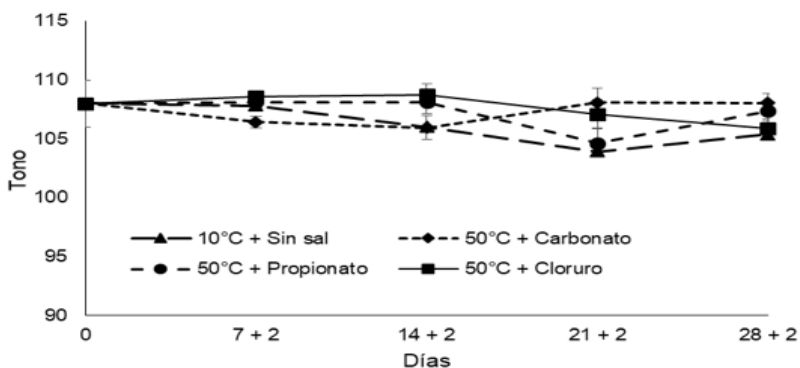
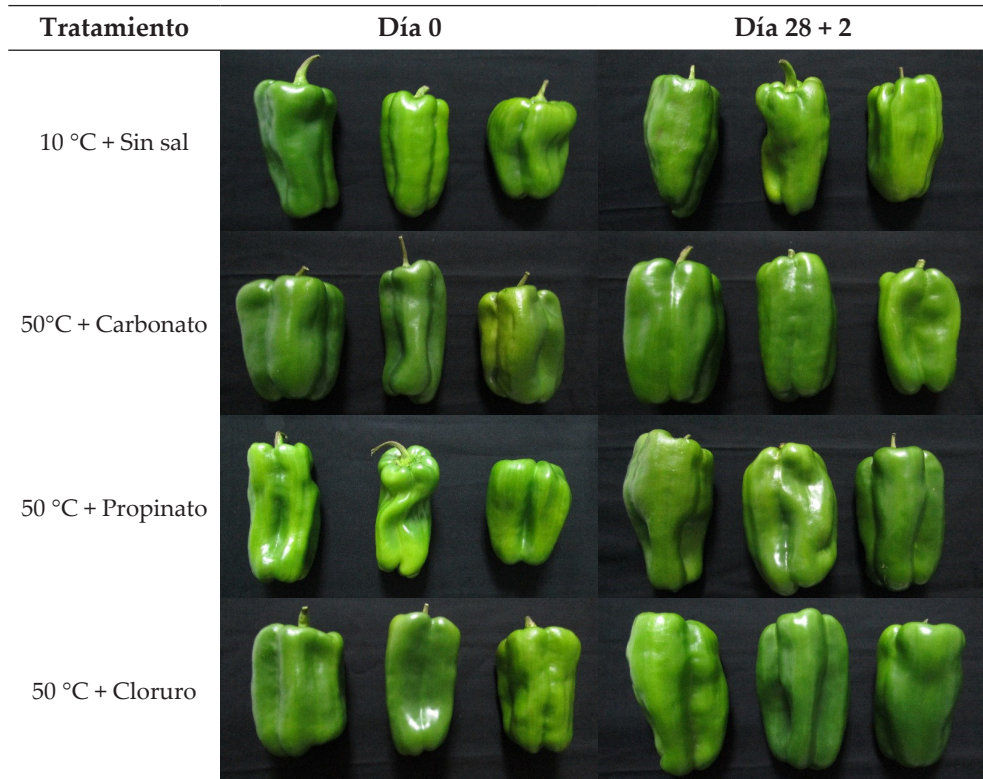


Figura 14. Evolución del tono en pimientos cv. Kadeka inmersos durante 5 min en soluciones de cloruro, propionato y carbonato al 2% y agua a 10 y 50 °C, almacenados en bolsas perforadas durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES (Urrejola, 2019).

3.3.3.4 Podredumbres

No se presentaron podredumbres en pimiento verde cv. Kadeka en ninguno de los tratamientos, tras 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. De forma similar, en pimientos verdes cv. Almuden tratados con cloruro de calcio al 2% en agua a 50 °C y en aquellos tratados con agua a 10 °C no se presentaron podredumbres tras 51 días a 10 °C más 2 días a 20 °C.

3.3.3.5 Recomendaciones

Se recomienda el uso de sales de calcio como cloruro y propionato de calcio a una concentración del 2% en combinación de agua a 45 y 50 °C durante 5 minutos para asegurar la firmeza de pimientos por un período de al menos 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C.

3.4 Uso de la modificación de la atmósfera

El empleo de atmósferas controladas o modificadas permite retrasar las pérdidas de calidad de los frutos y por lo tanto extender su vida útil. La modificación de la atmósfera, ya sea mediante el empleo de atmósfera controlada (AC) o atmósfera modificada (AM) causa una reducción de la tasa respiratoria, retarda el ablandamiento y maduración de los frutos y reduce la incidencia de desórdenes fisiológicos y la presencia de podredumbres (Silveira y Escalona, 2014). En el caso de la atmósfera modificada se debe realizar una adecuada selección de la película de plástico empleada para la confección de los envases, considerando la permeabilidad a los gases, ya que incrementos excesivos en la concentración de CO₂ y/o reducción en la concentración de O₂ por debajo del límite generarán anoxia y fermentación de los tejidos vegetales. Específicamente, éstas condiciones extremas alteran el comportamiento respiratorio de los frutos, de aeróbico (con presencia de O₂) a anaeróbico (en ausencia de O₂) lo que provoca acumulación de etanol y acetaldehídos en la fruta con la consecuente aparición de sabores indeseables y podredumbres durante el almacenamiento (Silveira *et al.*, 2015). Esta situación crea la necesidad de estudiar la combinación de gases adecuada para cada especie y variedad y seleccionar la película plástica correcta para alcanzar estas concentraciones de gases recomendada.

3.4.1 Atmósfera controlada

El almacenamiento en atmósfera controlada implica modificar y mantener una composición de la atmósfera diferente a la composición del aire (78% N₂; 21% O₂; 0% CO₂). Generalmente, se utilizan concentraciones de O₂ por debajo del 8% y de CO₂ por encima del 1%. Esta modificación atmosférica debe ser considerada como una herramienta complementaria al almacenamiento en frío y al control de la humedad durante el período postcosecha de productos frescos (Es-

calona *et al.*, 2015). La ventaja de esta tecnología, es que al aplicarse en cámaras, las concentraciones de gases están reguladas y monitoreadas permanentemente, lo que permite mantener la atmósfera deseada de manera constante a través del tiempo.

3.4.2 Atmósfera modificada

El envasado en atmósfera modificada (EAM) de fruta fresca se basa en la modificación de la atmósfera en el interior del envase, logrado a través de la interacción natural entre dos procesos, la respiración de la fruta y la transferencia de gases a través del envase, que conduce a una atmósfera rica en CO₂ y pobre en O₂. Esta atmósfera contribuye a disminuir la tasa respiratoria, la producción y sensibilidad al etileno, las podredumbres y el pardeamiento de los tejidos vegetales (Escalona *et al.*, 2015).

3.4.3 Películas plásticas

Las películas plásticas más usadas comercialmente para envasar frutas y hortalizas son polietileno de baja densidad (PEBD), polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC) y poliestireno (PS) (Artés, 2006). El grupo de las poliolefinas junto a los PEBD y PP se emplean para las películas continuas como perforadas y se caracterizan por su relativa baja permeabilidad al vapor de agua, una permeabilidad alta a los gases y buen sellado térmico.

El PEBD, presenta una elevada selectividad, importante para bajar la concentración de O₂ sin que aumente en exceso la de CO₂ en el interior del envase. Se pueden utilizar en películas autoadhesibles para brócoli, coliflor, etc. La industria tiende a utilizar el polietileno lineal de baja y de ultrabaja densidad. Estas películas se fabrican con la tecnología de los metalocenos, mediante catálisis del PE en ciertos lugares, lo que disminuye la variabilidad del número de monómeros, homogeneizando la densidad y permeabilidad del polímero, que además presenta mayor claridad y transparencia y sella mejor por calor.

El PP es uno de los polímeros más extendidos para su uso en atmósfera modificada y en alimentación en general. Sus características son bastante similares a las del PE y se adapta muy bien al termosellado. La orientación proporciona rigidez y reduce la permeabilidad a los gases. El PP orientado tiene un valor como barrera al vapor de agua unas siete veces superior que la del PE. El PP no orientado posee mejor claridad, durabilidad y resistencia al calor y es más barato que el PE. Habitualmente las películas de PP destinadas al EAM se utilizan con un tratamiento químico antivaho (etoxilatos no iónicos, monoglicéridos o laca de policloruro de vinilideno) en la cara interna, que reduce la tensión superficial de las gotas de agua que condensan, agrupándolas en una fina película continua sin

empañar el envase, e incluso se puede adicionar al PP un recubrimiento acrílico resistente a la humedad en la cara externa de la película.

Las películas de PVC tienen una moderada permeabilidad al vapor de agua, suelen ser blandas, claras y longevas y no se empañan. Algunas tienen elevada permeabilidad al CO_2 respecto al O_2 , lo que las hace muy aptas para generar atmósferas pobres en CO_2 y evitar así daños en hortalizas sensibles a la acumulación de este gas. El PVC se ha utilizado mucho en el envasado directo estirable y autoadhesible de hortalizas (brócoli, coliflor, pepino, etc.), o de productos dispuestos en bandejas de poliestireno (tomate, fruta de carozo y de pepita, entre otros), pero está en progresivo desuso. Sus graves inconvenientes son que no se recicla fácilmente y que contiene abundante cloro en su molécula que contribuye a destruir la capa de ozono, lo que ha provocado que en diversos países europeos (Alemania, Austria, Países Nórdicos, etc.) hayan prohibido su uso. Es así que el uso de PEBD, por su semejanza al PVC, es un buen sustituto de este tipo de plástico (Artés, 2006).

3.4.4 Resultados de la modificación de la atmósfera en tomate

3.4.4.1 Tasa respiratoria y producción de etileno

El uso de atmósferas con concentraciones moderadas a altas de CO_2 y bajas de O_2 , disminuyen la tasa respiratoria y producción de etileno de los frutos en almacenamiento prolongado, lo que se traduce en una maduración de éstos más lenta. En tomate entero cv. Alamina, conservado a 10°C en atmósferas de 5% O_2 y de 5 y 10% CO_2 y 92 a 95% HR se mantuvo una tasa respiratoria un 20% más baja respecto a aquellos en aire (21% O_2 y 0% CO_2). Los valores obtenidos bajo estas atmósferas de bajo O_2 y moderado CO_2 fueron de 9,2 y 9,7 $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para los días 21 y 28 a 10°C , mientras que en los mismos períodos en aire se obtuvo de 12 a 12,5 $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Figura 15).

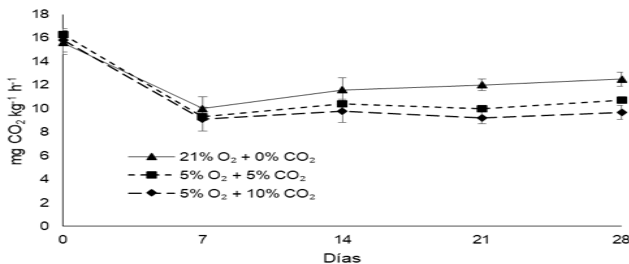


Figura 15. Evolución de la tasa respiratoria en tomates cv. Alamina almacenados en aire (21% O_2 + 0% CO_2), 5% O_2 + 5% CO_2 y 5% O_2 + 10% CO_2 durante 28 días a 10°C . Los valores son la media ($n=3$) \pm ES.

Un comportamiento similar al anterior se observó en la producción de etileno

(Figura 16), donde atmósferas de 5% O₂ y 5 a 10% CO₂ generaron una menor producción de etileno de 10,7 a 12 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ durante 28 días a 10 °C. Mientras que en el mismo período pero en aire, los valores registrados fueron más cercanos a 14 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Por tanto, atmósferas enriquecidas con CO₂ (5 a 10%) combinadas con bajas concentraciones de oxígeno (5%) lograron una disminución entorno al 20% en la producción de etileno de tomates cv. Alamina.

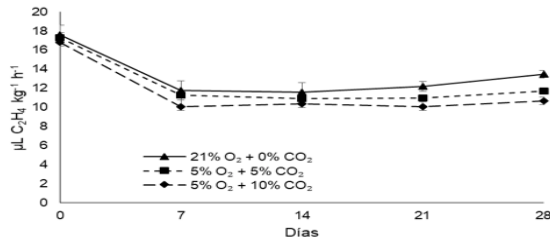


Figura 16. Evolución de la producción de etileno en tomates cv. Alamina almacenados en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 28 días a 10 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES.




3.4.4.2 Firmeza de la pulpa

Al disminuir los procesos metabólicos de respiración y producción de etileno mediante el uso de atmósferas empobrecidas en O₂ y enriquecidas en CO₂, se retarda también la pérdida de firmeza de los frutos en postcosecha. El efecto de la modificación de la atmósfera en la firmeza se presenta en la Figura 17, donde los tomates cv. Alamina en atmósfera de 5% O₂ + 10% CO₂ mantuvieron una mayor firmeza durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, con valores de 12,9 y 11,1 N, respectivamente. Bajo condiciones de temperatura y humedad relativa similares, frutos conservados en aire fueron más blandos con valores de 10,7 y 8,1 N. Luego de 32 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, en tomates cv. Patrón tratados con agua a 50 °C por 5 min y envasados en atmósfera modificada activa de 12% O₂ + 3% CO₂ se mantuvo una mayor firmeza de 12,3 N, respecto a los envasados en bolsas perforadas en aire con valores de 8,5 a 9,0 N.

3.4.4.3 Color de la piel

Los frutos de tomate cv. Alamina, al ser conservados durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C en atmósferas de 5% O₂ + 10% CO₂ presentaron un tono de 58°, es decir, tuvieron un color rojo más anaranjado, mientras que aquellos conservados en aire presentaron un tono de 41°, correspondiente a colores rojos maduros (Cuadro 19, Figura 18).

Cuadro 19. Desarrollo del color de frutos de tomate cv. Alamina almacenados en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C.

Tratamiento	Día 28 + 2
Aire (21% O ₂ + 0% CO ₂)	
5% O ₂ + 5% CO ₂	
5% O ₂ + 10% CO ₂	

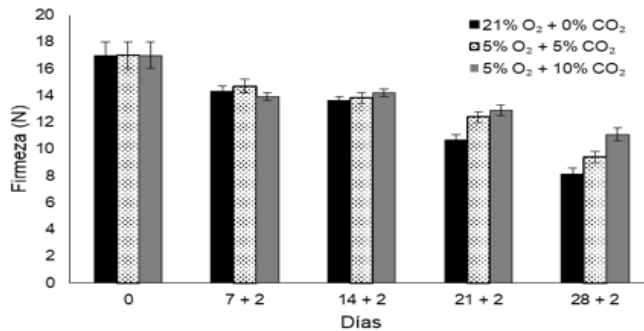


Figura 17. Firmeza (N) de tomates cv. Alamina almacenados en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES.

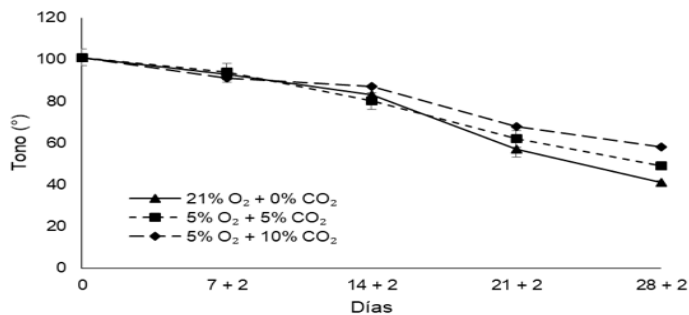
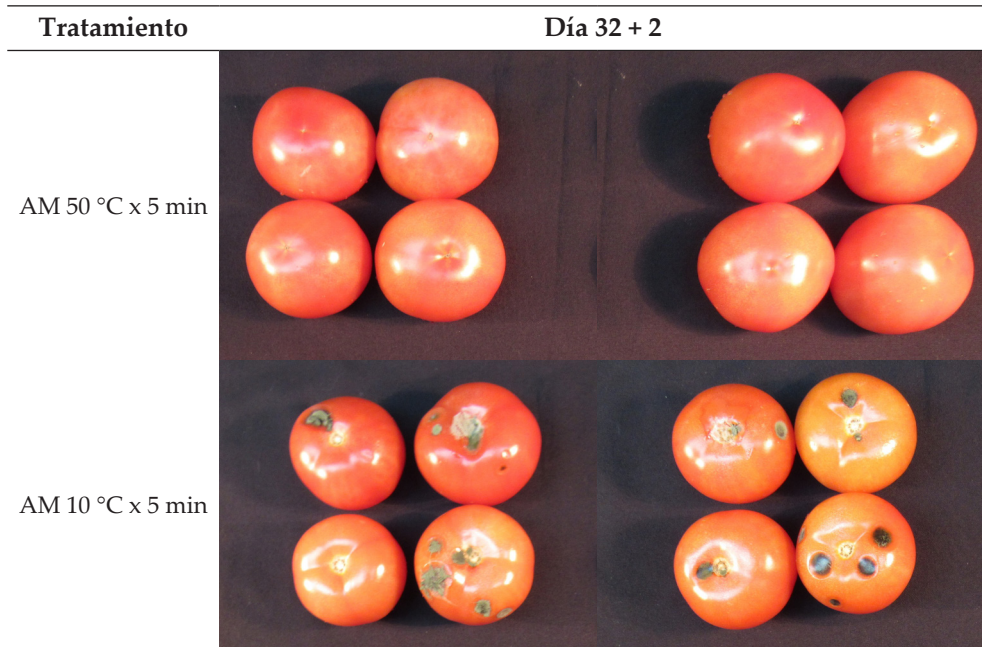


Figura 18. Tono de tomates cv. Alamina almacenados en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES.

3.4.4.4 Podredumbres

No se registraron podredumbres en tomates cv. Alamina tratados con atmósfera controlada de aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% tras 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. En otro estudio realizado en tomate cv. Patrón tratado con agua caliente de 50 °C y envasado en atmósfera modificada activa de 12% O₂ y 3% CO₂ no se registraron podredumbres, mientras que en aquellos tratados en agua fría a 10 °C y envasados en atmósfera modificada registraron podredumbres asociadas a *Alternaria alternata* y *Botrytis cinerea* luego de 32 días a 20 °C más 2 días a 20 °C (Cuadro 20). El efecto de la temperatura de inmersión fue determinante en la calidad de los frutos en este último ensayo.

Cuadro 20. Tomates cv. Patrón tratados con agua a 10 y 50 °C por 5 min envasados en atmósfera modificada activa inicial de 12% O₂ y 3% CO₂ durante 32 días a 10 °C más 2 días a 20 °C.



3.4.4.5 Recomendaciones

La modificación de la atmósfera permite retardar la maduración de los frutos de tomate, manteniendo la firmeza, el color, y disminuyendo la respiración y producción de C₂H₄. La recomendación es emplear atmósferas de 5% O₂ y 5 a 10% CO₂.

3.4.5 Resultados de la modificación de la atmósfera en pimiento

3.4.5.1 Tasa respiratoria y producción de etileno

El uso de atmósferas de bajas concentraciones de O₂ y altas concentraciones de CO₂ disminuye el metabolismo en productos como el pimiento, sin embargo, su efecto no es tan significativo como se pudo apreciar en tomate. Esta diferencia se debe a que los pimientos son frutos no climatéricos (Artés, 2007). En la Figura 19 se presenta la evolución de la respiración en pimiento cv. Kadeka, donde a través del tiempo no se presentaron diferencias entre tratamientos, salvo el día 28, donde en una atmósfera de 5% O₂ + 5% CO₂ se registró una tasa respiratoria de 10,3 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, más baja que en frutos conservados en aire con valores de 11,4 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

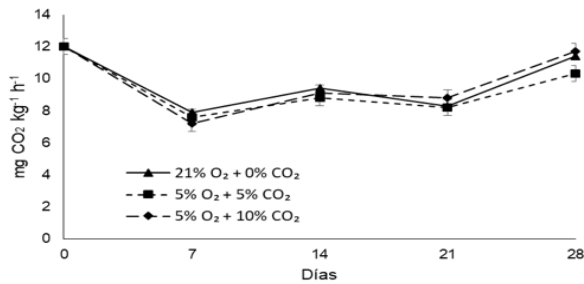


Figura 19. Evolución de la tasa respiratoria en pimientos cv. Kadeka almacenados en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 28 días a 10 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES.

Respecto a la producción de etileno, en pimiento cv. Kadeka se observó un leve aumento a medida que transcurrieron los 28 días en almacenamiento a 10 °C. Durante este período, los frutos conservados en las distintas atmósferas presentaron valores similares de 3,6 a 6,2 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Figura 20).

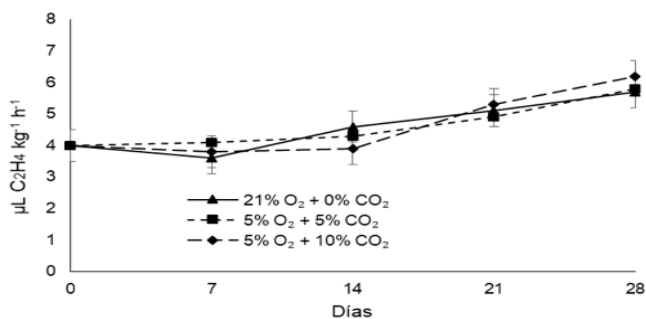


Figura 20. Evolución de la producción de etileno en pimientos cv. Kadeka almacenados en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 28 días a 10 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES.

3.4.5.2 Firmeza de la pulpa

Las aplicaciones de atmósferas de baja concentración de O₂ y moderadas de CO₂ ayudan a mantener la firmeza de pimiento en almacenamiento prolongado. En pimiento cv. Kadeka, se mantuvieron valores más altos de firmeza luego de 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C bajo atmósferas de 5% O₂ y 5 a 10% CO₂ respecto a aquellos frutos almacenados en aire (21% O₂ + 0% CO₂) (Figura 21).

En pimientos cv. Almuden tratados con agua a 50 °C y envasados en atmósfera modificada activa con una concentración inicial de 15% O₂ y 3% CO₂, tras 51 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, la firmeza fue levemente superior, con valores de 11,5

a 12,3 N, respecto a los envasados en bolsas perforadas (aire) que registraron 9,7 a 10,5 N.

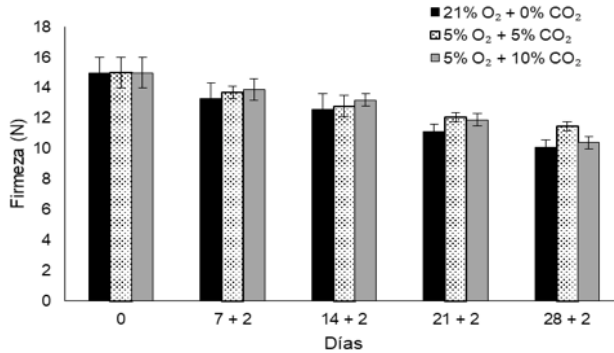


Figura 21. Firmeza (N) de pimientos cv. Kadeka almacenados en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES.

3.4.5.3 Color de la piel

El color de la piel de los frutos no presentó variaciones entre aquellos conservados en aire respecto a los almacenados en atmósferas de bajo O₂ y moderado de CO₂. En la Figura 22, se observó que la evolución en el tono de pimientos cv. Kadeka luego de 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C fue similar en los frutos conservados tanto en aire como en 5% O₂ y 5 a 10% CO₂. Finalizado el período de almacenamiento, los valores de tono fueron de 99,3 a 108,1°, que corresponde a un color verde amarillento (Cuadro 21).

Por su parte, en pimiento cv. Almuden, el envasado en atmósfera modificada activa de 15% O₂ y 3% CO₂, no generó cambios en el desarrollo del color respecto a frutos envasados en una atmósfera de aire tras 51 días a 10 °C más 2 días a 20 °C, con valores de tono entre los 102,7 y 104,8°.

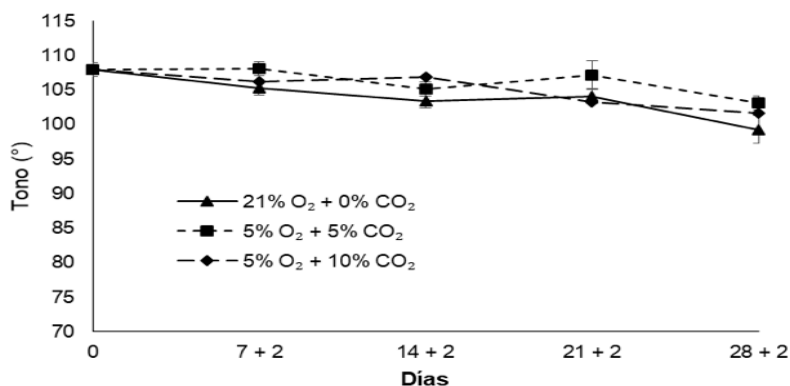


Figura 22. Evolución del tono de pimientos cv. Kadeka almacenados en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES.

Cuadro 21. Evolución del color de frutos de pimiento cv. Kadeka almacenados en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ luego de 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C.

Tiempo (días)	Concentración de gases		
	21% O ₂ + 0% CO ₂	5% O ₂ + 5% CO ₂	5% O ₂ + 10% CO ₂
28 + 2			

3.4.5.4 Podredumbres

No se presentaron podredumbres en pimientos verdes cv. Kadeka en ninguna atmósfera tras 28 días a 10 °C más 2 días a 20 °C. Mientras que en pimiento verde cv. Almuden, tras 51 días a 10 °C más 2 días a 20 °C tampoco se presentaron podredumbres.

3.4.5.5 Recomendaciones

El uso de atmósferas de 5% O₂ combinadas con 5 a 10% CO₂ mantienen la firmeza de pimientos verdes respecto a aquellos conservados en aire.

Capítulo IV: Hortalizas de IV Gama

Las nuevas demandas y modas de consumo se orientan hacia los alimentos frescos, fáciles de preparar o listos para comer, con una alta calidad sensorial, seguros e inocuos, saludables y de alto valor nutritivo (Hinojosa *et al.*, 2015). La decisión final de compra por parte del consumidor depende de muchos factores, entre ellos, el costo de oportunidad relacionado con el tiempo, ya que en sociedades modernas tanto hombres como mujeres trabajan fuera del hogar.

Una forma de poder dar valor agregado a los productos hortícolas es mediante la transformación a productos de cuarta gama o mínimamente procesado en fresco (MPF). Se entiende por cuarta gama a las frutas y hortalizas frescas que pasan por un proceso de selección, lavado, cortado, sanitizado, enjuague, centrifugado y envasado en bolsas, bandejas o potes de plástico (Foto 28), conservadas a temperaturas entre 0 y 10 °C (Escalona *et al.*, 2015). La calidad de estos productos incluye una combinación de atributos como apariencia, textura, sabor, contenido nutricional e inocuidad (Francis *et al.*, 2012). La industria de los productos de IV gama ha crecido rápidamente en los últimos años en países desarrollados, en gran parte debido a una creciente demanda de los consumidores por alimentos frescos y saludables cuya preparación requiera poco tiempo (Oms-Oliu *et al.*, 2010; Francis *et al.*, 2012).



Foto 28. Bandeja de hortalizas de IV gama con trozos de pimiento verde y rojo en un supermercado de EE.UU.

Al someter a una hortaliza a un proceso de IV gama, su vida útil se acorta considerablemente si se compara con la misma hortaliza entera. Este rápido deterioro se debe a las operaciones de pelado, corte o centrifugado que provocan daños en el tejido celular. Es así como estas operaciones sólo se justifican económicamente ya que al preparar una hortaliza IV gama, ésta se encuentra lista para su con-

sumo lo que incrementa su precio entre 3 a 5 veces respecto de la misma entera (Escalona y Luchsinger, 2008).

4.1 Preparación de un producto procesado en IV gama

La preparación de un producto IV gama engloba varias etapas que pueden ser divididas en operaciones unitarias específicas. Cada una de estas operaciones debe realizarse adecuadamente para asegurar una calidad óptima, seguridad alimentaria y vida útil suficiente del producto terminado que permita su correcta comercialización.

Se debe tener presente que los productos IV gama no reciben ningún tipo de tratamiento térmico de estabilización. Los únicos tratamientos que se emplean de sanitización son la cloración (o más raramente la ozonización y otros) y la acidificación del agua de lavado, para posibilitar la reducción de una posible carga microbiana natural o añadida.

En consecuencia, las herramientas fundamentales para luchar contra los procesos degradativos del vegetal son la perfecta higiene de proceso, la refrigeración permanente de los productos a una temperatura inferior a 5 °C, la generación de atmósferas modificadas, todo lo cual reduzca el crecimiento de posibles microorganismos patógenos debido a contaminaciones secundarias o cruzadas.

4.1.1 Selección y clasificación

Es importante que las hortalizas que se emplean en IV gama cumplan con altos estándares de calidad ya que de no ser así el producto final será poco atractivo desde un punto de vista sensorial, microbiológico y tendrá una vida útil corta (Escalona *et al.*, 2015). Durante el procesamiento la temperatura recomendada debe ser inferior a los 10 °C. Idealmente durante las etapas de lavado, cortado y envasado la temperatura debe ser de 4 y 6 °C.

4.1.2 Lavado de las hortalizas enteras (previo al procesamiento)

La efectividad del lavado de un producto procesado puede optimizarse con un lavado previo del producto entero. Para esto, se recomienda realizar un lavado de la materia prima con agua clorada en una concentración de 100 a 200 ppm y a pH 6 a 7. Se recomienda para este lavado emplear entre 5 a 10 L de agua fría por kg de producto y reutilizar esta agua mediante filtración de la materia orgánica y suciedad y una nueva cloración y ajustar el pH.

Tanto el agua de lavado del producto entero como aquella utilizada tras el cortado y/o pelado deben tener una adecuada calidad microbiológica. Además, se recomienda que la temperatura del agua sea inferior a 5 °C (Ahvenainen, 2000).

4.1.3 Cortado

En el caso de pimiento y tomate, luego de lavado de la materia prima se debe eliminar el pedúnculo ya que corresponde a una parte no comestible. Posteriormente los frutos pueden cortarse en tiras o en cubos según sea la demanda del mercado.

Para tomate, los formatos de presentación suelen ser rodajas, cascos o cubos. El cortado debe realizarse con cuchillos tan afilados como sea posible y de acero inoxidable. Las cuchillas deben desinfectarse con un 0,1% de solución de hipoclorito sódico. Una vez cortado el tomate, los trozos no se lavan, puesto que el lavado favorecería la pérdida de semillas y contenido locular de la matriz del fruto, por lo que se debe envasar directamente en bandejas plásticas u otro envase (Foto 29).



Foto 29. Tomate en rodajas envasados en bandeja plástica destinada a su comercialización como producto de IV gama.

4.1.4 Lavado de los trozos

Este lavado es recomendado en trozos de pimiento, donde la cantidad de agua para lavar puede ser menor a la utilizada para el lavado del pimiento entero siendo suficiente emplear $3 \text{ L}\cdot\text{kg}^{-1}$ producto cortado (Ahvenainen, 2000). La eficiencia del lavado puede mejorarse con la incorporación de soluciones de hipoclorito de sodio de 50 a 150 ppm a un pH de 6 a 7. En productos de IV gama se han estudiado un gran número de alternativas al cloro, como dióxido de cloro, ozono, agua electrolizada, ácido peroxiacético, entre otros, encontrándose en la mayoría de los casos reducciones de la carga microbiana total de hasta 2 a 3 unidades formadoras de colonia por gramo de producto.

4.1.5 Envasado

Luego del corte, los trozos de tomate y/o pimiento deben envasarse cuidadosamente en bandejas termoselladas y/o en bolsas. La ventaja de emplear una

bandeja es que proporciona una mayor protección al producto aunque el precio suele ser mayor que el de la bolsa (Foto 30).

Idealmente se recomienda que estas bandejas puedan termosellarse a una película plástica semipermeable a los gases (O_2 , CO_2). El propósito es alcanzar una atmósfera modificada al interior del envase que permita prolongar la vida útil de los trozos de pimiento y tomate. En pimiento cv. Kadeca cortado en cubos, se emplearon bolsas de polietileno generándose una atmósfera modificada de 5% O_2 + 2% CO_2 , la cual mantuvo la calidad tanto sensorial como microbiológica durante al menos 7 días a 5 °C.



Foto 30. Tomate de IV gama envasado en bandeja termosellada con una película plástica en un supermercado de Bélgica.

Durante el sellado se puede realizar una inyección con nitrógeno (N_2) justo antes del termosellado de la película plástica y la bandeja. Esta inyección permite reducir rápidamente la concentración de O_2 para facilitar la entrada antes de la atmósfera deseada en el producto. En general, la composición gaseosa recomendada para estos productos suele ser de 5 a 10% CO_2 y 2 a 5% O_2 bajo refrigeración (< 7 °C) (Escalona y Luchsinger, 2008). En tomate cv. Yolli Bell cortado en rodajas, una atmósfera controlada de 5% O_2 y 5% CO_2 permitió llegar con un producto de alta calidad sensorial y microbiológica hasta 9 días a 5 °C.

Una vez realizado el sellado de los envases se debe realizar una inspección visual de la calidad de éstos y escoger muestras para realizar los controles de calidad (particularmente microbiológicos). Seguidamente los envases se pasan por un detector de metales para eliminar cualquier riesgo de presencia de este tipo de elementos extraños. A continuación, los envases se disponen en cajas de cartón o plásticas y se apilan en pallets para luego ser almacenados brevemente a temperaturas inferiores a 5 °C antes de ser expedidos a los lugares de venta.

4.1.6 Transporte y comercialización

Para realizar el transporte de estos productos desde la planta de proceso hasta las zonas de distribución de supermercados u otros similares se debe emplear un camión frigorífico con una temperatura de 1 a 5 °C. Estos productos se pueden

distribuir directamente a tiendas minoristas y supermercados a través de los canales de HORECA (hoteles, restaurantes y casinos). En las salas de venta ubicadas en las tiendas especializadas y supermercados, los productos suelen ofrecerse en expositores a una temperatura de 5 a 10 °C. De esta manera, se busca mantener la cadena de frío permanentemente durante el transporte y comercialización para asegurar un período de vida útil prolongado y evitar riesgo para la salud de los consumidores. En general la máxima vida útil de un producto IV gama suele ser de unos pocos días y rara vez supera los 7 ó 10 días bajo refrigeración. Este período de supervivencia dependerá también de la actividad respiratoria, emisión de etileno, acidez, tipo y grado de corte y daños en la manipulación del producto (Artés y Artés-Hernández, 2000). En la Figura 23, se presenta un diagrama de flujo estándar para el procesamiento de hortalizas de IV gama.

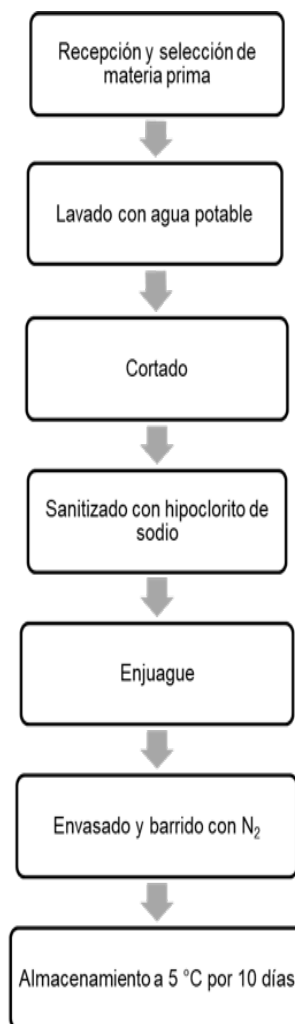


Figura 23. Diagrama de flujo estándar para el procesamiento de hortalizas de IV gama.

4.2 Fisiología de una hortaliza de IV gama

Cuando se utilizan frutas hortícolas y se cosecha con madurez cercana a la de consumo, el producto se encuentra en un estado de desarrollo más sensible a sufrir un mayor grado de daño por el corte que en estados prematuros de desarrollo. Los tejidos vegetales comienzan a madurar y el balance en las reacciones degradativas supera a las de biosíntesis (Silveira *et al.*, 2015). En este proceso de senescencia, la estructura celular y la integridad de la membrana se debilitan y los tejidos maduros aumentan su susceptibilidad al proceso de deterioro. Todos estos cambios que se desarrollan durante la maduración de una fruta hortícola entera aumentan cuando se procesa en IV gama debido a los daños físicos que sufren los tejidos frescos en el corte. Esta respuesta se manifiesta particularmente en las células y tejidos adyacentes a los dañados, dado que se liberan ácidos y enzimas hidrolíticos que antes del procesado estaban confinados en la vacuola de las células sanas (Artés, 2006).

Por tanto, la fisiología de un producto de IV gama es esencialmente la del tejido dañado. Este comportamiento se traduce en un aumento de la respiración (emisión de CO₂, consumo de O₂ y producción de calor) y emisión de etileno, pardeamientos enzimáticos, oxidaciones lipídicas y alteraciones del metabolismo fenólico. En la Figura 24, se presenta el efecto del corte en rodaja de tomate cv. Yolli Bell almacenados durante 12 días a 5 °C, el corte aumentó en más de un 200% la tasa respiratoria respecto a los tomates sin corte (enteros).

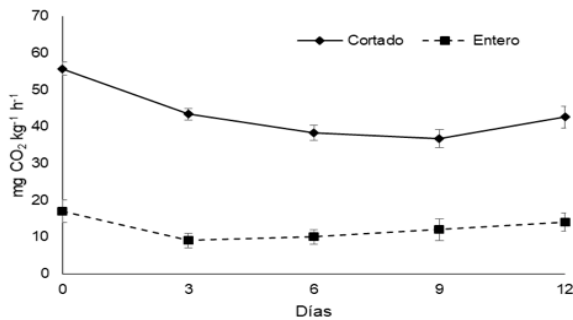


Figura 24. Evolución de la tasa respiratoria en tomates cv. Yolli Bell enteros y cortados en rodajas durante un almacenamiento de 12 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES (Ruiz, 2019).

Además, el corte favorece la contaminación microbiana, la deshidratación, acelera la maduración y senescencia e induce la biosíntesis de enzimas asociadas con un aumento de la velocidad de otras reacciones bioquímicas responsables del cambio de color (pardeamiento enzimático), sabor, aroma, textura y valor nutritivo (azúcares, ácidos y vitaminas) (Cantwell y Kasmire, 2007). Por tanto, una fruta hortícola procesada en IV gama siempre será más perecedera que la misma entera sin cortar.

4.3 Tecnologías postcosecha complementarias a la conservación refrigerada para tomate y pimiento de IV gama

4.3.1 Resultados de la modificación de la atmósfera en tomate de IV gama

Entre las ventajas de la modificación de la atmósfera se pueden encontrar la reducción de las pérdidas de peso, la preservación del color y firmeza de los trozos, y por tanto, de la calidad. Una disminución en la aparición de desórdenes fisiológicos provocados por bajas temperaturas o por pardeamiento, además de disminuir el crecimiento microbiano en los productos hortofrutícolas.

4.3.1.1 Tasa respiratoria y producción de etileno

La aplicación de atmósferas moderadas en CO₂ y bajas en O₂ afecta de manera directa reduciendo la tasa respiratoria, la producción de etileno y la velocidad de deterioro de los productos de IV gama. En la Figura 25, se observa una disminución de la tasa respiratoria de rodajas de tomate cv. Yolli Bell, en 5% O₂ y 5 a 10% CO₂ con valores 28 a 32 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. En cambio en aire (21% O₂ + 0% CO₂) las rodajas presentaron valores de 39 a 42 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ luego de 12 días a 5 °C.

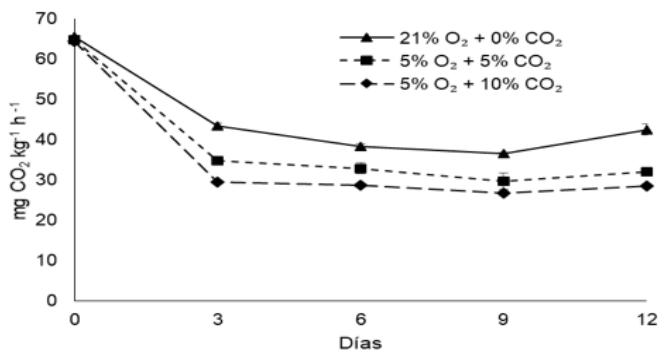


Figura 25. Evolución de la tasa respiratoria de rodajas de tomate cv. Yolli Bell almacenadas en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 12 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES (Ruiz, 2019).

De la misma forma, la modificación de la atmósfera también genera un efecto beneficioso al disminuir la producción de etileno de rodajas de tomate cv. Yolli Bell (Figura 26), donde atmósferas de 5% O₂ y 5 a 10% CO₂ disminuyeron los valores a 15 y 17 μL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹ en el día 28, mientras que en aire alcanzaron 18 a 20 μL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹.

4.3.1.2 Firmeza de la pulpa

La modificación de la atmósfera a concentraciones bajas de O₂ y moderadas de

CO₂ frenan la pérdida de firmeza de tomates de IV gama, ya que disminuyen la producción de etileno y la tasa respiratoria de los tejidos. En rodajas de tomate cv. Yolli Bell almacenadas en 5% O₂ + 5 a 10% CO₂ la firmeza fue mayor con valores de 2 a 2,5 N respecto a las mismas en aire con valores de 0,9 a 1,6 N (Figura 27).

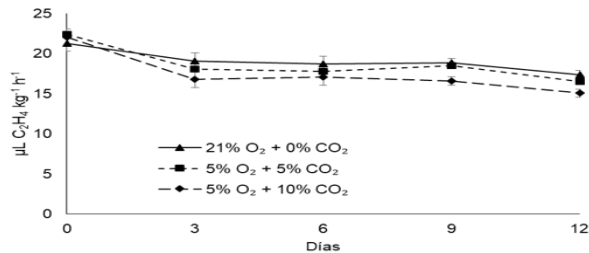


Figura 26. Evolución de la producción de etileno de rodajas de tomate cv. Yolli Bell almacenadas en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 12 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES (Ruiz, 2019).

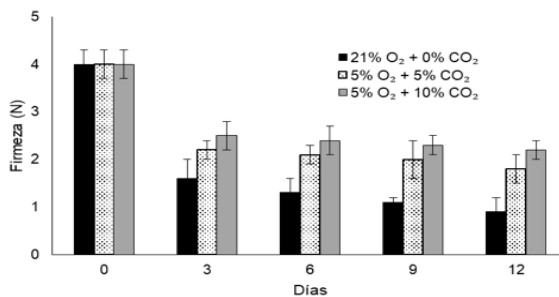


Figura 27. Evolución de la firmeza en rodajas de tomate cv. Yolli Bell almacenadas en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 12 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES (Ruiz, 2019).

4.3.1.3 Color de los tabiques de las rodajas

Tal como se observó en el uso de atmósferas en tomate entero, la aplicación de atmósferas distintas al aire con bajo O₂ y moderado CO₂ mantiene el color de las rodajas de tomate. Las rodajas de tomate cv. Yolli Bell, almacenadas en 5% O₂ + 5 y 10% CO₂ mantuvieron un color anaranjado durante 12 días a 5 °C, con valores de 55 a 58°, mientras que durante el mismo período, las rodajas en aire fueron más rojizas con valores de 47 a 52° (Figura 28, Cuadro 22).

4.3.1.4 Calidad microbiológica

Existe un número importante de microorganismos patógenos que se desarrollan en las condiciones de conservación presentes en las hortalizas de IV gama. Bajo estos ambientes los microorganismos se multiplican rápidamente por la presencia de heridas causadas por el corte, la liberación de nutrientes celulares y en

general porque las hortalizas presentan un pH cercano a la neutralidad. Un factor que ayuda a disminuir la presencia de estos microorganismos es la disminución de la concentración de O₂ y el aumento de CO₂ (Escalona *et al.*, 2015; Silveira *et al.*, 2015). Las aplicaciones de atmósferas de 5% O₂ combinadas con 5 a 10% CO₂ disminuyeron la carga de microorganismos mesófilos en rodajas de tomate cv. Yolli Bell durante 12 días a 5 °C. Si se considera que el límite máximo permitido según el Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile para recuentos mesófilos es de 6,7 log UFC g⁻¹, estas rodajas alcanzarían una vida útil de hasta 12 días, con valores de 4,8 a 5,6 log UFC g⁻¹. En condiciones de aire tras 12 días a 5 °C los recuentos fueron de 8 log UFC g⁻¹, superando el límite permitido (Cuadro 23).

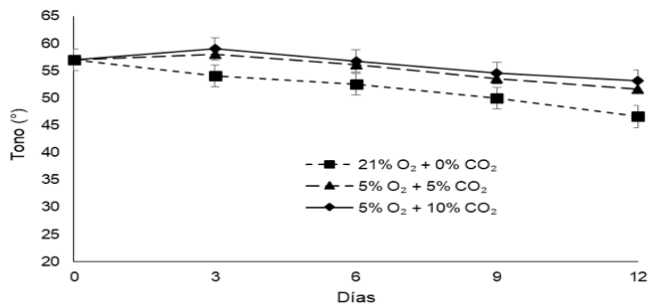


Figura 28. Evolución del tono en rodajas de tomate cv. Yolli Bell almacenadas en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 12 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES (Ruiz, 2019).

Cuadro 22. Evolución del color en rodajas de tomate cv. Yolli Bell almacenadas en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 12 días a 5 °C (Ruiz, 2019).

Concentración de gases	Tiempo (días)	
	0	12
21% O ₂ + 0% CO ₂		
5% O ₂ + 5% CO ₂		
5% O ₂ + 10% CO ₂		

4.3.1.5 Recomendaciones

La modificación de la atmósfera en envases para tomate de IV gama ayuda a mantener la firmeza de los trozos, disminuyendo la respiración y producción de etileno de los tejidos y retardando el crecimiento microbiano generando un producto inocuo y listo para el consumo por un periodo de 12 días a 5 °C. Los tomates de IV gama deben ser procesados, transportados y comercializados bajo temperaturas de refrigeración idealmente por debajo de 5 °C. Se recomienda el uso de concentraciones de 5% O₂ y 5 a 10% CO₂, para tomate de IV gama.

Cuadro 23. Recuento de microorganismos mesófilos (log UFC g⁻¹) de rodajas de tomate cv. Yolli Bell almacenadas en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 12 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES (Ruiz, 2019).

Concentración de gases	Día		
	6	9	12
21% O ₂ + 0% CO ₂	5,5 ± 0,4 a*	7,4 ± 0,4 a	8,5 ± 0,6 a
5% O ₂ + 5% CO ₂	4,2 ± 0,6 b	5,6 ± 0,3 b	6,5 ± 0,3 b
5% O ₂ + 10% CO ₂	3,6 ± 0,3 b	4,8 ± 0,4 c	5,7 ± 0,1 c

*Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas.

4.3.2 Modificación de la atmósfera en pimiento de IV gama

4.3.2.1 Firmeza de la pulpa

Empleando la técnica de atmósfera modificada con bolsas de polietileno de baja densidad se obtuvieron tiras de pimiento más firmes durante mayor tiempo de almacenaje comparado con las mismas conservadas en aire. Las tiras de pimiento verde cv. Kadeka, tuvieron una mayor firmeza tras 10 días a 5 °C en una atmósfera de 5 % O₂ y 2% CO₂ alcanzando valores de 6,5 N, en comparación a aquellos en aire con 4,5 N (Figura 29).

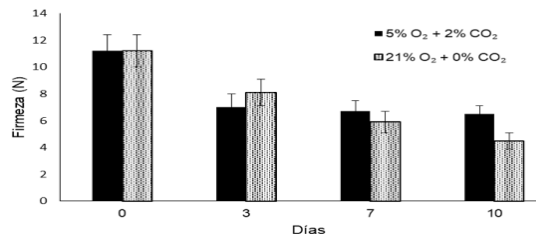








Figura 29. Evolución de la firmeza en tiras de pimiento cv. Kadeka envasadas en atmósfera modificada (5% O₂ + 2% CO₂) o en bolsas perforadas (aire) durante 10 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES (Valladares, 2019).

En otra investigación, el uso de atmósfera controlada de 5% O₂ + 5% CO₂ preservó la firmeza de cubos de pimiento verde cv. Almuden durante 14 días a 5 °C con valores entre 6 y 6,5 N, mientras que los envasados en aire, tuvieron valores de 3,9 a 4,1 N.

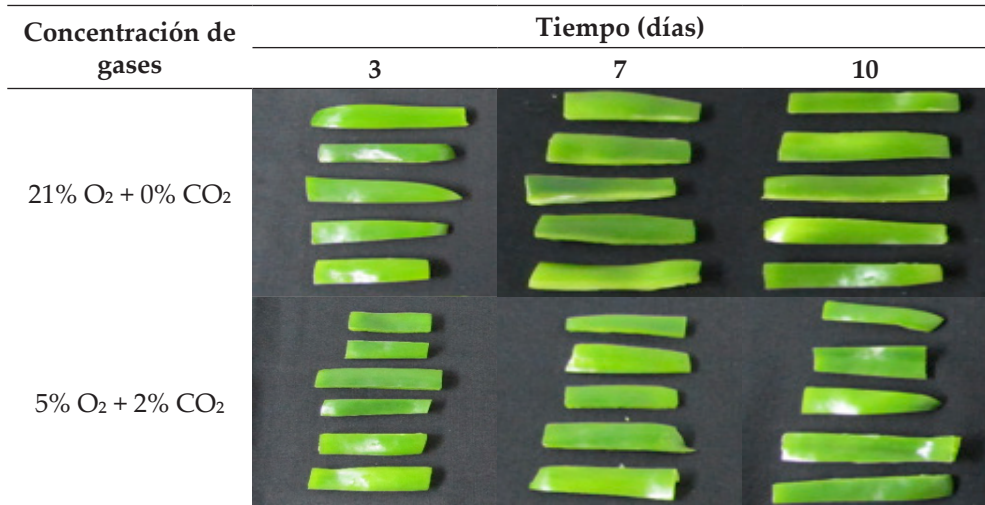
4.3.2.2 Color de la piel de las tiras

La aplicación de atmósfera controlada de 5% O₂ + 5% CO₂ en cubos de pimiento verde cv. Almuden retuvo el color durante al menos 7 días a 5 °C, con valores entre 102,4 y 107,5°, sin embargo, luego de 10 días a 5 °C, todos los cubos presentaron amarillamiento (Cuadro 24). Por su parte, el uso de atmósfera modificada de 5% O₂ + 2% CO₂ retuvo el color verde de las tiras de pimiento cv. Kadeka durante 10 días a 5 °C, con valores entre 107,3 y 110,5°, correspondientes a colores verde amarillento (Cuadro 25).

Cuadro 24. Evolución del color en cubos de pimiento cv. Kadeka almacenados en aire (21% O₂ + 0% CO₂), 5% O₂ + 5% CO₂ y 5% O₂ + 10% CO₂ durante 7 días a 5 °C.

Concentración de gases	Tiempo (días)	
	3	7
21% O ₂ + 0% CO ₂		
5% O ₂ + 5% CO ₂		
5% O ₂ + 10% CO ₂		

Cuadro 25. Evolución del color en tiras de pimiento cv. Kadeka envasadas en atmósfera modificada (5% O₂ y 2% CO₂) o en bolsas perforadas (aire) durante 10 días a 5 °C (Valladares, 2019).



4.3.2.3 Calidad microbiológica

El uso de atmósfera modificada con 5% O₂ y 2% CO₂ fue efectiva para reducir el crecimiento de bacterias mesófilas en comparación a una atmósfera de aire. Luego de 7 días a 5 °C, en atmósfera modificada se obtuvo un recuento de 4,6 log UFC g⁻¹, mientras que en aire fue de 5,4 log UFC g⁻¹ (Cuadro 26). Respecto al recuento de enterobacterias, la aplicación de atmósfera modificada no fue efectiva en reducir la carga respecto a aire (Cuadro 27).

Cuadro 26. Evolución del recuento de bacterias aerobias mesófilas (log UFC g⁻¹) de tiras de pimiento verde cv. Kadeka envasadas en atmósfera modificada (5% O₂ y 2% CO₂) o en bolsas perforadas (aire) durante 10 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES (Valladares, 2019).

Concentración de gases	Día		
	3	7	10
21% O ₂ + 0% CO ₂	2,9 ± 0,3 NS*	5,4 ± 0,2 a	6,6 ± 0,4 NS
5% O ₂ + 2% CO ₂	2,4 ± 0,5	4,6 ± 0,3 b	6,1 ± 0,2

*NS = No significativo. Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas.

Cuadro 27. Evolución del recuento de enterobacterias (log UFC g⁻¹) de tiras de pimiento verde cv. Kadeka envasadas en atmósfera modificada (5% O₂ y 2% CO₂) o en bolsas perforadas (aire) durante 10 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES (Valladares, 2019).

Concentración de gases	Día		
	3	7	10
21% O ₂ + 0% CO ₂	1,8 ± 0,3 NS*	4,1 ± 0,4 NS	5,5 ± 0,2 NS
5% O ₂ + 2% CO ₂	1,7 ± 0,5	4,2 ± 0,3	5,8 ± 0,2

*NS = No significativo.

4.3.2.4 Recomendaciones

El uso de atmósferas modificadas de 5% O₂ y 2% CO₂ resultó útil para mantener la firmeza y reducir el recuento de microorganismos mesófilos en tiras de pimiento verde cv. Kadeka.

El uso de atmósferas controladas de 5% O₂ y 5% CO₂ mantuvo la firmeza y el color en cubos de pimiento verde cv. Almuden.

4.4 Uso de sanitizantes en hortalizas de IV gama

Para disminuir los agentes patógenos provenientes del campo, las hortalizas deben ser lavadas idealmente con un sanitizante previo a su envasado y/o procesamiento de manera que se garantice su inocuidad antes de ser consumidas. La búsqueda de alternativas de sanitizantes para hortalizas de IV gama que sean seguros, efectivos y más amistosos con el medio ambiente ha sido ampliamente estudiada aplicándose tratamientos químicos, físicos, biológicos y combinados (Escalona et al., 2015; Silveira *et al.*, 2015).

4.4.1 Hipoclorito de Sodio

El sanitizante mayormente utilizado en la industria de IV gama es el hipoclorito de sodio (NaClO) o de calcio, el cual se aplica en modo de inmersión disuelto en agua y en dosis de 100 a 200 mg L⁻¹ en un rango de pH de 6 a 7.

El hipoclorito es altamente dependiente del pH, por lo que si el agua utilizada para lavar las hortalizas tiene un pH bajo 6, ocurrirá una volatilización del cloro en forma de cloraminas, las cuales son inefectivas contra hongos o bacterias. En cambio, si el pH es alto (sobre 8), el cloro se volverá riesgoso para la salud de los operarios, pudiendo provocar irritación o incluso corrosión si la exposición es prolongada (Adaskaveg *et al.*, 2007).

4.4.2 Dióxido de cloro

Es eficaz contra un amplio rango de microorganismos porque actúa como un biocida oxidante y no como una toxina metálica. Su mecanismo de acción consiste en atacar la membrana celular de los microorganismos patógenos. El ClO_2 reacciona directamente con los aminoácidos y el ARN en la célula, sin embargo aún no está claro el mecanismo de acción (Artés *et al.*, 2009).

De los biocidas oxidantes, el dióxido de cloro es el más selectivo y reacciona con compuestos de sulfuro reducidos, y aminas secundarias y terciarias, y otros reactivos orgánicos reducidos. Esto permite emplear dosis menores de dióxido de cloro en comparación al hipoclorito y/o reducir los tiempos de lavado por lo que no afecta las características organolépticas del producto al no dejar un sabor residual a cloro. Por otra parte, se ha establecido que ni el pH de la solución, ni la materia orgánica del producto, afectan su capacidad bactericida, como sí sucede con otros sanitizantes. Paralelamente algunos autores sostienen que las sustancias tóxicas que produce este sanitizante (trihalometanos) son mínimas en comparación al hipoclorito (Silveira *et al.*, 2015).

El dióxido de cloro en una concentración de 10 mg L^{-1} fue efectivo para reducir las poblaciones microbianas entre 0,7 a 1,9 unidades logarítmicas en berros recién lavados alcanzando valores similares al uso de NaOCl en 100 mg L^{-1} , aunque afectó la calidad sensorial de este producto (Lagos, 2010). En un estudio realizado por Ospina (2012) en berros cortados y lavados con ClO_2 en dosis de 3 y 5 mg L^{-1} se obtuvieron reducciones de 0,5 a 1 log, resultados similares a los encontrados al utilizar 150 mg L^{-1} de hipoclorito de sodio.

4.4.3 Clorito de sodio acidificado (CSA)

Es otro sanitizante que posee poder antimicrobiano contra los microorganismos patógenos responsables de la pérdida de calidad sensorial de productos vegetales (González *et al.*, 2004). Es un poderoso antimicrobiano que se produce por un descenso del pH (2,5 a 3,2) de una solución de clorito de sodio con cualquier ácido. Se comercializa con el nombre comercial de Sanova, y se recomiendan concentraciones para lavado de hortalizas de 250 a 500 mg L^{-1} a un pH entre 2 y 3 por un tiempo de inmersión de 1 a 5 min (Artés *et al.*, 2009).

En un estudio realizado por Lagos (2010) en hojas de berros se comparó la efectividad del hipoclorito sódico (100 mg L^{-1}) con CSA (250 y 500 mg L^{-1}). Empleando ambos sanitizantes se obtuvieron recuentos de aerobios mesófilos ligeramente superiores con CSA siendo de 2,6 y 6 log UFC g^{-1} , el primer y décimo días de conservación a $5 \text{ }^\circ\text{C}$. En otro estudio, el CSA en 500 mg L^{-1} favoreció una reducción de la tasa respiratoria de berros y redujo los recuentos de mesófilos, enterobacterias y psicrófilos entre 1 a 1,6 unidades logarítmicas comparado con otros sanitizantes químicos incluido el hipoclorito (Villena *et al.*, 2010).

En germinados de soya se comparó el efecto de un lavado por inmersión en hipoclorito de sodio con 100 mg L⁻¹, dióxido de cloro (5 y 10 mg L⁻¹) y clorito de sodio acidificado (250 y 500 mg L⁻¹). Los germinados se almacenaron inicialmente bajo atmósferas ricas en O₂ (90%). Al cabo del almacenamiento a 5 °C por 11 días, el clorito sódico en 500 mg L⁻¹ presentó la mayor reducción microbiana inicial (entre 0,8 y 1,1 log UFC·g⁻¹). Sensorialmente, el panel evaluador no encontró diferencias entre los diferentes tratamientos (Maureira, 2013).

En germinados de alfalfa lavados con clorito sódico acidificado en 250 y 500 mg L⁻¹ y envasados en atmósfera modificada se presentaron las mayores reducciones alcanzando recuentos entre 4,6 y 5,7 log UFC g⁻¹ para aerobios mesófilos, enterobacterias y psicrófilos (Maureira, 2012).

4.4.4 Ácido peracético

El ácido peracético (AP) se ha estudiado en los últimos años como un sanitizante alternativo al cloro, ya que los subproductos que deja son ácido acético, agua y oxígeno en concentraciones que son inocuas para el consumidor (Artés, 2007) y actúa en un rango de pH entre 3 y 7,5 (Vandekinderen *et al.*, 2009). Su acción antimicrobiana radica en la producción de especies reactivas de oxígeno que dañan el ADN y los lípidos de la membrana celular de los microorganismos (Small *et al.*, 2007). También provoca la desnaturalización de las proteínas y aumento de la permeabilidad de la membrana celular, al oxidar los enlaces disulfuro (Hilgren *et al.*, 2007).

Villena *et al.* (2010) estudiaron la reducción de bacterias mesófilas inmediatamente después de un lavado de berros con diferentes soluciones sanitizantes y encontró que el ácido peracético en dosis de 90 mg L⁻¹ redujo en 0,8 log comparado con dióxido de cloro (10 mg L⁻¹) que disminuyó en 1,8 log, clorito sódico acidificado (500 mg L⁻¹) en 1,5 log y NaOCl (100 mg L⁻¹) en 1,3 log.

4.4.5 Luz UV-C

La luz ultravioleta de onda corta (UV-C) está comprendida entre una longitud de onda de 200 a 280 nm y corresponde a una forma de radiación no ionizante con poca capacidad de penetración por lo que su efecto es a nivel superficial (Hinojosa *et al.*, 2015). Esta luz tiene un efecto germicida debido a su capacidad para penetrar las membranas celulares microbianas y romper las cadenas de ADN, afectando así la capacidad de reproducción de los patógenos, incluyendo bacterias, hongos y virus (Silveira *et al.*, 2015).

El mecanismo sanitizante de la UV-C se basa en un fenómeno físico por el cual las ondas de la radiación inciden sobre el material genético (ADN) de los microorganismos y los virus, y los destruye en corto tiempo. Específicamente, produce un fallo en la reparación de los dímeros de pirimidina a nivel del ADN.

La luz UV-C es capaz de actuar directamente sobre las esporas de hongos y bacterias afectando su replicación celular o por la inducción de la producción de metabolitos secundarios de la planta que bloquean o retardan la germinación de las esporas (Hinojosa *et al.*, 2015).

Por lo general, la dosis efectiva depende del producto y del tipo de patógeno a controlar. En este sentido, en tomates, cítricos y duraznos, dosis de 1 a 4 kJ m⁻² disminuyeron la incidencia de microorganismos mesófilos, hongos y levaduras. En rúcula mínimamente procesada, el uso de intensidades de 5 a 10 kJ m⁻² disminuyó en casi un 10% más el recuento de *Escherichia coli* luego de 10 días a 5 °C (Char *et al.*, 2016). Mientras que en berro, intensidades de 20 kJ m⁻² redujeron en casi un 50% más el recuento de *E. coli* (6 log UFC g⁻¹) frente al tratamiento sin luz (12 log UFC g⁻¹) tras 12 días a 5 °C (Hinojosa *et al.*, 2015).

4.4.6 Ozono

Este gas es altamente inestable al ser una molécula triple atómica de oxígeno (O₃) que se forma por la unión de un átomo de oxígeno (O) y una molécula de oxígeno diatómica (O₂) (Artés *et al.*, 2009). Este gas puede ser generado comercialmente haciendo pasar O₂ a través de una descarga eléctrica. El O₃ actúa como un fuerte agente oxidante siendo muy efectivo para destruir microorganismos. El uso de este gas está aprobado por la FDA como sanitizante durante el procesamiento de alimentos. Se utiliza en la higienización de superficies, saneamiento de equipos y tratamiento de aguas residuales para su reutilización. Una ventaja significativa del ozono sobre el hipoclorito de sodio es que no causa la formación de trihalometanos cancerígenos, no altera considerablemente las propiedades sensoriales del producto y no deja residuos químicos. Sin embargo, las personas deben tener cuidado con el contacto al O₃ porque afecta las vías respiratorias, provoca mareos; e irritación de los ojos y vías respiratorias (Aguayo, 2003).

El O₃ se suele emplear como gas en almacenaje mediante ciclos de exposición continua a través del lavado con agua ozonizada (Aguayo *et al.*, 2006). El efecto de un flujo de aire enriquecido con 4 ± 0,5 mg L⁻¹ de O₃ aplicado cíclicamente por 30 min cada 3 h sobre tomates enteros y cortados en rodajas redujo las pérdidas en fructosa, glucosa, ácidos ascórbico y fumárico. Este tratamiento redujo en 1,1 a 1,2 log UFC g⁻¹ los recuentos de bacterias y en 0,5 log UFC g⁻¹ el de hongos (Aguayo *et al.*, 2006).

4.5 Uso de ácido peracético en la calidad microbiológica en pimiento de IV gama

La aplicación de ácido peracético puede ser una alternativa como producto inocuo al funcionar como sanitizante y reducir la carga microbiana en distintos frutos. En tiras de pimiento verde cv. Kadeka, la aplicación de ácido peracético a distintas dosis disminuyó la carga de mesófilos (Cuadro 28), dejando un pro-

ducto seguro para su consumo durante al menos 7 días, con valores de 4,5 a 5,1 log UFC g⁻¹. En cuanto a hongos y levaduras (Cuadro 29), el uso de ácido peracético mantuvo más baja la carga microbiana por 7 días, siendo similar al uso de hipoclorito de sodio (NaClO), con valores de 4,9 a 5,5 log UFC g⁻¹. Durante este mismo período las tiras de pimiento lavadas en agua potable presentaron un conteo de 6,5 log UFC g⁻¹.

Cuadro 28. Evolución del recuento de mesófilos (log UFC g⁻¹) de tiras de pimiento cv. Kadeka envasadas en atmósfera modificada tratadas con 40, 80 y 150 mg L⁻¹ de ácido peracético y 100 mg L⁻¹ de hipoclorito de sodio, durante 10 días a 5 °C. Los valores representan la media (n=3) (Valladares, 2019).

Sanitizantes	Día		
	3	7	10
40 mg L ⁻¹ AP	2,5 ± 0,5 b*	5,1 ± 0,1 b	6,8 ± 0,4 ab
80 mg L ⁻¹ AP	2,5 ± 0,4 b	4,8 ± 0,3 bc	6,5 ± 0,2 b
150 mg L ⁻¹ AP	2,6 ± 0,3 b	4,5 ± 0,2 c	5,7 ± 0,3 c
NaClO	2,1 ± 0,5 b	4,3 ± 0,6 c	5,3 ± 0,6 c
Agua	3,6 ± 0,3 a	5,9 ± 0,4 a	7,4 ± 0,7 a

*Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas.

Cuadro 29. Evolución del recuento de hongos y levaduras (log UFC g⁻¹) de tiras de pimiento verde cv. Kadeka envasadas en atmósfera modificada tratadas con 40, 80 y 150 mg L⁻¹ de ácido peracético y 100 mg L⁻¹ de hipoclorito de sodio, durante 10 días a 5 °C. Los valores representan la media (n=3) (Valladares, 2019).

Sanitizantes	Día		
	3	7	10
40 mg L ⁻¹ AP	2,6 ± 0,4 ab*	5,5 ± 0,2 b	6,9 ± 0,4 ab
80 mg L ⁻¹ AP	2,4 ± 0,5 ab	5,4 ± 0,3 b	6,5 ± 0,1 b
150 mg L ⁻¹ AP	2,1 ± 0,1 b	5,1 ± 0,2 bc	5,9 ± 0,3 c
NaClO	21,5 ± 0,3 c	4,9 ± 0,1 c	5,6 ± 0,4 c
Agua	3,0 ± 0,2 a	6,5 ± 0,3 a	7,1 ± 0,4 a

*Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas.

4.5.1 Recomendaciones

El uso de ácido peracético a 150 mg L⁻¹ durante 5 min podría ser una interesante alternativa como sanitizante en pimiento de IV gama, al mantener la carga microbiana baja durante al menos 7 días con resultados similares al cloro pero con la ventaja de no ser necesario un ajuste del pH de la solución sanitizante.

4.6 Uso de distintos sanitizantes en la calidad microbiológica de pimiento de IV gama

Se realizó un estudio de la aplicación de distintos sanitizantes en pimientos de IV gama con el propósito de seleccionar aquellos que en ciertas dosis reduzcan significativamente el crecimiento microbiano durante el almacenamiento de este producto. En el Cuadro 30 se presentan diferentes sanitizantes y sus dosis empleadas en cubos de pimiento cv. Almuden. El tiempo de inmersión en cada solución fue de 5 min, tanto para los sanitizantes líquidos como para la luz UV-C.

Cuadro 30. Tipos de sanitizantes y dosis utilizadas en cubos de pimiento cv. Almuden (González, 2020).

Sanitizante	Dosis
Clorito sódico acidificado	500 mL L ⁻¹
Ácido peracético	100 mL L ⁻¹
Dióxido de cloro	7 mg L ⁻¹
Luz UV-C	5 kJ m ⁻²
Ozono	1 min
Hipoclorito de sodio	150 mL L ⁻¹
Agua potable desclorada	

Los recuentos de mesófilos en cubos de pimiento presentaron menores valores con el uso de luz UV-C a 5 kJ m⁻² durante un almacenamiento en bolsas perforadas de 10 días a 5 °C, con un recuento de 4 log UFC g⁻¹. Durante el mismo período, el lavado con agua potable desclorada presentó recuentos de 6,5 log UFC g⁻¹ (Figura 30).

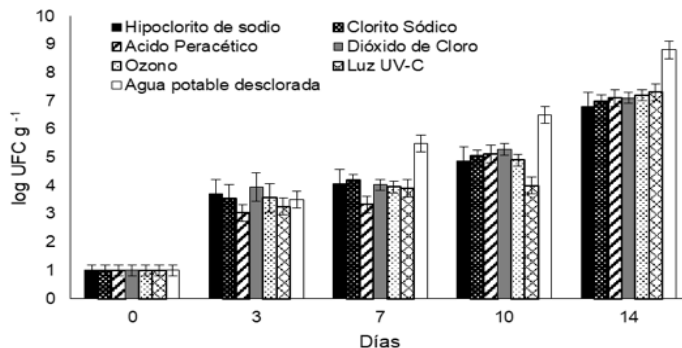


Figura 30. Recuento de mesófilos aerobios (log UFC g⁻¹) en cubos de pimiento cv. Almuden tratados con hipoclorito de sodio, clorito sódico, ácido peracético, dióxido de cloro, ozono, luz UV-C y agua potable desclorada envasados en bolsa perforada, durante 14 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES (González, 2020).

Respecto a hongos y levaduras, la luz UV-C a 5 kJ m² disminuyó el conteo al día 3, con valores de 3,3 log UFC g⁻¹ respecto al uso de agua potable desclorada que obtuvo 4,5 log UFC g⁻¹. En los demás días de evaluación no se presentaron diferencias significativas entre los distintos sanitizantes, pero sí respecto al agua potable desclorada. El día 10, los cubos tratados con 5 kJ m² presentaron el menor conteo de 5,5 log UFC g⁻¹ en comparación a agua potable desclorada que registró 7,5 log UFC g⁻¹ (Figura 31).

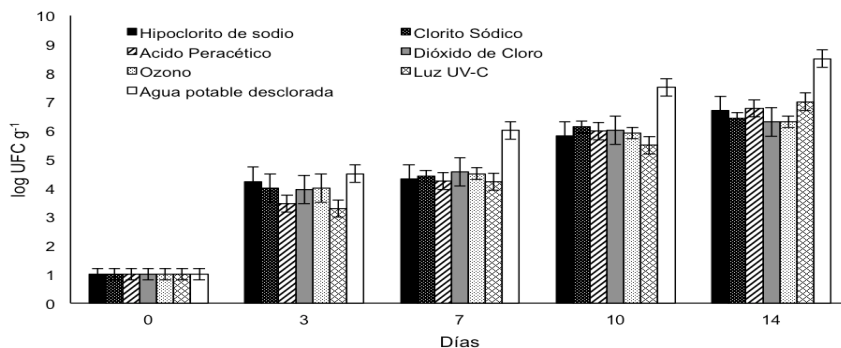


Figura 31. Recuentos de hongos y levaduras (log UFC g⁻¹) en cubos de pimiento cv. Almuden tratados con hipoclorito de sodio, clorito sódico, ácido peracético, dióxido de cloro, ozono, luz UV-C y agua potable desclorada envasados en bolsas perforadas, durante 14 días a 5 °C. Los valores son la media (n=3) ± ES (González, 2020).

4.6.1 Recomendaciones

Las aplicaciones de luz UV-C a 5 kJ m² redujo la carga microbiana de mesófilos, hongos y levaduras, presentando una mayor efectividad frente a los demás sanitizantes. De esta forma, la luz UV-C resulta ser una alternativa eficiente, simple y de bajo costo para sanitizar pimientos de IV gama.

Consideraciones finales

En el mundo se pierde más del 30% de las frutas y hortalizas que se cosecha debido a malas prácticas de postcosecha. El manejo de la temperatura y la humedad relativa durante la conservación de los tomates y pimientos resultan fundamentales para mantener su calidad y prolongar su vida útil reduciendo sus pérdidas por podredumbres y deshidratación.

Las frutas hortícolas originarias de América y descritas en este texto, son ampliamente consumidas en occidente y contribuyen de forma significativa en la dieta de los consumidores. Por sus características varietales se pueden producir bajo diferentes condiciones agro-climatológicas y se ofrecen en el mercado diferentes cultivares, variedades o tipos con formas y colores característicos y llamativos. Sin embargo, una vez que estas hortalizas se cosechan, sufren rápidamente de un deterioro físico y químico que altera sus características sensoriales y nutricionales y hacen que pierda su valor comercial. Las tecnologías de postcosecha complementarias que en este libro – manual se presentan como los tratamientos térmicos, el uso de inhibidores de etileno, la modificación de la atmósfera y el empleo de sanitizantes alternativos al cloro resultan ser herramientas útiles, de bajo costo, fácil implementación y accesibles tanto para pequeños como grandes agricultores. Estas herramientas permiten aumentar la vida postcosecha de estos frutos reduciendo enormemente las pérdidas y favoreciendo así un almacenamiento y comercialización a mercados extranjeros y/o su procesamiento como hortalizas de IV gama.

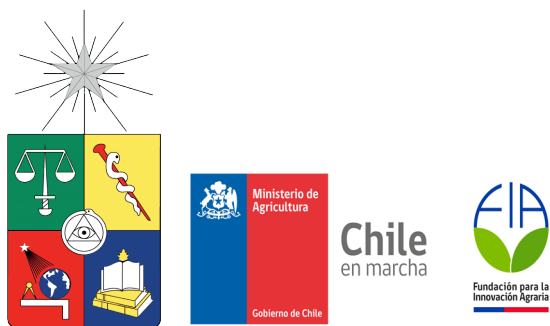
Referencias Bibliográficas

- Adaskaveg, J.; Förster, H. y Sommer, N. 2007. Fundamentos de Fitopatología y Manejo de las Enfermedades Postcosecha en Productos Hortofrutícolas Comestibles, pp 191-226. En: Kader, A. (Ed.). Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Tercera edición. California, EEUU: Universidad de California. 580 p.
- Aguayo, E.; Escalona, V.H. y Artés, F. 2006. Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biology and Technology* 39: 169-177.
- Aguayo, E.; Escalona, V. y Artés, F. 2008. Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut 'Amarillo' melon. *Postharvest Biology and Technology* 47:397-406.
- Aguayo, E. 2003. Innovaciones tecnológicas en la conservación de melón y tomate procesado en fresco. Tesis doctoral. Cartagena España: Universidad Politécnica de Cartagena. 399p.
- Ahvenainen, R. 2000. Ready-to-use fruit and vegetables. Flair-flow Europe Technical Manual. Teagasc. The National Food Centre. Dunsinea, Castleknock, Ireland. 1-31.
- Artés, F. 2006. El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 7(2): 61-85.
- Artés, F. 2007. Nuevas tendencias en la postrecolección del tomate fresco. *Alimentación, Equipos y Tecnología* 5: 143-151.
- Artés, F. y Artés-Hernandez, F. 2000. Innovaciones industriales en el procesamiento mínimo de frutas y hortalizas. CTC. *Revista Agroalimentaria de Industrias Afines* 7: 29-33.
- Artés, F. y Artés-Hernández, F. 2004. Reducción de daños por el frío en la refrigeración hortofrutícola. *Alimentación, Equipos y Tecnología* 186: 56-64.
- Artés, F.; Gómez, P.; Aguayo, E.; Escalona, V.H. y Artés- Hernández, F. 2009. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh cut plant commodities. *Postharvest Biology and Technology* 51: 287-296.
- Barco, P.; Burbano, A.; Mosquera, S.; Villada, H. y Navia, D. 2011. Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Revista Lasallista de Investigación* 8: 96-103.
- Barreiro, J. y Sandoval, A. 2006. Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Equinoccio, Valle de Sartenejas, Baruta, Venezuela. Cap 3. 47-58.
- Blankenship, S. y Dole, J. 2003. 1-Metilciclopropano: una revisión. *Postcosecha, Biología y Tecnología* 28: 1-25.
- Cantwell, M. y Kasmire, R. 2007. Sistemas de manejo postcosecha: Hortalizas de frutos, pp 457-475. En: Kader, A. (Ed.). Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Tercera edición. California, EEUU: Universidad de California. 580 p.

- Char, C.; Yoplac, I. y Escalona, V. 2016. Microbiological and functional quality of ready-to-eat arugula as treated by combinations of UV-C and nonconventional modified atmospheres. *Journal of Food Processing and Preservation* ISS1745-4549. 1-10.
- Correa, J. 2019. Efecto de la inmersión en agua caliente y la aplicación de sales de calcio en la calidad de tomate rosado (*Solanum lycopersicum* L.) bajo almacenamiento prolongado. Tesis Magíster. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 97 p.
- Escalona, V.; Hinojosa, A.; Char, C.; Villena, P.; Bustamante, A. y Saenz, C. 2015. Use of alternative sanitizers on minimally processed watercress harvested in two different seasons. *Journal of Food Processing and Preservation* 39: 1287-1298.
- Escalona, V.H. y Luchsinger, L. 2008. Una revisión sobre frutas y hortalizas mínimamente procesadas en fresco. *Aconex* 99: 23-28.
- Escribano, S. y Mitcham J. 2014. Progress in heat treatments. Stewart Postharvest Review. 1-4.
- Francis, G.; Gallone, A.; Nychas, G.; Sofos, J.; Colelli, G.; Amodio, M. y Spano, G. 2012. Factors affecting quality and safety of fresh-cut produce. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 52(7): 595-610.
- Garmendia, G. y Vero, S. 2006. Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. Cátedra de Microbiología, Facultad de Química. UDELAR. 18-19 p.
- Gonçalves, N.B.; Carvalho, V. y Gonçalves, R. 2000. Efeito do cloreto de cálcio e do tratamento hidrotérmico na atividade enzimática e no teor de fenólicos do abacaxi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35(10): 2075-2081.
- González, A. 2020. Tecnologías emergentes de postcosecha aplicadas en pimiento (*Capsicum annum* L.) variedad "Almuden". Tesis Magíster. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 72 p.
- González, R.J.; Luo, Y.; Ruiz-Cruz, S. y Evoy, J.M. 2004. The efficacy of sanitizers on pathogen reduction from fresh-cut produce under simulated commercial processing conditions. *Journal of Food Protection* 67: 2375-2380.
- Gross, K.; Wang, C. y Saltveit, M. 2003. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. *Agricultural Handbook* 66: 581-584.
- Hansen, J. y Johnson, J. 2007. Introduction. pp 1-26. In: Tang, J. (Ed.) Heat Treatment for Postharvest Pest Control: Theory and Practice. Edición ilustrada. Londres. Reino Unido.
- Hilgren, J.; Swanson, K.; Diez-Gonzalez, F. y Cords, B. 2007. Inactivation of *Bacillus anthracis* spores by liquid biocides in the presence of food residue. *Applied and Environmental Microbiology* 73(4): 6370-6377.
- Hinojosa, A.; Gatica, I.; Bustamante, A.; Cárdenas, D. y Escalona, V.H. 2015. Effect of the combined treatment of UV-C light and modified atmosphere packaging on the inactivation of *Escherichia coli* inoculated watercress. *Journal of Food Processing and Preservation* 39: 1525-1533.
- INE. 2017. Instituto Nacional de Estadísticas. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. Chile. Disponible en: www.censoagropecuario.cl

- INVERTEC FOOD. 2017. Productos, en <http://www.invertectfoods.cl/p/page/products> (último acceso diciembre 2017).
- Jiang, Y. y Fu, J. 2000. Regulación del etileno en frutas: aspectos moleculares. *Reguladores de crecimiento en plantas* 30: 193-200.
- Lagos, M.C. 2010. Aplicación de sanitizantes en hojas de rúcula (*Eruca sativa*) conservadas en atmósfera modificada. Memoria de título. Santiago: Universidad de Chile. 54 p.
- Lara, I.; García, P. y Vendrell, M. 2004. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 34:331-339.
- Mahovic, M.; Sargent, S.; Bartz, J. y Lon Kan, E. 2006. Identification and postharvest control of tomato diseases in Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. 2-5.
- Maureira, Y. 2012. Aplicación de sanitizantes en brotes de alfalfa (*Medicago sativa* L.) conservados bajo atmósfera modificada. Memoria de título. Santiago: Universidad de Chile. 62 p.
- Maureira, E. 2013. Efecto del uso de sanitizantes en la calidad de germinados de soya (*Glycine max*) conservados bajo atmósfera modificada y refrigeración. Memoria de título. Santiago: Universidad de Chile. 79 p.
- Ni, L.; Lin, D. y Barret, M. 2005. Pectin methylesterase catalyzed firming effects of low temperature blanched vegetables. *Journal of Food Engineering* 70:546-556.
- ODEPA, 2017. Fichas técnicas-económicas. Tomate al aire libre. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Recuperado en: <<http://www.odepa.cl/rubro/hortalizas-frescas/estadísticas>>.
- Oms-Oliu, G.; Rojas-Graü, M.; González, L.; Varela, P.; Soliva-Fortuny, R. y Hernando, M. 2010. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: a review. *Postharvest Biology and Technology* 57(3): 139-148.
- Ospina, M. 2012. Efecto de sanitizantes sobre la calidad microbiológica y calidad funcional de berros (*Nasturtium officinale*) mínimamente procesados. Tesis de magister. Santiago: Universidad de Chile. 145 p.
- Prussia, S.; Aggarwal, D.; Lysiak, G. y Florkowski, W. 2005. Postharvest calcium chloride dips for increasing peach firmness. *Acta Horticulturae* 682: 1551-1558.
- Rico, D.; Martín-Diana, A.; Henehan, G.; Frias, J.; Barat, J. y Barry-Ryan, C. 2007. Improvement in texture using calcium lactate and heat-shock treatments for stored ready-to-eat carrots. *Journal of Food Engineering* 79: 1196-1206.
- Ruiz, H. 2019. Efecto de la combinación del tratamiento hidrotérmico y de atmósferas en la calidad y vida útil de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) mínimamente procesado. Tesis Magíster. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 102 p.
- Serrano, M.; Martínez-Romero, D.; Castillo, S.; Guillén, F. y Valero, D. 2004. Role of calcium and heat treatments in alleviating physiological changes induced by mechanical damage in plum. *Postharvest Biology and Technology* 34:155-167.

- Silveira, A.; Aguayo, E.; Chisari, M. y Artés, F. 2011. Calcium salts and heat treatment for quality retention of fresh-cut 'Galia' melón. *Postharvest Biology and Technology* 62:77-84.
- Silveira, A. y Escalona, V. 2014. The use of physical treatment on fresh-cut produce. *Stewart Postharvest review*: 3:4.
- Silveira, A.C.; Baeza, A. y Escalona, V. 2015. Effect of the UV-C radiation combined with nonconventional atmosphere packaging on fresh-cut arugula (*Eruca sativa* Mill.) quality. *Journal of Food Safety* 35(4): 523-532.
- Small, D.; Chang, A.; Toghrol, F. y Bently, W. 2007. Comparative global transcription analysis of sodium hypochlorite, peracetic acid, and hydrogen peroxide on *Pseudomonas aeruginosa*. *Applied Microbiology and Biotechnology* 76(8): 1093-1105.
- Urrejola, D. 2019. Aplicación de tratamientos térmicos y sales cálcicas en pimiento var. Kadeka bajo condiciones de refrigeración y envasado en postcosecha. Memoria Pregrado. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 45 p.
- Valladares, C. 2019. Efecto del ácido peracético y del envasado en atmósfera modificada sobre la calidad y conservación del pimiento (*Capsicum annuum* L.) mínimamente procesado. Tesis Magíster. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 124 p.
- Vandekinderen, I.; Devlieghere, F.; Van Camp, J.; Denon, Q.; Sanchez-Alarcon, S.; Ragaert, P. y De Meulenaer, B. 2009. Impact of a decontamination step with peroxyacetic acid on the shelf-life, sensory quality and nutrient content of grated carrots packed under equilibrium modified atmosphere and stored at 7 °C. *Postharvest Biology and Technology* 54(9): 141-152.
- Vega-García, M.; Lopez-Espinoza, G.; Chávez-Ontiveros, J.; Caro-Corrales, J.; Delgado-Vargas, F. y López-Valenzuela, J. 2010. Changes in protein expression associated with chilling injury in tomato fruit. *Journal American Society Horticultural Science*. 135: 1-7.
- Villena, P.; Luchsinger, L.; Obando, J.; Hinojosa, A. y Escalona, V.H. 2010. Efecto de diferentes sanitizantes en la calidad microbiológica de berros (*Nasturtium officinale* R. Br.) envasados en atmósfera modificada. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 11(2): 214 - 220.
- Wang, C. 1998. Heat treatment affects postharvest quality of kale and collard, but not of brussels sprouts. *HortScience* 33(5):881-883.



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Ciencias Agronómicas