

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los consumidores demandan y adquieren más alimentos saludables, como es el caso de las frutas y los vegetales cuya importancia se ha incrementado, debido a que la influencia de la dieta sobre la salud es indiscutible prefiriéndose alimentos naturales, sin aditivos artificiales (Cook, 1998; Bruhn, 1998; Dougherty, 1990).

Otro aspecto que el mismo consumidor toma en cuenta, es el ritmo de vida en los tiempos actuales, lo que conlleva a la búsqueda no solo de alimentos saludables sino de fácil y rápida preparación (Burns, 1995).

En ocasiones, el consumidor, adquiere productos enlatados o congelados porque tienen una vida de anaquel más larga, mientras que los productos frescos no mantienen su calidad por mucho tiempo, debido a que su metabolismo aún sigue activo y en consecuencia, existen cambios en el producto que conducen a su deterioro y lo hacen poco o nada atractivo; además, los productos congelados o enlatados son más fáciles y rápidos de preparar (Bruhn, 1995; Forcinio, 1997). Esto sugiere que, el utilizar nuevas tecnologías de almacenamiento como el empacado en atmósferas controladas o modificadas pudiera colocar a los productos vegetales frescos-cortados como una alternativa competitiva con respecto a los alimentos congelados y enlatados (Bruhn, 1995).

Aunque los productos enlatados y congelados son todavía importantes, las ventas de frutas y vegetales frescos han tenido un incremento dramático (Peiser, *et al.*, 1997). Este incremento, a su vez, ha estimulado el desarrollo de nuevos productos frescos listos para consumirse.

Por lo anterior, se debe aprovechar la producción de cultivos hortícolas que en el país, es aproximadamente, de 20 millones de toneladas, equivalente a casi el 2% de la producción mundial. México está caracterizado por tener una gran variedad de climas, lo que incluye áreas calientes húmedas, templadas húmedas, secas o áridas. La amplia variación geográfica y climatológica permite el cultivo de un amplio rango de cultivos (Yahia, 1993).

El cultivo del melón ocupa un lugar significativo entre la siembra de hortalizas. La mayor parte de la producción se destina, principalmente, para abastecer el mercado nacional. La superficie total de melón cultivada en México en 1997 fue 32,126 hectáreas con una producción de 590,273 toneladas, siendo el estado de Sonora el mayor productor con un 15.9%, seguido por el estado de Michoacán con 14.6%, Durango con 11.5% y el estado de Coahuila con 11.1% (SAGAR, 1997).

2. IMPORTANCIA

Generalmente, las frutas que tienen uno o varios defectos superficiales externos son poco atractivos para el consumidor. En el caso del melón, pueden tener quemaduras debidas al sol o manchas. Estos defectos hacen a las frutas poco apetecibles para su consumo.

El procesamiento pudiera permitir el uso de melón con algunos defectos físicos, porque aun cuando no es visualmente aceptable para el mercado, desde el punto de vista de consumo, es apto para ello, ya que, la pulpa bajo las áreas defectuosas, se encuentra en buenas condiciones y puede ser incluida en trozos en los productos frescos-cortados (Cantwell y Portela, 1998), evitando, de este modo, el desperdicio de vegetales de los cuales, se puede utilizar una porción o la totalidad de ellos con características comestibles.

Así, si se pudiera utilizar el melón con algunos defectos que no causan disminución en sus cualidades organolépticas, se reducirían los desperdicios ocasionados por este tipo de problemas que representan considerables pérdidas económicas para el productor, además de que se estaría ofreciendo una alternativa de fácil consumo del vegetal para la población, con algunas ventajas para los tiempos de vida actuales, logrando que salgan beneficiados tanto el productor como el propio consumidor.

3. ORIGINALIDAD Y JUSTIFICACIÓN

En el país existen pocas instituciones que trabajan con esta línea de investigación: productos frescos-cortados almacenados en empaque bajo atmósferas controladas o modificadas AC/AM (anteriormente denominados frutas y vegetales con procesamiento mínimo), ya que es una tecnología relativamente nueva por lo cual carece de suficiente apoyo tanto económico como de personal capacitado en el área.

Los productos en el mercado que se presentan empacados y distribuidos con este tipo de tecnología generalmente se limitan a vegetales y la mayoría son de importación. Esta tecnología es joven en México (aún cuando en otros países no lo es) y si se tuviera más interés de los productores en esta área, podríamos proveer al mercado nacional con productos procesados en el país, sin depender tanto de los productos importados y utilizando nuestra propia investigación; asimismo, se ampliarían los productos de exportación, ya que se puede incrementar su vida de anaquel con la finalidad de llegar al consumidor en óptimas condiciones.

Por otro lado, se presentan casos de saturación en el mercado del melón, lo que produce una disminución en el precio. De aquí, surge la inquietud de almacenamiento en atmósferas modificadas con la finalidad de evitar pérdidas y poder ofrecer un producto diferente y listo para consumirse o prepararse, sin que el precio se incremente demasiado por el empaque y el proceso. En adición a lo anterior, se pretende abatir las pérdidas postcosecha que se presentan y que van desde un 10-50% de la cosecha.

4. HIPÓTESIS

El empaçado en atmósferas modificadas aumenta la vida de anaquel de una ensalada de melón, manteniendo la textura del producto adicionando cloruro de calcio.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general.

Desarrollar un producto tipo ensalada, a partir de melón, utilizando la técnica de empacado en atmósferas modificadas, para aumentar su vida de anaquel, tratando de conservar al máximo sus características de calidad.

5.2. Objetivos específicos.

1. Desarrollar un producto tipo ensalada, fresco-cortado con melón.
2. Retardar la velocidad de deterioro del producto empacado, manteniendo su calidad como alimento fresco.
3. Realizar un seguimiento microbiológico del producto, para verificar la efectividad del almacenamiento, así como la evaluación de la presencia o ausencia de microorganismos patógenos, como *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*.
4. Realizar el análisis de gases (O_2 y CO_2) para determinar la atmósfera interna del producto, durante su almacenamiento.
5. Seleccionar las mejores condiciones de almacenamiento, referente al empaque y la temperatura.
6. Evaluar el efecto de soluciones de cloruro de calcio sobre la textura del producto durante su almacenamiento a diferentes concentraciones y tiempos de inmersión.

6. ANTECEDENTES

6.1. Productos frescos-cortados.

Actualmente, se ha incrementado el consumo de vegetales y frutas en forma de ensaladas o con un ligero procesamiento, empacados de manera sencilla y practica (Dogherty, 1990; Schlimme, 1995).

Los alimentos empacados en atmósferas modificadas son capaces de satisfacer las demandas del consumidor entre las que se cuentan: seguridad, frescura o apariencia fresca, productos nutritivos, convenientemente empacados en términos tanto del tamaño como de forma del empaque y a un costo accesible (USDA, 1998).

Los productos frescos-cortados son productos listos para usarse, los cuales no han sido cocinados, enlatados, congelados, deshidratados o procesados por algún método de preservación largo (USDA, 1998a). Estos productos son frutas y vegetales los cuales han sido preparados para su uso inmediato por la industria de servicio de alimentos como la hospitalaria, al menudeo o por el consumidor (USDA, 1998a; IFPA, 1998a). Ninguna o un mínimo de preparación adicional es necesaria.

Los productos enteros son lavados y usualmente separados de hojas externas, raíces o cáscara, después son cortados en diferentes estilos y tamaños, ya sea de manera manual o con equipo mecánico y, finalmente, son empacados (IFPA, 1999).

Los productos frescos-cortados generalmente tienen una vida de anaquel de 6 a 21 días dependiendo del producto, de la temperatura durante el transporte y almacenamiento, así como del tipo de empaque (USDA, 1998a).

Una de las razones por la cual los productos frescos-cortados son de gran aceptación entre los consumidores, es que no se les ha adicionado ningún aditivo artificial, reducen el tiempo de preparación de su comida, suministran una calidad más uniforme y consistente, ofrecen reducción en los desperdicios a la hora de la preparación de los alimentos y en la manipulación de los mismos, e incrementan el acceso a una gran variedad de productos (Cook, 1998).

La calidad de estos productos ha sido mejorada usando empaquetado en atmósferas modificadas o tratamientos después de la cosecha como la utilización de cloruro de calcio para prevenir el ablandamiento o el uso de ácido ascórbico para evitar el oscurecimiento enzimático (Luna-Guzmán, 1997a).

La preparación de los productos frescos-cortados involucra varios pasos que pueden ser divididos en operaciones unitarias específicas (Gorny, 1995; Watada, *et al.*, 1990):

Primero. Lavado y clasificado preliminar. Casi siempre, las frutas y vegetales se reciben con polvo o suciedad, por lo que se requiere de un lavado o más aún, un tallado y después un enjuagado con agua clorada fría para ayudar a remover impurezas y disminuir la carga microbiana antes del cortado (Gorny, 1998; USDA, 1998a; Schlimme, 1995). En esta etapa también se eliminan productos en malas condiciones.

Segundo. Se procede al descascarado o pelado. Algunos productos como las zanahorias y algunas frutas, requieren de la eliminación de la cáscara o corteza antes del cortado.

Tercero. La reducción de tamaño y cortado. Se eliminan partes del vegetal indeseables como los corazones, semillas, huesos, etc. y se transforma el producto en piezas de tamaño adecuado para su consumo (Schlimme, 1995; Brecht, 1995).

Cuarto. Se realiza una clasificación por tamaños y se eliminan partes y piezas defectuosas. Algunos productos requieren de un lavado posterior al cortado, el cual ayuda a remover microorganismos, polvo y jugo celular de las superficies cortadas (Gorny, 1998).

Quinto. El proceso continúa con el empaclado. El producto es pesado de acuerdo al tamaño del empaque; y finalmente, es sellado. En este punto, se puede modificar la atmósfera interna por remoción de gases o se permite que se establezca un equilibrio gaseoso conforme a la evolución de la respiración del producto y de acuerdo al empaque utilizado (Gorny, 1998; Burns, 1995; King y Bolin, 1989).

6.2. Parámetros de calidad de las frutas y vegetales.

La calidad de las frutas es percibida generalmente por las características que presentan. Principalmente, se tienen las que se observan a simple vista como son la apariencia, el color, la forma y otras como el sabor, el aroma y la firmeza (Gorny, 1997; Cantwell, 1994; Portela y Cantwell, 1998).

Estas características son importantes para el consumidor, ya que de las mismas depende la adquisición del producto y se pueden medir de manera objetiva o subjetiva (Gorny y Kader, 1998).

La calidad de los productos frescos-cortados depende sobre todo de la calidad del producto intacto y su mantenimiento hasta el consumo, el método de preparación y las condiciones de manejo (velocidad de enfriamiento, mantenimiento de la temperatura óptima, humedad relativa y desinfección) (Watada, *et al.*, 1996).

Existen algunas otras mediciones que permiten evaluar la calidad de acuerdo al grado de madurez, como son la cantidad de sólidos, dado que a medida que avanza la maduración del fruto, éstos casi siempre se incrementan (Gorny y Kader, 1998). De la misma manera, la acidez también es un indicador del grado de madurez ya que entre más maduro sea el fruto, la cantidad de ácidos orgánicos presentes en el producto será menor. Estos conceptos se pueden medir para conocer que tan rápido evoluciona la maduración del producto almacenado en condiciones determinadas (Barret, 1996a).

En los productos frescos-cortados hay liberación de enzimas y se vuelve inaceptable al paladar, la pérdida de firmeza, también ocasiona pérdida de sustancias, ya que al dañarse el tejido, se libera líquido en el cual van disueltos nutrientes y azúcares con lo que se pierde la calidad sensorial del producto (Barret, 1998).

6.2.1. *Textura de las frutas y vegetales.*

La textura es el resultado de una combinación de propiedades físicas que incluyen la forma, tamaño, número, naturaleza y disposición de los elementos estructurales que constituyen el tejido vegetal (Lewis, 1993). La textura de los tejidos vegetales es determinada por la presión de turgencia dentro de las células, la integridad de la pared celular, la rigidez de las pectinas que mantienen unidas a las células de la planta y la actividad de los enzimas suavizantes (Barrett, 1998).

Lo anterior es con frecuencia un reflejo de la estructura del producto, y de este modo, se conduce a una mejor comprensión de sus propiedades físicas y en último término, de sus características texturales (Lewis, 1993).

La textura de frutas y vegetales se debe a la presencia de pectinas que actúan como parte de la pared celular (Moshenin, 1970), por lo que la acción de las pectinasas altera las características de estos alimentos. Las pectinasas responsables de estos cambios son principalmente la pectinmetilesterasa (PME) y la poligalacturonasa (PG), ya que estos dos enzimas degradan la pectina en los frutos verdes provocando su madurez (ablandamiento), dándoles una textura adecuada para su consumo (King y Bolin, 1989; Barret, 1998).

6.2.1.1. *Métodos de conservación de la textura en tejidos vegetales.*

Es común en la práctica comercial adicionar concentraciones bajas de sales de calcio a los productos hortícolas antes de su procesamiento para mejorar las propiedades de textura. Inmersiones en soluciones de cloruro de calcio en un rango de 0.5 y 1% pueden mejorar significativamente la firmeza del producto final (Barret, 1998).

La forma de acción del calcio radica en que funciona como un puente para reforzar la red de la pared celular y la media lamela, ya que se enlaza con las sustancias pécticas para formar pectato de calcio y así impartir mayor firmeza al tejido vegetal (Brecht, 1995; Luna-Guzmán, 1996; Quintero-Ramos, *et al.*, 1998), como se puede observar en la figura 1, el calcio enlaza los carboxilos libres de la pectina formando una red celular, cuando no existe el calcio, los grupos carboxilos no forman enlaces que mantengan firme la pared celular por lo que se permite la liberación de sustancias (Badui, 1997).

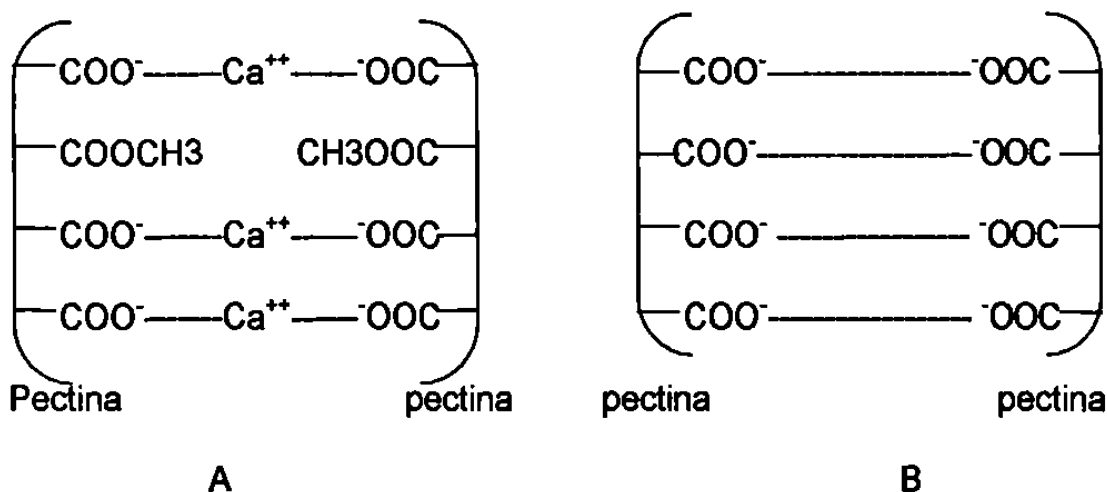


Figura 1. (A) Unión de las pectinas en el tejido vegetal mediante iones calcio, que les proporciona una estructura más rígida y (B) sin el calcio el tejido pierde rigidez y se vuelve suave (Badui, 1997).

Se han observado efectos sinérgicos en la utilización de cloruro de calcio con escaldado a bajas temperaturas (Luna-Guzmán, 1996). Este efecto se debe a que a temperaturas de 50-60 °C (Ilker y Szczesniak, 1990; Quintero-Ramos, *et al.*, 1998) la PME es activada. De acuerdo a la teoría de Bartolomé y Hoff (Alonso *et al.*, 1997; Quintero-Ramos, *et al.*, 1998), los tratamientos a bajas temperaturas causan la pérdida de la permeabilidad selectiva de la membrana, lo que da lugar a una difusión de cationes en la pared celular, hecho que activa a la PME (Alonso, *et al.*, 1998).

La PME provoca la formación de un mayor número de grupos carboxilo libres. Estos, disminuyen el pH e interaccionan con iones divalentes como el calcio y el magnesio que actúan como un cemento intercelular para establecer estructuras rígidas que aumentan la dureza de las paredes celulares de las frutas (Quintero-Ramos, *et al.*, 1998).

Las frutas también incrementan su firmeza cuando se calientan en presencia de sacarosa, ya que ésta al hidratarse, fuerza a los polisacáridos de la pared celular a unirse más fuertemente, con lo que se aumenta la rigidez (Badui, 1997).

6.3. Fisiología de productos frescos intactos (o enteros).

Las frutas y vegetales son organismos vivos que están sometidos a todos los procesos fisiológicos y patológicos asociados a las plantas (Zagory, 1995; Ryall y Lipton, 1979; Schlimme, 1995), y para mantener sus actividades metabólicas esenciales, después de la cosecha, deben seguir respirando (Thompson *et al.*, 1997).

La respiración se lleva a cabo a través de una serie de reacciones químicas complejas. Este proceso involucra el consumo de carbohidratos y ácidos orgánicos utilizando oxígeno atmosférico, con la consecuente producción de energía metabólica, calor, dióxido de carbono, etileno y vapor de agua (Zagory, 1995a; Kader, 1986; Ryall y Lipton, 1975). Esto resulta en una reducción de la dulzura del producto y casi siempre, cambios indeseables en la textura. Debido a lo anterior, el tejido vegetal debe tener acceso a cierta cantidad de O_2 para satisfacer sus requerimientos metabólicos. En la figura 2 se muestran las rutas del metabolismo que puede seguir el producto de acuerdo a las condiciones del medio (Mitchell, *et al.*, 1998). En caso de que el O_2 no esté disponible, el metabolismo anaerobio iniciará y dará como resultado la producción de sustancias (fenilpropanoides fenólicos, policétidos fenólicos, flavonoides, terpenoides, alcaloides, taninos, glucosinolatos y ácidos grasos y alcoholes de cadena larga) que ocasionan malos olores, sabores y daño al tejido (Gorny, 1998).

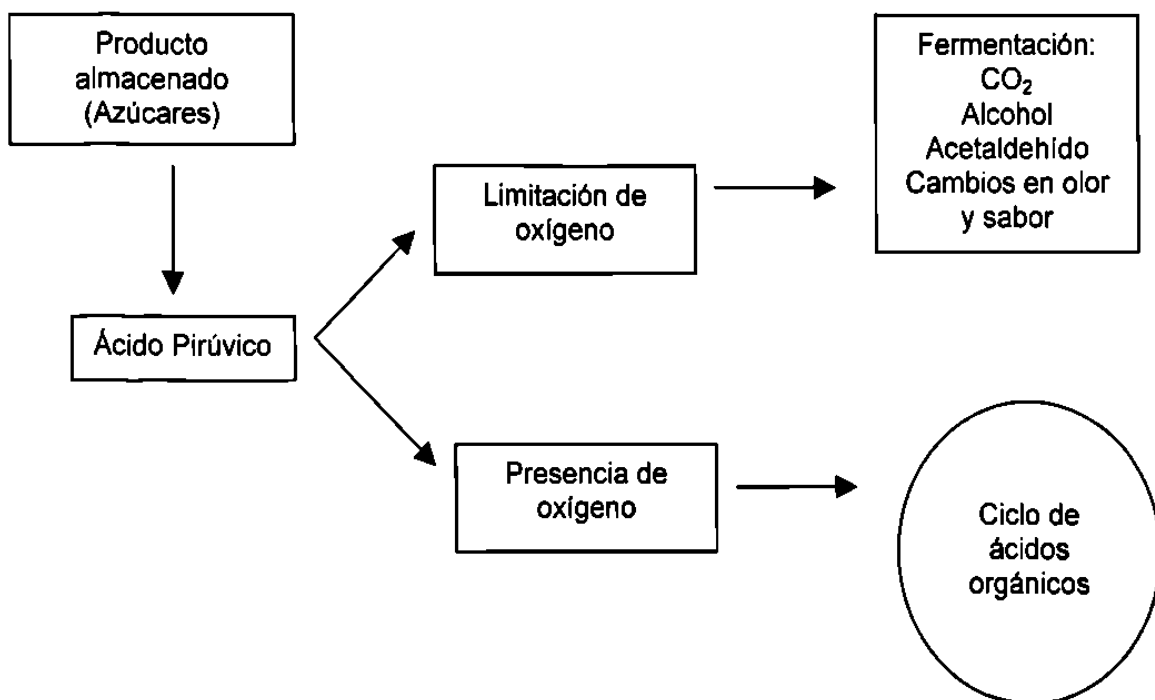


Figura 2. Metabolismo de los azúcares en las frutas y vegetales (Mitchell, 1998).

El etileno es producido normalmente por muchas clases de frutas. Diferentes estudios muestran que elevadas concentraciones de CO₂ (>2%) pueden ayudar a reducir los efectos dañinos del etileno ya que el CO₂ vuelve insensibles a los tejidos vegetales (Zagory, 1995b; Silliker, 1980; Kader, 1986).

El etileno puede inhibir la formación de compuestos antifúngicos en el tejido del huésped y en algunos casos, puede estimular el crecimiento de hongos (Kader, 1994). El etileno acelera la degradación de clorofila en tejidos verdes, induce el ablandamiento en frutas y causa desórdenes fisiológicos (Kader, 1986).

El ablandamiento de la fruta es un evento fisiológico normal durante la maduración y la senescencia. Dicho ablandamiento puede ser causado por la pérdida de agua o por enzimas dentro del tejido vegetal, lo cual causa debilidad en las paredes celulares, dando como resultado pérdida de la firmeza (Brecht, 1995).

6.4. Fisiología de productos vegetales cortados.

La fisiología de frutas y vegetales frescos-cortados es esencialmente la fisiología de un tejido vegetal dañado (Saltveit, 1998). Así, el comportamiento de un tejido dañado, incluye un incremento en la respiración, producción de etileno, pérdida de humedad e invasión por microorganismos (Cantwell, 1998b). Otras consecuencias del daño pueden ser químicas o físicas en su naturaleza, tales como el oscurecimiento enzimático, oxidación lipídica y aumento de la pérdida de agua (Brecht, 1995). La pérdida de agua acelera tanto el oscurecimiento como el ablandamiento del tejido. Las frutas peladas o rebanadas no tienen ya barreras que puedan protegerlos de la pérdida de agua y por lo tanto pueden llegar a la desecación (Gorny, 1998).

Los tejidos vegetales dañados inducen a una aceleración en la producción de etileno (Brecht, 1995). El etileno puede aumentar el deterioro y senescencia en tejidos vegetales y promover la maduración en frutas climatéricas, lo que reduce su vida de mercado después de la cosecha (Portela, *et al.*, 1997).

El incremento en la respiración de los tejidos cortados se piensa que es una consecuencia del etileno, el cual estimula la respiración (Brecht, 1995). Una velocidad de respiración más alta significa un metabolismo más rápido y una velocidad de deterioro más elevada. También una velocidad de respiración más alta ocasiona un aumento en la pérdida de azúcares y otros componentes que determinan la calidad de sabor (Cantwell, 1998b). Watada *et al.*, (1996) han reportado que la velocidad de respiración de los productos frescos-cortados, generalmente, es más alta que en los productos intactos.

En productos frescos-cortados es más fácil que se tengan problemas de oscurecimiento enzimático, ya que al dañar el tejido se liberan tanto enzimas como substratos causando dicho oscurecimiento. El ácido ascórbico es un agente usado para prevenir esta reacción de oxidación y generalmente se encuentra presente en los vegetales de manera natural (Watada, *et al.*, 1996).

La disminución de los cambios negativos en los productos frescos-cortados, resultaría en un incremento en la vida de anaquel y el mantenimiento de la calidad nutricional, de apariencia y de sabor de estos productos (Brecht, 1995).

Diferentes tipos de daños producen desperdicios cuantiosos durante el procesamiento de frutas y vegetales. El pelado con cuchillas afiladas limita el número de células dañadas, mientras que si se utilizan cuchillas sin afilar se puede inducir daño a las células de varias capas removidas por el corte inicial

debido a un choque mecánico (transmisión de la señal del daño) impartido al tejido (Saltveit, 1998; Cantwell, 1998c).

6.5. Almacenamiento bajo atmósferas modificadas.

La vida de anaquel de los alimentos perecederos, tales como carnes, vegetales y frutas entre otros, está limitada en la presencia de aire por dos factores principales: el efecto químico del oxígeno atmosférico y el crecimiento de microorganismos que causan el deterioro del producto. Estos factores, ya sean de manera individual o en asociación, llevan a cabo cambios de olor, color, sabor y textura, dando como resultado una disminución en la calidad del producto (Zagory, 1998). El empaclado en atmósferas modificadas ha resultado exitoso en el alargamiento de la vida de anaquel de muchas frutas y vegetales.

6.5.1. Atmósferas modificadas y controladas.

La atmósfera modificada es una alteración del medio gaseoso que circunda al producto. Muchos productos alimenticios frescos, empacados bajo la tecnología de atmósferas modificadas o controladas, continúan su respiración de manera natural. La respiración consume oxígeno presente en el aire y produce dióxido de carbono y vapor de agua, que son fuentes de alteración del medio (Kader, 1986).

Las atmósferas controladas o modificadas benefician a los productos frescos-cortados, principalmente por la reducción en la velocidad de respiración. De esta manera, se retarda el crecimiento microbiológico, disminuye la decoloración, reduce la velocidad de pérdidas nutricionales y de calidad e

incrementa la vida de anaquel del producto (Qi y Watada, 1997; Song, *et al.*, 1997).

Por lo tanto, la elaboración de productos empacados en atmósferas modificadas tiene las siguientes ventajas: minimización en la producción de desperdicio para el consumidor, reducción en el uso de conservadores artificiales, incremento en las posibilidades de distribución y aumento en la diversidad de alimentos.

6.5.2. *Empacado en Atmósferas Modificadas.*

El empacado en atmósferas modificadas utiliza películas poliméricas de características semipermeables dando como resultado una disminución en la concentración de oxígeno y/o un incremento en la concentración de dióxido de carbono en el medio (Exama, *et al.*, 1993).

El material empacado y el empaque por sí mismo, transfieren oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua, lo que ocasiona cambios en el medio gaseoso que rodea al producto, que de esta manera se ve modificado de sus condiciones iniciales y por eso se le da la terminología de atmósfera modificada (Brody, 1989; Zagory, 1995a).

Cabezas y Richardson (1997), reportaron que cuando se reduce el O₂ y se incrementa el CO₂ en el medio, generalmente, se disminuye la respiración y la velocidad de producción de etileno, se retarda el ablandamiento, baja la velocidad de producción de los cambios en la composición asociados, con la maduración y el envejecimiento, y el tiempo de duplicación de los microorganismos que causan deterioro en el producto es menor.

Las atmósferas modificadas pueden ser creadas ya sea pasivamente por el producto, o intencionalmente, vía activa del empaçado. Las atmósferas modificadas pueden evolucionar pasivamente dentro del empaque sellado herméticamente, como una consecuencia de la respiración del producto y de las propiedades del empaque. En contraste, las atmósferas modificadas en empaques activos tienen una habilidad limitada para regular una atmósfera modificada establecida, dentro de un empaque sellado herméticamente (Day, 1993).

El empaque adecuado puede ser definido como un sistema el cual protege a un producto perecedero del daño físico causado por manipulación o plagas, temperaturas, atmósferas y humedad extremas, este puede ayudar a mantener la vida de anaquel y la estabilidad de las frutas y vegetales frescos-cortados (Myers, 1989).

Las principales características a considerar cuando se seleccionan materiales plásticos para empaçado en atmósferas modificadas de frutas y vegetales son permeabilidad del gas, velocidad de transmisión de vapor de agua, propiedades mecánicas, tipo de empaque, transparencia, propiedades de sellado, seguridad y resistencia al horno de microondas (Day, 1993).

Para la selección de un empaque, algunos atributos son considerados importantes, especialmente que el empaque debe ser económico en relación con el valor del producto empaçado, seguro, reproducible, favorable al ambiente, estéticamente aceptable, no tóxico, resistente a la corrosión y compatible con la distribución existente y los sistemas de venta al menudeo (Day, 1993).

Una gran variedad de películas plásticas es usada en la producción de empaques para productos frescos-cortados. Sin embargo, existe también, una

cantidad considerable de películas que no se utilizan por las desventajas que presentan, tanto económicas como físicas (NAFPP, 1998).

Algunas de las películas plásticas usadas para productos frescos empacados incluyen: platos, que son monocapas de cloruro de polivinilo (PVC); para productos en bolsa se usa polietileno (PE); también el polipropileno (PP); con tecnología de coextrusión se han logrado materiales comercialmente disponibles utilizando mezclas de polietileno con etilvinil acetato (EVA), con los cuales se han obtenido buenas condiciones de transmisión de gases, importantes para el producto a ser empacado (Barnore, 1987; NAFPP, 1998; Silliker, *et al.*, 1998).

Day (1993), mencionó que la composición de la atmósfera dentro del empaque debido a la reducción del contenido de oxígeno cuando se incrementaron los niveles de CO₂ y/o nitrógeno, mostró un aumento significativo en la vida de anaquel de alimentos perecederos almacenados a bajas temperaturas.

Zagory (1995b), reportó que el empacado en atmósferas modificadas fue capaz de disminuir la velocidad de pérdida de la calidad y extendió la vida de anaquel de frutas y vegetales frescos

La disminución de oxígeno y enriquecimiento de CO₂ son consecuencias naturales de la respiración cuando las frutas y vegetales frescos son almacenados herméticamente en algún empaque o contenedor sellado (Day, 1993).

Cuando se reduce la concentración de oxígeno por debajo del 10%, muchas frutas y vegetales disminuyen la velocidad a la cual maduran y se deterioran (Brecht, 1995).

La concentración de O₂ óptima dependerá de cada vegetal, la temperatura y el tiempo de almacenamiento. El CO₂ en concentraciones relativamente altas (>10%) ha sido capaz de suprimir el crecimiento de hongos y bacterias patógenas como *Clostridium botulinum* y *Listeria monocytogenes* (Silliker, 1980).

En los primeros avances de empaquetado en atmósferas modificadas de productos frescos, la atención se centró alrededor de las películas plásticas adecuadas para productos específicos. El lograr un equilibrio favorable de la atmósfera modificada dentro del empaque depende de la velocidad de respiración del producto, de la masa, el área de la película, el grosor y la velocidad de transmisión de O₂, por lo que cada producto requiere un empaque apropiado (Zagory, 1998).

6.6. Riesgos involucrados en productos frescos-cortados refrigerados.

La nueva generación de productos refrigerados listos para consumirse, preparados o parcialmente procesados, trae consigo un potencial de problemas de seguridad, debido que al aumentar su vida de anaquel también se incrementa la posibilidad de que los microorganismos se desarrollen contando con el tiempo adecuado y se permita el crecimiento de patógenos (Ronk *et al.*, 1989).

Muchas frutas y vegetales poseen microorganismos residentes y también pueden ser contaminados por el suelo, agua, polvo y otras fuentes naturales. Por lo tanto, la cuenta total en placa puede no ser muy útil para estimar exactamente la calidad y seguridad de estos productos (IFPA, 1998d).

Además, el número de microorganismos presentes variará con el tipo de producto y el tiempo de contacto con el suelo (Brackett, 1992). Por ejemplo, la

cuenta aeróbica para las frutas y vegetales frescos puede encontrarse en un rango de 10^4 - 10^9 UFC/g (USDA, 1998b; Beuchat, 1996; Nguyen-the y Carlin, 1994).

Se ha visto que aunque las condiciones higiénicas sean exhaustivas durante el cultivo y el procesado, se puede limitar pero no excluir dicha contaminación (Nguyen-the y Carlin, 1994; Banwart, 1989). La calidad y seguridad de los alimentos refrigerados recae en el procesamiento, el empaque adecuado y el propio almacenamiento (Ronk, *et al.*, 1989).

El procesamiento mínimo puede incrementar el deterioro microbiano de las frutas a través de la transferencia de la microflora de la cáscara a la pulpa de la fruta, donde los microorganismos pueden crecer rápidamente una vez expuestos a los jugos cargados de nutrientes (O'Connor-Shaw, *et al.*, 1996).

Se ha encontrado que la población microbiana es menor en frutas mantenidas en atmósferas controladas que en aire, pero el grado de inhibición causado por la atmósfera controlada difiere en cada fruta (Qi y Watada, 1997).

Los coliformes son parte de la flora normal del suelo y algunos vegetales enteros. *Salmonella* y *Listeria* pueden también encontrarse en el suelo (Petran, *et al.*, 1988; Marth, 1998). El monitoreo para estos patógenos es importante y además prudente en frutas y vegetales (USDA, 1998b).

La calidad y seguridad del producto son casi siempre percibidas por los consumidores. Un producto de buena calidad puede ser agradable a la vista, pero puede contener patógenos o toxinas que pudieran dañar al consumidor; desafortunadamente, la seguridad de productos frescos no puede ser determinada por su apariencia o condición externa (IFPA, 1998c).

Las implicaciones en cuanto a seguridad de alimentos empacados en atmósferas modificadas han sido críticamente revisadas para frutas y vegetales, ya que existe una serie de riesgos identificados y que aún cuando la refrigeración es usada para mantener la calidad, no produce una adecuada protección contra microorganismos patógenos debido a que no los elimina, por lo que algunas bacterias patógenas pueden sobrevivir y reproducirse bajo condiciones de refrigeración. Aun cuando el almacenamiento en atmósferas modificadas reduce la velocidad del crecimiento de muchos microorganismos que causan deterioro, ciertos patógenos como *L. monocytogenes* puede crecer muy bien bajo estas condiciones (Nickelson y Schmidt, 1999).

Cuando el producto está a 7°C o más durante el almacenamiento, distribución o ambos, puede ocurrir el crecimiento de otras bacterias patógenas (*Clostridium botulinum*, *Bacillus*, *Salmonella spp* y *Staphylococcus aureus*) (Burns, 1995; Hurst, 1995).

Las operaciones de procesamiento parciales (rebanado, lavado, etc.) pueden no solo eliminar la presencia de organismos de deterioro nativos del alimento, sino también, dar entrada a patógenos que compitan en el crecimiento (Hurst, 1995; Demetrakakes, 1999).

Una amplia variedad de microorganismos puede crecer en frutas y vegetales parcialmente procesados (Harris, 1998).

Muchas de las bacterias aisladas en los vegetales son pectinolíticas y causan el deterioro debido al rompimiento del tejido vegetal. También, se incluye microflora mesofílica, bacterias ácido lácticas, coliformes fecales, hongos y

levaduras (Cantwell, 1998a). El tipo de población difiere con el producto, las practicas sanitarias y culturales (Watada, *et al.*, 1996).

Las frutas y vegetales también pueden deteriorarse por la acción de levaduras, especialmente por hongos, aunque se dan casos de descomposiciones bacterianas por *Pseudomonas*, *Xanthomonas* o *Erwinia* (Nickerson, 1978).

Las pruebas recomendadas para valoración de prácticas de sanidad y manufactura para frutas son: cuenta de levaduras, hongos, bacterias ácido lácticas y organismos coliformes (O'Connor-Shaw, *et al.*, 1994).

La Asociación Internacional de Productos Frescos-Cortados (IFPA) recientemente, propuso un plan HACCP para productos frescos-cortados (Beuchat, 1996), el cual considera los riesgos microbiológicos en cada paso del flujo de proceso. Los criterios microbiológicos son importantes para que un plan HACCP funcione (Barret, 1996a).

Los puntos de importancia especial son: monitoreo ambiental para la presencia de *L. monocytogenes*, control de temperatura (0-5 °C) y el uso de 200 ppm de hipoclorito de sodio a pH 6-7 en el agua de lavado (Brackett, 1998; Beuchat, 1996).

Un análisis de riesgos, debe considerar los riesgos potenciales en todas las fases de desarrollo del producto, iniciando desde la plantación, crecimiento, cosecha, transportación, clasificación y procesamiento (IFPA, 1998c). Así, el análisis de riesgos identifica puntos que pueden ser eliminados disminuyendo a un nivel seguro la elaboración del producto. Los principales tipos de riesgos que se pueden encontrar son biológicos, químicos y físicos (IFPA, 1998c).

Para el melón, los principios del HACCP deben ser aplicados desde la cosecha hasta la venta al menudeo (IFPA, 1998b). En 1997 la FDA reconoció al melón cortado como alimento potencialmente peligroso, que es capaz de soportar el crecimiento de microorganismos patógenos (Luna-Guzmán, 1997a).

Algunas sugerencias para la preparación del melón incluyen: uso de agua potable, uso de superficies y utensilios limpios y desinfectados y un mantenimiento de las frutas a una temperatura menor a 7 °C (Luna-Guzmán, 1997a; Luna-Guzmán, 1997b).

6.6.1. Patógenos involucrados con los productos vegetales frescos-cortados: *Listeria* y *Salmonella*.

La capacidad de elevar las concentraciones de CO₂ y reducir las de O₂ para retardar la velocidad del crecimiento de los microorganismos en los productos frescos-cortados es un gran beneficio del uso del EAM. Sin embargo, la supresión de microorganismos deteriorativos del producto dan la oportunidad de desarrollarse a algunos microorganismos patógenos como es el caso de *Salmonella*, *Listeria* y algunos cepas patógenas de *E. coli* (IFPA, 1998d).

Existen, al menos, siete especies diferentes en el género de *Listeria* pero solo *L. monocytogenes*, *L. innocua* y *L. seeligeri* son patógenos importantes relacionados con los humanos. Dentro de la especie *L. monocytogenes* existen al menos 16 serotipos, pero no todos ellos parecen ser patógenos (Acheson, 1999). Estas bacterias son bacilos pequeños Gram (+), poseen un flagelo polar que contribuye a las características de motilidad a temperatura ambiente (IFPA, 1998d).

Uno de factores más importantes acerca de este microorganismo es su habilidad para crecer a temperaturas de refrigeración de 4-10°C. Esta es una de las razones por la cual esta bacteria en particular es objeto de diversos estudios relacionados con alimentos que requieren algunos días de refrigeración (Demetrakakes, 1999; Petran, 1988; Acheson, 1999).

Se ha encontrado que *L. monocytogenes* puede sobrevivir en empacado al vacío si se presentan abusos de temperatura lo que sería un riesgo potencial para el consumidor (Juneja, *et al.*, 1998).

El Centro para el Control de Enfermedades (CDC) en Estados Unidos realizó una investigación en la cual analizaron alimentos refrigerados, encontrando que el 64% de los refrigeradores de los pacientes contenían al menos un alimento contaminado mientras que el 11% de todas las muestras estaban contaminadas (Acheson, 1999).

L. monocytogenes, ha sido recientemente reconocida como una importante causa de enfermedades transmitidas por alimentos (Kuhn, 1999; Demetrakakes, 1999). Puede causar enfermedad y muerte en los infantes, mujeres embarazadas y pacientes inmunocomprometidos (Acheson, 1999). Esta bacteria no causa cambios orgánolepticos que pudieran indicar su presencia al consumidor.

Hay evidencia de que el EAM no suprime el desarrollo de *Listeria*, por lo cual, la preocupación es que la extensión de vida de anaquel que se logra en el producto pudiera dar tiempo suficiente para el desarrollo de la bacteria (Nickelson y Schmidt, 1999).

Existen muchos serotipos de *Salmonella* causantes de enfermedades transmitidas por alimentos. Pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*, son bacilos

Gram (-), usualmente móviles, anaerobios facultativos. Estos se encuentran ampliamente en el suelo, agua, drenaje, animales, humanos, equipo de procesamiento y algunos alimentos. Su hábitat natural es el tracto intestinal de animales, y en algunos casos, de humanos como portadores asintomáticos (IFPA, 1998b).

Salmonella pudiera ser responsable del 40% de los casos de enfermedades transmitidas por alimentos en los Estados Unidos. Buenas prácticas de desinfección e higiene laboral son los métodos más efectivos para prevenir la contaminación de los productos frescos-cortados con *Salmonella* además de la utilización de temperaturas de refrigeración que por debajo de los 5°C inhibe su desarrollo de manera significativa (IFPA, 1998b).

6.7. Melón.

El melón (*Cucumis melo*) es una fruta climatérica, miembro de la familia *cucurbitaceae*, la cual también incluye sandía, pepino, calabacín y calabaza (Lamich, 1975; Luna-Guzmán, 1996). El cultivo del melón es de estación cálida, requiriendo de 80 a 120 días de calor, preferentemente clima seco para madurar. La mejor calidad en melón es obtenida en altas temperaturas, con gran luz, mínimas lluvias durante el ciclo de crecimiento y poca humedad. El grupo del melón tiene variedades de corteza rugosa y lisa. El melón no tiene reservas de almidón y el contenido de azúcar no se incrementa de manera significativa después de la cosecha (Cantwell, 1996; Cantwell, 1994).

En trabajos que se han realizado con melón, se recomienda su almacenamiento a temperaturas de 2.5 - 5°C, ya que está considerado como

producto ligeramente sensible a bajas temperaturas (Suslow, *et al.*, 1997). Aún cuando se debe tomar en cuenta que los vegetales cortados requieren de temperatura más baja que si estuvieran intactos, ya que cortados aumentan su velocidad de respiración, y por lo tanto, su rapidez de maduración y deterioro.

Portela *et al.*, (1997) han reportado que la velocidad de respiración del melón como producto fresco-cortado fue dos veces mayor que en la fruta intacta a una temperatura de 20°C. Sin embargo, por debajo de 10°C, la velocidad de respiración del melón intacto y el procesado fueron similares.

Las velocidades de respiración de melón fresco-cortado han sido similares o más bajas a aquellas del producto intacto a 0, 5 y 10°C. La velocidad de respiración de productos frescos-cortados se ha incrementado con la temperatura y el grado de incremento varía con el producto (Watada, *et al.*, 1996).

O'Connor-Shaw *et al.*, (1994) y Zagory (1998) reportaron resultados en los cuales la respiración y producción de etileno en el melón fueron inhibidas usando atmósferas controladas en el almacenamiento, disminuyendo la velocidad de los cambios deteriorativos y la senescencia.

O'Connor-Shaw *et al.*, (1996) reportaron una vida de anaquel de 28 días para trozos de melón estéril almacenado a 4.5°C en atmósferas controladas.

Otro problema que se tiene con la pulpa del melón, es que el tejido vegetal se vuelve translúcido por el uso de instrumentos sin filo, lo que causa un oscurecimiento casi inmediato de las piezas y con el tiempo quedan los trozos de pulpa translúcida, disminuyendo la calidad del producto (Cantwell, 1998 y Saltveit, 1998).

Se han encontrado pocos estudios en atmósferas modificadas para frutas y vegetales, sobre todo en melón, por lo que en este trabajo se aportará un poco de información acerca del almacenamiento de esta fruta en trozos como un producto listo para consumirse y con una vida de anaquel considerable.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Obtención de la fruta.

Se utilizó una variedad de melón chino (*Cucumis melo*) cultivado en los municipios de Tlahualilo, Durango, proporcionados por los productores "BEBO" en los ranchos "Santa Martha" y "Tierra Blanca". El melón fue cosechado en los ranchos, transportado al laboratorio en hielo, donde se almacenó bajo refrigeración y se procesó al día siguiente.

7.2. Obtención de los empaques.

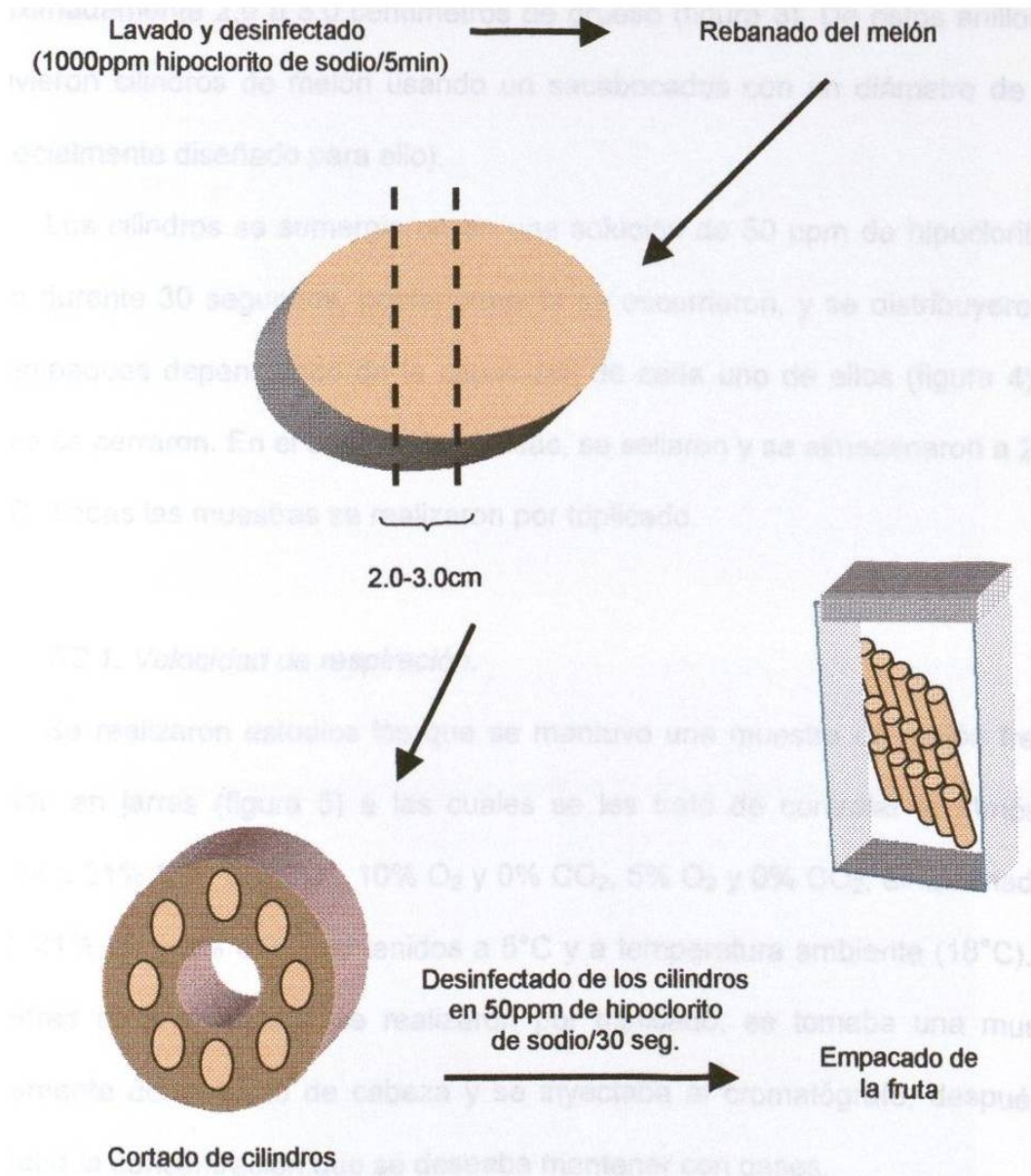
Se trabajó con cinco empaques que se obtuvieron de las compañías CURWOOD y ULTRAPACK, cuatro de los empaques eran del mismo material solo que de diferente capacidad (ver la figura 4): 500, 300, 250 y 2 de 150 gramos (una charola y una bolsa). Estos empaques fueron de tipo charola en la cual la parte correspondiente al plato era de color negro (a excepción de la charola de 150g que era totalmente transparente) elaborados a partir de PET, la parte superior o tapadera era plástico transparente. El empaque flexible utilizado fue de material altamente permeable al oxígeno.

7.3. Procesamiento de la fruta.

El procedimiento seguido se puede ver en la figura 3. Las frutas intactas se lavaron con agua y jabón. Posteriormente, se desinfectaron en una solución de 1000 ppm de hipoclorito de sodio (cloro comercial, 6% a base de hipoclorito) por 5

minutos, se escurrieron y se procesaron a temperatura ambiente, bajo buenas practicas de manufactura.

Figura 3. Procesamiento de la fruta.



El equipo usado para el procesamiento así como los empaques se lavaron con agua, jabón y también se desinfectaron por inmersión en 1000 ppm de una solución de hipoclorito de sodio.

Para iniciar el procesamiento, se cortaron los frutos en anillos de aproximadamente 2.0 a 3.0 centímetros de grueso (figura 3). De estos anillos, se obtuvieron cilindros de melón usando un sacabocados con un diámetro de 2cm (especialmente diseñado para ello).

Los cilindros se sumergieron en una solución de 50 ppm de hipoclorito de sodio durante 30 segundos, posteriormente se escurrieron, y se distribuyeron en los empaques dependiendo de la capacidad de cada uno de ellos (figura 4), los cuales se cerraron. En el caso de las bolsas, se sellaron y se almacenaron a 2, 5 y 10 °C. Todas las muestras se realizaron por triplicado.

7.3.1. Velocidad de respiración.

Se realizaron estudios las que se mantuvo una muestra de melón fresco-cortado en jarras (figura 5) a las cuales se les trató de controlar la atmósfera interna a 21% O₂ y 0% CO₂, 10% O₂ y 0% CO₂, 5% O₂ y 0% CO₂, almacenados a 2 °C, 21% O₂ y 0% CO₂ mantenidos a 5°C y a temperatura ambiente (18°C). Las muestras para el análisis se realizaron por triplicado, se tomaba una muestra diariamente del espacio de cabeza y se inyectaba al cromatógrafo, después se ajustaba la concentración que se deseaba mantener con gases.

Figura 4. Empaques utilizados en el almacenamiento de la ensalada de melón.

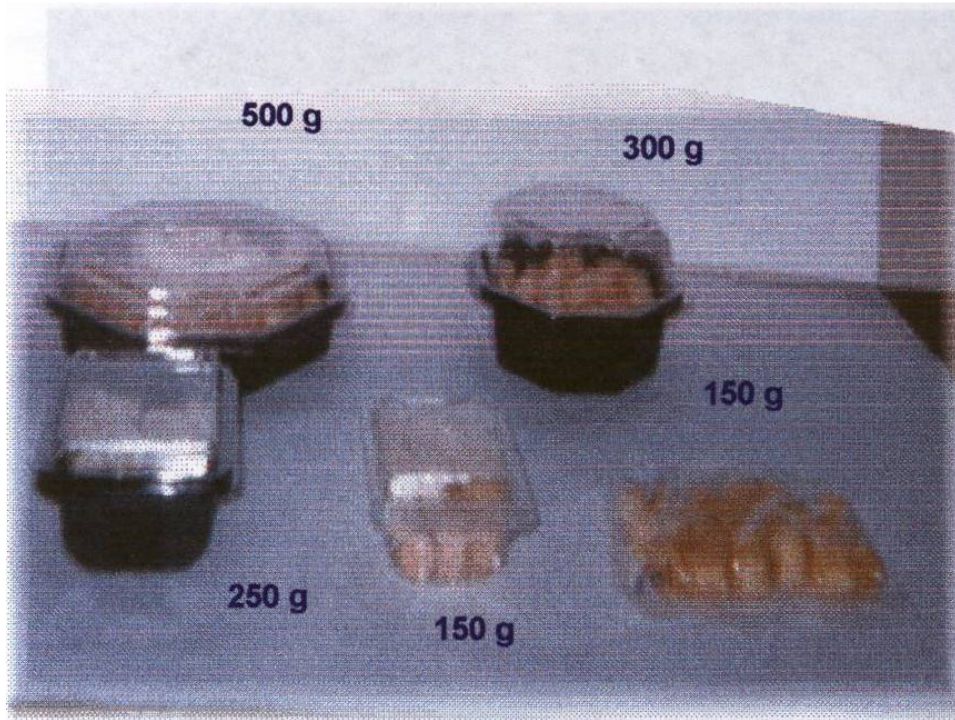
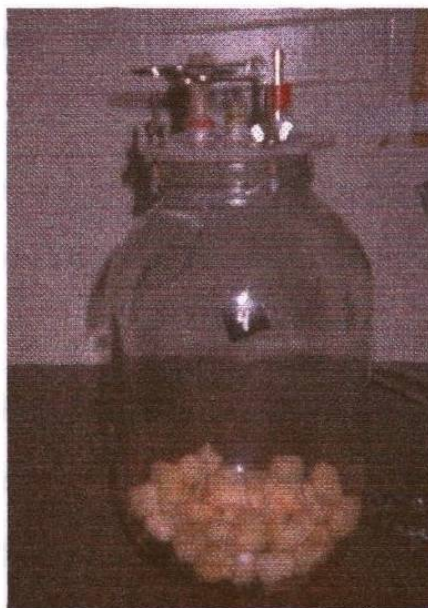


Figura 5. Jarras utilizadas en atmósferas controladas.



7.3.2. Tratamiento con cloruro de calcio.

Con la finalidad de mantener la firmeza del producto, se realizó un tratamiento de las muestras con soluciones de cloruro de calcio. La aplicación de estas soluciones se hizo mediante un escaldado a temperatura baja. Inicialmente, se sumergieron muestras de melón fresco-cortado en solución de cloruro de calcio al 2.5% a una temperatura de 60°C por espacio de un minuto y se almacenaron en un solo tipo de empaque (charola de 150g) a una temperatura de 5°C.

También se realizaron experimentos con soluciones al 0.85% de cloruro de calcio donde se sumergió el producto a una temperatura de 60°C por espacio de 2.5 y 5 minutos y al 0.5% de cloruro de calcio más 0.35% de sacarosa efectuándose el escaldado también a una temperatura de 60°C por espacio de 2.5 y 5 minutos de inmersión de la muestra en la solución. Estas muestras se almacenaron a una temperatura de 5 y 2°C. Los experimentos para las muestras tratadas con CaCl_2 solo se realizaron en los empaques de charola de 150g, ya que únicamente se pretendía evaluar la influencia del calcio durante el almacenamiento.

A estos tratamientos también se les realizaron los análisis de calidad, de gases y microbiológicos a excepción de la detección de patógenos.

7.4. Seguimiento de la calidad.

7.4.1. Análisis de pérdida de agua.

Se determinó el peso inicial y final del producto, con la finalidad de determinar el porcentaje de pérdida durante el almacenamiento.

7.4.2. Análisis de calidad.

Se realizaron las siguientes determinaciones: pH por potenciometría, sólidos totales por refractometría, ácido ascórbico (Ranganna, 1977) el cual se determinó por la técnica de titulación con indofenol y acidez titulable con hidróxido de sodio (Suslow, 1998). Los análisis se realizaron cada tres días a partir del día cero que es el día de inicio del almacenamiento (0, 3, 6,...). Todas las muestras se realizaron por triplicado y de cada muestra se obtuvo una medición.

7.4.3. Análisis de gases.

Los gases analizados fueron oxígeno y dióxido de carbono (Enríquez-Castro, 1997). Este análisis se realizó por cromatografía de gases, en un cromatógrafo GOW-MAC serie 580 (Gow-Mac Instrument Co. Bethlehem, PA). La columna CTR-I de 0.53 cm de diámetro externo por 133.4 cm de longitud, de acero inoxidable con No. de serie 6615A. Las condiciones a las que se trabajó fueron las siguientes: temperatura de columna: 38-40°C. Se utilizó un detector de conductividad térmica operado a 100 mA; tanto la temperatura del puerto de inyección: como la del detector fue de 88-90°C. El gas acarreador fue helio con un flujo de 60 mL/min. Éstas mediciones se realizaron cada 24 horas aproximadamente, tomando muestras de 1 mL del espacio de cabeza con jeringa a través del empaque, después esta perforación se sellaba con cinta aislante en el caso del empaque flexible mientras que en los empaques de charola se les pegó con silicón una septa para poder introducir la jeringa y tomar la muestra sin dejar orificios que pudieran ocasionar fugas de gases, las mediciones se realizaron por triplicado.

7.4.4. Análisis microbiológico.

Se realizaron los análisis siguientes apoyándose en lo marcado por las Normas de la Secretaria de Salud y la FDA: cuenta total por vertido en placa, en agar para métodos estándar (Bioxon, Becton Dickinson de México), utilizando una temperatura de incubación de $35 \pm 2^\circ\text{C}$ por 18-24 horas; coliformes totales por vertido en placa en agar rojo violeta bilis (Bioxon), incubando a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ por 18-24 horas; hongos y levaduras, utilizando agar papa y dextrosa (Bioxon) acidificado con ácido tartárico, a un pH de 3.5 aproximadamente, incubando a 30°C por 5 días; lactobacilos, utilizando agar MRS (Difco, Laboratories, Detroit, MI, 48232-7058, USA) en incubación anaerobia por 6 días a 30°C y anaerobios totales en agar para anaerobios (Bioxon), utilizando el sistema anaerobio GasPak[®] BBL[®] (Becton Dickinson Microbiology Systems, Cockeysville, MD. 21030 USA) incubando a 30°C por 5 días. Todas las cuentas microbiológicas se llevaron a cabo por duplicado.

Para el caso de cuenta total, organismos coliformes, hongos y levaduras los análisis se realizaron cada tres días a partir del primer día de almacenamiento, para las cuentas de lactobacilos y organismos anaerobios se realizaron cada seis días.

Para el aislamiento de *Listeria* y *Salmonella* (figura 6 y 7) se llevó a cabo los días 6, 9, 15, 18 y 21, según la duración del producto. Primero, se realizó un enriquecimiento para los dos microorganismos; en el caso de *Salmonella* en caldo lactosado (Bioxon) en incubación a 37°C por 24h, después se llevó a cabo en el enriquecimiento selectivo en caldos Selenito cistina y caldo Tetracionato (Difco),

después se procedió al aislamiento en placa utilizando agar Verde Brillante y Sulfito Bismuto (Difco) incubando a 37°C por 24h, posteriormente, se realizó la prueba bioquímica en agar TSI, para verificar si la colonia fue sospechosa del patógeno.

Para *L. monocytogenes* el enriquecimiento se hizo en caldo UVM (Difco) a 30°C por 48h, aislando en medio Oxford con suplementos antibióticos (Oxoid, LTD, Basingstoke, Hampshire, England) a 37°C hasta 7 días para mejor definición de las colonias.

A todas las colonias aisladas como sospechosas se les realizó una tinción Gram y en el caso de *L. monocytogenes* se realizó la prueba de movilidad en fresco y catalasa positiva además de la prueba de hémolisis en agar sangre, a 35°C por 48h. La confirmación de los patógenos se realizó con el sistema comercial API® E-20 bioMérieux (BioMérieux Vitek, Inc. 69280, Marcy l'Etoile France) (para enterobacterias) para la identificación de *Salmonella* y un sistema de identificación de la misma marca para *Listeria*.

7.4.5. Análisis de textura.

La firmeza de la pulpa es un excelente indicador de la madurez de numerosos productos (melón, peras, kiwi), así como de la calidad de consumo en productos frescos-cortados. La firmeza de la pulpa puede ser medida por una variedad de métodos, siendo la más sencilla el uso de un penetrómetro, el cual mide la fuerza requerida para perforar la pulpa de la fruta (Gorny y Kader, 1998).

Las mediciones de textura se realizaron en el CIIDIR (Centro de Investigación Interdisciplinaria y Desarrollo Integral Regional), del Estado de Durango en un Texturómetro Instron Universal, con una celda de compresión de 50 kg fuerza, utilizando un punzón de 7.8 mm de diámetro, a una velocidad del cabezal de 25 cm/min y con una velocidad del papel de 10 cm/min Como se muestra en la figura 8, la evaluación se realizó de la siguiente manera: de cada empaque se tomaron tres trozos de melón, cada uno de ellos se colocaba sobre la base del aparato para que el punzón lo atravesara por el centro y de esta manera, medir la fuerza necesaria para atravesarlo, lo que se tradujo como firmeza del tejido (Mitcham y Kader 1998).

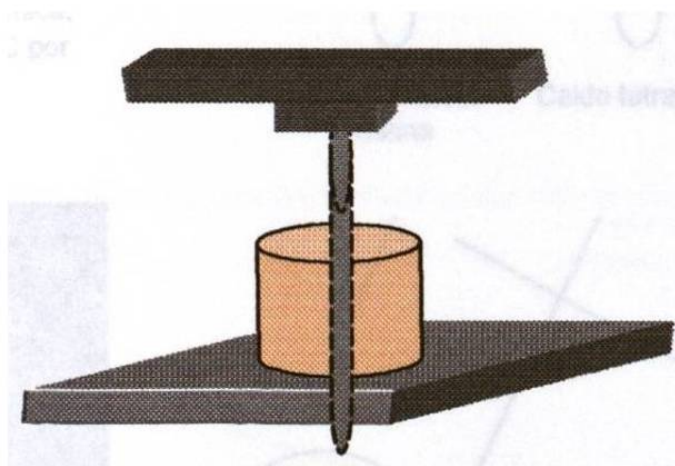
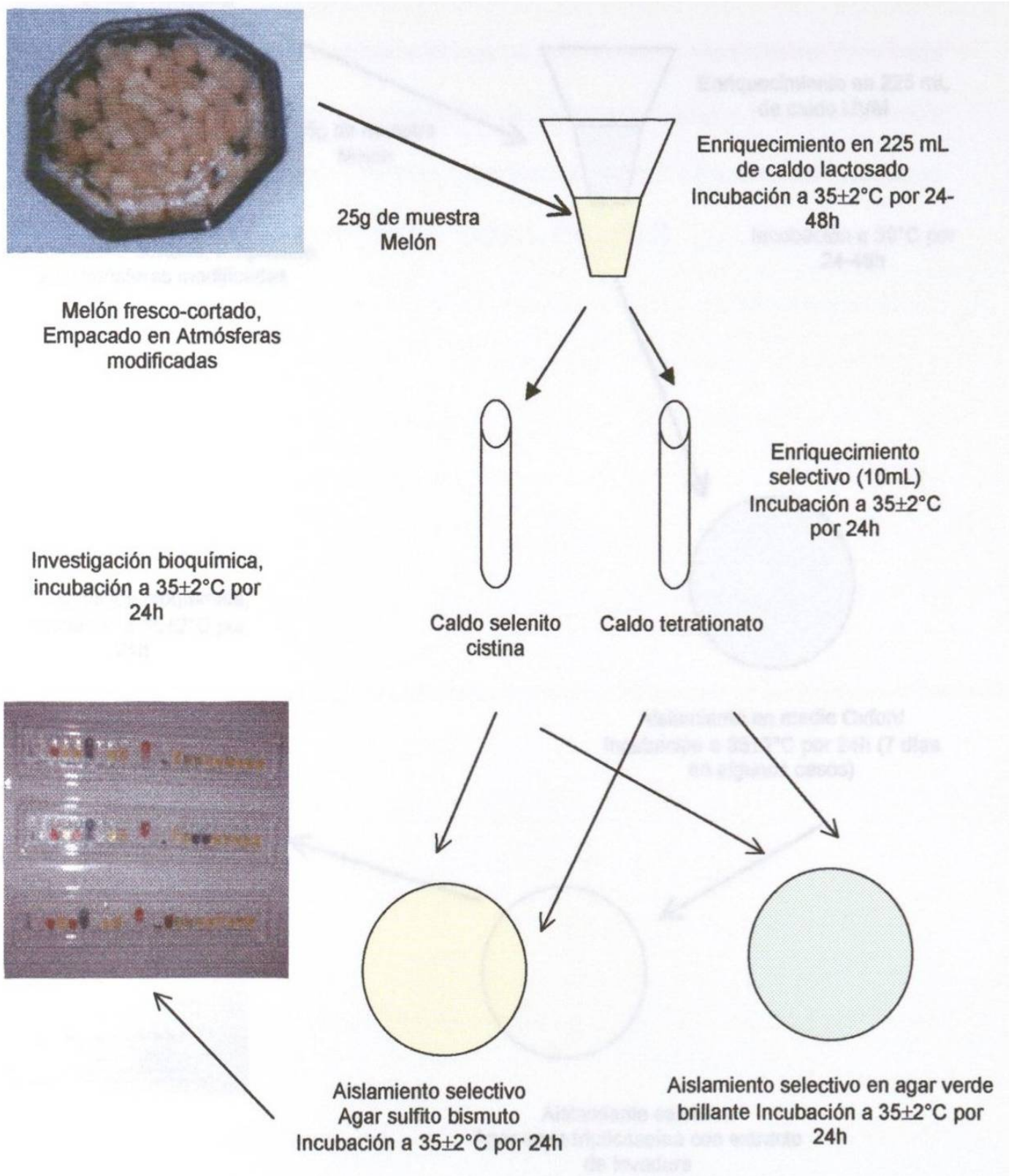


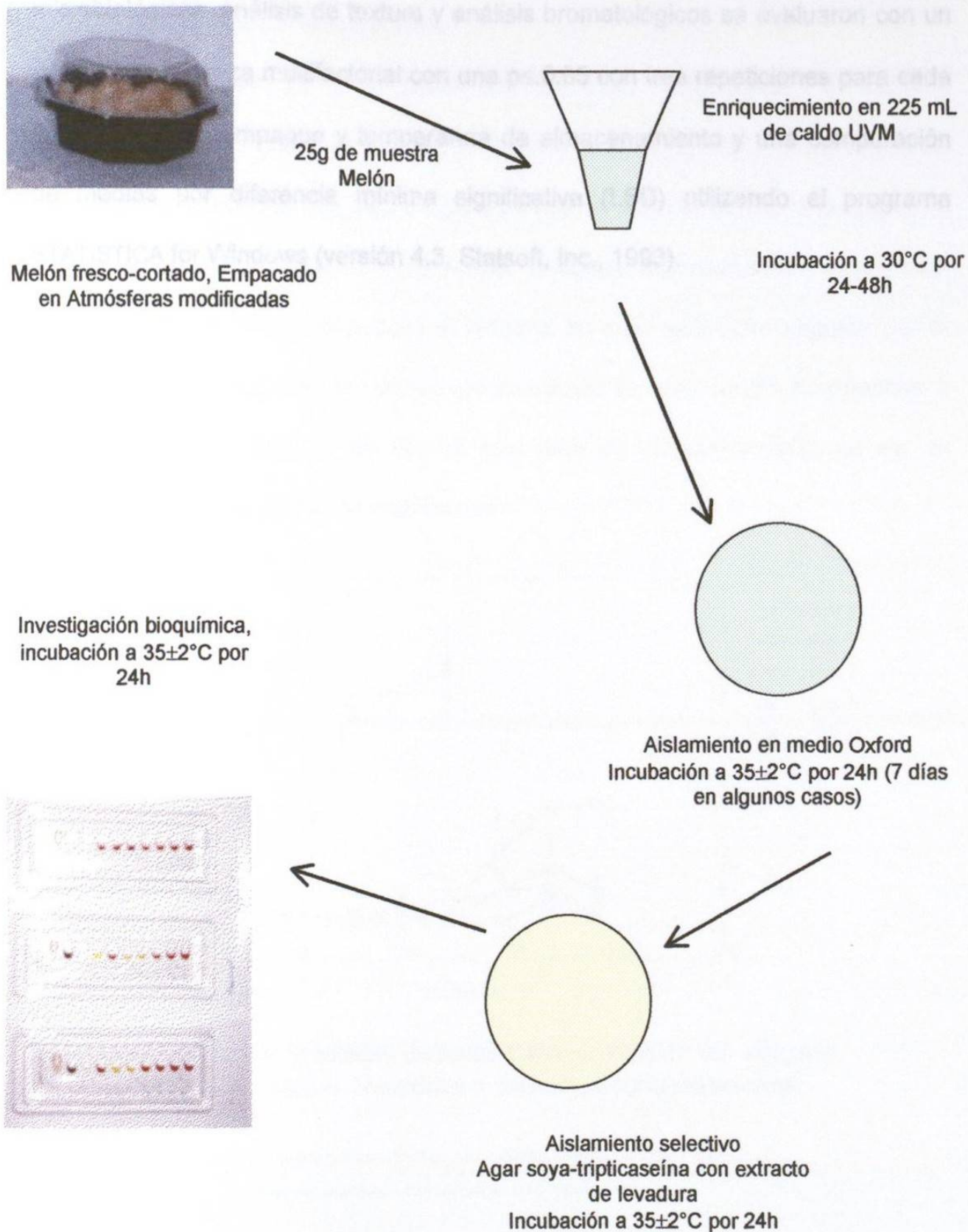
Figura 8. Medición de textura en los cilindros de fruta, con el Texturómetro Instron Universal.

Figura 6. Investigación de *Salmonella*.



7.4.6. Diseño experimental y análisis de datos

Figura 7. Investigación de *Listeria monocytogenes*.



7.4.6. *Diseño experimental y análisis de datos.*

El experimento se analizó por medio de un diseño completamente aleatorio. Los resultados obtenidos de las concentraciones de los gases, las cuentas microbiológicas, análisis de textura y análisis bromatológicos se evaluaron con un análisis de varianza multifactorial con una $p \leq 0.05$ con tres repeticiones para cada combinación de empaque y temperatura de almacenamiento y una comparación de medias por diferencia mínima significativa (LSD) utilizando el programa STATISTICA for Windows (versión 4.3, Statsoft, Inc., 1993).

8. RESULTADOS

8.1. Atmósferas controladas.

8.1.1. Velocidad de respiración.

La velocidad de respiración del producto almacenado a distintas concentraciones de gases se puede observar en la fig. 9. El melón almacenado en la jarra 5 con concentración de 21% de O₂ y 0% de CO₂ mantenido a temperatura ambiente (18°C) fue el que mostró mayor velocidad de respiración, alcanzando arriba de 1.4×10^{-3} mol / kg.h para el oxígeno en solo seis días, seguida por la muestra almacenada bajo la misma concentración de gases pero almacenada a 5°C (jarra 4), donde después de los seis días de almacenamiento se vio un incremento en la velocidad de respiración.

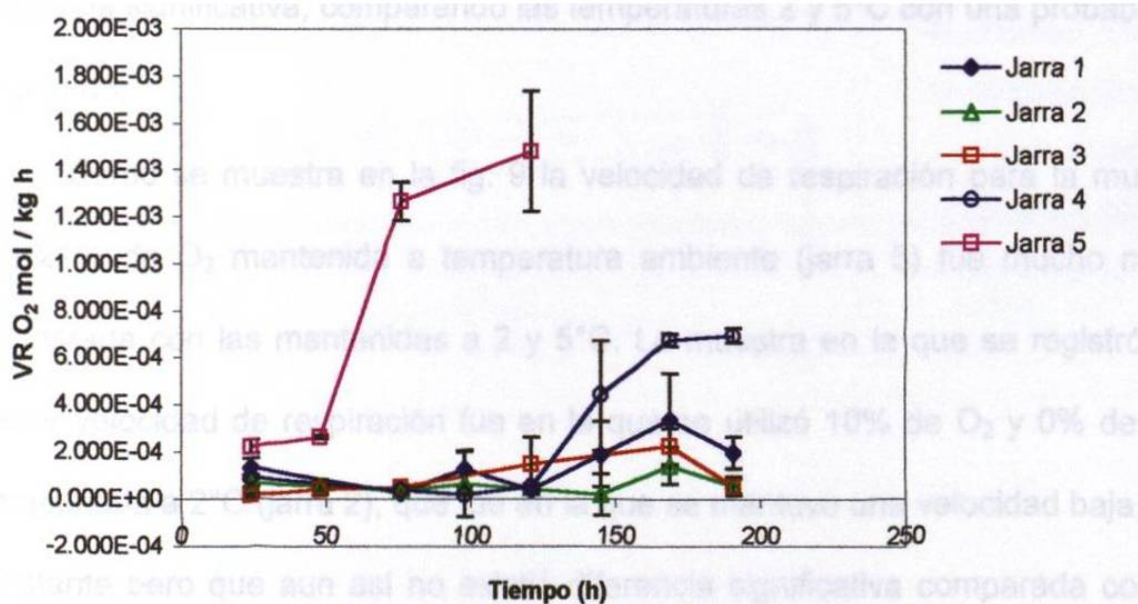


Figura 9. Velocidad de respiración en función del oxígeno en muestras sometidas a diferentes concentraciones.

1) 21% O₂ y 0% CO₂, 2) 10% O₂ y 0% CO₂, 3) 5% O₂ y 0% CO₂, 4) 21% O₂ y 0% CO₂ a 5 °C, 5) 21% O₂ y 0% CO₂ a temperatura ambiente. 1, 2 y 3 almacenados a 2 °C. Promedio de tres muestras.

El análisis estadístico no mostró diferencia significativa en las velocidades de respiración obtenidas con respecto al tiempo, así como las concentraciones de gas utilizadas; sin embargo, al hacer una comparación de medias (LSD) se obtuvo que conforme avanzó el tiempo, a partir del séptimo día, las velocidades empezaron a ser significativamente diferentes ($p \leq 0.03-0.01$).

Con respecto a las concentraciones utilizadas, el efecto total no fue significativo, cuando se realizó una comparación de medias se encontró una ligera diferencia entre la jarra en la que se utilizó 21% O₂ (jarra 4) a 5°C y las que se mantuvieron aproximadamente a 10 y 5% O₂ ($p \leq 0.03-0.04$, jarras 1 y 2), que tuvieron una menor velocidad de respiración entre 1 y 2×10^{-4} mol / kg.h, ya que la jarra 4 alcanzó más de 6.00×10^{-4} mol / kg.h.

Analizando las temperaturas de almacenamiento se vio que existió una diferencia significativa, comparando las temperaturas 2 y 5°C con una probabilidad de $p \leq 0.03$.

Como se muestra en la fig. 9 la velocidad de respiración para la muestra con 21% de O₂ mantenida a temperatura ambiente (jarra 5) fue mucho mayor comparada con las mantenidas a 2 y 5°C. La muestra en la que se registró una menor velocidad de respiración fue en la que se utilizó 10% de O₂ y 0% de CO₂ almacenada a 2°C (jarra 2), que fue en la que se mantuvo una velocidad baja, casi constante pero que aun así no existió diferencia significativa comparada con las otras concentraciones utilizadas; conforme transcurrió el tiempo, en todas las muestras, la velocidad de respiración aumento ligeramente.

8.1.2. *Atmósferas internas.*

La concentración de oxígeno en los empaques almacenados a 10°C se mantuvo constante. En el caso de los empaques rígidos o de charola no disminuyó más allá de 18% (fig. 10) hasta los 5 días de almacenamiento. Para el empaque flexible esta concentración disminuyó a las 24 horas y permaneció dentro de un rango de 12-15% de O₂.

En el caso de los empaques almacenados a 5°C, la concentración de O₂ disminuyó hasta 17% para dos de los empaques rígidos al igual que para el empaque flexible (fig. 11). En los empaques de mayor capacidad que fueron los de 300 y 500g (fig. 4) no se observó ninguna disminución sino un mantenimiento de la concentración de oxígeno

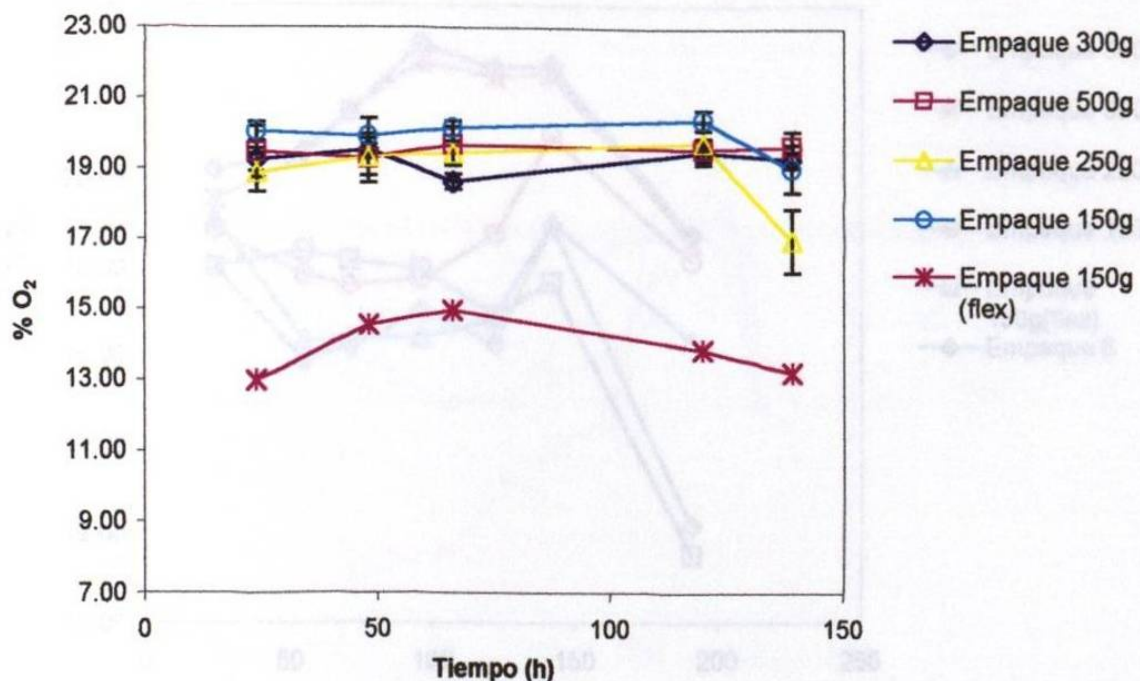


Figura 10. Concentración de Oxígeno en los empaques almacenados a 10 °C.

La muestra tratada con cloruro de calcio al 2.5% y almacenada a 5°C mostró una disminución en la concentración de O₂ como se ve en la fig. 11 (Empaque 6). En los empaques almacenados a 2°C se puede ver (figura 12) que en los de mayor capacidad (al igual que los almacenados a 5°C) es en los que se presentó una mayor concentración de oxígeno mientras que en los empaques de 250 y 150g se obtuvo una disminución de la concentración, en el empaque flexible de 150g no disminuyó más del 15% a los 10 días aproximadamente.

Todas las muestras tratadas con CaCl₂ mostraron una rápida disminución en la concentración de O₂ durante los primeros 4 días, pero después se presentó un incremento para volver a disminuir a los 15 días aproximadamente (fig. 13).

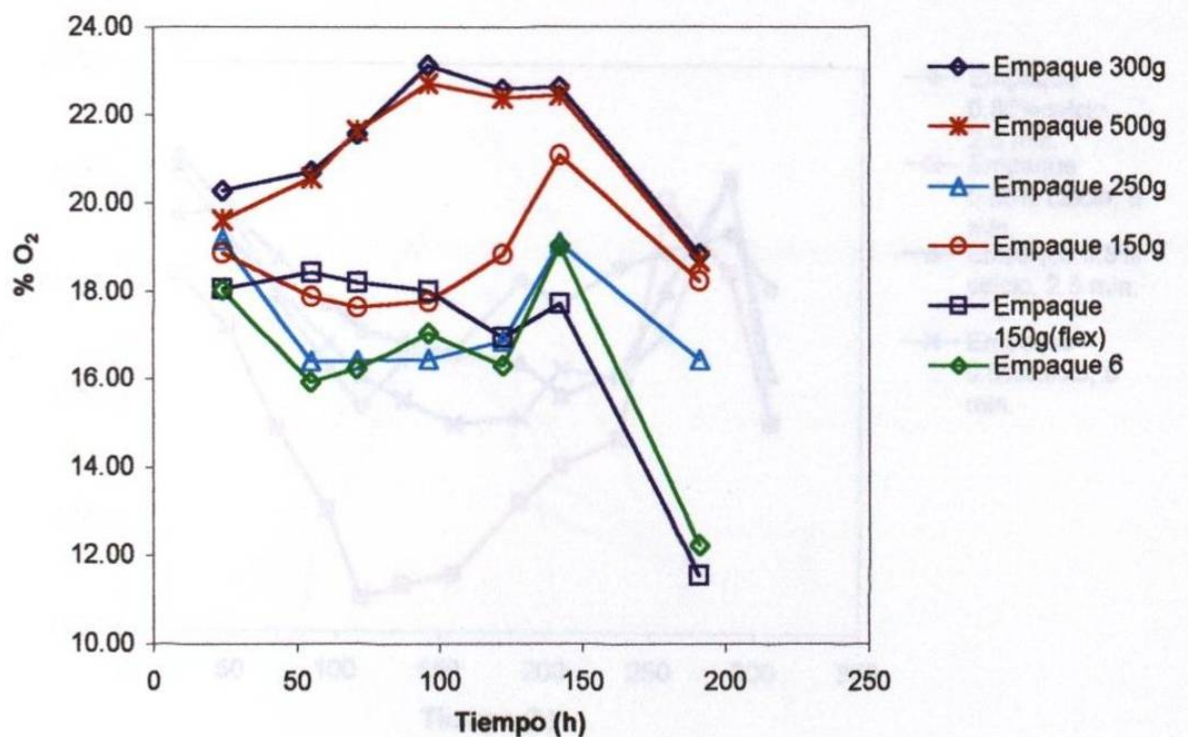


Figura 11. Concentración de oxígeno en los empaques almacenados a 5 °C.

*Nota: el empaque 6 es con calcio es a una concentración de 2.5% por 1 min. a 60 °C.

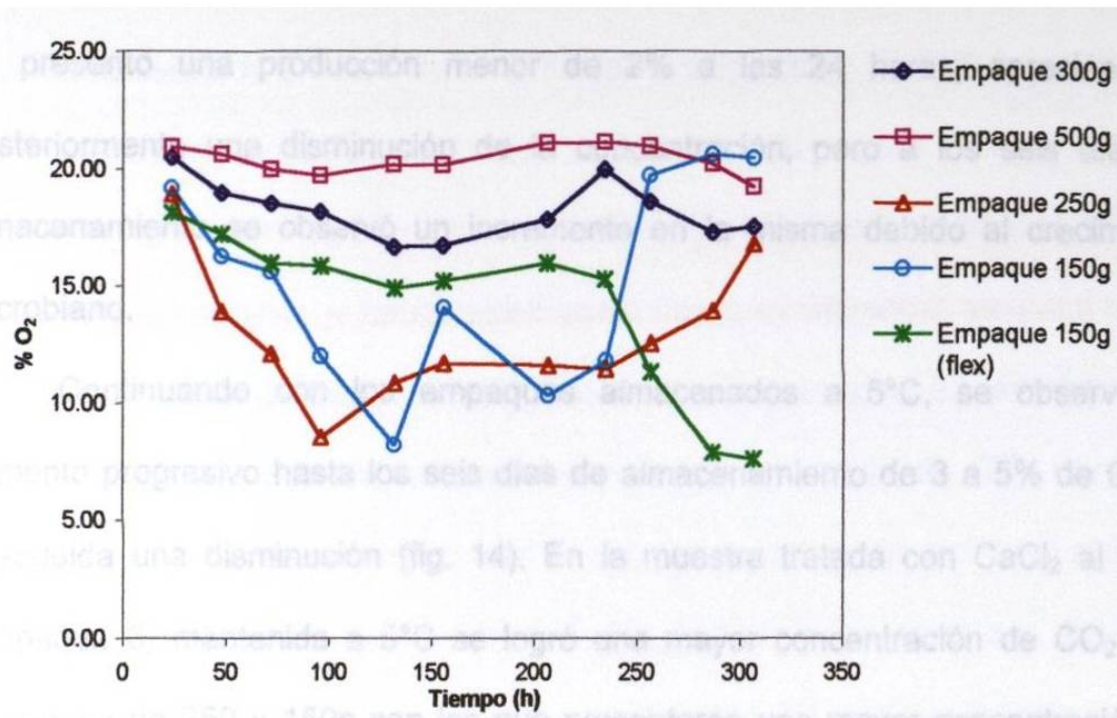


Figura 12. Concentración de oxígeno en los empaques almacenados a 2°C.

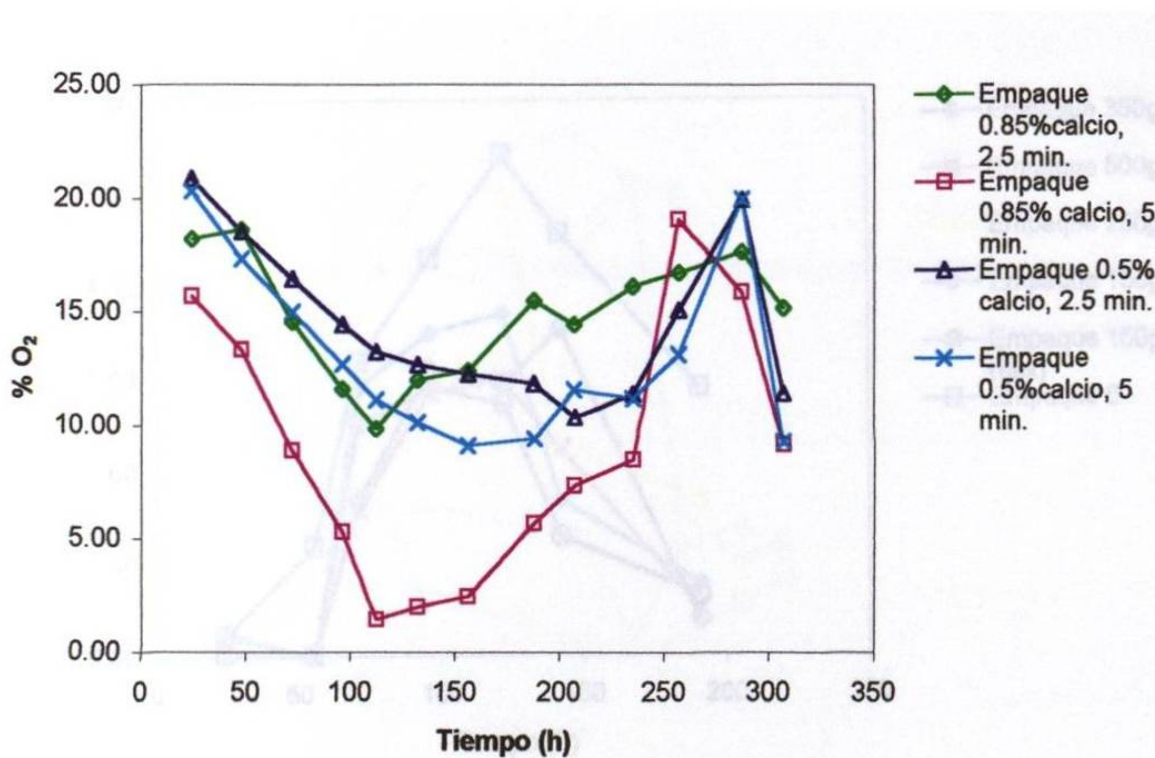


Figura 13. Concentración de oxígeno en los empaques almacenados a 2°C tratados con cloruro de calcio
 Nota: las muestras con 0.5% de CaCl₂ además tienen 0.35% de sacarosa

Con respecto al dióxido de carbono en los empaques almacenados a 10°C se presentó una producción menor de 2% a las 24 horas, apreciándose, posteriormente una disminución de la concentración, pero a los seis días de almacenamiento se observó un incremento en la misma debido al crecimiento microbiano.

Continuando con los empaques almacenados a 5°C, se observó un aumento progresivo hasta los seis días de almacenamiento de 3 a 5% de CO₂ y enseguida una disminución (fig. 14). En la muestra tratada con CaCl₂ al 2.5% (empaquete 6) mantenida a 5°C se logró una mayor concentración de CO₂. Los empaques de 250 y 150g son los que presentaron una mayor concentración de CO₂ de casi un 8% a una temperatura de almacenamiento de 2°C. Los demás empaques no sobrepasaron el 2% (fig. 15).

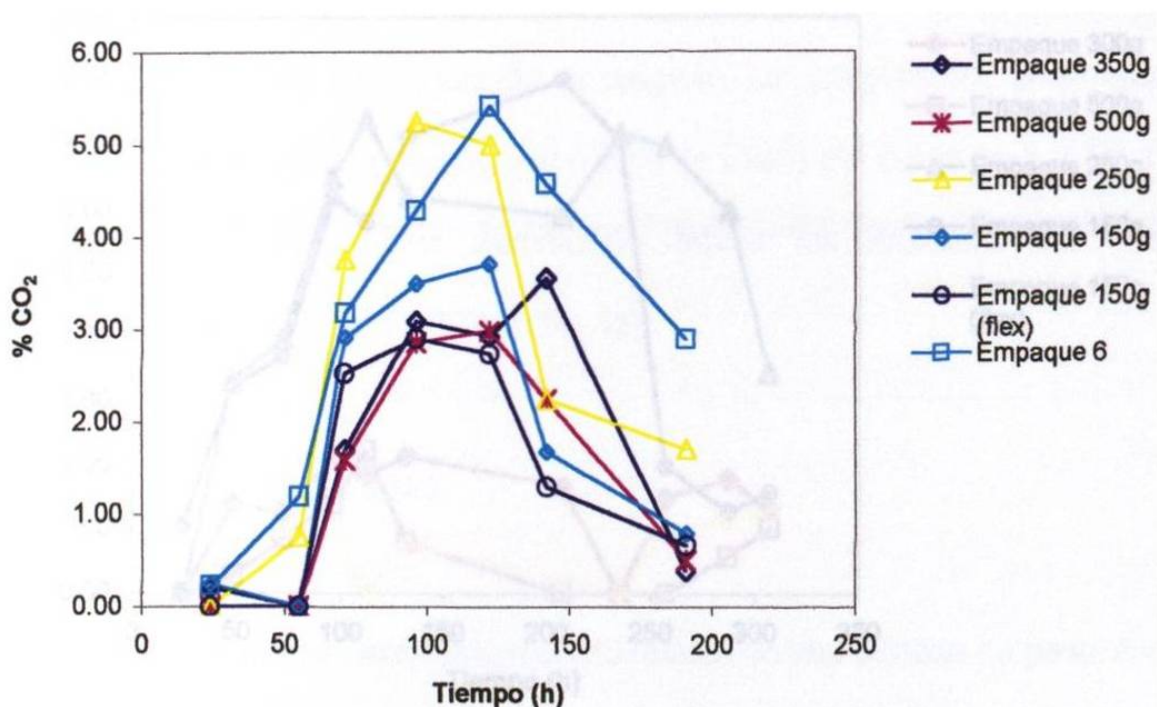


Figura 14. Concentración de dióxido de carbono en los empaques almacenados a 5°C.

Empaque 6: tratado con CaCl₂ al 2.5% a 60 °C por 1 min.

Las muestras tratadas con CaCl_2 mantenidas a 2°C presentaron un incremento mayor al 3% de CO_2 , en la mayoría de los casos (fig. 16).

Realizando el análisis estadístico para el caso del oxígeno tuvimos una gran diferencia significativa como se puede apreciar en las figuras anteriores. Al igual que en el caso anterior, la temperatura marcó una gran diferencia, ya que a menor temperatura la concentración de oxígeno es mayor y más en los empaques de menor capacidad, algo similar ocurre con la concentración de CO_2 donde se presentó una gran diferencia en cuanto a la acumulación de este gas a menor temperatura y en los empaques más pequeños, pero todo es debido a permeabilidad a los gases y velocidad de respiración del producto (ver discusión). En el empaque en el que no se observa una disminución importante en la concentración de oxígeno es en el de 500g almacenado a 2°C .

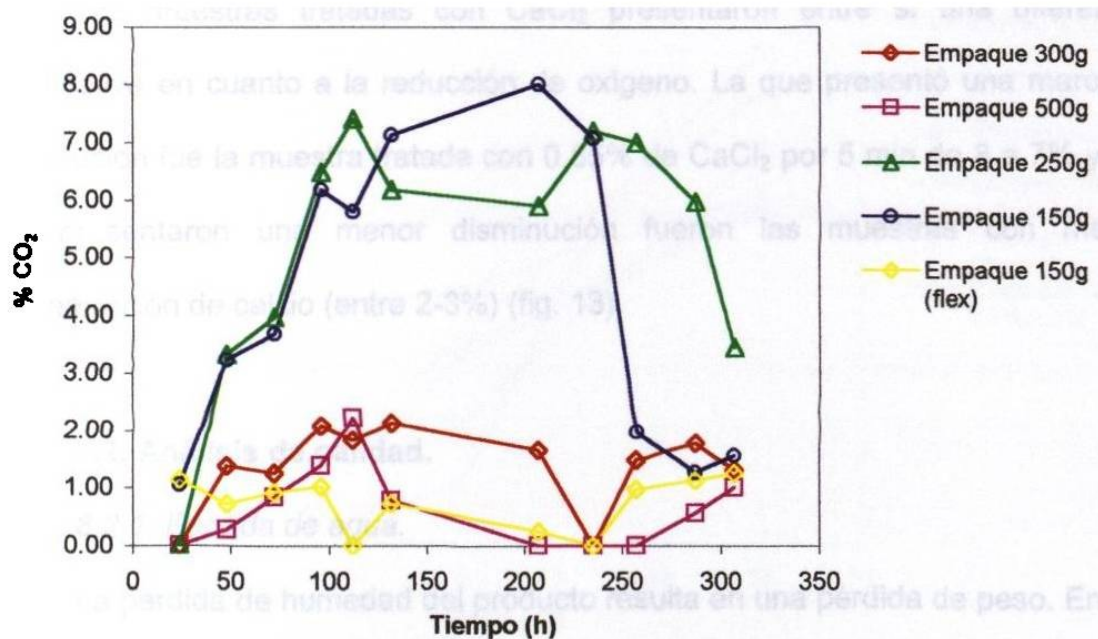


Figura 15. Concentración de dióxido de carbono en los empaques almacenados a 2°C .

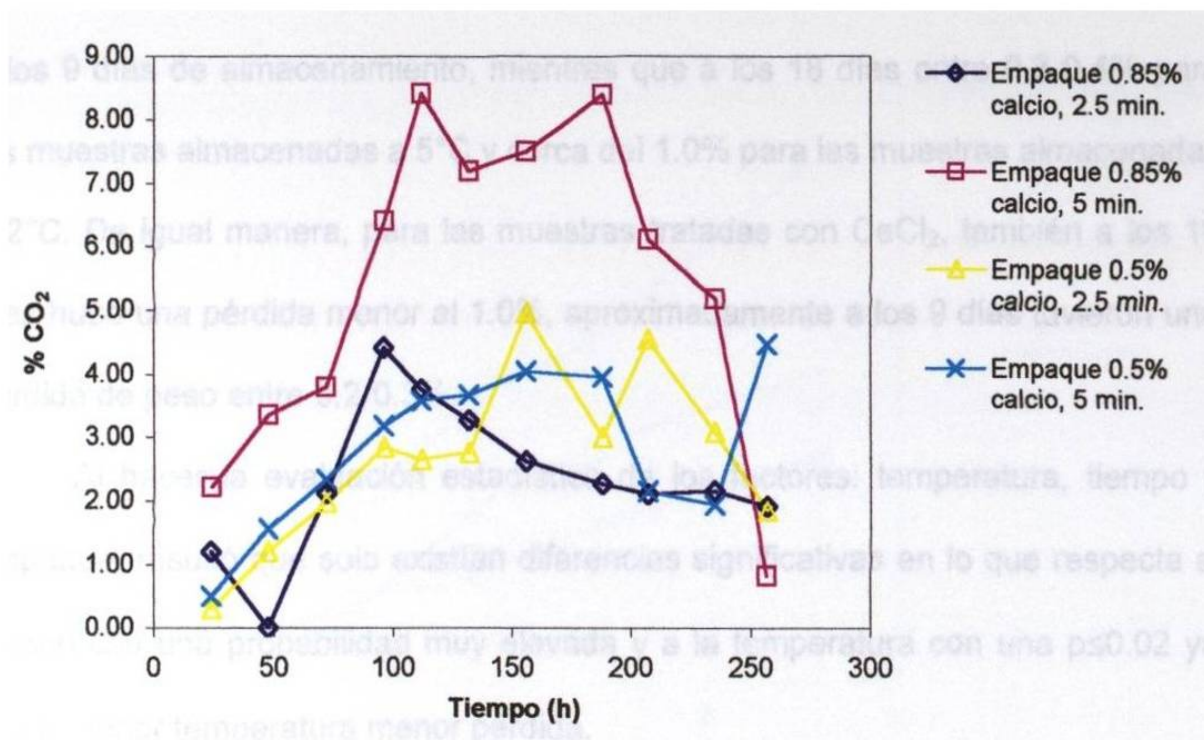


Figura 16. Concentración de dióxido de carbono en los empaques almacenados a 2 °C con cloruro de calcio

Las muestras tratadas con CaCl_2 presentaron entre sí una diferencia significativa en cuanto a la reducción de oxígeno. La que presentó una marcada disminución fue la muestra tratada con 0.85% de CaCl_2 por 5 min de 8 a 7% y las que presentaron una menor disminución fueron las muestras con menor concentración de calcio (entre 2-3%) (fig. 13).

8.2. Análisis de calidad.

8.2.1. Pérdida de agua.

La pérdida de humedad del producto resulta en una pérdida de peso. En los resultados que se obtuvieron, la pérdida de agua, en promedio, no aumentó más del 1% a las temperaturas de almacenamiento (fig.17 y 18).

A una temperatura de 10°C existió una pérdida de peso de menos del 0.3% a los 9 días de almacenamiento, mientras que a los 18 días entre 0.3-0.4% para las muestras almacenadas a 5°C y cerca del 1.0% para las muestras almacenadas a 2°C. De igual manera, para las muestras tratadas con CaCl₂, también a los 18 días hubo una pérdida menor al 1.0%, aproximadamente a los 9 días tuvieron una pérdida de peso entre 0.2-0.3%.

Al hacer la evaluación estadística de los factores: temperatura, tiempo y empaque, resultó que solo existían diferencias significativas en lo que respecta al empaque, resultó que solo existían diferencias significativas en lo que respecta al tiempo con una probabilidad muy elevada y a la temperatura con una $p \leq 0.02$ ya que a menor temperatura menor pérdida.

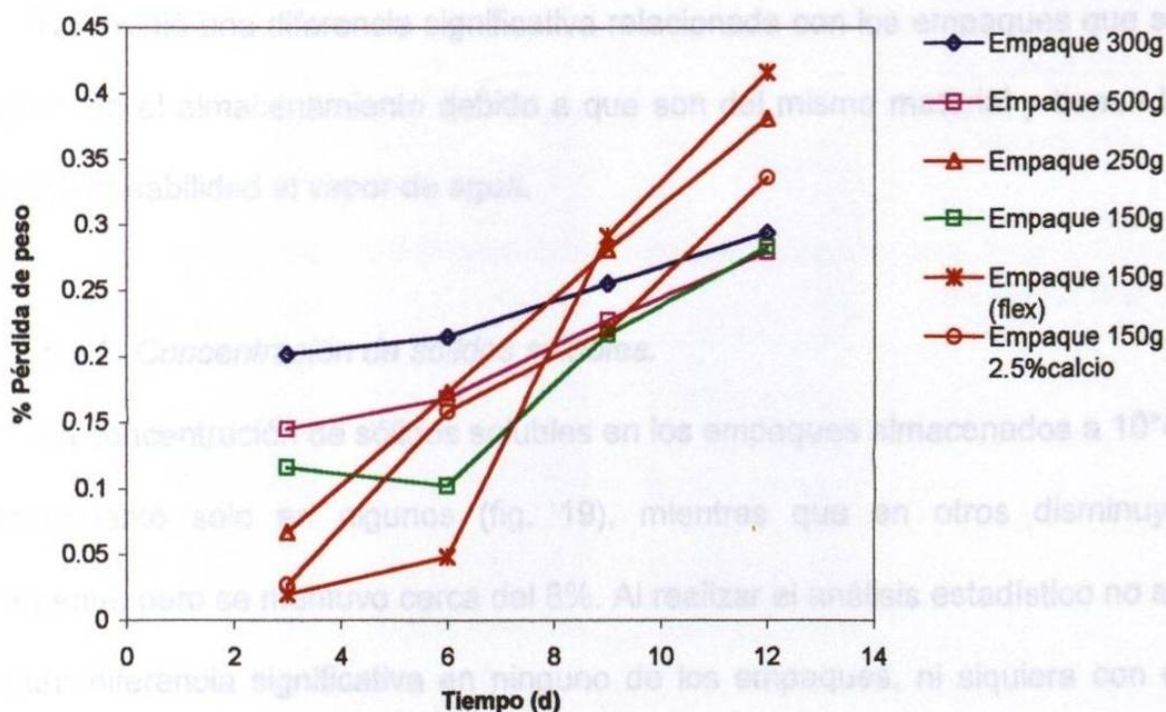


Figura 17. Pérdida de peso como pérdida de humedad en los empaques almacenados a 5 °C.

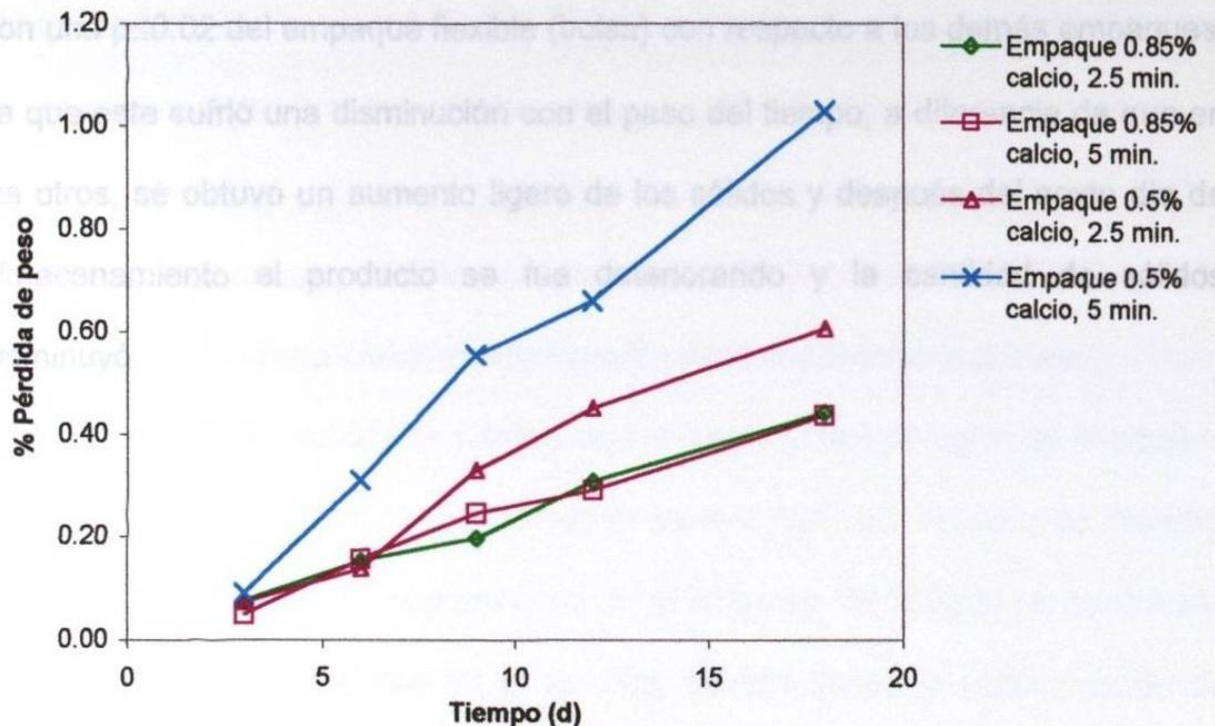


Figura 18. Pérdida de peso como pérdida de humedad para las muestras tratadas con CaCl_2 almacenadas a 2°C .

No existió una diferencia significativa relacionada con los empaques que se utilizaron en el almacenamiento debido a que son del mismo material y tienen la misma permeabilidad al vapor de agua.

8.2.2. Concentración de sólidos solubles.

La concentración de sólidos solubles en los empaques almacenados a 10°C se incrementó solo en algunos (fig. 19), mientras que en otros disminuyó ligeramente, pero se mantuvo cerca del 8%. Al realizar el análisis estadístico no se encontró diferencia significativa en ninguno de los empaques, ni siquiera con el paso del tiempo, donde se esperaría un deterioro debido al metabolismo de los azúcares ya sea como una producción o asimilación de los mismos.

Realizando una comparación de medias se encontró diferencia significativa con una $p \leq 0.02$ del empaque flexible (bolsa) con respecto a los demás empaques, ya que este sufrió una disminución con el paso del tiempo, a diferencia de que en los otros, se obtuvo un aumento ligero de los sólidos y después del sexto día de almacenamiento el producto se fue deteriorando y la cantidad de sólidos disminuyó.

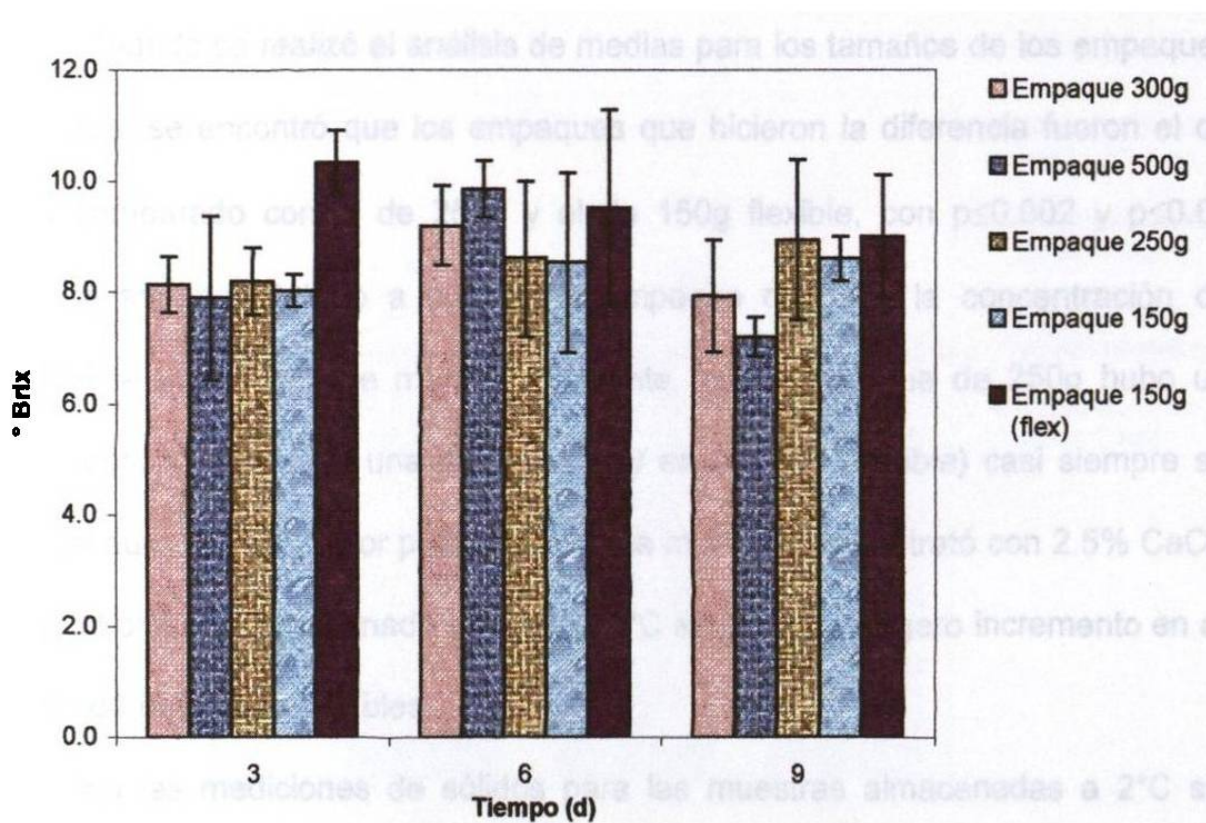


Figura 19. Concentración de sólidos solubles en los empaques almacenados a 10°C.