



**Universidad Nacional de La Plata**

*Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales*

**“EFECTO DE TRATAMIENTOS CON LUZ UV-C  
SOBRE LA CALIDAD Y VIDA POSCOSECHA DE  
PIMIENTO (*Capsicum annum L.*)”  
MINIMAMENTE PROCESADO**

**Trabajo final de grado**

**Autor: Lucas de Solay**

Directora: Dra. Analía Concellón

Co-director: Dr. Ariel Roberto Vicente

Lugar de Trabajo: CIDCA. Centro de Investigación y Desarrollo en  
Criotecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Exactas.

UNLP-CCT La Plata, CONICET. Calle 47 y 116 s/nº- CP 1900

La Plata, Argentina. Tel/Fax: (0221) 424-9287 / 425-4853.

E-mail: lucasdesolay@yahoo.com.ar

*Año 2010*

*Este Trabajo Final de Grado de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, fue realizado en el Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), de la Facultad de Ciencias Exactas UNLP-CCT La Plata CONICET, bajo la dirección de la Dra. Analía Concellón y Co-dirección del Dr. Ariel R. Vicente.*

*Año 2010*

## DEDICATORIA

*...A mis padres, Jorge y Olga, y a mis hermanas,  
Lorena y Silvina, quienes me apoyaron en la carrera  
...A Valeria, mi compañera de vida, que fue quien  
puso su oído en tiempos adversos  
...A mi hija Delfina, por sus sonrisas y alegrías que  
me trasmite día a día.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, que permitió formarme profesional y personalmente.*

*Al Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos (CIDCA), Facultad de Ciencias Exactas. UNLP- CCT La Plata, CONICET, por permitirme llevar a cabo este trabajo final.*

*A la empresa Seminis Vegetable Seeds Inc., por brindarme los materiales necesarios para realizar este trabajo.*

*A la Dra. Analía Concellón, mi directora, por todo el apoyo que me brindó, su permanente disposición y por sus valiosas sugerencias.*

*Al Dr. Ariel Vicente, mi codirector, por darme la posibilidad de realizarla en el CIDCA, trabajar junto a él y aportar todo su conocimiento.*

*A Bernardo Negri, compañero y amigo que estuvo siempre cuando lo necesité.*

*A la Dra. Alicia Chaves, por su experiencia y dedicación constante hacia todos nosotros.*

*A los chicos del grupo de vegetales: Joaquín Hasperué, Luis Rodoni, Juan Facundo Massolo y Laura Lemoine, por todos los momentos compartidos y hacer más ameno el trabajo diario.*

*Al Ing. Agr. Carlos Pineda, por todo el apoyo que me brindó en el campo.*

*A Nina Napolitano, quien me ayudó desde que Delfina llegó al mundo.*

*Y por supuesto gracias a Dios.*

*A todos ellos muchísimas gracias.....*

# ÍNDICE GENERAL

<b><u>1. RESUMEN/ABSTRACT</u></b>	<b>1</b>
<b><u>2. INTRODUCCIÓN</u></b>	
<b>2.1. Características generales de la producción hortícola Argentina</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Oferta de productos hortícolas</b>	<b>5</b>
<b>2.3. Productos mínimamente procesados o cuarta gama</b>	<b>6</b>
2.3.1. Origen y evolución	<b>6</b>
2.3.2. Generalidades del proceso de elaboración	<b>7</b>
2.3.3. Fisiología de productos mínimamente procesados y su relación con el manejo durante la poscosecha	<b>10</b>
<b>2.4. Tratamientos en la poscosecha con luz ultravioleta C</b>	<b>12</b>
2.4.1. Generalidades	<b>12</b>
2.4.2. Efectos de la luz UV-C	<b>13</b>
2.4.3. Usos de los tratamientos UV-C	<b>14</b>
2.4.4. Modo en que se realizan los tratamientos	<b>15</b>
<b>2.5. Características generales de frutos de pimiento</b>	<b>16</b>
2.5.1. Generalidades	<b>16</b>
2.5.2. Variedades	<b>18</b>
2.5.3. Atributos de calidad y comportamiento de pimiento en la postcosecha	<b>19</b>
<b><u>3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE TRABAJO</u></b>	<b>20</b>
<b><u>4. MATERIALES Y MÉTODOS</u></b>	
<b>4.1. Comparación de apariencia de pimiento tipo “blocky” y “lamuyo” mínimamente procesado</b>	<b>21</b>
<b>4.2. Selección del híbrido tipo “blocky” a emplear</b>	<b>21</b>
4.2.1. Determinación de rendimiento de producción, calibre y morfología de los frutos	<b>21</b>
4.2.2. Procesado y almacenamiento refrigerado	<b>22</b>
<b>4.3. Tratamiento con luz UV-C</b>	<b>22</b>
4.3.1. Selección de dosis	<b>22</b>
4.3.2. Tratamiento y almacenamiento refrigerado	<b>22</b>
<b>4.4. Determinaciones analíticas efectuadas</b>	<b>23</b>
4.4.1. Pérdida de peso	<b>23</b>
4.4.2. Apariencia	<b>23</b>
4.4.3. Actividad respiratoria	<b>23</b>
4.4.4. Color superficial	<b>23</b>
4.4.5. Acidez titulable	<b>23</b>
4.4.6. Firmeza	<b>24</b>
4.4.7. Azúcares totales	<b>24</b>
4.4.8. Capacidad anti-radical	<b>24</b>
<b>4.5. Análisis estadístico</b>	<b>25</b>

<b><u>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u></b>	
<b>5.1. Selección del tipo de pimiento</b>	<b>26</b>
<b>5.2. Selección de los híbridos de pimiento tipo “blocky” a emplear</b>	<b>27</b>
<b>5.3. Tratamiento UV-C: Selección de dosis</b>	<b>32</b>
<b>5.4. Tratamiento UV-C y almacenamiento refrigerado</b>	<b>33</b>
5.4.1. Deterioro y desórdenes patológicos	<b>33</b>
5.4.2. Pérdida de peso	<b>36</b>
5.4.3. Firmeza	<b>36</b>
5.4.4. Color, pH, acidez y respiración	<b>38</b>
5.4.5. Azúcares	<b>40</b>
5.4.6. Poder anti-radical	<b>42</b>
<b><u>6. CONCLUSIONES</u></b>	<b>44</b>
<b><u>7. BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b>45</b>

## **1. RESUMEN**

En los últimos años se han observado cambios en los hábitos alimenticios y cada vez más consumidores seleccionan productos fáciles de utilizar, con poco tiempo de preparación, que generen menos residuos. El volumen de frutas y hortalizas mínimamente procesadas es aún moderado, aunque a nivel mundial se observa un claro aumento de este segmento. Si bien el dinamismo de estos cambios en nuestro país es menor, la oferta de frutas y hortalizas frescas cortadas, que décadas atrás era prácticamente nula, ha aumentado. Los objetivos de este estudio fueron seleccionar un híbrido de pimiento con características apropiadas para el procesamiento mínimo y evaluar la eficacia de tratamientos con luz ultravioleta en pimientos rojos trozados en bastones, para incrementar los beneficios de la refrigeración. Inicialmente se seleccionaron pimientos tipo "blocky" dada su mayor uniformidad de tamaño y forma con respecto a los materiales tipo "lamuyo", lo que redundaba en mejor calidad y apariencia del producto. Dentro de este grupo se evaluaron 6 híbridos (Aifos, Candente, Ignis, Mar Rojo, 7864 y 8781 de la empresa Seminis) a fin de seleccionar aquellos más apropiados para el procesamiento. Aifos e Ignis mostraron mayor desuniformidad y frecuencia de defectos; Candente y Mar rojo presentaron mayor espesor de pericarpio y calibre y los híbridos 7864 se caracterizaron por los frutos más pequeños. Cuando se almacenaron a 4°C bastones de los diferentes híbridos, Mar Rojo y Candente evidenciaron en menor medida los síntomas de deshidratación. Dado que Mar Rojo fue el híbrido con menor producción de frutos por planta se realizaron los ensayos subsiguientes con Candente, dado su buen comportamiento a campo y sus características deseables para el procesado. En la segunda etapa, se seleccionó un tratamiento UV-C apropiado para el híbrido Candente para lo cual se trozaron en bastones (3 cm x 6 cm), se colocaron en bandejas plásticas, se trataron con 0 (control); 3; 6 y 10 kJ/m<sup>2</sup> y se almacenaron por 8 d a 10°C. Los bastones tratados con 10 kJ/m<sup>2</sup> mantuvieron un índice de deterioro menor a los controles. A fin de evaluar si los beneficios de los tratamientos UV-C seleccionados (10 kJ/m<sup>2</sup>) se mantenían en condiciones de refrigeración comunes durante la distribución, se trozaron pimientos rojos, se trataron con 0 ó 10 kJ/m<sup>2</sup> de luz UV-C, se colocaron en bandejas plásticas y se almacenaron a 4°C por 21 d. Durante el almacenamiento se determinó la incidencia de desórdenes patológicos (a partir de la presencia de micelio fúngico, la aparición de síntomas de podredumbre húmeda y la formación de eflorescencias superficiales blancas), el color, la pérdida de peso, la firmeza, los azúcares, la acidez, el pH, la actividad respiratoria y la capacidad anti-radical. Durante las 2 primeras semanas de almacenamiento no se observaron síntomas ni signos de patologías. Luego de 21 d a 4°C el desarrollo microbiano se incrementó marcadamente pero su incidencia fue inferior en las bandejas tratadas. De todos modos, dado que la incidencia fue elevada en ambos casos, se estableció la vida del producto en 14 d de almacenamiento y en este período se centraron las demás determinaciones. Los frutos tratados con UV-C presentaron menor pérdida de peso y mantuvieron mayor firmeza que los controles. Con respecto al color no se encontraron diferencias significativas entre frutos controles y tratados. El contenido de azúcares fue cercano a 2,5% no hallándose grandes variaciones en la postcosecha mientras que la acidez aumentó durante el almacenamiento, pero en forma similar en frutos control y tratados. Finalmente, la exposición a luz UV-C redujo la capacidad anti-radical inmediatamente luego de los tratamientos, pero durante el almacenamiento ésta se incrementó, superando los niveles en los frutos controles luego de 14 d. Los resultados sugieren que los pimientos tipo "blocky" permiten obtener un producto mínimamente procesado más uniforme que los pimientos tipo "lamuyo". Por otra parte, el híbrido Candente muestra buenas propiedades dado su rendimiento aceptable en campo, elevado calibre y espesor de pericarpio, uniformidad y su buen comportamiento durante el almacenamiento. Por último, los tratamientos con luz UV-C permiten mantener la calidad de pimientos mínimamente procesados refrigerados reduciendo la deshidratación, el ataque microbiano y la pérdida de firmeza e incrementando la capacidad anti-radical.

**Palabras clave:** ultravioleta; *Capsicum annum*; "blocky"; productos frescos cortados.

## **ABSTRACT**

In the last years there have been changes foods usage trends, and consumers are demanding products which generate low wastage and are easy to use. The volume of fresh cut fruits and vegetables is still moderate as compared to overall production but a clear increase of this segment has been observed. These changes are occurring in our country more slowly, but the offer of fresh cut fruits and vegetables, which decades ago was almost negligible, has rapidly increased. The objectives of this work were to select bell pepper hybrids with appropriate characteristics for minimally processing and then to evaluate the efficacy of ultraviolet C radiation treatments (UV-C) in red bell pepper sticks to improve the benefits of low temperature storage. Initially "blocky" type bell peppers were selected for processing due to their higher size and shape uniformity than "lamuyo" type peppers which determined higher quality and more appealing appearance of the product. Within the "blocky" group 6 hybrids were evaluated (Aifos, Candente, Ignis, Mar Rojo, 7864 y 8781; Seminis Inc.) in order to select the most suitable for minimally processing. Aifos and Ignis showed lower uniformity and higher frequency of defects, Candente and Mar Rojo had higher pericarp width and fruit size and 7864 produced the smallest fruits. Mar Rojo and Candente presented less symptoms of dehydration during storage. Mar Rojo produced lower number of fruits per plant so Candente was selected for further experiments given its in good field behavior and the desirable properties for processing. In a second stage we analyzed the effect of treatments with UV-C radiation on postharvest deterioration and quality of red pepper (Candente) sticks (3 cm x 6 cm) stored at low temperature. Fruit was chopped, put in plastic trays and treated with 0 (control); 3; 6 or 10 kJ m<sup>-2</sup> of UV-C radiation and stored for 8 d at 10°C. Fruit treated with 10 kJ m<sup>-2</sup> maintained lower deterioration index than control fruit during storage. In order to evaluate if the benefits of the selected UV-C treatments (10 kJ m<sup>-2</sup>) were still observed under storage conditions recommended for distribution of fresh cut commodities, pepper fruit was treated with 0 ó 10 kJ m<sup>-2</sup> of UV-C radiation, put in plastic trays and stored for 21d at 4°C. We followed the incidence of pathological disorders (by evaluating the presence of fungal mycelia, soft rots and surface white flushing), color, firmness sugar content, acidity pH, respiration rate and antiradical capacity. During the first two weeks no symptoms or signs of pathological disorders were observed. After 21 d at 4°C pathogen attack increased dramatically, but the incidence was lower in UV-C treated fruit. However, given that the incidence was relatively high in both cases, the shelf life of the product was established in 14 d and during this period we further evaluated quality. UV-C treated pepper sticks presented lower weight loss and maintained firmer than the control after 14 d of storage. Regarding fruit color no differences were observed between control and treated peppers. Sugar content was around 2.5% and no differences were found, while acidity increased during storage but similarly in control and treated fruits. Finally, exposure to UV-C radiation reduced fruit antiradical capacity immediately after the treatments, after 14 d at 4°C higher levels were found in UV-C treated fruit. In summary, results show that "blocky" type are more suitable for processing than "lamuyo" type peppers. Within the first group Candente showed some desirable properties given its yield, high size and pericarp width, uniformity and good storing capacity. Finally, UV-C treatments were beneficial to maintain the quality of refrigerated bell pepper sticks reducing weight loss decay and softening and increasing the antiradical capacity.

**Keywords:** ultraviolet; *Capsicum annum* L; "blocky"; fresh cut products.



## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PRODUCCIÓN HORTÍCOLA ARGENTINA**

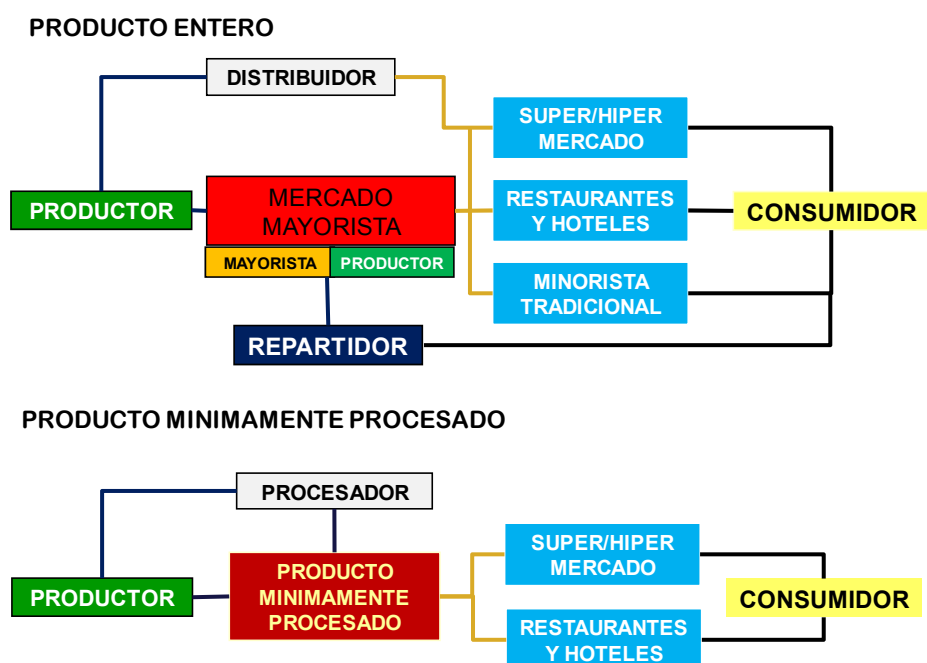
La producción hortícola Argentina se caracteriza por incluir un gran número de especies que se cultivan con una marcada dispersión geográfica a lo largo de buena parte del territorio. En su totalidad se estima que ocupa una superficie de 600.000 ha con una producción anual que supera las 10.000.000 de toneladas. Dentro de los productos de mayor relevancia sobresalen: papa, tomate, cebolla, batata, zapallo, zanahoria, lechuga y ajo, que representan el 65% del volumen total. Un 20% está constituido por acelga, mandioca, zapallito, choclo, berenjena y pimienta. Las provincias que más se destacan por su producción de hortalizas son Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, Salta, S. del Estero, Jujuy, Santa Fe, Corrientes (INDEC, 2002), considerando la producción bajo cubierta se encuentra que la provincia de Corrientes lidera con una participación del 56%, seguida por Buenos Aires con el 29%. El destino principal de las hortalizas producidas en nuestro país es para el mercado interno (93-94%). Dentro de los productos que se destinan a exportación se destacan el ajo y la cebolla y en menor medida la papa, siendo el principal país receptor Brasil.

La horticultura posee gran relevancia por diversos motivos. En primer término como actividad productora de alimentos, cuya incorporación en las dietas saludables es reconocida. Por otra parte, es una importante fuente de empleo (350.000 personas sólo vinculadas en forma directa). En algunas hortalizas se observa una concentración geográfica que determina que la actividad se transforme en un motor importante de la economía de estas regiones. Así podríamos mencionar la del tomate para industria en Mendoza, la del ajo y cebolla en el Sur de la provincia de Buenos Aires, el pimienta o tomate en Corrientes o en el NOA, la producción de Cucurbitáceas en la región Norte del país, la producción papera en el Sudeste de las provincias de Buenos Aires y Suroeste de Córdoba, entre otras. Más allá de las situaciones mencionadas es generalmente común la asociación de polos o cinturones de producción hortícola con los principales centros urbanos del país. Esto se relaciona por un lado con la cercanía al mercado consumidor y fundamentalmente con la elevada corta vida de muchos productos hortícolas que impone la necesidad de distribuirlos rápidamente.

El Cinturón Hortícola de La Plata constituye un importante polo de producción de frutas y hortalizas que provee a buena parte a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y al Conurbano Bonaerense, principal conglomerado urbano nacional que se estima en más de 12 millones de habitantes (Ministerio de Asuntos Agrarios, 2005). La actividad hortícola en el Cinturón platense incluye el cultivo de una gran variedad de productos.

Aproximadamente las dos terceras partes del volumen de producción se encuentran representadas por las hortalizas de frutos y dentro de éstas se destacan el tomate y el pimiento (Ministerio de Asuntos Agrarios, 2005).

Tradicionalmente las frutas y hortalizas frescas se han concentrado en mercados mayoristas que luego son canalizadas a verdulerías y fruterías, ferias callejeras y mercados municipales. El mayor centro de comercialización mayorista de frutas y hortalizas de Argentina, es el Mercado Central de Buenos Aires (MCBA) que se encuentra entre los tres más grandes de América Latina. Si bien aún la mayor parte del volumen de las hortalizas frescas se comercializa en mercados mayoristas con la posterior distribución para el menudeo en verdulerías (70-75%), la aparición de nuevas alternativas de venta se incrementó a partir de la década del '90 (Figura 1). Esta cadena incluye la aparición de hipermercados, mayor número de restaurantes, cadenas hoteleras y locales de comidas rápidas, como nuevas formas de comercialización directa a través de distribuidores o bien desde el productor a la empresa procesadora y resulta más apropiada para el avance de productos mínimamente procesados.



**Figura 1:** Flujo de bienes y servicios de la cadena de comercialización a partir de la década de los '90 (Viteri ML y Ghezan G, 1999, con modificaciones).

## **2.2. OFERTA DE PRODUCTOS HORTÍCOLAS**

Las hortalizas disponibles para su comercialización pueden encontrarse como productos frescos o procesados (enlatados, congelados, cortados, precocidos, etc.). Dentro del volumen destinado al consumo interno en nuestro país se estima que un 10% se industrializa. El procesamiento posee ciertas ventajas que pueden determinar que finalmente resulten ser las formas seleccionadas por segmentos de consumidores:

- Permitir extender los períodos de consumo en el caso de productos con alta estacionalidad.
- Incrementar las posibilidades de distribución exitosa en regiones distantes a las productoras.
- Prolongar la capacidad de almacenamiento y reducir la tasa de deterioro.
- Mejorar algunas características de interés desde el punto de vista nutricional y la digestibilidad de algunos alimentos.
- Aumentar la seguridad microbiológica y/o la estabilidad química del alimento.
- Incrementar la variedad de productos ofertados.
- Lograr mayor deseo de compra para un producto dado.
- Aumentar el valor agregado.
- Proveer de productos más constantes con respecto a su composición o calidad.
- Aumentar la conveniencia de uso en ciertos ámbitos en los que sería menos apropiado el uso de contrapartes frescos.
- Minimizar los desperdicios y el volumen de residuo generado.
- Reducir el tiempo de preparación previo al consumo.
- Minimizar la realización de tareas de preparación de hortalizas utilizadas como materias primas en establecimientos dedicados a la preparación de comidas.
- Reducir el requerimiento de espacio de almacenamiento necesario

Las variantes de productos hortícolas disponibles en el mercado son numerosas y a fin de sistematizarlas se las clasifica en 5 grupos o gamas:

**I GAMA: Hortalizas frescas enteras.** Incluye a las hortalizas frescas así como a aquellos productos deshidratados, en vinagre o fermentados. Los métodos de procesamiento incluidos en la primera gama son conocidos desde la antigüedad. De hecho las primeras estrategias utilizadas en momentos de escasez, para poder disponer de productos que en su forma fresca eran altamente perecederos, como las hortalizas, fueron la deshidratación y la fermentación.

**II GAMA: Productos en conserva.** Dentro de este grupo se encuentran los productos en conserva que han sido sometidos a un tratamiento térmico de

esterilización industrial para su conservación. Las conservas de frutas y hortalizas tomaron auge ya a partir del siglo XIX con los estudios de Pasteur y Appert quienes demostraron que los tratamientos de alta temperatura apropiados podían ser de utilidad para el control de microorganismos responsables del deterioro y a su vez reducir significativamente la velocidad de ciertas reacciones químicas involucradas en la descomposición de los alimentos.

**III GAMA: Productos congelados.** Este segmento se compone de aquellos productos que han sido congelados. El congelado de alimentos floreció ya en el siglo XX con el desarrollo de los sistemas de refrigeración mecánicos y más marcadamente a partir de la década del `70 cuando comienzan a difundirse congeladores para el almacenamiento de estos alimentos a nivel doméstico.

**IV GAMA: Productos mínimamente procesados.** Se consideran productos de cuarta gama a aquellos vegetales que si bien han sufrido procesos de transformación respecto a los productos enteros, estos son limitados (ej. selección, lavado, limpieza, pelado, cortado, rallado, envasado, etc). Este tipo de productos se conocen también como mínimamente procesados, o frescos cortados.

**V GAMA: Productos precocidos.** En este grupo se incluyen aquellos productos precocidos y listos para consumir, mantenidos en cadena de frío. En esta gama se incluyen además salsas y fritos. El desarrollo de productos de cuarta y quinta gama es mucho más reciente. De hecho la oferta era muy pequeña unas dos décadas atrás y su crecimiento sostenido probablemente tiene que ver con una respuesta a la demanda de los consumidores y como una necesidad de la industria para aumentar sus posibilidades de venta. Dado el ritmo de vida actual, muchas personas recurren a este tipo de platos fáciles de utilizar que ayudan a ahorrar tiempo.

## **2.3. PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS O CUARTA GAMA**

### **2.3.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN**

El origen de los productos de IV gama se remonta a comienzos de la década del `70 en Estados Unidos. Los mismos estaban, en principio, dirigidos a abastecer de ensaladas a los restaurantes de comida rápida. Posteriormente, en 1980, se introducen en Europa adaptándose a cada país su tecnología, distribución y legislación. Si bien todo empezó como pequeñas industrias familiares, rápidamente se fue organizando y adoptando carácter industrial. Estados Unidos es el principal país

productor, su mercado es más dinámico y de mayor dimensión que el europeo. En Estados Unidos, estos productos llegan a representar del 8 al 10% de las frutas y hortalizas frescas comercializadas. Mientras que un norteamericano medio llega a consumir hasta 30 kg por año de productos de IV gama, la media europea es de 3 kg, presentando este mercado diferencias muy acusadas entre países. En el Reino Unido se llega a los 12 kg, Francia ocupa la segunda posición y consume la mitad 6 kg, Italia alrededor de 4 kg y España entre 1 y 1,5 kg. En Argentina la ausencia de estadísticas ciertas hace dificultoso establecer la participación de este tipo de productos en el mercado. Se ha estimado que el consumo actual de productos procesados es menor al 0,5%, pero que existe una tendencia creciente en el consumo similar a la observada a nivel mundial debido principalmente a su facilidad de uso (Rotondo y col., 2008). Entre los productos de IV gama, los más difundidos son la zanahoria rallada, el repollo, lechuga y otras hortalizas de hoja cortada, trozos de verdura para preparar sopas y papas en bastones o rejillas (Viña, 2001). Las frutas frescas y procesadas incluyen ananá cortada y descorazonada, frutos cítricos pelados y cortados en segmentos, rebanadas de manzana, durazno, mango y melón y ensaladas de frutas (Kader, 2007). Estos productos frutihortícolas se preparan y manejan para mantener su frescura, pero al mismo tiempo para brindar mayor conveniencia al consumidor. Aunque en general los productos mínimamente procesados son más caros que el producto a granel, a la hora de realizar comparaciones de precios se deben considerar las diferencias en el volumen de producto que se desperdicia.

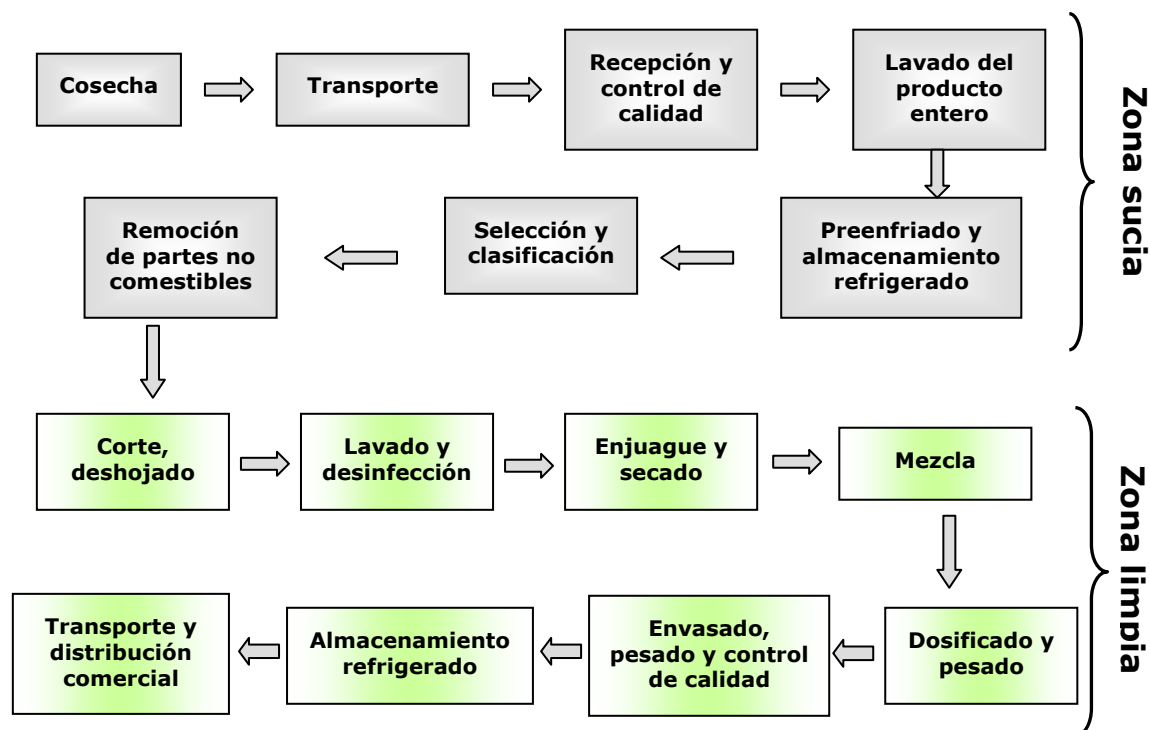
### 2.3.2. GENERALIDADES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN

Existe gran variabilidad en las etapas involucradas en la elaboración de los productos hortícolas mínimamente procesados. Éstas dependen del producto considerado y de la forma de procesado (**Figura 2**).



**Figura 2:** Distintas opciones de procesamiento mínimo de productos hortícolas.

En la **Figura 3** se resumen algunas etapas comunes en el procesamiento mínimo de hortalizas. En todos los casos las actividades comienzan con la cosecha del producto y finalizan con el envasado y distribución.



**Figura 3:** Etapas en la preparación de productos mínimamente procesados (Gómez, 2008).

A continuación se detallan algunos aspectos a considerar en cada etapa:

- **Cosecha:** La materia prima a utilizar debe ser de alta calidad evitándose destinar a industria aquellos productos que hayan sufrido deterioro pronunciado. La cosecha debe realizarse en forma cuidadosa y en estado de madurez uniforme. El tiempo que transcurre entre la cosecha y el procesado debe minimizarse (Hodges y Toivonen, 2008). Se deben seleccionar híbridos con características deseables para el procesado. La adecuada selección del material genético es muy importante y no necesariamente aquellas variedades e híbridos con buenos atributos para el mercado de productos frescos enteros son los más apropiados para el procesamiento mínimo.
- **Transporte, recepción y control de calidad:** El traslado de los vegetales debe realizarse en forma rápida para minimizar los tiempos hasta el procesado. La recepción de ser posible debe realizarse en zonas refrigeradas en las que se evalúa la aptitud de la materia prima para el procesado. Al arribo a la planta de procesamiento se debiera efectuar la primera selección de modo de descartar los vegetales en mal estado.

- **Lavado del producto entero y preenfriado:** Se debe emplear agua potable para eliminar la suciedad y carga microbiana que el producto trae del campo. Es recomendable preenfriar para disminuir la temperatura que trae el producto y comenzar a lentificar los procesos metabólicos (este paso puede unificarse con un lavado con agua fresca). En general se recomienda el uso de algún desinfectante para evitar la recontaminación de la materia prima por aguas de lavado contaminadas.
- **Selección, clasificación y remoción de partes no comestibles:** Se efectúa una selección y clasificación de los productos, ya sea por tamaño, color y/o forma. Luego se remueven las secciones no comestibles del producto en cuestión (retiro de semillas, pedúnculo, raíces, etc).
- **Procesamiento:** Según sea el producto final que se requiera, se efectúa el pelado (ananá, melón), deshojado (cebolla), cortado en tiras (pimiento, lechuga) o cuadrados (frutas para ensalada), ahuecado (ananá), rallado (zanahoria), etc. En este paso es importante minimizar el daño empleando cuchillas filosas en los cortadores. También debiera eliminarse las porciones defectuosas y dañadas.
- **Lavado, desinfección, enjuagado y secado:** Luego del procesado el producto obtenido debería lavarse y desinfectarse (**Figura 4**). Esto permite eliminar los fluidos celulares que fueron liberados tras el corte y que pueden favorecer el crecimiento microbiano y el pardeamiento (Ahvenainen, 1996; Artés, 2000). El agua del lavado usualmente es fría (entre 4 y 10°C), y suele contener desinfectantes que prevengan el desarrollo microbiano. Luego del lavado debe eliminarse por completo el exceso de humedad lo cual puede efectuarse por centrifugación por circulación en túneles de aire forzado. Idealmente, el proceso de secado debe remover al menos la misma cantidad de agua que el producto retuvo durante su procesamiento (Kader, 2007).



**Figura 4:** Lavado y desinfección.

- **Mezclado, dosificación, pesado y envasado:** Dependiendo del tipo de producto a elaborar se deben mezclar diferentes hortalizas, seleccionar el

tamaño y calidad de la porción a utilizar y finalmente envasar. En este punto se utilizan bolsas o bandejas cubiertas con film a las que se les controla no sólo el peso final sino también la ausencia de metales provenientes de desperfectos en la línea de procesamiento. Finalmente los envases primarios se acondicionan en cajas para luego ser distribuidas y comercializadas a baja temperatura.

### **2.3.3. FISIOLÓGIA DE PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS Y SU RELACIÓN CON EL MANEJO DURANTE LA POSTCOSECHA**

La mayoría de las técnicas del procesamiento de alimentos tienden a estabilizar los productos y aumentar su capacidad de almacenamiento, ya que los productos mínimamente procesados presentan por lo general una mayor perecibilidad por provocárseles un daño mecánico durante el trozado, pelado o rallado, que genera un aumento de la tasa respiratoria de los productos, indicando un metabolismo más activo y usualmente una tasa de deterioro más acelerada (Viña, 2001). De hecho se ha descrito en numerosas oportunidades que los productos frescos cortados generalmente tienen mayores tasas de respiración que las de los productos intactos. También se aumenta la producción de etileno, hormona que acelera la maduración y participa de la senescencia (Kader, 2007). Por otra parte, estas técnicas de procesamiento involucran comúnmente la eliminación o al menos la ruptura de barreras naturales presentes en los frutos intactos (ceras, cutícula, epidermis, etc.) lo que favorece comúnmente la deshidratación y el desarrollo microbiano.

El procesado mínimo favorece en muchas hortalizas y frutas el pardeamiento localizado en los sectores del corte y también diversas reacciones bioquímicas responsables de cambios de sabor, textura y de pérdida de calidad nutricional. Por otra parte, los microorganismos pueden desarrollarse en dichas zonas aumentando el riesgo de pudriciones. Como consecuencia de esto se desprende que un factor problemático asociado con la producción y distribución de productos mínimamente procesados, es su corta vida útil. Dependiendo del producto y de las tecnologías de postcosecha disponibles, y sobre todo de la eficacia de su implementación, la vida de los productos mínimamente procesados suele ser de entre 7 y 14 días. Las tecnologías de conservación más empleadas son:

**a- Refrigeración:** Se trata de una tecnología indispensable en este tipo de productos. El mantenimiento de bajas temperaturas permite retrasar la tasa de deterioro de los productos así como la velocidad de desarrollo microbiano. En condiciones de almacenamiento refrigerado los productos muestran menor tasa respiratoria, una reducción en la producción y sensibilidad al etileno y se reduce la actividad de enzimas involucradas con cambios bioquímicos



indeseables. El mantenimiento de la cadena de frío durante todas las etapas posteriores a la obtención de los productos tales como el almacenamiento, transporte y distribución es indispensable.

**b- Atmósfera modificada:** Los productos mínimamente procesados se envasan utilizando películas con permeabilidad selectiva a los gases. En muchos casos se crea una atmósfera modificada de elevada humedad relativa (90-95%) enriquecida en CO<sub>2</sub> por la actividad respiratoria del producto y con baja concentración de O<sub>2</sub>, para reducir la deshidratación, el metabolismo del producto y la velocidad de reacciones involucradas en el deterioro (López Galvez y col., 1996). En otros casos se suele reducir el contenido de O<sub>2</sub> de los envases o bolsas introduciendo una corriente de N<sub>2</sub>. Siempre deben evitarse dentro de los envases niveles de oxígeno inferiores a 1% para evitar que ocurran reacciones de anaerobiosis que redundan en la acumulación de acetaldehído y etanol. La respuesta de las hortalizas frescas cortadas a las atmósferas modificadas depende principalmente del tipo de producto y de su grado de madurez. Resulta importante considerar que en todos los casos el uso de atmósferas modificadas debe ir acompañado de un buen control de la temperatura.

**c- Otras tecnologías:** Las tecnologías combinadas se están usando cada día más en tecnología de los alimentos ya que resulta difícil que un único tratamiento logre cumplir con todos los objetivos deseados (Alzamora y col., 1993 y 1998). Algunas estrategias que pueden utilizarse en conjunto con la refrigeración y las atmósferas modificadas incluyen:

*-Agregado de ciertos sustratos al agua de lavado:* Como se mencionó anteriormente las aguas de lavado pueden adicionarse con sustancias con propiedades desinfectantes, antioxidantes, antimicrobianas, reguladoras de la maduración y/o estabilizantes del color y textura (González y col., 2005). En la mayor parte de los casos se utiliza el cloro ya sea por adición de hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio o dióxido de cloro. Más allá de regular la concentración de hipoclorito en 100-200 ppm resulta importante ajustar el pH de las aguas de lavado en niveles de 6,5-7,5. Esto es debido a que la forma activa del cloro es el ácido hipocloroso (HOCl) por lo que el descenso del pH favorece la presencia de esta especie. A pesar de su bajo costo y simplicidad de uso el cloro no ha sido ajeno a cuestionamientos. Estos se asocian principalmente con la formación de compuestos potencialmente cancerígenos por su reacción con la materia orgánica como trihalometanos y cloraminas (Chang y col., 1988). Otras formas de desinfección que se han evaluado en

forma más reciente incluyen la realización de tratamientos con agua electrolizada, O<sub>3</sub> disuelto, peróxido de hidrógeno o ácido peracético (González y col., 2005). Algunas sales de calcio se pueden adicionar a las aguas de procesado a fin de retrasar cambios texturales. Finalmente el pardeamiento puede reducirse por adición de ácido ascórbico, ácido cítrico, etc. Un inconveniente del mojado del producto trozado es que resulta necesario realizar una segunda etapa de secado o escurrimiento para eliminar el agua libre.

*-Recubrimientos comestibles:* En las últimas décadas se ha avanzado en el desarrollo de películas comestibles realizadas a partir de fuentes proteicas vegetales y animales, como zeínas de maíz, gluten, soja, maní, algodón, gelatina, colágeno; proteínas de leche y polisacáridos que permiten proteger a los alimentos (Gennadios, 2002). Además de utilizarlos para proteger a los productos del daño físico, actúan como barrera a la difusión de humedad, gases y aromas, evitando la oxidación y los cambios en el contenido de agua, y contribuyendo así a mantener la apariencia del alimento durante el almacenamiento (Gennadios, 2002). De todos modos se han observado algunas dificultades a la hora de incorporar estas tecnologías en una escala comercial.

*-Tratamientos con luz ultravioleta:* Se ha reportado la aplicación de la luz UV-C tanto para productos enteros como mínimamente procesados y los efectos benéficos se han concentrado en la reducción de la carga microbiana (Allende y col., 2006), retraso en el pardeamiento (Civello y col, 2007) y síntomas de daño por frío (Vicente y col., 2005a), entre otros logros. Esta tecnología es no ionizante, no deja residuos, no es tóxica y reemplazaría al lavado y consecuente secado posterior del producto y los costos del equipamiento necesario no son elevados. Su empleo está siendo considerado para varios productos frutihortícolas. Si bien existen algunas dificultades de aplicación a nivel comercial ya se observan líneas de procesamiento que han incorporado este tipo de procesos. En la próxima sección se describe con detalle las características de este tipo de tratamientos.

## **2.4. TRATAMIENTOS EN LA POSTCOSECHA CON LUZ ULTRAVIOLETA C**

### **2.4.1. GENERALIDADES**

El espectro electromagnético se puede considerar como el ordenamiento sucesivo de longitudes de onda. En la **Figura 5** se puede apreciar el espectro electromagnético

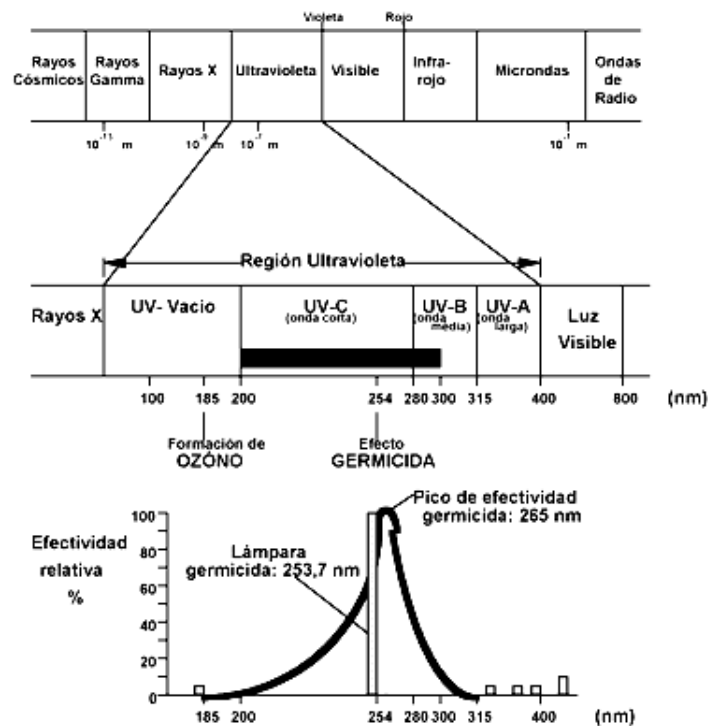
dentro del que se destacan el espectro visible, el infrarrojo, el ultravioleta, los rayos X, los rayos gamma, etc. La luz UV es aquella que se ubica entre 100 y 400 nm. Dada las diferencias en las propiedades de la radiación dentro de este rango, se la ha subdividido en 4 regiones: UV-A, UV-B, UV-C y UV-vacío.

**-UV-A:** 315-400 nm. Incluye a las radiaciones de longitud de onda larga. Al menos el 90% de las radiaciones que llegan a la superficie terrestre son de este tipo. Se la aprovecha para el bronceado de la piel y el tratamiento de la psoriasis (Algaba, 2005).

**-UV-B:** 280-315 nm. Representan como máximo un 10% de las radiaciones que llegan a la superficie terrestre.

**-UV-C:** 210-280 nm. Radiaciones de longitud de onda corta. Las radiaciones UVC son absorbidas en su totalidad por la capa de ozono. Poseen actividad germicida y por esta propiedad se la utiliza en forma frecuente en la industria alimentaría.

**-UV-Vacío:** 10-210 nm. Incluye a la radiación UV de onda más corta.



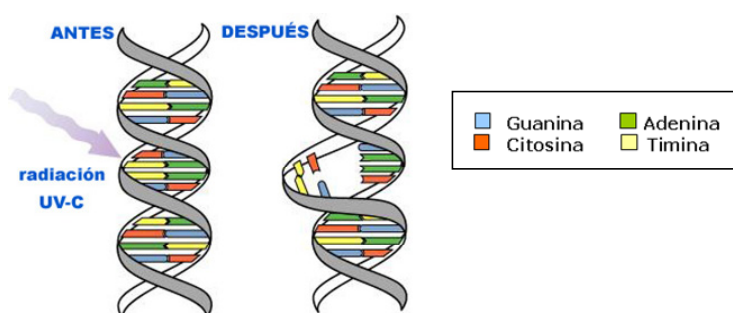
**Figura 5:** Espectro electromagnético, detalle de la zona de luz UV y pico de acción germicida (Anónimo 2009a).

### 2.4.2. EFECTOS DE LA LUZ UV-C

Muchos de los efectos de la luz UV-C sobre los seres vivos son debidos a que los rayos UV de onda corta llevan energía suficiente para romper enlaces químicos importantes dentro de los compuestos que forman las células. Dado que a menor longitud de onda mayor energía, la luz UV-C es la que provoca mayores efectos y lo hace sobre el ADN, ARN y las proteínas. Su efecto principal es la distorsión local de la configuración de la doble hélice, por lo que no provoca la muerte instantánea, sino que

interfiere en el normal emparejamiento de bases complementarias (formación de dímeros); ello, a su vez, provoca una interferencia en los procesos de replicación y transcripción (**Figura 6**). Las proteínas que poseen grupos aromáticos que absorben a estas longitudes de onda también pueden ser afectadas por radiación UV.

La luz UV-C también favorece reacciones de oxidación y genera radicales libres que son átomos o grupos de átomos que, en su composición, cuentan con electrones desapareados por lo que son altamente reactivos e inestables. Si bien la luz UV-C en exceso puede resultar perjudicial para los tejidos, si se utilizan bajas dosis o más precisamente dosis adecuadas se pueden lograr determinados efectos benéficos (Cisneros-Cevallos, 2003). Por ejemplo la reducción de la actividad de algunas enzimas responsables del deterioro como consecuencia de la exposición a la luz UV-C puede resultar deseable. Por otra, parte dado que los tratamientos UV-C favorecen la formación de radicales libres, se ha observado que si los tratamientos son moderados esto puede inducir la biosíntesis de compuestos antioxidantes reconocidos por su importancia en la prevención de ciertas enfermedades.



**Figura 6:** Secuencia de ADN normal y modificada por la incidencia de la luz UV (Anónimo 2009b).

### 2.4.3. USOS DE LOS TRATAMIENTOS UV-C

La luz UV-C tiene diversos usos comerciales que incluyen desde producción de blanqueadores usados en detergentes; la desinfección del aire (quirófanos, preparación de alimentos), de superficies (envases para bebidas y material de empaque de alimentos) y de líquidos (agua potable, jarabe simple, emulsiones, salmueras). En los últimos años se ha aplicado la luz UV-C para incrementar la vida de estante y retrasar el deterioro de productos frutihortícolas. En la mayoría de los casos se han utilizado dosis de entre 0,2 y 20 kJ/m<sup>2</sup>. La dosis óptima depende del producto y es crucial ya que el tratamiento excesivo puede dañar a los lípidos de membrana celular aumentando la fuga de electrolitos que puede derivar en un aumento en la susceptibilidad al ataque microbiano (Allende y col., 2006; Artés-Hernández y col., 2009). De todos modos, tratamientos con dosis apropiadas pueden lograr resultados

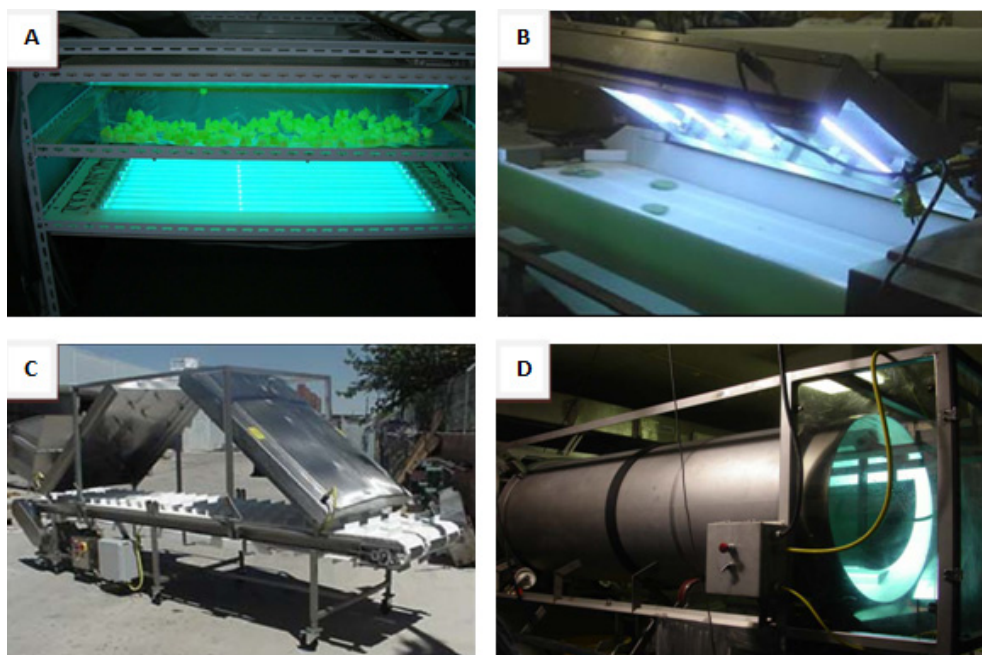
muy favorables. Más allá del conocido efecto germicida de la luz UV-C, estudios efectuados han demostrado que frutos expuestos a dosis bajas de UV-C aumentan la acumulación de compuestos antimicrobianos (El Ghaouth y col., 2003). Por otra parte, en ciertos casos se ha descrito que los tratamientos UV-C pueden retrasar la maduración (Stevens y col., 2004; Pan y col., 2004). Los tratamientos UV redujeron el ablandamiento en tomate (Barka y col., 2000), boysenberry (Vicente y col., 2004), mango (González-Aguilar y col., 2001) y frutilla (Baka y col., 1999), entre otros frutos. Costa y col., (2006) mostraron que la aplicación de 4 a 14 kJ/m<sup>2</sup> sobre ramilletes de brócoli retrasó el amarillamiento de las cabezas y la degradación de clorofilas durante su almacenamiento a 20°C. Asimismo se ha informado que la exposición por períodos cortos a luz UV redujo desórdenes fisiológicos como el daño por frío (Vicente y col., 2005a; González-Aguilar y col., 2004). Finalmente se ha observado que los tratamientos UV, pueden en ciertos casos aumentar el contenido en compuestos bioactivos (Cisneros-Cevallos, 2003).

En productos mínimamente procesados el tratamiento UV-C podría realizarse en forma previa al corte o bien con los productos ya trozados. Erkan y col. (2001) observaron que la luz UV-C redujo la contaminación microbiana y el deterioro de calabacín procesado en rodajas durante su almacenamiento a 5 ó 10°C. En lechuga "hoja de roble" mínimamente procesada se ha observado como la luz UV-C aplicada por uno (Allende y col., 2003) o ambos lados (Allende y col., 2006) reduce la microflora natural causante de deterioro. Lamikanra y col. (2005) hallaron que el tratamiento UV-C resulta efectivo en melón mínimamente procesado.

#### **2.4.4. MODO EN QUE SE REALIZAN LOS TRATAMIENTOS**

Como fuente habitual de luz ultravioleta se utilizan lámparas UV que generalmente son de vapor de mercurio a baja presión que genera una longitud de onda ultravioleta de 254 nm. Los tratamientos UV-C suelen ser aplicados por un tiempo relativamente corto (segundos a minutos). Desde el punto de vista de la inversión resulta un tratamiento económico y con baja necesidad de mantenimiento. La eficacia de la luz UV-C no parece depender de la temperatura en el rango de 5 a 37°C, pero sí de la incidencia de la luz sobre el producto según su forma y superficie (Bintsis y col., 2000; Ben-Yehoshua y Mercier, 2005). Los productos son comúnmente expuestos a la luz UV-C a una distancia de 10-40 cm y la LUZ es medida por un radiómetro (Civello y col., 2007). Dependiendo del diseño de la cámara de tratamiento la luz UV puede incidir de uno o ambos lados del producto (**Figura 7**). Si se irradia de un solo lado, los productos deberán ser rotados para lograr un tratamiento homogéneo. A nivel industrial los productos avanzan por un túnel llevados por una cinta en forma de malla transparente, por rodillos, o en equipos rotatorios. Como la exposición a la luz UV-C

puede resultar dañina frente a los sistemas biológicos, se debe tener especial cuidado con la exposición de los ojos o la piel de los operadores (Civello y col., 2007). Es por ello que la sección donde se realiza la exposición a la luz UV-C no debe permitir filtraciones de la luz al exterior y sólo se debe abrir dicha sección cuando las lámparas estén apagadas. También, la luz por debajo de los 260 nm produce ozono, por lo que si se usa esta tecnología en continuo el nivel de ozono puede llegar a ser elevado y por tanto debe ser monitoreado y prevenirse su acumulación (Bintsis y col., 2000).



**Figura 7:** Diferentes formas de exposición a la luz UV-C. **A)** Malla transparente, **B)** Túnel de tratamiento, **C)** Cinta transportadora, **D)** Tambores rotatorios.

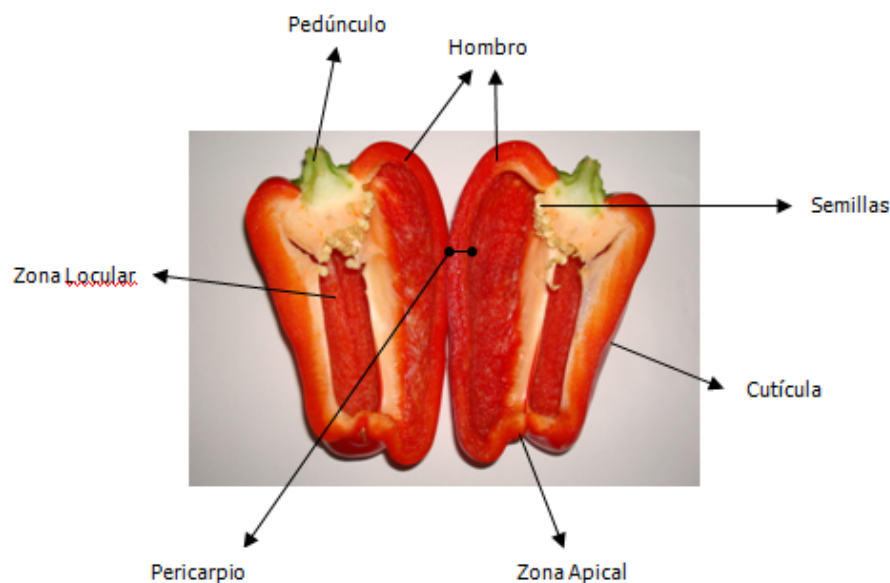
## **2.5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE FRUTOS DE PIMIENTO**

### **2.5.1. GENERALIDADES**

El pimiento es originario de la zona de Bolivia y Perú, pertenece a la familia de las Solanáceas y al género *Capsicum*. Esta familia incluye alrededor de 75 géneros y unas 2.300 especies de plantas, entre ellas se encuentran además del pimiento, el tomate la papa y la berenjena, de gran relevancia en la alimentación.

Fue llevado al Viejo Mundo por Colón en su primer viaje en 1492. En el siglo XVI ya se había difundido su cultivo en España, desde donde se distribuyó al resto de Europa y del mundo con la colaboración de los portugueses. El pimiento es una especie perenne, con ciclo de cultivo anual que se establece por semillas. La planta es de porte variable entre los 0,5 m (en determinadas variedades de cultivo al aire libre) y más de 2 m (gran parte de los híbridos cultivados en invernadero). Tiene un tallo frágil, erecto con ramas que se subdividen, hojas lanceoladas de color verde intenso y

brillante. Sus flores son de color blanco o blanco amarillentas y hermafroditas. Si bien la polinización es autógama puede presentarse un porcentaje de alogamia aunque este no supera el 10%. Se trata de un cultivo de día corto que no tolera las heladas y con una temperatura óptima para el desarrollo de 21-26°C. El fruto del pimiento es una baya hueca (Figura 8) que varía en forma, tamaño, color y sabor. El pericarpio puede ser de espesor grueso, a delgado y en el interior de este fruto se encuentran 2 ó 4 tabiques incompletos a lo largo de la pared del fruto, uniéndose sólo en la base sobre la placenta. En esta región se insertan las semillas, reniformes, de 4 a 5 mm de diámetro y de color blanco amarillento.



**Figura 8:** morfología del fruto de pimiento

El pimiento es una excelente fuente de vitamina C (100mg/100g). De hecho el contenido de este compuesto duplica al encontrado en la naranja. El color del fruto es variable pudiendo ser verde, marrón, rojo, amarillo o naranja (**Figura 9**). La cosecha se inicia entre los 90 y 115 días después de la siembra y se prolonga por dos o tres meses. El momento de la cosecha se puede determinar de acuerdo al tamaño y forma del fruto, a la firmeza, al sabor y al color. Generalmente la recolección se hace cuando el fruto alcanza un tamaño adecuado pero aún posee color verde, aunque también se puede hacer cuando el fruto tiene una coloración roja o amarilla. La cosecha se realiza a mano, en forma escalonada, recomendando realizarla en los períodos del día cuando la temperatura no sea muy elevada. El fruto debe ser sacado de la planta cuidando que el pedúnculo y el cáliz queden adheridos al mismo, ya que esto los hace menos susceptibles al ataque de podredumbres. Esta tarea se debe realizar preferentemente cortándolos con tijeras bien afiladas, para hacer un corte nítido. Los frutos se colocan en recipientes que no los dañen, evitando exponerlos al sol en forma directa.



**Figura 9:** Diferentes colores de pimiento.

### 2.5.2. VARIEDADES

Pueden considerarse tres grupos varietales en pimiento:

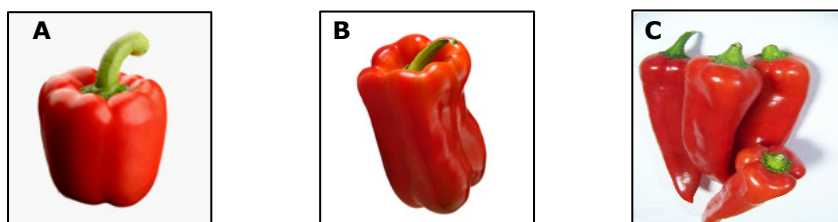
- Variedades dulces: Presentan baja concentración de capsaicina. Dentro de este grupo se encuentran materiales que muestran mejores propiedades para el consumo en fresco y otras con características deseables para la obtención de pimentón
- Variedades de sabor picante: Presentan elevada acumulación de capsaicina. Morfológicamente suelen ser variedades de fruto largo y delgado.

Dentro de las variedades dulces se pueden diferenciar a su vez tres tipos de pimiento:

**Tipo "blocky":** También llamados "California". Son frutos cortos (7-10 cm), anchos (6-9 cm), con tres o cuatro cascós bien marcados, con el cáliz y la base del pedúnculo por debajo o a nivel de los hombros y de pericarpio más o menos grueso (**Figura 10A**).

**Tipo "lamuyo":** Denominados así en honor a la variedad obtenida por el INRA francés, con frutos largos y cuadrados de carne gruesa. Los cultivares pertenecientes a este tipo suelen ser más vigorosos (de mayor porte y entrenudos más largos) y menos sensibles al frío que los de tipo California, por lo que es frecuente cultivarlos en ciclos más tardíos (**Figura 10B**).

**Tipo italiano:** Frutos alargados, estrechos, acabados en punta, de pericarpio fino (**Figura 10C**).



**Figura 10:** Diferentes tipos de pimiento: **A)** Blocky, **B)** Lamuyo, **C)** Italiano.



### **2.5.3. ATRIBUTOS DE CALIDAD Y COMPORTAMIENTO DE PIMIENTO EN LA POSTCOSECHA**

Los frutos de pimiento son no climatéricos, presentan una tasa de respiración moderada, y baja producción y sensibilidad al etileno. En términos generales una adecuada conservación requiere el almacenamiento de los frutos a 7-10°C. En estas condiciones los frutos enteros pueden ser conservados por 2-3 semanas (Paull, 1990), dependiendo de la variedad considerada. El almacenamiento prolongado a temperaturas inferiores a 7°C puede provocar la aparición de daño por enfriamiento. Los frutos en estado de madurez verde son más sensibles al daño por frío que los rojos (Lin y col., 1993; Serrano y col., 1997) aunque esto depende de la variedad. El daño por frío se caracteriza por maduración anormal (Lin y col., 1993) y desuniforme, pérdida de agua, depresiones superficiales laminares y circulares, pardeamiento de semilla, desarrollo de patógenos como *Alternaria alternata* (Risse y Chun, 1987) y *Botrytis cinerea* (Meier y col., 1995). De todos modos en productos trozados el factor de deterioro más importante es el desarrollo microbiano por lo que temperaturas de 4-7°C resultan más beneficiosas. Los frutos de pimiento se pueden almacenar en atmósferas modificadas, siendo las condiciones más adecuadas 3 a 5% de O<sub>2</sub> y 1% de CO<sub>2</sub>, con alta humedad relativa (90-95%). Sin embargo la mejora por utilización de esta tecnología es limitada.

Otra tecnología que se ha evaluado en la postcosecha de pimientos es la aplicación de tratamientos con luz UV-C. En pimiento entero, dicha exposición ha mostrado ser beneficiosa para mantener la calidad, reducir la incidencia de microorganismos y retrasar los síntomas de daño por frío (Vicente y col., 2005a). La mayor cantidad de trabajos realizados en pimiento mínimamente procesado hasta la fecha se han limitado al empleo de atmósferas modificadas y refrigeración para mantener la calidad (Jacxsens y col., 2002, 2003; González Aguilar y col., 2004). Por lo tanto, resulta posible pensar que los tratamientos con luz UV-C podrían resultar de utilidad en pimiento mínimamente procesado para mantener la calidad y retrasar el deterioro; aspecto que se decidió evaluar en este trabajo. Artés y col., (2006) mostraron que este tipo de estrategias podría ser valiosa para reducir la carga microbiana del producto.

### **3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE TRABAJO**

#### **OBJETIVOS**

- 1- *Seleccionar un híbrido de pimiento con características apropiadas para el procesamiento mínimo.*
- 2- *Analizar el efecto de tratamientos con luz UV-C sobre la calidad y vida útil de pimiento mínimamente procesado refrigerado.*

#### **HIPÓTESIS DE TRABAJO**

- *Los tipos e híbridos de pimiento existentes muestran claras diferencias en su adecuación para sistemas de procesamiento mínimo.*
- *Los tratamientos con luz UV-C permiten reducir el deterioro en la postcosecha de pimiento mínimamente procesado y estos beneficios se observan aún en condiciones de refrigeración.*

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. COMPARACIÓN DE APARIENCIA DE PIMIENTO TIPO "BLOCKY" Y "LAMUYO" MÍNIMAMENTE PROCESADO**

Se emplearon pimientos (*Capsicum annuum* L.) tipo "blocky" y "lamuyo", cosechados en estado de madurez rojo. Los frutos se transportaron al laboratorio. Luego se eliminó el pedúnculo y las semillas y se cortó el pericarpio en forma longitudinal en bastones de 3 cm de ancho. Los frutos procesados se fotografiaron.

### **4.2. SELECCIÓN DEL HÍBRIDO TIPO "BLOCKY" A EMPLEAR**

Se cosecharon frutos de 6 híbridos de este tipo pertenecientes a la empresa Seminis Vegetable Seeds, Inc. (Mar Rojo, Candente, Ignis, Aifos, 7864 y 8781). Los materiales fueron producidos como parte de un ensayo comparativo de rendimiento en el que se trabajó en forma conjunta con otro estudiante que realizó su trabajo final analizando sus características productivas y calidad. Las plantas fueron distanciadas 1,75 m entre surcos y 0,35 m entre sí, y se ubicaron en bloques al azar con tres repeticiones para cada híbrido de parcelas de unos 40 m<sup>2</sup>. El control de plagas se realizó con sueltas escalonadas de *Orius sp* para thrips y con control químico para el resto de las plagas (pulgón, mosca blanca, etc.) los agroquímicos que se utilizaron fueron los permitidos Vertimec, Tracer, Chess, Dicarzol. Los funguicidas utilizados fueron: Previcur, Sumilex y Amistar. El fertirriego se realizó siguiendo las recomendaciones del INTA para la zona y la experiencia de la empresa Seminis en el cultivo, previo análisis de suelo realizado por la empresa Cosmocel S.A. Los frutos se cosecharon a partir del 15 de Diciembre en estado rojo maduro (90% de superficie rojo) hasta el 15 de Febrero. Se analizaron inicialmente aspectos vinculados a la morfología de los frutos y rendimiento por planta. Posteriormente se trasladó una muestra de pimiento al laboratorio en donde se eliminaron aquellos que presentando defectos y se realizó una evaluación general de aptitud y comportamiento de los 6 híbridos para el procesado y posterior almacenamiento refrigerado como se detalla a continuación:

#### **4.2.1. Determinación de rendimiento, calibre y morfología de frutos**

Se determinó el peso promedio de los frutos de cada híbrido (para cada bloque y durante 10 cosechas en forma independiente), el calibre medido a partir del diámetro en la zona basal o del hombro, el espesor de pericarpio en la zona ecuatorial y la presencia de defectos (500 medidas por híbrido).

#### 4.2.2. Procesado y almacenamiento refrigerado

Los frutos fueron lavados primero con agua corriente para retirarles la suciedad del campo, y luego con agua clorada (100 ppm) durante 3 min. Posteriormente se eliminó el pedúnculo y las semillas. Se trozaron en bastones de 3 x 6 cm, se colocaron en bandejas, se cubrieron con una película de PVC y se almacenaron a 4°C por 0, 4, 6, 8, 11 y 13 días. A cada día de muestreo se efectuó una observación de los mismos y se calculó la pérdida de peso.

### **4.3. TRATAMIENTO CON LUZ UV-C**

#### 4.3.1. Selección de dosis

Habiendo seleccionado uno de los 6 híbridos mencionados en la sección 4.2, se procedió a ensayar el tratamiento con luz UV-C adecuado para mejorar la calidad del producto mínimamente procesado y refrigerado.

A tal fin, los pimientos se lavaron y procesaron como se indicó en la sección 4.2.2. Los bastones de pimiento se colocaron en bandejas plásticas y se ubicaron con el lado interno de los pimientos hacia arriba en un banco de luz UV-C, donde fueron expuestos a 4 lámparas UV-C (254nm, TUV G30T8, 30W, Philips) a una distancia de 30 cm, y por el tiempo que demandaron las dosis que se ensayaron (3, 6 y 10 kJ/m<sup>2</sup>). La intensidad de la luz fue medida con un radiómetro (Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hills, Illinois). Los correspondientes controles sólo se lavaron, procesaron y ubicaron en bandejas, sin que se les efectuara el tratamiento UV. Posteriormente, las bandejas de bastones de pimiento tratado y control se almacenaron 8 días a 10°C. Según los resultados de pérdida de peso y apariencia obtenidos, se eligió la dosis de luz UV-C que logró extender la vida útil del producto.

#### 4.3.2. Tratamiento y almacenamiento refrigerado

Los frutos enteros fueron lavados y procesados en forma de bastones como se indicó en la sección 4.2.2 y luego se dividió el lote en dos grupos: uno de ellos se trató con luz UV-C de 10 kJ/m<sup>2</sup> como se indicó en la sección 4.3.1 y el segundo se dejó como control. Posteriormente se colocaron en bandejas, se cubrieron con una película de PVC y se almacenaron a 4°C por 0, 7, 14 y 21 días. A cada día de muestreo se efectuaron las determinaciones analíticas que se detallan a continuación, para las cuales los bastones de pimiento se analizaron en fresco o bien se congelaron en nitrógeno líquido (-196 °C) y se conservaron a -20°C hasta su uso. La experiencia fue repetida en dos oportunidades empleando cosechas independientes.

#### **4.4. DETERMINACIONES ANALÍTICAS EFECTUADAS**

##### 4.4.1. Pérdida de peso

La deshidratación se determinó por pesada de cada bandeja conteniendo bastones de pimiento y se calculó la pérdida de peso porcentual respecto al valor inicial.

##### 4.4.2. Apariencia

Se evaluó el desarrollo de microorganismos, la presencia de bastones blandos y la aparición de daños. Se calculó un índice de deterioro según:

1 = Buena apariencia, 2= Apariencia regular y 3= Mala apariencia (para desechar).

Los cálculos se efectuaron como:

$$\text{Índice de deterioro} = \frac{\sum i * \text{N}^\circ \text{ bastones}}{\text{N}^\circ \text{ bastones Totales}}$$

Donde:

Nº bastones = cantidad de bastones con el correspondiente para cada nivel (1,2 ó 3)

Nº bastones totales = Total de bastones analizados por cada condición de tiempo y tratamiento

##### 4.4.3. Actividad respiratoria

La producción de dióxido de carbono se midió con un sensor IR de dicho gas (ALNOR Compu-flow, Modelo 8650). Para tal fin, aproximadamente 400 g de fruto mínimamente procesado se colocaron en un recipiente hermético y se midió la producción de CO<sub>2</sub> en función del tiempo. Se evitó una acumulación de CO<sub>2</sub> superior al 1% ya que inhibiría la respiración. Se efectuaron al menos 3 determinaciones por cada condición de tiempo y tratamiento analizado. Los resultados se expresaron como mililitros CO<sub>2</sub>/kg/h.

##### 4.4.4. Color superficial

Se midió utilizando un colorímetro (Minolta, Modelo CR-400) obteniéndose los parámetros de color CIE: a\*, b\* y L\* y se calculó el hue (tono del color) como arco tangente b\*/a\*. Se realizaron al menos 20 determinaciones para cada tiempo de almacenamiento y tratamiento analizado.

##### 4.4.5. Acidez titulable

Para el análisis de la acidez se procesó el tejido en un molinillo, se tomaron 15 g y luego se adicionaron 100 ml de agua. Se determinó el pH inicial y se tituló con NaOH 0,1 N hasta pH 8,2 (AOAC, 1980) medido en forma potenciométrica. Se realizaron 4

determinaciones para cada condición analizada. Los resultados se expresaron en meq. H<sup>+</sup> por Kg de fruto fresco.

#### 4.4.6. Firmeza

Se utilizó un equipo Texture Analyzer equipado con una sonda plana de 3 mm de diámetro. Cada trozo de fruto se deformó 10 mm a 0,5 mm/s y se registró la fuerza necesaria para deformar y penetrar el tejido en función del tiempo. Se realizaron al menos 30 determinaciones para cada condición de tiempo y tratamiento analizado. Los resultados se expresaron como N/seg (pendiente de la curva fuerza vs posición de la sonda).

#### 4.4.7. Azúcares totales

Se efectuó el extracto, para el cual se procesó en un molinillo al tejido congelado en nitrógeno líquido. A 1 g de este tejido se le agregaron 5 ml de etanol y se centrifugó (12.000 x g por 10 min a 4°C). Se colectó el sobrenadante y se llevó a 100 ml con agua destilada. La determinación de azúcares totales se realizó por el método de Antrona (Yemm y Willis, 1954). Se tomaron alícuotas de 50 µl de muestra y se adicionaron 450 µl de agua. Luego se agregó 1 ml de antrona (2 g de antrona por litro de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% p/p) en hielo y se agitó en vortex para luego llevarlo a ebullición en baño de agua por 10 min. Posteriormente los tubos se enfriaron en una mezcla de agua-hielo, se agitaron y se leyó la absorbancia a 620 nm en un espectrofotómetro. Se realizó una curva de calibración (0-40 µg/ml) utilizando glucosa como patrón. Se realizaron 2 moliendas para cada condición de tiempo y tratamiento efectuado y las muestras se midieron por duplicado. Los resultados se expresaron como gramos de glucosa cada 100 g de fruto fresco.

#### 4.4.8. Capacidad anti-radical

La capacidad para neutralizar radicales libres de los frutos se realizó de acuerdo al procedimiento descrito por Brand Williams y col. (1995). El tejido congelado (1 g) se procesó con 5 ml de etanol y la mezcla se centrifugó 10 min a 12.000 x g a 4°C. El sobrenadante se llevó a 100 ml con etanol. A cada tubo se le adicionaron alícuotas de cada extracto (150-300-450-600 µl), etanol en cantidad necesaria para completar 1 ml y 4 ml del radical estable 2,2- difenil-1-picrilhidrazil (DPPH\*) 40 ppm en etanol. Se midió la absorbancia luego de 10 y 60 min a 515 nm. Se graficó el porcentaje de DPPH\* remanente contra el volumen de extracto adicionado y se determinó la cantidad de extracto necesaria (expresada como mg de tejido) para reducir la concentración de DPPH en un 50%, la que se definió como EC<sub>50</sub>. El poder anti-radical

se expresó como  $1/EC_{50}$ , esto es: mayor poder anti-radical más efectivo como antioxidante.

#### **4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

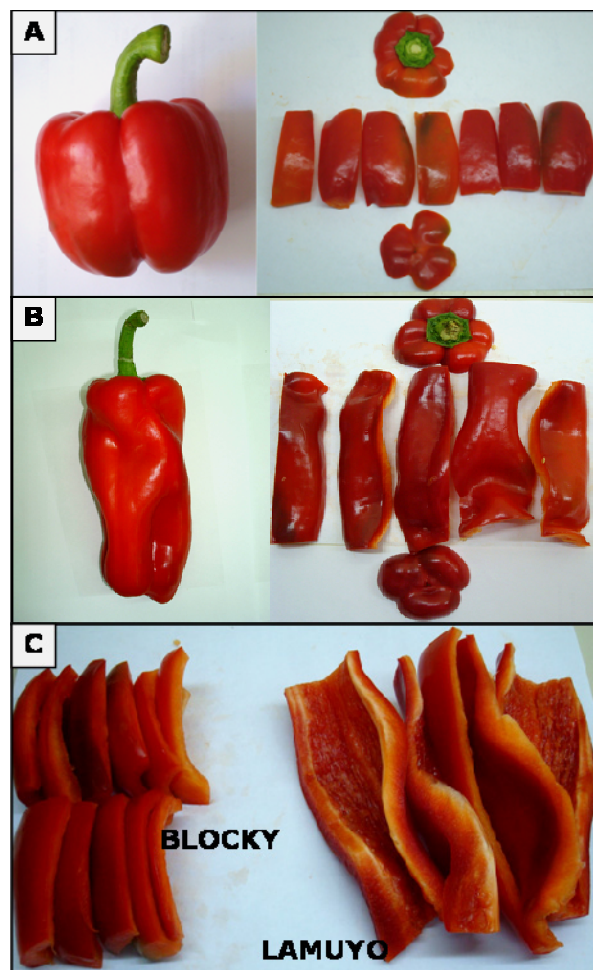
Los experimentos se realizaron de acuerdo a un diseño factorial. Los datos se analizaron por medio de un ANOVA y las medias se compararon con una prueba de LSD a fin de determinar las diferencias mínimas significativas a un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$ .

## **5. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **5.1. COMPARACIÓN DE APARIENCIA DEL TIPO DE PIMIENTO**

En este trabajo de tesis se trabajó con dos tipos de variedades de pimiento dulce: California o "blocky" y "lamuyo", que presentan una morfología muy diferente. Los pimientos tipo "blocky" (**Figura 11A**) son de frutos cortos (7-10 cm) y anchos (6-9 cm), con cuatro cascós bien marcados (fruto con apariencia de cubo) y de buen espesor. Por el contrario, los materiales tipo "lamuyo" (**Figura 11B**) poseen frutos más largos (13-14 cm) y cuyo espesor varía bastante entre ellos.

En primera instancia se comparó la utilización de estos dos tipos de pimiento con el fin de establecer cuál de ellos reunía las mejores condiciones para ser procesado en forma de bastones y poder ser comercializado en forma de "pimiento fresco mínimamente procesado" presentado en bandeja. A cada uno de ellos, se le desechó la sección superior e inferior, y el corazón de semillas.



**Figura 11:** Pimientos tipo "blocky" (A), "lamuyo" (B) y comparación de los mismos en forma procesada (C).



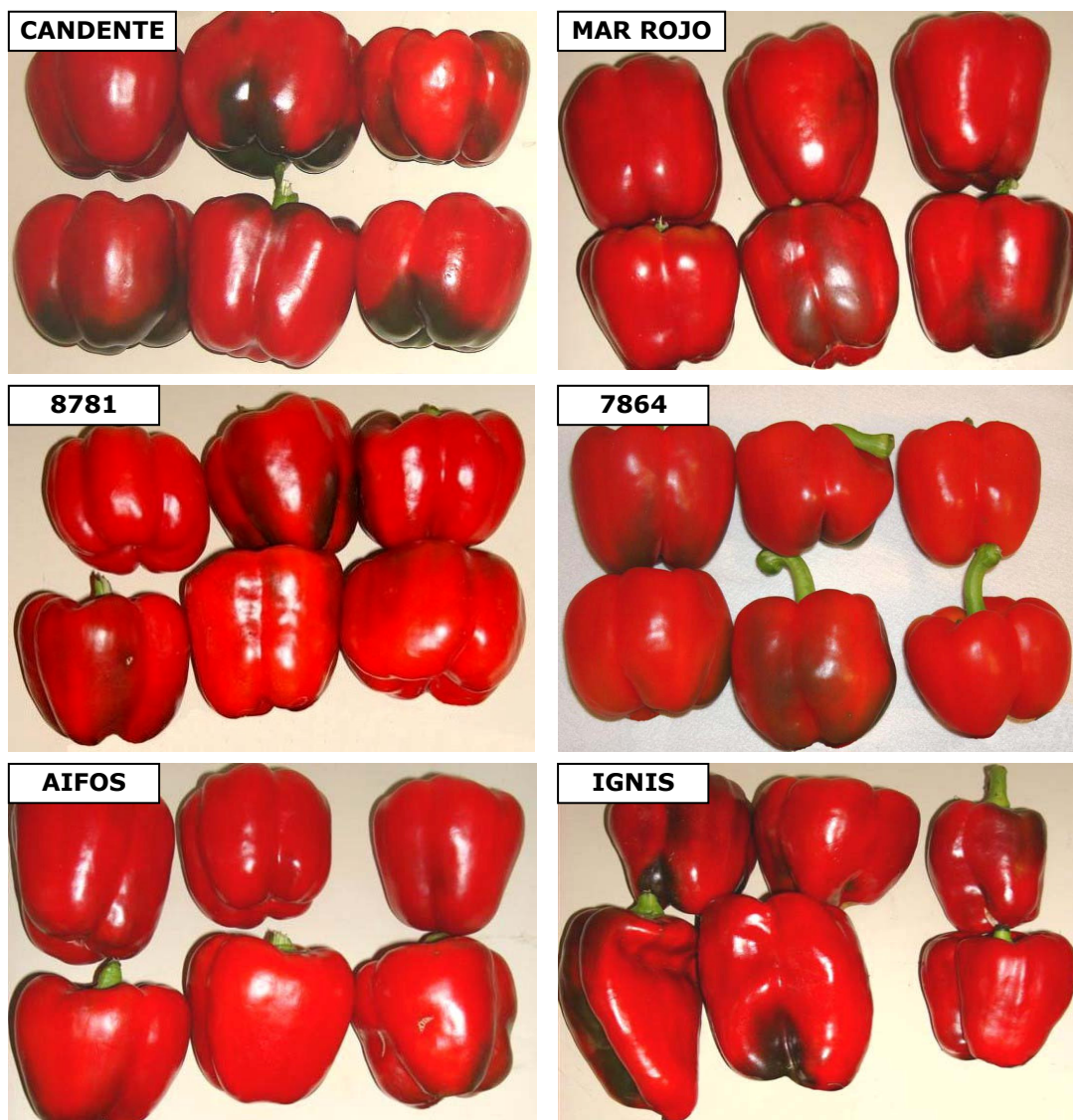
Puede apreciarse en la **Figura 11C** que los bastones de pimiento tipo "blocky" poseen mayor uniformidad de tamaño y forma, permitiendo esto que los mismos puedan ser apilados para su comercialización y así obtener un mejor aprovechamiento del espacio disponible en la bandeja. A fin de procesar los pimientos en forma de bastones, se trató de aprovechar todo el tejido a excepción de la zona de los hombros o cercana al pedúnculo y la zona de la base del fruto. Es por ello que se requiere que el tejido sea, en lo posible, plano y con poca curvatura en la unión entre los lóculos. Un pimiento con 4 cascos muestra simetría sin mayores pliegues. Por su parte, los bastones de pimiento tipo "lamuyo" son irregulares (**Figura 11C**).

Por otro lado, para la industria que procese dichos pimientos, tendrían un mayor aprovechamiento los pimientos tipo "blocky" por ser más uniformes que los "lamuyo". Por otra parte a nivel mundial los trabajos de mejoramiento genéticos en pimiento se efectúan principalmente sobre el formato tipo "blocky" que es el más ampliamente difundido en Estados Unidos y Europa.

## **5.2. SELECCIÓN DE LOS HÍBRIDOS DE PIMIENTO TIPO "BLOCKY" A EMPLEAR**

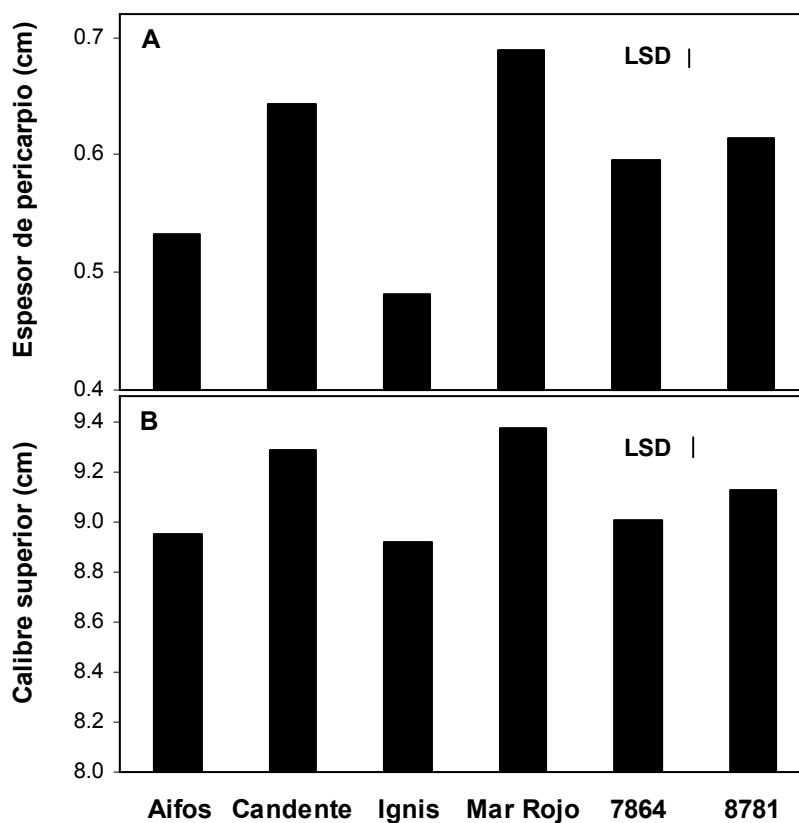
Se contaba con 6 híbridos de pimiento tipo "blocky" cultivados bajo las mismas condiciones y en el mismo invernadero. Dichos híbridos fueron: 1) Aifos, 2) Candente, 3) Ignis, 4) Mar Rojo, 5) 7864 y 6) 8781, todos provistos por la empresa semillera Seminis Vegetable Seeds Inc.

En la **Figura 12** se observa que los híbridos Candente, Mar Rojo y 8781 fueron prácticamente uniformes en presentar frutos con 4 cascos y de estructura general en forma de cubo o "blocky" en todo el lote cosechado. El híbrido 7864 mantenía la forma de "blocky" pero no siempre presentaba frutos con 4 cascos. Mientras que, los híbridos Aifos e Ignis mostraron falta de uniformidad tanto en la cantidad de cascos como en la estructura general, ya que en algunos casos parecían ser pimientos del tipo "lamuyo" pero más cortos. Estos últimos dos híbridos también mostraron mayor frecuencia de defectos que los demás híbridos ensayados. Todos estos resultados se obtuvieron al observar 10 cosechas.



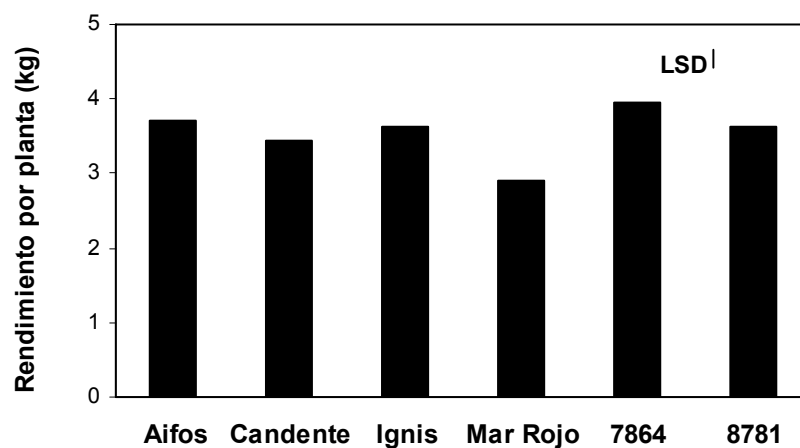
**Figura 12:** Frutos de pimiento de los híbridos Candente, Mar Rojo, 8781, 7864, Aifos e Ignis pertenecientes a la empresa *Seminis Vegetable Seeds Inc.* cultivados en iguales condiciones y cosechados al mismo tiempo

Los híbridos Candente, Mar Rojo, 8781 y 7864 mostraron entonces frutos con forma adecuada para poder ser procesados en la forma de bastones. Posteriormente se analizó el espesor del pericarpio de los frutos recolectados en 10 cosechas (**Figura 13A**) y se observó que los híbridos Candente y Mar Rojo fueron aquellos que presentaron pimientos de mayor espesor, mientras que los híbridos 7864 y 8781 mostraron un espesor intermedio y los de menor tamaño fueron Aifos e Ignis. Por otro lado, el calibre (**Figura 13B**) de los frutos Candente y Mar Rojo fue de 9,3 y 9,4 cm, respectivamente, siendo estos valores mayores respecto de los alcanzados por los demás híbridos. En función de esto se consideró que los híbridos Candente y Mar Rojo presentaban características morfológicas más adecuadas para el procesamiento mínimo.



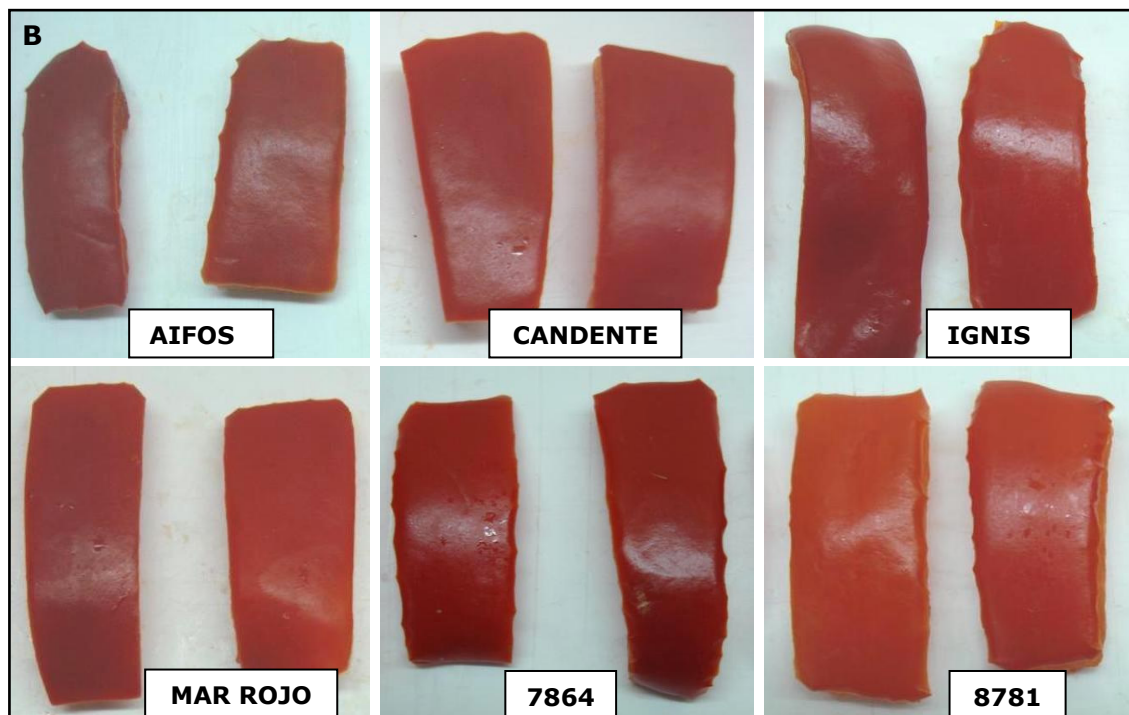
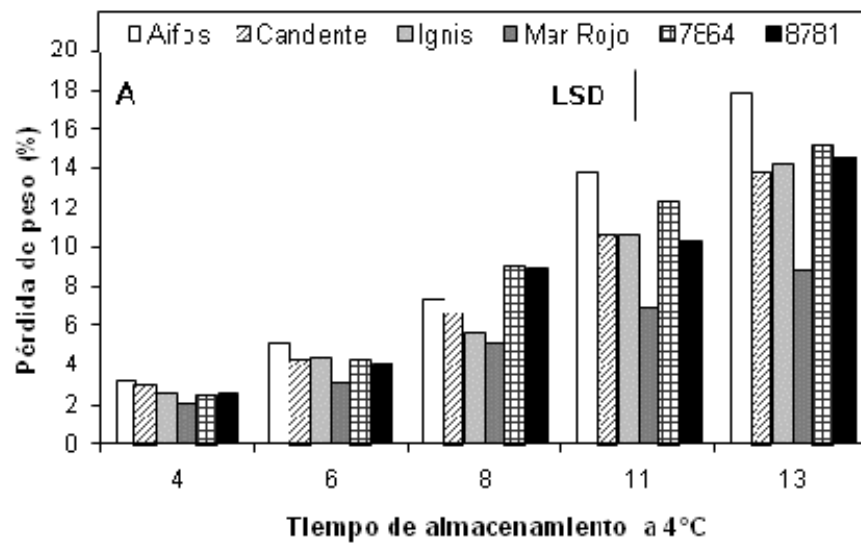
**Figura 13: (A)** Espesor de pericarpio y **(B)** Calibre superior de frutos de los 6 híbridos analizados a lo largo de 10 cosechas.

Sin embargo al analizar el comportamiento a campo de los híbridos de pimiento (**Figura 14**) se pudo observar que el rendimiento por planta de los mismos mostró un menor valor para el híbrido Mar Rojo.



**Figura 14:** Rendimiento por planta de los 6 híbridos analizados durante 10 cosechas: Aifos, Candente, Ignis, Mar Rojo, 7864 y 8781. Nota: Datos obtenidos en forma conjunta con el alumno de la carrera de Ing. Agronómica Bernardo Negri.

Posteriormente se efectuó un ensayo de almacenamiento refrigerado (4°C) de todos los híbridos a fin de determinar que materiales se comportaban mejor ante condiciones de almacenamiento. Para ello se cortaron los pimientos en bastones de 3 x 6 cm, se los acondicionó en bandejas, se los cubrió con PVC para evitar deshidratación durante el almacenamiento y se los colocó en cámara a 4°C durante 13 días. A lo largo de este período, la pérdida de peso (**Figura 15A**) se incrementó en todos los híbridos analizados. Luego de 13 días de almacenamiento, el incremento fue menor para el híbrido Mar Rojo (8%) y mayor para el híbrido Aifos (17%), mientras que el resto de los híbridos (Candente, Ignis, 7864 y 8781) mostraron una pérdida de peso intermedia. Visualmente los bastones de pimiento Candente y Mar Rojo mostraron una menores síntomas de deshidratación (**Figura 15B**), siendo esto muy evidente por la menor o casi nula ondulación del tejido en la línea de corte de los bastones. Esto puede estar relacionado con el hecho de que estos híbridos (Candente y Mar Rojo) poseían el mayor espesor de pericarpio (**Figura 13A**). Dado que el híbrido Candente presentó elevada uniformidad de tamaño y forma, buen espesor, calibre y rendimiento por planta, intermedia pérdida de peso y poca manifestación de síntomas de deshidratación durante el almacenamiento a 4°C, se decidió emplear este híbrido para efectuar las determinaciones en los siguientes ensayos tendientes a analizar el efecto de la luz UV-C y posterior refrigeración en la calidad del producto.



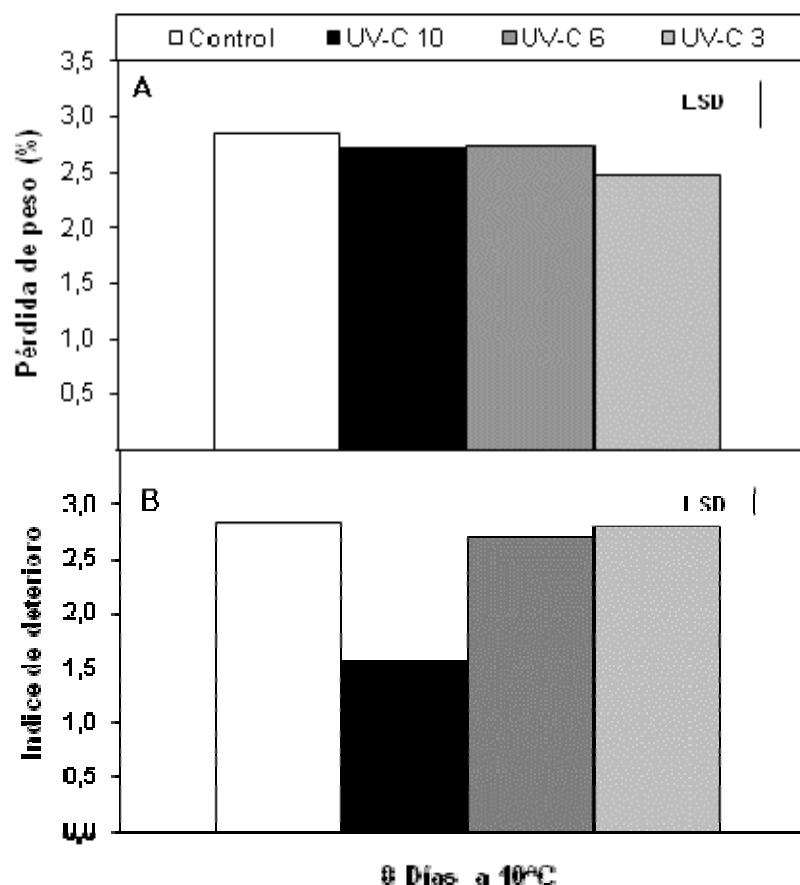
**Figura 15:** (A) Pérdida de peso porcentual de bandejas de pimiento fresco mínimamente procesado durante el almacenamiento refrigerado. (B) Deshidratación superficial de trozos de pimiento luego de 13 días de almacenamiento a 4°C. En todos los casos se comparan 6 híbridos tipo "blocky" cultivados en invernadero bajo las mismas condiciones.

### **5.3. TRATAMIENTO UV-C: SELECCIÓN DE DOSIS**

Los tratamientos UV-C podrían complementar a la refrigeración y contribuir a mantener la calidad de algunos productos frutihortícolas. A fin de evaluar esto en pimiento trozado se trataron con luz UV-C los bastones de pimiento Candente, para lo cual se debió hallar, en primera instancia, la dosis que lograra retrasar en mayor magnitud el deterioro. Para esto se analizó inicialmente el comportamiento de bastones expuestos a 3 dosis diferentes de luz UV-C: 10, 6 y 3 kJ/m<sup>2</sup> del lado interno del tejido, dado que esta zona del mismo es más susceptible de sufrir deterioro que la zona externa. Posteriormente se acondicionaron en bandejas cubiertas por PVC para evitar la deshidratación y se almacenaron a 10°C. Se eligió la temperatura de 10°C, cuyo valor es mayor a la recomendada (4°C), a fin de que el deterioro sea más notorio y se alcance en un tiempo más corto. En la **Figura 16A** se muestra la pérdida de peso de los bastones de pimiento control y tratados. Se observa que los controles mostraron un 2,86% de pérdida de peso luego de 8 días de almacenamiento a 10°C y no hubo diferencias significativas respecto de los bastones tratados.

Sin embargo, si se apreció una notable diferencia en su apariencia. Por tal motivo se evaluó individualmente cada bastón de pimiento y se definió un índice de deterioro de 1 a 3 (en orden ascendente de deterioro) que contempló el desarrollo de microorganismos, la firmeza al tacto y la deshidratación. Los bastones control alcanzaron un índice cercano a 3 (**Figura 16B**) a los 8 días de almacenamiento a 10°C, por lo que su baja calidad y el avanzado deterioro integral colocaba al producto en la condición de no consumible. Estos bastones mostraron síntomas de deshidratación visualizados por la formación de pliegues en la línea de corte y la menor firmeza al tacto. También se observó desarrollo patológico principalmente en la línea de corte y en menor medida en la cara interna de los trozos, no hallándose desarrollo en la zona de la cutícula de los mismos. Los bastones de pimiento tratados con dosis de 6 y 3 kJ/m<sup>2</sup> alcanzaron el mismo índice de deterioro que los bastones control (**Figura 16B**), denotando que estas dosis de luz UV-C no causaron efectos beneficiosos. Sin embargo, aquellos bastones tratados con una dosis de 10 kJ/m<sup>2</sup> sólo alcanzaron un índice de 1,5 y una mejor calidad que los bastones control. La diferencia más notable con el resto de los bastones tratados o controles se verificó en el desarrollo patológico, dado que el tratamiento de 10 kJ/m<sup>2</sup> logró disminuir tanto el número de bastones afectados como la severidad del desarrollo en cada bastón.

Estos resultados permitieron elegir la dosis de 10 kJ/m<sup>2</sup> de luz UV-C para efectuar los ensayos posteriores.



**Figura 16:** Variación de la pérdida de peso porcentual **(A)** y del Índice de deterioro **(B)** de pimiento Candente mínimamente procesado y almacenado por 8 días a 10°C. Se compararon bastones de pimiento control (sin tratar) y tratados con diferentes dosis de luz UV-C (10, 6 y 3 kJ/m<sup>2</sup>). El índice de deterioro se definió como: 1 = Buena apariencia, 2= Apariencia regular 3= Mala apariencia (no consumible). LSD<sub>Perd Peso</sub>=0,416; LSD<sub>Ind Det</sub>=0,374.

## **5.4. TRATAMIENTO UV-C Y ALMACENAMIENTO REFRIGERADO**

Una vez seleccionada la dosis de 10 kJ/m<sup>2</sup> se decidió evaluar el tratamiento en bastones de pimiento almacenados a 4°C, temperatura óptima para la comercialización de muchos productos mínimamente procesados. El objetivo fue analizar si los tratamientos UV permitían sumar beneficios a la refrigeración.

### **5.4.1. Deterioro y desórdenes patológicos**

Los productos mínimamente procesados son particularmente susceptibles de sufrir desarrollo microbiano especialmente en la línea de corte, debido que es allí donde las células son dañadas eliminándose barreras naturales y liberándose nutrientes que lo promueven. Artés-Hernández y col. (2009) hallaron una significativa reducción de recuentos de mesófilos y psicrófilos en hojas de espinaca mínimamente procesada. Si

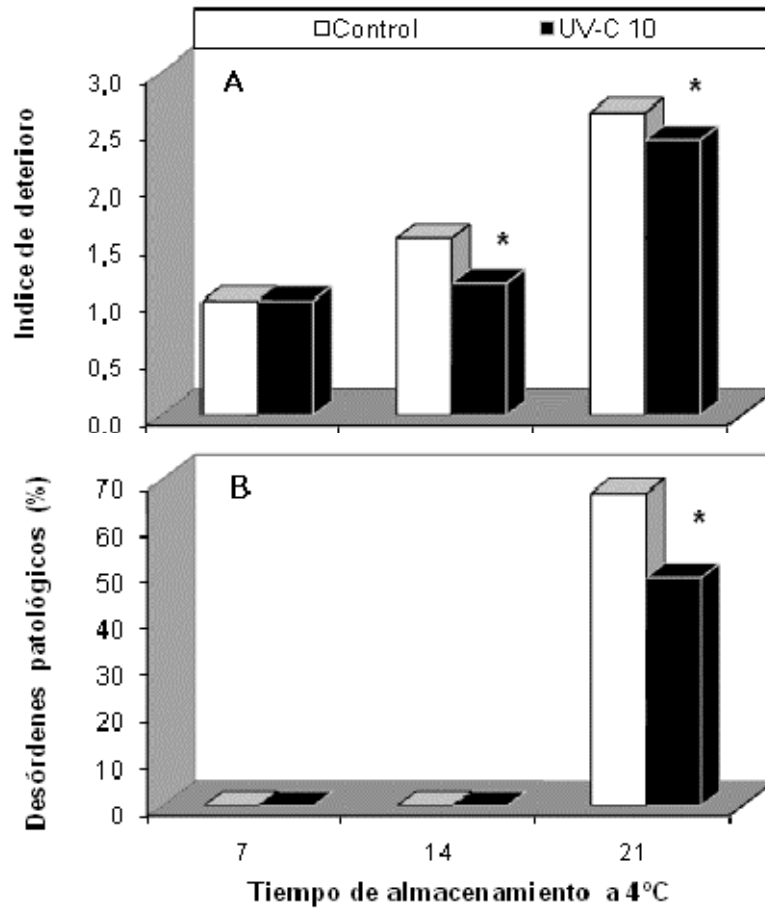
bien esto podría deberse en parte al efecto germicida de la luz cuando es utilizada en dosis apropiadas D'hallewin y col. (2000) hallaron una acumulación de fitoalexinas en el flavedo de pomelos al exponerlos a diferentes dosis de luz UV-C sugiriendo que la acumulación de compuestos antimicrobianos explicaría parte del efecto observado. En el caso particular de pimiento, los signos observados fueron la aparición de micelio negro (**Figura 17A y B**) o gris lo que podría corresponder a los principales patógenos descritos para estos frutos (*Alternaria sp.* y *Botrytis sp.*). También se detectaron síntomas podredumbre húmeda y la aparición de eflorescencias blancas (**Figura 17C**).



**Figura 17:** Síntomas de desórdenes patológicos. Desarrollo fúngico (presencia de micelios) en la línea de corte (**A**) y en la cara interna del bastón (**B**). Podredumbre húmeda y eflorescencia superficial blanca (**C**).

Durante el almacenamiento refrigerado de los bastones de pimiento se evidenció una continua reducción en la calidad. La **Figura 18A** muestra que el deterioro se incrementó en forma más pronunciada en los bastones control. En cambio, los pimientos tratados mostraron menos síntomas de deshidratación y mayor firmeza al tacto tanto luego de 14 como de 21 días de almacenamiento. Considerando el porcentaje de bastones con desarrollo microbiano macroscópicamente visible durante los primeros 14 días de almacenamiento a 4°C no se observó manifestación alguna ni en bastones control ni tratados (**Figura 18B**). Sin embargo, luego de 21 días sí se observó desarrollo en ambos grupos, aunque con menor porcentaje de bastones afectados y menor severidad en aquellos que habían sido tratados con luz UV-C (**Figura 18B y C**). Estos resultados denotan que el tratamiento UV-C fue efectivo tanto para reducir el desarrollo patológico como para mantener la calidad del pimiento mínimamente procesado. Otros autores también han logrado emplear la luz UV-C no sólo para retrasar el crecimiento microbiano, sino también mejorar la calidad del producto retrasando la senescencia y/o deterioro por sobremaduración. Es así que D'hallewin y col. (2000) emplearon esta tecnología en pomelos enteros; mientras que Erkan y col. (2001), González-Aguilar y col. (2007) y Lamikanra y col. (2005) la aplicaron sobre calabacín, mango y melón fresco cortado, respectivamente, logrando productos de mejor calidad.

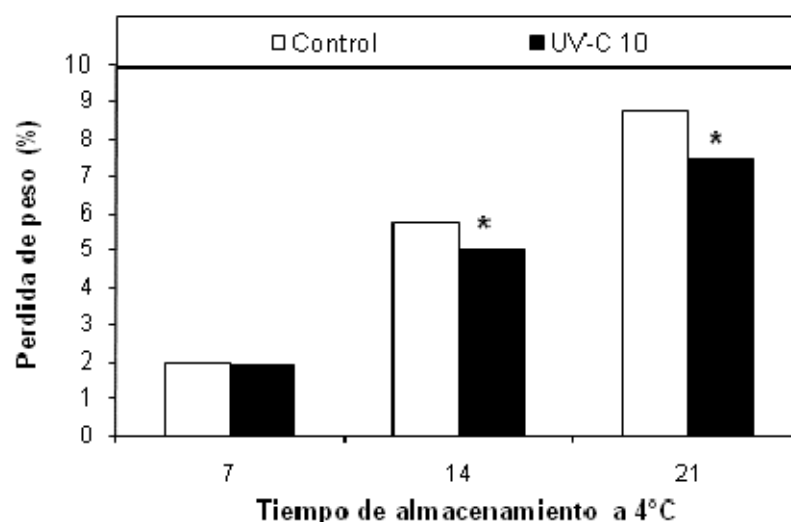




**Figura 18:** (A) Índice de deterioro de pimiento mínimamente procesado control (sin tratamiento UV-C) o tratado con una dosis de 10kJ/m<sup>2</sup> de luz UV-C y almacenado posteriormente a 4°C por 21 días LSD=0.17 (B) Porcentaje de bastones de pimiento con desórdenes patológicos durante el almacenamiento LSD= 16.9. (C) Apariencia de bastones de pimiento luego de 21 días de almacenamiento.

### 5.4.2. Pérdida de peso

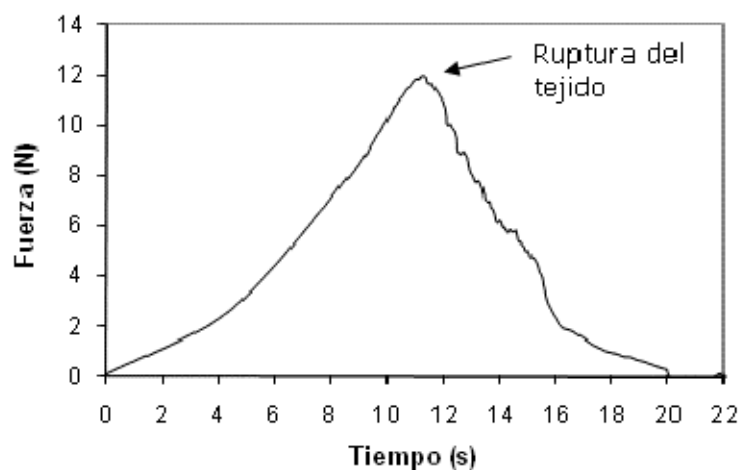
La pérdida de peso de los productos frutihortícolas se debe mayormente a la pérdida de agua. Si el nivel de ésta es elevado, puede percibirse visualmente y desalentar el consumo del producto. Los bastones de pimiento se deshidrataron conforme avanzaba el período de almacenamiento (**Figura 19**), aunque aquellos que fueron tratados con luz UV-C lo hicieron en menor medida. Tanto al día 14 como al 21, los frutos tratados mostraron menor pérdida de peso que los pimientos control y esto fue acompañado por una menor ondulación del tejido en la línea de corte de los bastones y la mayor firmeza al tacto. Estos resultados se suman a los ya descritos anteriormente que mostraban una mejor calidad integral y ausencia de desarrollo patológico a los 14 días de almacenamiento.



**Figura 19:** Variación de la pérdida de peso de pimiento mínimamente procesado control (sin tratamiento UV-C) o tratado con una dosis de 10kJ/m<sup>2</sup> de luz UV-C y almacenado posteriormente a 4°C por 21 días. LSD=0,48.

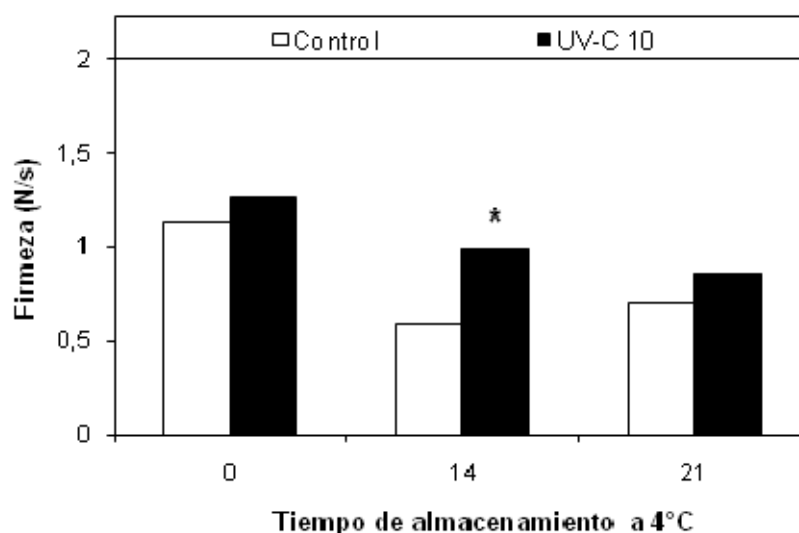
### 5.4.3. Firmeza

La firmeza es un atributo de calidad importante. Si bien el ablandamiento moderado es deseable si el proceso continúa puede dar lugar a la desorganización de los tejidos. En la (**Figura 20**) se presenta el gráfico que resulta de un ensayo de ruptura por compresión de bastones de pimiento efectuado con un texturómetro. La información que se obtiene de este gráfico es: a) la fuerza máxima necesaria para penetrar el tejido (en nuestro caso logra cortar la piel del bastón de pimiento), b) la pendiente inicial de la curva que representa la resistencia a la deformación.



**Figura 20:** Ensayo de ruptura efectuado con un texturómetro. Se registra la fuerza necesaria para deformar y penetrar el tejido por 10 mm.

En este trabajo se presentan los resultados como firmeza del tejido a partir del dato de la pendiente de las curvas de cada determinación efectuada, similares a la mostrada en la figura 10. Durante el almacenamiento a 4°C de los bastones de pimiento la firmeza se redujo (**Figura 21**). Los frutos tratados con UV-c se mantuvieron más firmes luego de 14 d a 4°C. Se ha descrito que los tratamientos con luz UV-C pueden reducir tanto la actividad de enzimas (Barka y col., 2000) como la transcripción de genes cuya acción se relaciona con la degradación de pared celular (Pombo y col., 2009). Esto podría explicar los mayores niveles de firmeza hallados en los bastones de pimientos tratados. La menor pérdida de firmeza en los frutos tratados podría relacionarse también con la menor deshidratación (**Figura 19**) ya que más allá de las posibles diferencias en el desensamblaje de los tejidos, la fuga de agua puede reducir la presión de turgencia y esto reducir la resistencia a la penetración.

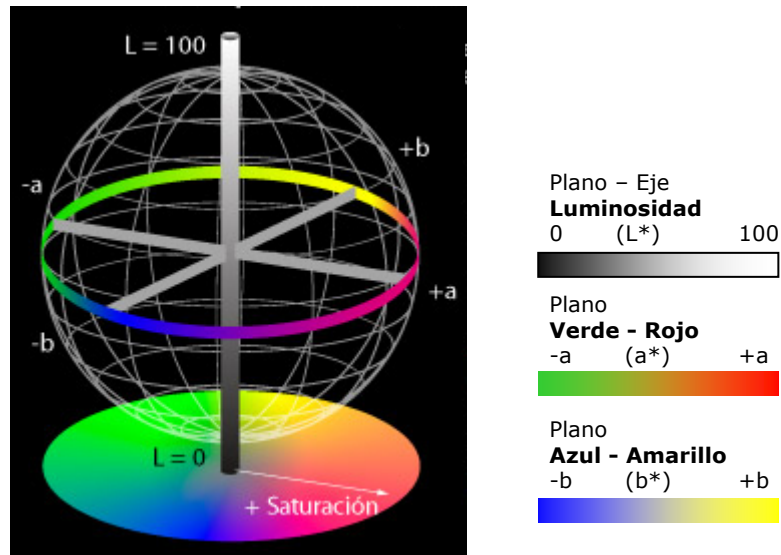


**Figura 21:** Variación de la firmeza de pimiento mínimamente procesado control o tratado con luz UV-C y almacenado a 4°C por 21 días. LSD=0.238.

#### 5.4.4. Color, pH, acidez y respiración

La tasa respiratoria de pimientos enteros y según los datos suministrados por Cantwell (1992) se ubica en 3-4 mL CO<sub>2</sub>/kg/h a 5°C. En el presente trabajo, la tasa respiratoria de los bastones fue significativamente mayor lo que probablemente se relacione con el daño ocasionado por el procesamiento mínimo (**Tabla 1**). Al día 14 de almacenamiento se observó una tendencia al aumento de la respiración tanto en los bastones control como tratados. Al día 21 no se efectuó la determinación ya que los bastones presentaban desarrollo patológico, lo que ocasiona una gran alteración en el valor real de la tasa respiratoria del producto.

La calidad organoléptica de los productos frutihortícolas contempla el color, sabor y aroma de los mismos. Es por ello que es importante poder estimar dichos parámetros de alguna manera objetiva y reproducible. En el caso del color, existen escalas que dan una representación gráfica y numérica y definen una serie de parámetros que lo describen. En 1976 se creó el sistema CIE L\*, a\*, b\*. La escala CIE L\*, a\*, b\* es un sistema de coordenadas (**Figura 22**) con tres planos o ejes: L\* que representa la luminosidad y oscila desde 0 (negro) a 100 (blanco), a\* que comprende colores verdes (valores negativos de a\*) a rojos (valores positivos de a\*) y de azules (valores negativos de b\*) a amarillos (valores de b\* positivos). En el centro se percibe acromatismo (colores grises). La representación polar de dichas coordenadas describe los valores de L\*, Chroma ( $\sqrt{a^2 + b^2}$ ) y Hue ( $\arctan b/a$ ). que simbolizan la luminosidad, saturación y tonalidad respectivamente.



**Figura 22:** Escala de color CIE  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . Representación polar de la escala y gama de colores que representan los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  (Westland, 2001).

En nuestro trabajo a tiempo inicial se obtuvieron valores de  $L^*$  y Hue cercanos a 32, tanto para pimientos control como tratados (**Tabla 1**). Durante el almacenamiento a  $4^{\circ}\text{C}$ , los parámetros de color no mostraron grandes variaciones ni se observaron diferencias entre el producto control o tratado con UV-C. En concordancia con estos datos a nivel visual observando sólo el color, no podía distinguirse entre los bastones control o tratados. Otro atributo de calidad, pero relacionado con el sabor, son los valores de pH y acidez del producto. En el presente trabajo, si bien la acidez de los bastones de pimiento control y tratado aumentó durante el almacenamiento no hubo diferencias significativas entre los mismos. A su vez, el valor de pH fue cercano a 5 y tampoco hubo variaciones importantes tanto a lo largo del almacenamiento como entre tratamientos.

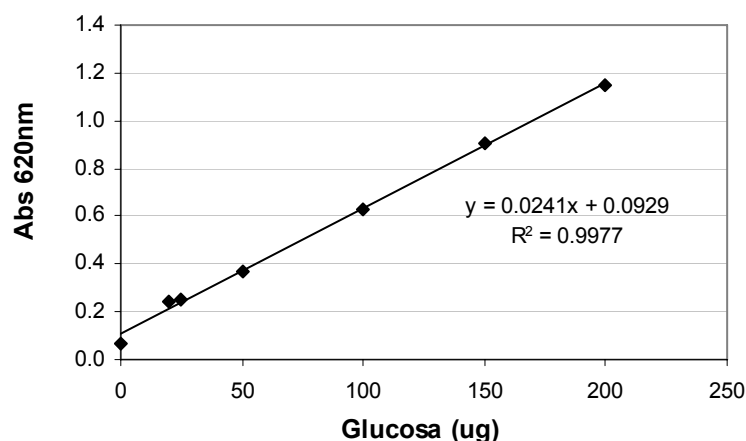
**Tabla 1:** Variaciones de los parámetros de color (L\* y Hue), pH, acidez titulable y respiración de pimiento fresco mínimamente procesado, tratado con luz UV-C (10 kJ/m<sup>2</sup>) y almacenado durante 21 días a 4°C.

TRATAMIENTO	TIEMPO (días)	L*	HUE	pH	Acidez (meq. H <sup>+</sup> /Kg)	Respiración (mL/Kg/h)
<b>CONTROL</b>	<b>0</b>	<b>32,5</b>	<b>31,9</b>	<b>5,12</b>	<b>24,6</b>	<b>38,6</b>
	<b>14</b>	<b>34,2</b>	<b>29,3</b>	<b>4,89</b>	<b>35,1</b>	<b>42,6</b>
	<b>21</b>	<b>31,7</b>	<b>29,1</b>	<b>4,98</b>	<b>32,6</b>	<b>ND</b>
<b>UV-C 10</b>	<b>0</b>	<b>32,0</b>	<b>31,2</b>	<b>5,13</b>	<b>22,1</b>	<b>39,1</b>
	<b>14</b>	<b>33,0</b>	<b>28,5</b>	<b>4,99</b>	<b>33,2</b>	<b>45,9</b>
	<b>21</b>	<b>32,3</b>	<b>28,2</b>	<b>5,18</b>	<b>28,9</b>	<b>ND</b>
<b>LSD</b>		<b>0,8</b>	<b>1,2</b>	<b>0,09</b>	<b>4,6</b>	<b>8,2</b>

Estos resultados estarían denotando que el tratamiento con luz UV-C no provocó alteraciones indeseables en los atributos relacionados con el color (pH y acidez) de pimientos mínimamente procesados, como así tampoco aquellos relacionados con la tasa respiratoria.

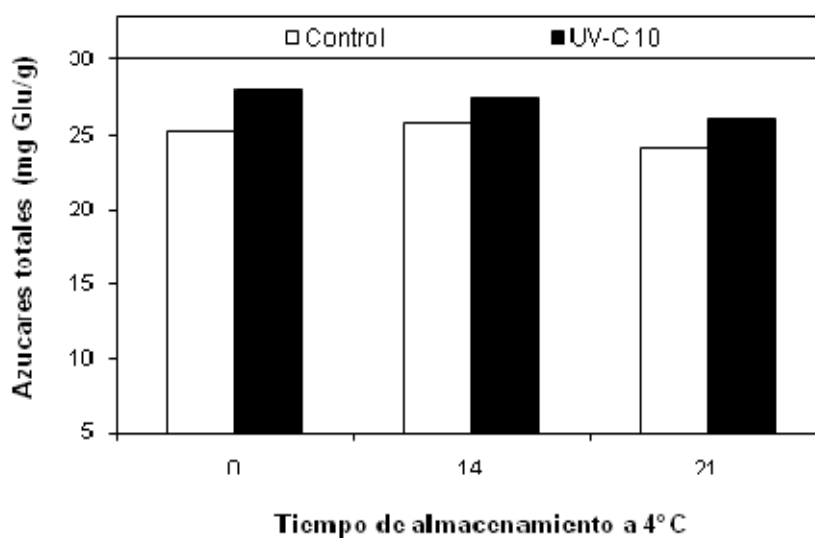
#### 5.4.5. Azúcares

El sabor de los frutos tiene relación con el contenido de azúcares. Los azúcares reaccionan en medio ácido fuerte dando un cromógeno (hidroximetilfurfural y derivados) que condensan con un cromóforo (antrona) para dar un color azul-verde (620 nm). Como en todas las reacciones de condensación las condiciones de calentamiento y enfriamiento deben estar muy bien estandarizadas y todos los tubos de una serie deben tratarse simultáneamente en las etapas de calentamiento y enfriamiento. Inclusive debe efectuarse en simultáneo una curva de calibración con cantidades conocidas de un azúcar patrón, que posteriormente permitirá estimar el contenido de azúcares presente en las muestras analizadas. En nuestro caso se utilizó glucosa como patrón y dicha curva de calibración se muestra en la **Figura 23**.



**Figura 23:** Curva de calibración de glucosa patrón. Método de antrona/ácido sulfúrico

El contenido de azúcares totales no mostró diferencias significativas entre el producto control y el tratado (**Figura 24**). Si bien, en los pimientos procesados y tratados hubo una tendencia a disminuir dicho contenido a lo largo del almacenamiento, esta caída no fue estadísticamente significativa. De esta manera concluimos que el tratamiento con luz UV-C no provocó alteraciones indeseables en este atributo de calidad organoléptica.

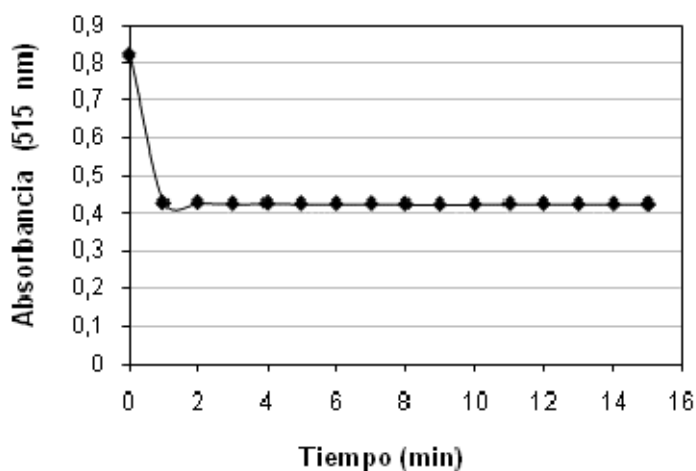


**Figura 24:** Variación del contenido de azúcares totales de pimiento mínimamente procesado control o tratado con luz UV-C y almacenado a 4°C por 21 días. LSD=5.21

#### 5.4.6. Poder anti-radical

Los antioxidantes son compuestos que impiden o retrasan la oxidación de otras moléculas a través de la inhibición de la propagación de la reacción de oxidación. Muchas de las reacciones de oxidación involucran radicales libres de distinto tipo, por lo que uno de los métodos de medida de la capacidad antioxidante consiste en hacer reaccionar la muestra a analizar con una concentración conocida de un radical estable. Dicho radical es el 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH<sup>•</sup>), y su estabilidad se le atribuye a la deslocalización por resonancia del electrón desapareado, generando una coloración violeta caracterizada por una banda de absorción, en solución etanólica, centrada alrededor de 520 nm (Molyneux, 2004). Cuando una disolución de DPPH<sup>•</sup> toma contacto con una sustancia que puede donar un átomo de hidrógeno o con otra especie radical (R<sup>•</sup>) se produce la forma reducida DPPH-H ó DPPH-R con la consecuente pérdida del color y por lo tanto la pérdida de la absorbancia. Generalmente los resultados obtenidos por este método se reportan como EC<sub>50</sub> que es la concentración inhibitoria media, es decir, la concentración de compuestos antioxidantes (cantidad de extracto o tejido fresco) que es capaz de inhibir el 50% de DPPH<sup>•</sup>. El tiempo que demanda esta reacción depende del tipo de compuestos fenólicos, ya que según lo definido por Brand-Williams y col. (1995) el ácido ascórbico, ácido isoascórbico e isoeugenol, reaccionan de manera casi inmediata, mientras que derivados de ácido benzoico o cinámico lo hacen al cabo de una hora. Inclusive éstos últimos pueden alterar la velocidad de reacción del ácido ascórbico (Lo Scalzo, 2008).

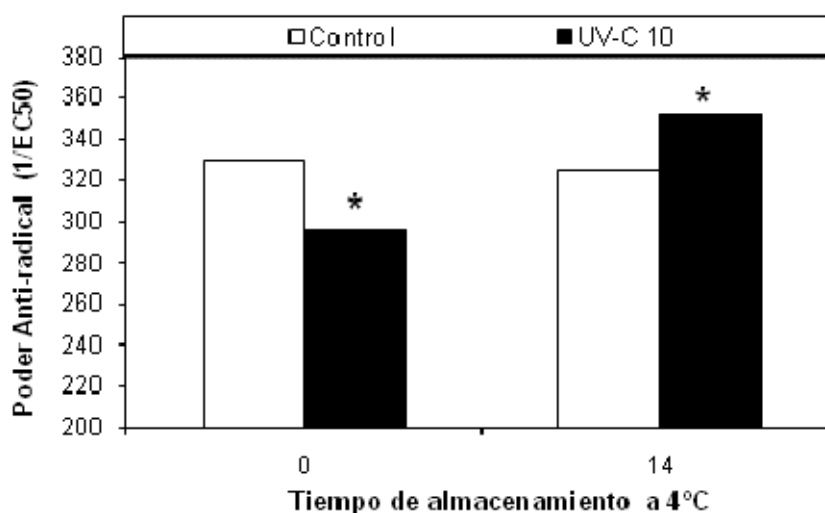
Es por ello que en primera instancia debe estudiarse la cinética de reacción de cada sistema a ser considerado. Para el caso de pimienta, dicha cinética es rápida, completándose luego de 1-2 min (**Figura 25**). Esto sugiere que el principal contribuyente al poder anti-radical de pimienta es el ácido ascórbico.



**Figura 25:** Cinética de consumo del DPPH<sup>•</sup> por parte del extracto de pimienta.



En los últimos años, los compuestos antioxidantes han recibido especial atención debido al rol que tendrían en la prevención o disminución algunas enfermedades crónicas y degenerativas y en el envejecimiento celular. El contenido de estos compuestos en los vegetales depende de numerosos factores, entre los que podemos mencionar a la especie, variedad, híbridos, condiciones de cultivo, estado de madurez, condiciones de almacenamiento y tratamientos realizados en la postcosecha. En la **Figura 26** se observa que inmediatamente luego de la exposición a la luz UV-C hubo una disminución del poder anti-radical. En cambio, a los 14 días de almacenamiento, los bastones tratados mostraron un mayor poder anti-radical que los controles. Estas diferencias en las respuestas del tejido en forma inmediata al tratamiento UV y el posterior almacenamiento también se observaron mangos frescos cortados (González-Aguilar y col., 2007) tratados con UV-C. Se conoce que la exposición a luz UV-C produce un aumento de radicales libres. Estos serían secuestrados por el sistema de defensa antioxidante, lo que podría explicar la disminución del poder anti-radical inmediatamente al tratamiento UV-C. El incremento observado posteriormente podría deberse a una respuesta de los tejidos que, como consecuencia de la condición de estrés sufrida, incrementan el pool de compuestos antioxidantes que puedan proteger ante un nuevo eventual desbalance en el nivel de especies reactivas del oxígeno (Andrade Cuvi, 2008).



**Figura 26:** Poder anti-radical de pimiento mínimamente procesado control o tratado con luz UV-C y almacenado a 4°C por 21 días. LSD= 24.

## **6. CONCLUSIONES**

*-Los pimiento tipo "blocky" poseen mayor uniformidad de tamaño y forma que los tipo "lamuyo" que generan bastones ondulados e irregulares. Esto genera un producto más homogéneo y que puede ser dispuesto uniformemente en bandejas para su comercialización.*

*- El híbrido tipo "blocky" Candente presentó elevada uniformidad de tamaño y forma, buen espesor, calibre, rendimiento por planta y aceptable comportamiento durante el almacenamiento en forma de producto mínimamente procesado.*

*- El tratamiento con luz UV-C (10 kJ/m<sup>2</sup>) redujo el ataque microbiano en pimiento Candente mínimamente procesado. Los bastones de pimientos tratados con UV-C mostraron menor pérdida de peso y ablandamiento generando un producto consumible y de mejor calidad a lo largo de 14 días de almacenamiento a 4°C.*

*- Los tratamientos con luz UV-C no ocasionaron alteraciones indeseables durante el almacenamiento a 4°C en atributos de calidad organoléptica como acidez, pH, color o azúcares.*

*- Si bien se observó una disminución del poder anti-radical inmediatamente a la exposición de la luz UV-C, luego de 14 días de almacenamiento refrigerado los bastones tratados mostraron un mayor poder anti-radical que los controles.*

*- Los resultados sugieren que el tratamiento con luz UV-C (10 kJ/m<sup>2</sup>) sólo en el sitio interno del pericarpio (lo que simplifica la realización de los tratamientos) es efectivo para reducir el deterioro de pimiento tipo "blocky" (Candente) procesado en forma de bastones, sin afectar la calidad organoléptica.*

## **7. BIBLIOGRAFIA**

-Anónimo. 2009a. Conozca los problemas del agua. En: <http://www.filtrar.net/preguntas/ProblemasaguaD.htm> Acceso: Enero 2010.

-Anónimo. 2009b. Luz ultravioleta: rayos que matan. En: <http://aquaflash.blogspot.com/2009/04/34-luz-ultravioleta-tratamiento.html>. Acceso en Diciembre 2009.

-Ahvenainen R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends Food Sci. Technol.* 7, 179–187.

-Algaba IM. 2005. Protección ultravioleta proporcionada por textiles: estudio de la influencia de las variables más significativas y aplicación de productos específicos para su mejora. Tesis doctoral. Departamento de ingeniería textil I Papelera. Universidad Politécnica de Catalunya.

-Allende A, Artés F. 2003. UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed "Lollo rosso" lettuce. *Food Res. Int.* 36. 739–746.

-Allende A, McEvoy J, Luo Y, Artés F, Wang C. 2006. Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed 'Red Oak Leaf' lettuce. *Food Microbiol.* 23, 241–249.

-Alzamora SM, Tapia MS, Argai A, Welte J. 1993. Application of combined method technology in minimally processed fruits. *Food Res. Int.* 26, 125-130.

-Alzamora SM, Tapia MS, Welte-Chanes J. 1998. New strategies for minimal processing of foods: the role of multi-target preservation. *Food Sci. Technol. Int.* 4, 353-361.

-Andrade Cuví MJ. 2008. Relación entre la capacidad antioxidante y el desarrollo del daño por frío en pimientos. Efecto de la luz UV-C. Tesis de Magister en Tecnología e Higiene de los Alimentos. Facultad de Ciencias Exactas, UNLP.

-AOAC. 1980. Methods of Analysis, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.

- Artés F. 2000. Productos vegetales procesados en fresco. En: Aplicación del frío a los alimentos. M. Lamúa (ed.). Mundiprensa, Madrid, España. pp 127-141.
- Artés F, Conesa A, López-Rubira V, Artés-Hernández F. 2006. UV-C treatments for improving microbial quality in whole and minimally processed bell peppers. En: The use of UV as a postharvest treatment: Status and prospects. Ed. Antalya Kros Ofset - Yakup Kublay. pp 12-17.
- Artés-Hernández F, Escalona VH, Robles PA, Martínez-Hernández GB, Artés F. 2009. Effect of UV-C radiation on quality of minimally processed spinach leaves. *J. Sci. Food Agric.* 89, 414-421.
- Baka M, Mercier J, Corcuff F, Castaigne F, Arul J. 1999. Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries. *J. Food Sci.* 64, 1068-1072.
- Barka EA, Kalantari S, Malhlouf J, Arul J. 2000. Impact of UV-C irradiation on the cellwall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. *J. Agric. Food Chem.* 48, 667-671.
- Ben-Yehoshua S, Mercier J. 2005. UV irradiation, biological agents, and natural compounds for controlling postharvest decay in fresh fruits and vegetables. En: Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality. Ed: *CRC Taylor & Francis. Boca Raton. Florida.* 265-299.
- Bintsis T, Litopoulou-Tzanetaki E, Robinson R. 2000. Existing and potential applications of UV light in the food industry. *J. Sci. Food Agric.* 80, 637-645.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss. Technol.* 28, 25-30.
- Cantwell M. 1992. Indicadores básicos del manejo postcosecha de pimiento. Departamento de productos vegetales. Universidad de California. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Pimiento.shtml> Acceso: Diciembre 2009.
- Chang TL, Streicher R, Zimmer H. 1988. The interaction of aqueous solutions of chlorine with malic acid, tartaric acid, and various fruit juices. A source of mutagens. *Anal. Lett.* 21, 2049-2067.

- Cisneros-Zevallos L. 2003. The use of controlled postharvest abiotic stresses as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding-value of fresh fruits and vegetables. *J. Food Sci.* 68, 1560-1564.
- Civello PM, Vicente AR, Martínez GA. 2007. UV-C technology to control postharvest diseases of fruits and vegetables. En: Recent advances in alternative postharvest technologies to control fungal diseases in fruits & vegetables. Ed: Troncoso-Rojas R, Tiznado-Hernandez ME, González-León A. pp 71-102.
- Costa ML, Vicente AR, Civello PM, Chaves AR, Martínez GA. 2006. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. *Postharvest Biol. Technol.* 39, 204-210.
- D'hallewin G, Schirra M, Pala M, Ben-Yehoshua S. 2000. Ultraviolet C irradiation at 0.5 kJ,m<sup>-2</sup> reduces decay without causing damage or affecting postharvest quality of star ruby grapefruit (*C. paradisi* Macf.). *J. Agric. Food Chem.* 48, 4571-4575.
- El Ghaouth A, Wilson CL, Callahan AM. 2003. Induction of chitinase, β-1,3-glucanase, and phenylalanine ammonia lyase in peach fruit by UV-C treatment. *Phytopathol.* 93, 349-355.
- Erkan M, Wang C, Krizek D. 2001. UV-C radiation reduces microbial populations and deterioration in Cucurbita pepo fruit tissue. *Environ. Exp. Bot.* 45, 1-9.
- Gennadios, A. Ed. 2002. Protein based films and coatings, CRC Press, USA.
- Gonzalez RJ, Allende A, Ruiz-Cruz S, Luo Y. 2005. Capítulo 12: Sanitizantes utilizados. En: Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados. Ed. González-Aguilar GA, Gardea AA, Cuamea-Navarro F.
- González-Aguilar GA, Wang CY, Buta GJ, Krizek DT. 2001. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. *Int. J. Food Sci. Technol.* 36, 767-773.
- González-Aguilar GA, Wang CY, Buta GJ. 2004. UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. *J. Sci. Food Agric.* 84, 415-422.

- González-Aguilar GA, Zavaleta-Gatica R, Tiznado-Hernández ME. 2007. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 45, 108-116.
- Gómez, P. 2008. Recientes innovaciones en la preparación y desinfección de los productos mínimamente procesados en fresco. Actas del XXXI Congreso Argentino de Horticultura.
- Hodges DM, Toivonen PMA. 2008. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharvest Biol. Technol.* 48, 155-162.
- INDEC 2002. Censo Nacional Agropecuario 2002. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). En: [http://www.indec.gov.ar/agropecuario/cna\\_principal.asp](http://www.indec.gov.ar/agropecuario/cna_principal.asp) Acceso: Diciembre 2009.
- Jacxsens L, Devlieghere F, Debevere J. 2002. Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce. *Postharvest Biol. Technol.* 26, 59-73.
- Jacxsens L, Devlieghere F, Ragaert P, Vanneste E, Debevere J. 2003. Relation between microbiological quality, metabolite production and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh-cut produce. *Int. J. Food Microbiol.* 83, 263- 280.
- Kader A. 2007. Sistemas de manejo poscosecha: Frutas y hortalizas precortadas (mínimamente procesadas). En: Tecnología Poscosecha de Cultivos Hortofrutícolas. 3ª edición Universidad de California Centro de Información e Investigación en Tecnología Poscosecha División de Agricultura y Recursos Naturales Series de Horticultura Poscosecha No. 24 Traducción de la Publicación 3311 de ANR
- Lamikanra O, Kueneman D, Ukuku D, Bett-Garber KL. 2005. Effect of processing under ultraviolet light on the shelf life of fresh-cut cantaloupe melon. *J. Food Sci.* 70, 534-539.
- Lin WC, Hall JW, Saltveit ME. 1993. Ripening stage affects the chilling sensitivity of greenhouse-grown peppers. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 118, 791-795.

- López-Galvez G, Saltveit M, Cantwell M. 1996. The visual quality of minimally processed lettuce stored in air or controlled atmosphere with emphasis on romaine and iceberg. *Postharvest Biol. Technol.* 8, 179-190.
- Lo Scalzo R. 2008. Organic acids influence on DPPH<sup>•</sup> scavenging by ascorbic acid. *Food Chem.* 107, 40-43.
- Meier S, Rosenberg I, Aharoni Z, Grinberg S, Fallik E. 1995. Improvement of the postharvest keeping quality and colour development of bell pepper (cv. 'Maor') by packaging with polyethylene bags at a reduced temperature. *Postharvest Biol. Technol.* 5, 303-309.
- Ministerio de Asuntos Agrarios. 2005. Censo Hortiflorícola provincial de Buenos Aires. Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. pp 115.
- Molyneux P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity, *Songklanakarín J. Sci. Technol.* 26, 211-219.
- Pan J, Vicente AR, Martínez GM, Chaves AR, Civello PM. 2004. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit *J. Sci. Food Agric.* 84, 1831-1838.
- Paull RE. 1990. Postharvest heat treatments and fruit ripening. *Postharv. News Info.*
- Pombo MA, Dotto MC, Martínez GA, Civello PM. 2009. UV-C irradiation delays strawberry fruit softening and modifies the expression of genes involved in cell wall degradation. *Postharvest Biol. Technol.* 51, 141-148.
- Risse L, Chun D. 1987. Influence of various conditioning times and temperatures and intermittent warming on chilling injury and decay of non wrapped and film wrapped peppers. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 100, 29-32.
- Rotondo R, Ferratto JA, Firpo IT. 2008. Hortalizas mínimamente procesadas o de IV Gama. Revista Agromensajes de la Facultad. En: <http://fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/26/3AM26.htm>. Acceso: Diciembre 2009.
- Serrano M, Martínez-Madrid MC, Pretel MT, Riquelme F, Remojano F. 1997. Modified atmosphere packaging minimizes increases in putrescine and abscisic acid levels caused by chilling injury in pepper fruit. *J. Agric. Food Chem.* 45, 1668-1672.

- Stevens C, Liu J, Khan VA, Lu JY, Kabwe MK, Wilson CL, Igwegbe ECK, Chalutz E, Droby S. 2004. The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and *Rhizopus* soft rot development of tomatoes. *Crop Prot.* 23, 551-554.
- Vicente AR, Repice B, Martínez GA, Chaves AR, Civello PM, Sozzi GO. 2004. Maintenance of fresh boysenberry fruit quality with UV-C light and heat treatments combined with low storage temperature. *J. Hort. Sci. Biotech.* 79(2), 246- 251.
- Vicente AR, Pineda C, Lemoine L, Civello PM, Martinez GA, Chaves AR. 2005a. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharv Biol Technol.* 35, 69-78.
- Viña S. 2001. Hortalizas mínimamente procesadas: Producción y conservación. Boletín Hortícola. La Plata: Editado por el Departamento de Desarrollo Rural de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP. 9, 12-19
- Viteri ML, Ghezan G. 1999. Los cambios en la gran distribución minorista y su impacto en la cadena de frutas y hortalizas. En: <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/econo/mercado/viteri.PDF> Acceso: Diciembre 2009.
- Westland S. 2001. Qué es el espacio de color CIE L\*a\*b\*. En: [http://www.gusgsm.com/espacio\\_color\\_cie\\_lab](http://www.gusgsm.com/espacio_color_cie_lab). Acceso: Noviembre 2009.
- Yemm EW, Willis AJ. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochem. J.* 54, 508-514.