



es calidad

**VICENTE PERIS S.A.**

Enero 2018 - Valencia



Vicente Peris es una de las empresas líderes en distribución de frutas y verduras con mayor reconocimiento y prestigio dentro del mercado español. Nuestra cuidada selección es apreciada tanto por reconocidos chefs de cocina como en todos los hogares donde se disfruta del sabor auténtico. Tanto Vicente Peris como sus descendientes han sido y son conocedores como pocos del cultivo y selección de las mejores frutas y hortalizas. Basamos nuestra filosofía en ofrecer la máxima calidad a cada uno de nuestros clientes, ofreciendo los mejores y más frescos productos del mercado.

Entendemos como un deber colaborar en la difusión de hábitos saludables entre nuestros consumidores y la población en general. En los años que hemos compartido con los hogares españoles hemos procurado adaptar nuestros productos a las necesidades y gustos de una sociedad en continua evolución. Escuchar a los consumidores, conocer sus deseos y responder a sus expectativas de forma rápida y eficaz constituye uno de nuestros principales compromisos.

En tiempos relativamente cercanos, cuando las frutas y hortalizas sustituyeron el cultivo de la vid, uno de los frutos que mejor se acomodaron a estas tierras, dándole a Cuiper gran fama, fue el melón. La proximidad al mar impregna la tierra del salitre marino y por ello el melón adquiere su sabor. Los mejores comerciantes de Valencia venían aquí a comprar. Esta actividad despertó en un hijo de Cuiper tal interés que también él quiso ser comerciante. Ramón Peris Orts mostró un extraordinario instinto comercial que le hizo ver la importancia, para conquistar mercados, de la seriedad de la palabra y la calidad del producto ofrecido. Así imprimió tales virtudes a su actividad comercial hasta adquirir un reconocido y acreditado prestigio.

La guerra civil, no sólo produjo una gran convulsión en la nación sino también en la vida de las personas. En 1944, cuando ya las cosas parecían, muy lentamente, querer normalizarse, el dueño de una importante parada de mercado de Barcelona, Joaquín Crumols, se puso en contacto con Ramón Peris instándole a que volviera nuevamente al comercio del melón, de tan renombrada fama, pero él le propuso a su hermano Vicente Peris tomar las riendas del negocio. Empezaron a trabajar acreditando una selecta marca de melón denominada 18 QUILATES.

Hacia 1980 tomaron las riendas del negocio, exclusivamente, los hijos de Vicente Peris, los cuales le dieron tal envergadura a la empresa, que lograron ser los más importantes comerciantes de España en este género del melón. Fieles siempre al mismo estilo de exigencia y selección promocionaron otras marcas de calidad, como VICENTÍN, ORO DE CUIPER y PERIS, que pronto alcanzaron excelente aceptación en los mercados de las principales ciudades españolas y hoy gozan de la máxima distinción.

#### MARCAS

##### VICENTIN

Un melón o sandía VICENTÍN están considerados por muchos como la máxima expresión de la calidad. Un prestigio conseguido tras años de cosechar frutas exquisitas obtenidas en las mejores plantaciones del mundo. Se pueden encontrar melones y sandías VICENTÍN en las mejores fruterías así como en El Corte Inglés y su prestigio es tan grande que nos llegan

mensajes de todo el país solicitando información, realizando consultas e incluso enviando recetas con las que triunfar en nuestras mesas.

[www.vicentin.es](http://www.vicentin.es)

#### PERIS

PERIS DOLCE MELÓN Y SANDÍA supone una revolución de imagen tendencia para consumidores que solicitan un precio más ajustado propio de frutos de calidad primera, tan exquisitos y perfumados como los grandes, pero con un calibre ligeramente inferior. Estos formatos mantienen un crecimiento de ventas muy importante y se ajustan a las necesidades comerciales de los profesionales de la distribución y el comercio minorista.

Esta denominación proviene de una época donde se reconocía a la fruta como los Peris de Valencia, especialmente entre los profesionales de los mercados de abastos de España.

#### 18 QUILATES

En su origen, la comparación entre el interior dulce y dorado del melón y el metal más apreciado de nuestra cultura, fue un valor diferencial muy popular. La experiencia, la satisfacción provocada por un “18 Quilates” se sitúa en la memoria, allí donde los recuerdos valen su peso en oro. No es posible realizar comparaciones con otros melones, porque tal como sabemos a estas alturas de la vida, las cosas únicas tienen una personalidad a prueba de modas, habladurías y olvidos.

[www.18quilates.es](http://www.18quilates.es)

Vicente Peris mantiene como filosofía clave de su éxito la colaboración directa con los agricultores y profesionales que cultivan y “crean” los productos que llegan a los consumidores. Esta relación se inicia desde la elección de las variedades a cultivar, los asesoramientos y supervisión en tratamientos y procesos de cultivo, pasando por la definición de los resultados de la campaña con el fin de plantear las nuevas líneas de trabajo y así ir siempre optimizando cada uno de los recursos.

Estos socios productivos se cuentan entre los mejores especialistas en cultivo de melón y sandía del mundo y sus técnicas y avances han marcado la evolución del sector en los últimos 25 años.

Desde Vicente Peris las visitas a pie de campo son una necesaria obligación que mantiene perfectamente informados a los técnicos sobre la situación de la cosecha, su evolución, crecimiento y futuros plazos de recolección. Esta realidad se traslada a los compradores mayoristas de los principales mercados del país para que puedan realizar sus previsiones. Vicente Peris también cuenta con gestión directa en tierras de cultivo, que le sirven como test complementario a las principales aportaciones de los agricultores especialistas. Cuando se trata de producciones en países del hemisferio sur, los procesos de supervisión son aún mayores con el fin de garantizar una logística adecuada y unas normas de calidad adaptadas a los requisitos de las normativas de la UE.

La historia de Vicente Peris SA está marcada por el melón Piel de Sapo. Es el producto clave de la empresa tanto por volumen como por facturación. La Sandía ha ganado mucho protagonismo en los últimos años, junto a la calabaza cacahuete y la cebolla tierna. El Apio blanco y el garrofón fresco y seco cierran la lista de productos convencionales que ofrecemos.

En cuanto a la IV Gama, las opciones de la sala blanca son infinitas, destacando melón, piña y Sandía troceados, los mixes de frutas y las mitades de Melón y Sandía. Otros productos muy especializados como bandejas familiares de frutas, la granada en arilos y el coco fresco van ocupando una mayor importancia conforme a la evolución de la categoría.

La oferta de frutas de IV gama atiende a criterios de disponibilidad y precio. Para mantener una oferta equilibrada se cuenta con frutas presentes todo el año en nuestros mercados tales como la Piña, Melón, Kiwi, Uva, Granada, Manzana, y con frutas complementarias en su momento óptimo de campaña: fresón, sandía, naranja, mango, arándanos, etc. Se buscan combinaciones óptimas de acuerdo a los intereses de los clientes, permitiendo generar propuestas muy variadas en formatos, combinaciones, presentaciones, etc. Trabajamos con atmósfera modificada en tarrinas termo selladas, salvo que los clientes soliciten otras opciones, dependiendo de la rotación de los lineales y la calidad de los muebles de frío de los establecimientos.



Para llevar a cabo el diseño de nuevos productos IV gama, se deben conocer a la perfección las variedades existentes del producto a transformar, sus características, la adaptación y comportamiento a las condiciones climáticas y edafológicas particulares de la misma, su productividad, época de maduración, características organolépticas, aptitudes para la conservación, etc... así como el conocimiento de las tecnologías barrera que puedan permitir conservar el producto de manera segura y sin alterar las características organolépticas y nutricionales del producto.

Este proyecto surgió con el objetivo de poder cubrir las siguientes necesidades:

- Desarrollar una nueva gama de productos IV gama con unas mejores cualidades organolépticas y con la mayor vida útil del mercado.
- Cubrir las necesidades cada vez mayores de los consumidores por disponer de productos frescos listos para consumir de elevadas cualidades nutricionales y organoléptica.

Debido a las características de los productos IV gama, los cuales simplemente pueden ser sometidos a un acondicionamiento y envasado para su consumo, su vida útil es muy

limitada. Esto imposibilita realizar ningún tratamiento de conservación convencional como podría ser un tratamiento térmico o el empleo de frío (congelación), debido a que no se considerarían productos frescos. Desde la empresa Vicente Peris se ha planteado la posibilidad de estudiar la combinación de diferentes tecnologías barrera para su aplicación en el producto alargando la vida útil del mismo y mejorando sus características organolépticas. Así como, el desarrollo de novedosos productos IV gama empleando para ello nuevas especies vegetales o nuevas variedades. Entre otras tecnologías barrera, en el presente trabajo de investigación se valorará el comportamiento y combinación de los siguientes métodos barrera:

- Empleo de microperforaciones en los films del envasado de los productos que permitan alcanzar y mantener el equilibrio en el interior de los envases.

# OPTIMIZACIÓN DE UN ENVASE PARA FRUTA (MELÓN, SANDÍA, PIÑA) MÍNIMAMENTE PROCESADA

## INTRODUCCIÓN

### I.1. Justificación e interés del estudio

En los últimos años se ha incrementado el interés por conseguir que los productos vegetales conserven durante un tiempo más largo sus características sensoriales, nutricionales y microbiológicas que son las que determinan su calidad y vida útil. Aunque hay procesos físicos y químicos que permiten estabilizar y preservar la calidad de los alimentos, es necesario el uso de un envase adecuado en la última parte del proceso de preservación.

La nueva tendencia hacia el consumo de productos frescos y naturales, unido al menor tiempo disponible por parte de los consumidores para preparar sus alimentos, ha incrementado la demanda de frutas y hortalizas mínimamente procesadas y listas para su consumo (Schlimme & Hussein et al.). Por esta razón para evitar el crecimiento de los mohos, y por consiguiente la producción de micotoxinas, se ha implantado el uso de atmósferas modificadas mediante la sustitución de la atmósfera que rodea al producto en el momento del envasado por otra especialmente diseñada para cada tipo de alimento y el termosellado final del envase, para mantener estas condiciones del envasado durante el almacenamiento. El éxito de este tratamiento no depende exclusivamente de la composición de la mezcla de gases, si no que han de tenerse en cuenta otros factores, como son la temperatura de almacenamiento, el equipo de envasado y el material de envase.

### I.2. Caracterización de la fruta

#### I.2.1. Sandía (*Citrullus lanatus*)

La planta de este fruto es una planta herbácea anual, de la familia de las Cucurbitaceae y origen africano, con tallo vellosa, flexible, rastrero, de tres o cuatro metros de largo, hojas partidas en segmentos redondeados y de color verde oscuro y flores amarillas.

La sandía (*Citrullus Lanatus*), es un fruto grande, en pepónide, carnoso y jugoso, con numerosas semillas, casi esférico, verdoso, pulpa de color rosado o rojo- por el antioxidante licopeno-, generalmente de sabor dulce, muy apreciado por ser refrescante y rico en agua y sales. Sus semillas son ricas en vitamina E. En la tabla 1 se resumen las características nutricionales de este fruto.

Tabla I.5: Características nutricionales para 100 gramos de fruta Calorías	30Kcal
Lípidos	0,2 g
Ácido graso saturado	0 g
Ácido graso poliinsaturado	0 g
Ácido graso monoinsaturado	0 g
Colesterol	0 mg
Sodio	1 mg
Potasio	112 mg

Glúcido	8 mg
Fibra alimentaria	0.4 g
Azúcar	6 g
Proteína	0,6 g

Además de su interés nutricional, por ser muy pobre en calorías y rica en agua es una de las frutas más valoradas en los meses estivales. Sin embargo, su gran tamaño dificulta en muchas ocasiones su compra por lo que la búsqueda de nuevas presentaciones del producto en formatos más pequeños, sin perder sus características de producto fresco, constituye actualmente un reto para la industria.

### **1.2.2. Piña (*Ananas Comosus*)**

La planta de la piña procede de la zona tropical de Brasil, Argentina y Paraguay. Empezó a cultivarse por primera vez a finales del siglo XIX en la isla de Hawai en su variedad "Smooth Cavenne", que todavía hoy en día es la variedad más habitual que se vende. Esta planta nace sobre tierra firme, es de tipo perenne con una roseta de hojas puntiagudas de hasta 90 cm de longitud. Del centro de la roseta surge un vástago en cuyo extremo se producen las flores, que darán lugar a la infrutescencia conocida como la piña, que es en realidad una fruta múltiple.

En la actualidad se cultiva en la mayoría de países tropicales del mundo. Entre los países productores tenemos a Costa Rica, Brasil, Tailandia, Filipinas, India, Hawai, México, Indonesia y Vietnam. Filipinas constituye el mayor exportador del mundo.

La piña, como fruto, es una fruta de una planta de la familia de las Bromeliáceas. Es un fruto no climatérico. El fruto para su consumo puede estar fresco y en conserva. Cuando el fruto está maduro, la pulpa es firme pero flexible, las hojas se pueden arrancar de un fuerte tirón y el aroma es más intenso en la parte inferior. Es una fruta con gran capacidad diurética, por lo que se recomienda para numerosas dietas adelgazantes (Tabla 1.2).

Tabla 1.6: Información nutricional para 100 gr de producto

<b>Calorías</b>	50,76 Kcal
<b>Grasas</b>	0,40 g
<b>Colesterol</b>	0 mg
<b>Sodio</b>	2,10 mg
<b>Carbohidratos</b>	10,40 gr
<b>Fibra</b>	1,90 g
<b>Azúcares</b>	10,40 g
<b>Proteínas</b>	0,44g
<b>Vitamina A</b>	6,13 ug
<b>Vitamina C</b>	14,99 ug
<b>Vitamina B</b>	120ug
<b>Calcio</b>	14,50 mg
<b>Hierro</b>	0,41 mg
<b>Vitamina B</b>	30,39 mg

La piña fresca, aunque no es una fruta de tamaño excesivamente grande, los cambios demográficos, con unidades familiares más pequeñas, en muchos casos dificulta también su comercialización. Además, por las características de su piel no es un producto fácil de consumir

fuera del hogar, por lo que la posible comercialización como producto fresco pelado y troceado puede constituir una interesante vía de aumentar su consumo.

### **1.2.3. Melón (*Cucumis melo L.*)**

La planta del melón es una planta herbácea anual, de la familia de las Cucurbitáceas, con tallos tendidos, ramosos, ásperos, con zarcillos, y de tres a cuatro metros de longitud, hojas pecioladas, partidas en cinco lóbulos obtusos y flores solitarias de corola amarilla. El melón es un fruto de la familia de las bayas de temporada veraniega con un alto contenido de agua en su composición (80%) y de sabor dulce. Debido a su alto contenido en agua, se recomienda en las dietas de adelgazamiento. Esta fruta previene el estreñimiento debido a la cantidad de fibra que contiene. Además, es una fruta con pocas calorías aunque con un alto contenido en potasio. En su composición también contiene beta-caroteno que es un antioxidante (Tabla I.3). Entre los beneficios que contiene, podemos destacar la vitamina A, que como sabemos ayuda a las personas que sufren de sequedad en las mucosas y en la piel. También cuenta con vitamina E, una sustancia sumamente antioxidante y protectora que ayuda a prevenir el cáncer y la aparición de enfermedades cardiovasculares. El melón se cultiva prácticamente en todos los lugares del mundo que posean un clima cálido. Los principales productores mundiales son China, Irán y España. El melón constituye una de las frutas más consumidas ya que ocupa el cuarto lugar entre las frutas consumidas en todo el mundo.

Tabla I. 7: Información nutricional para 100 gramos de producto

<b>Energía</b>	52,43 kcal
<b>Proteínas</b>	0,60 g
<b>Grasa</b>	0,10 g
<b>Hidratos de carbono</b>	13,10 g
<b>Colesterol</b>	0,00 mg
<b>Fibra</b>	0,75 g
<b>Vitamina B1</b>	0,05 mg
<b>Vitamina B2</b>	0,01
<b>Vitamina B6</b>	0,06 mg
<b>Vitamina B12</b>	0,00 µg
<b>Vitamina C</b>	32,10 mg
<b>Ácido fólico</b>	2,70 µg
<b>Vitamina B3</b>	0,58 mg
<b>Vitamina A</b>	3 µg

El principal país productor de melón es China, con 11.333.747 toneladas de melón producidas en el año 2010, seguido por Irán, Turquía, Egipto, Estados Unidos, India y Brasil. España ocupa el séptimo lugar en la lista de productores de melón del año 2010, según datos oficiales de la FAO, con una producción total de 926.700 toneladas (FAO, 2012).

Según el anuario de estadística del año 2010 del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, las comunidades autónomas con mayor producción de melón en el año 2009 fueron Castilla la Mancha, seguida de Andalucía, Región de Murcia y Extremadura, ocupando la Comunidad Valenciana el quinto lugar (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012).

La gran producción de melón, sus características nutricionales, junto con el tamaño que tienen algunas de sus variedades como es la de "Piel de Sapo", plantea la diversificación de este



producto en otras formas comerciales que faciliten el consumo y se adapten a las nuevas unidades familiares.

### **I.3.Productos procesados en fresco (4ª gama)**

Los hábitos de alimentación humana han cambiado mucho en las dos últimas décadas. El actual ritmo de vida, con escaso tiempo para preparar comidas equilibradas, ha provocado la demanda de productos vegetales naturales, frescos, saludables y listos para su consumo, como son los mínimamente procesados en fresco (MPF), denominados comercialmente Productos de Cuarta gama. Así, la oferta de productos MPF ha aumentado notablemente en los países industrializados, siendo muy competitivos y aportando nuevos productos y desarrollando nuevas tecnologías emergentes y sostenibles para garantizar la calidad sensorial y nutritiva y la seguridad alimentaria.

Los productos mínimamente procesados, también llamadas listos para usar, productos frescos cortados o productos IV de gama, son frutas, verduras y hortalizas frescas que han sido lavadas, peladas, cortadas en rodajas, picadas o cortadas en tiras, antes de ser envasadas para su consumo (Barry-Ryan y O'Beirne, 1998; Degl'Innocenti et al. 2007). Dado que la principal característica de un producto de cuarta gama es conservar las características de alimento fresco, sólo se permite la aplicación de un número reducido de tratamientos, tales como lavado, troceado y envasado. Sin embargo, el principal problema que conlleva este tipo de productos, es el rápido deterioro comparado con el de la pieza intacta. Los cambios en la textura y la apariencia de los productos frescos cortados son dos factores fundamentales que van a determinar su aceptabilidad (Toivonen y Brummel, 2008). De igual importancia es evitar el desarrollo de aromas y sabores extraños, así como asegurar la estabilidad microbiológica de los mismos.

Por tanto, para obtener productos de calidad, seguros y con un alto valor nutricional, las industrias necesitan implementar estrategias de mejora, introduciendo o combinando técnicas, especialmente en los procedimientos estándar de sanidad (Artés et al., 2009).

Las técnicas más empleadas para alargar la vida útil de los productos de 4ª gama son la conservación a bajas temperaturas y el uso de atmósferas modificadas. Este tipo de productos no pueden ser sometidos a tratamientos térmicos ni incorporar ningún tipo de aditivo ni conservante. Exigen como requisito básico el mantenimiento de la cadena de frío para su perfecta conservación y tiene una fecha de caducidad que ronda de los 7 a los 10 días, pasada esta fecha de caducidad no es recomendable su consumo ([www.fehrcarem.es/los-productos-de-cuarta-gama-una-tendencia-al-alza](http://www.fehrcarem.es/los-productos-de-cuarta-gama-una-tendencia-al-alza)).

Los productos hortofrutícolas de cuarta gama ofrecen diversas ventajas al consumidor como son: reducción del tiempo de preparación de las comidas, calidad uniforme y constante, facilidad de acceso a productos saludables, facilidad de almacenamiento ya que requieren menos espacio, reducción del manejo y de las pérdidas. En la cuarta gama los consumidores encuentran un producto de conveniencia, con buen sabor y saludable. Es por ello que el cuidado en el procesado de frutas y hortalizas frescas para mantener un buen aspecto, aroma y sabor es un punto especialmente importante.

#### **I.3.1.Respiración de los productos cortados**

El metabolismo respiratorio permite la producción de energía necesaria para los procesos bioquímicos de las plantas. La respiración aerobia implica la oxidación de estas reservas orgánicas (carbohidratos, lípidos y ácidos orgánicos) a otras más simples, la formación de agua y CO<sub>2</sub> así como la liberación de energía (Fonseca et al., 2002). La respiración está relacionada con la producción de energía y de moléculas intermedias que permiten el mantenimiento de

múltiples reacciones anabólicas intermedias que son esenciales para el mantenimiento de la organización celular e integridad de las membranas de las células vivas. Además el proceso global de la respiración aeróbica implica la regeneración de trifosfato de adenosina (ATP) a partir de difosfato de adenosina (ADP) y fosfato inorgánico (Pi) (Salveit, 2002).

La glicólisis, el ciclo de los ácidos tricarbónicos, y el sistema de la cadena de transporte de electrones son rutas de la respiración aeróbica (Fonseca et al., 2002).

La respiración metabólica postcosecha de los productos frescos depende de la temperatura de almacenamiento así como de la composición de gases y etileno.

La intensidad respiratoria aumenta con el procesado de la fruta. El estrés físico estimula la intensidad respiratoria de los productos frescos. Watada et al. (1996) compararon las tasas respiratorias de los productos intactos y recién cortados de varias frutas y verduras, a diferentes temperaturas. Las tasas de respiración obtenidas en los productos frescos cortados fueron en general mayores a las de las piezas intactas y además se incrementaron con la temperatura.

Por otro lado, daños en las células y tejidos inducen una elevada tasa de producción de etileno, lo que podría estimular la respiración y consecuentemente acelerar el deterioro y la senescencia y promover la maduración de las frutas climatéricas (Brenct, 1995). Además, existe en general una relación inversa entre las tasas respiratorias y la vida postcosecha de los productos. A mayor tasa de respiración, más perecedero es el producto y por tanto, una vida postcosecha menor (Kader y Saltveit, 2002).

Por tanto, el conocimiento de la pauta respiratoria de los productos hortofrutícolas en función de los procesos a los que hayan sido sometidos, será de gran ayuda para elegir las condiciones de almacenamiento, envasado y distribución adecuadas para prolongar la vida útil.

El envasado en atmósfera modificada (MAP) es una de las técnicas más utilizadas en la conservación de los productos mínimamente procesados. Se define como el envasado en un material polimérico donde se modifican las concentraciones de gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) dentro del envase. Las frutas y hortalizas frescas continúan respirando después de ser recolectadas y esta respiración se ve incrementada por las operaciones de pelado y cortado. En consecuencia, cualquier envasado debe tener en cuenta esta actividad respiratoria.

Este tipo de envasado implica cambios gaseosos en el espacio de cabeza del envase durante el almacenamiento, debido a la respiración del producto y la permeabilidad del envase a los gases. El MAP reduce la tasa de respiración y la producción de etileno, retrasa el ablandamiento y los cambios que se producen en el producto, ya que crea y mantiene una microatmósfera óptima en el interior del envase (Lee et al, 1991). Este tipo de envasado difiere de la atmósfera controlada (AC), ya que en la primera no se produce un control externo en la concentración de gases que rodea al producto sino que depende del equilibrio dinámico entre el metabolismo del fruto y la permeabilidad del envase (Romojaro et al., 1996).

Factores que influyen en la atmósfera de equilibrio son la intensidad respiratoria del fruto (existen variaciones entre especies, variedades y el estado de madurez), temperatura (la intensidad respiratoria aumenta en función directa con la temperatura) y la permeabilidad del film (Romojaro et al., 1996).

El crecimiento microbiano en los alimentos depende tanto de factores intrínsecos del propio alimento como extrínsecos asociados con el ambiente de almacenamiento. La temperatura y la composición gaseosa asociados con el ambiente de almacenamiento. La temperatura y la composición gaseosa del ambiente son dos factores extrínsecos muy importantes que pueden ser controlados con el MAP para retrasar el deterioro y aumentar la vida útil (Parry, 1993).

El envasado en atmósfera modificada es un proceso dinámico en el que el envase cerrado y el producto envasado interactúan entre sí haciendo que la atmósfera gaseosa interna alcance un

equilibrio adecuado que reduzca la velocidad de respiración, la sensibilidad al etileno y la pérdida de humedad, así como el incremento en el tiempo en el desarrollo de microorganismos. Con el envasado en atmósferas modificadas de vegetales se pretende crear un equilibrio dinámico entre el metabolismo del fruto y la permeabilidad del film utilizado.

Mediante el envasado de los alimentos en atmósfera modificada, es posible mantener la máxima calidad y ampliar la conservación de los productos ya que:

- ☒ Se disminuye la intensidad de respiración retrasando la maduración.
- ☒ Se disminuye la producción y sensibilidad al etileno.
- ☒ Se reduce la actividad metabólica de los vegetales.
- ☒ Estabilización del color ya que se minimizan la degradación de la clorofila y los pardeamientos enzimáticos.
- ☒ Se preserva el contenido vitamínico y el contenido de azúcares.
- ☒ Se disminuyen los daños por frío

## **OBJETIVOS**

### **II.1. Objetivo**

El objetivo del presente trabajo se enmarca en un convenio de colaboración con el Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo (IUIAD).

Entre las frutas objeto de estudio se encuentra la sandía, la piña y el melón. Se ha planteado la comercialización de estas tres frutas, además de como fruta entera, en formatos de menor tamaño (fruta pelada y troceada y medias piezas en el caso del melón y la piña y cuartos de pieza en el caso de la sandía). Para este tipo de formatos debe recurrir al envasado en atmósfera modificada, sin embargo, sus experiencias en este tipo de envasado no han sido totalmente exitosas por la falta de estudios preliminares sobre la actividad metabólica de las mismas y las condiciones óptimas de equilibrio en el envase.

Por este motivo, se plantea el siguiente trabajo con el objetivo de evaluar la actividad metabólica de estas tres frutas (piña, melón y sandía) en función de la temperatura de almacenamiento y el nivel de cortado para optimizar las condiciones de envasado en atmósfera modificada.

### **II.2. Plan de trabajo**

Para llevar a cabo el objetivo del trabajo se plantea el siguiente plan de trabajo:

1. Estudio preliminar del envasado que actualmente lleva a cabo la empresa
  - a. Envasado de la fruta en las condiciones iniciales
  - b. Análisis de la evolución de la atmósfera en el interior del envase en las condiciones de almacenamiento habituales en los lineales de los puntos de venta (8°C)
  - c. Identificación de posibles problemas en el envasado
  
2. Análisis de tasas respiratorias de las frutas en función de la temperatura de almacenamiento (4, 8 y 27°C) y el nivel de corte (troceado y medias piezas o cuartos)
  
3. Cálculo de envases microperforados adecuados para cada fruta y condiciones de almacenamiento
  
4. Pruebas preliminares del envasado de fruta en los materiales optimizados

## **MATERIALES Y METODOS**

### **III.1.Materia prima**

La materia prima utilizada en el trabajo fue:

- Piña (*Ananas Comosus*) de la variedad Gold Extra Sweet, procedente de Costa Rica.
- Melón (*Cucumin melo L.*) de la variedad Piel de Sapo con origen en España.
- Sandía (*Citrullus lanatus*) de variedades triploides con origen en España.

Todas las piezas de frutas enteras antes de ser procesadas se almacenaron en refrigeración a 4 o 8º C.

### **III.2.Preparación de la muestra**

Las piezas de fruta fueron cortadas según la experiencia que se iba a realizar.

- Fruta cortada: la fruta se cortó en porciones longitudinales y se peló en todos los casos. De las porciones se obtuvieron trozos de fruta de aproximadamente 2 cm.
- Medias piezas: el melón y la piña, sin pelar, se cortó longitudinalmente en dos mitades.
- Cuartos de pieza: la sandía, sin pelar, se cortó longitudinalmente en cuatro piezas.

### **III.3.Determinación de las tasas respiratorias**

Se eligió un sistema estático para determinar la tasa respiratoria de la fruta.

En este caso la tasa respiratoria se determina colocando el producto en un recipiente impermeable (bote de vidrio). Se utilizaron diferentes recipientes dependiendo del tamaño de muestra. Para fruta troceada se utilizaron envases de vidrio de 1000 mL, para las medias piezas de melón y cuartos de sandía de 4500 mL y para las medias piezas de piña de 3000 mL. Todos los botes se cerraron herméticamente y se mantuvieron a las diferentes temperaturas del ensayo (4, 8 y 27ºC).

En la tapa de los recipientes de vidrio se colocó un septum a través del cual se evaluaron los cambios en la composición de la atmósfera interna. Diariamente se analizó el contenido en O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> con un analizador de gases (CheckMate II PBI Dansensor, Ringsted, Dinamarca).

Los análisis se llevaron a cabo durante un tiempo suficiente para que la concentración de O<sub>2</sub> en el espacio de cabeza fuera cercana al 0%. Así, para la temperatura de 4ºC, los análisis se llevaron a cabo diariamente hasta un total de 31 días, a 8ºC un total de 12 días y a 27ºC un total de 3 días.

Las medidas se efectuaron por triplicado para cada tratamiento.

### **III.4.Envasado de la fruta**

La fruta se envasó en recipientes de material polimérico (polipropileno). Los formatos de estos envases fueron:

- Barquetas rectangulares de 16x13x4,6 cm con un volumen total de 540 mL. En estas barquetas se pesaron 250 g de fruta troceada.
- Barquetas redondas de 16,5 cm de diámetro y una altura de 7 cm, con un volumen total de 1030 mL donde se introdujeron 500 g de fruta troceada.
- Barquetas rectangulares de 26x16x8,1 cm con un volumen de 2118 mL donde se colocaron las medias piezas de melón y piña con aproximadamente 1000 g de peso.
- Barquetas rectangulares de 26x16x9,9 cm con un volumen de 2548 mL para los cuartos de sandía de aproximadamente 700 g.

De todos los formatos se envasaron tres barquetas por cada fruta con el fin de disponer de datos por triplicado.

### **III.5.Determinación de la evolución de gases en el espacio de cabeza de los envases**

La fruta fue cortada a temperatura de 8ºC y envasada en los diferentes formatos anteriormente comentados con una mezcla de gases conteniendo 8% de O<sub>2</sub>, 8% de CO<sub>2</sub> y 84%

de N2. Inmediatamente después de ser envasada se trajo al laboratorio en contenedores termostatados. En el IUIAD se colocó un septum en cada uno de los envases y se mantuvieron a 8°C. Diariamente se determinó la concentración de gases en el interior de los envases utilizando un medidor de gases CheckMate II PBI Dansensor (Ringsted, Dinamarca).

### **III.6. Caracterización de la materia prima**

#### **III.6.1. Sólidos solubles**

Para determinar el contenido de sólidos solubles de la fracción líquida del producto se realizó previamente una homogenización de la muestra en un "Ultraturax" modelo T 25. A continuación se determinaron los °Brix de la fase líquida con ayuda de una pipeta Pasteur de punta capilar para cada muestra, empleando un refractómetro "Abbe Atago 89553" de "Zeis", termostatado a 20 °C.

#### **III.6.2. pH**

Se determinó directamente sobre la muestra triturada y homogeneizada con un pH-metro (Seven Easy, Mettler Toledo), con electrodo de contacto. Previamente el equipo fue calibrado con soluciones tampón de pH 7,00 y 4,00 a una temperatura de 25 °C.

#### **III.6.3. Acidez total titulable**

El contenido en ácidos de la fruta se analizó por valoración utilizando un valorador automático Metrohm Titrator. El fundamento de este equipo es la neutralización de los ácidos por medio de una solución valorada, 0,1 N de NaOH. La medida se realiza mediante un electrodo de contacto. Los resultados se expresaron como g de ácido cítrico/100 g fruta.

#### **III.6.4. Humedad**

Para la determinación de la humedad se siguió una adaptación del método 934.06 (AOAC, 2000) para frutas ricas en azúcar. Este método se basa en la determinación de la pérdida de peso de una muestra cuando se coloca en una estufa de vacío a una temperatura constante de 60 °C y a una presión de 10 mmHg, permaneciendo hasta alcanzar un peso constante.

La variación de peso, antes y después del secado en estufa, referida al peso inicial de la muestra proporciona la humedad de la misma (g agua/g muestra)

#### **III.6.5. Actividad de agua**

Las determinaciones de actividad del agua ( $a_w$ ) se realizaron a 25°C en un higrómetro de punto de rocío (Fast-lab, GBX, Francia) de precisión  $\pm 0,003$ , previamente calibrado con disoluciones salinas saturadas.. Este análisis se determinó sobre las muestras trituradas y homegeneizadas en un "Ultraturax" modelo T 25.

## RESULTADOS

### IV.1. Análisis preliminar del problema

Tal y como se ha comentado en el apartado Objetivos, se ha empezado a comercializar las tres frutas objeto de este trabajo en atmósfera modificada en diversos formatos (barquetas de fruta troceada de 250 y 500 g y barquetas con medias piezas o un cuarto de pieza en el caso de la sandía). El objetivo es que la fruta fresca tenga una vida útil de 6 días, lo que en principio se está consiguiendo, pues organolépticamente el producto mantiene todas sus propiedades. Sin embargo, en algunos casos, se observa un abombamiento del envase, lo que se traduce en devoluciones del producto y por tanto en pérdidas económicas y de fidelidad que deben ser evitadas. Por este motivo, el primer objetivo de este trabajo fue analizar las barquetas que se están confeccionando hasta este momento para detectar las posibles causas del abombamiento.

Para ello se analizaron los cambios en la atmósfera interna del envase con el tiempo en fruta troceada y envasada en dos tipos de formatos (barquetas de 250 g y barquetas de 500 g). La fruta se mantuvo a 8°C pues es la temperatura a la que habitualmente se mantiene este tipo de productos en los lineales de los puntos de venta.

En las figuras IV.1 y IV.2 se muestra la evolución de la atmósfera del espacio de cabeza de estos productos.

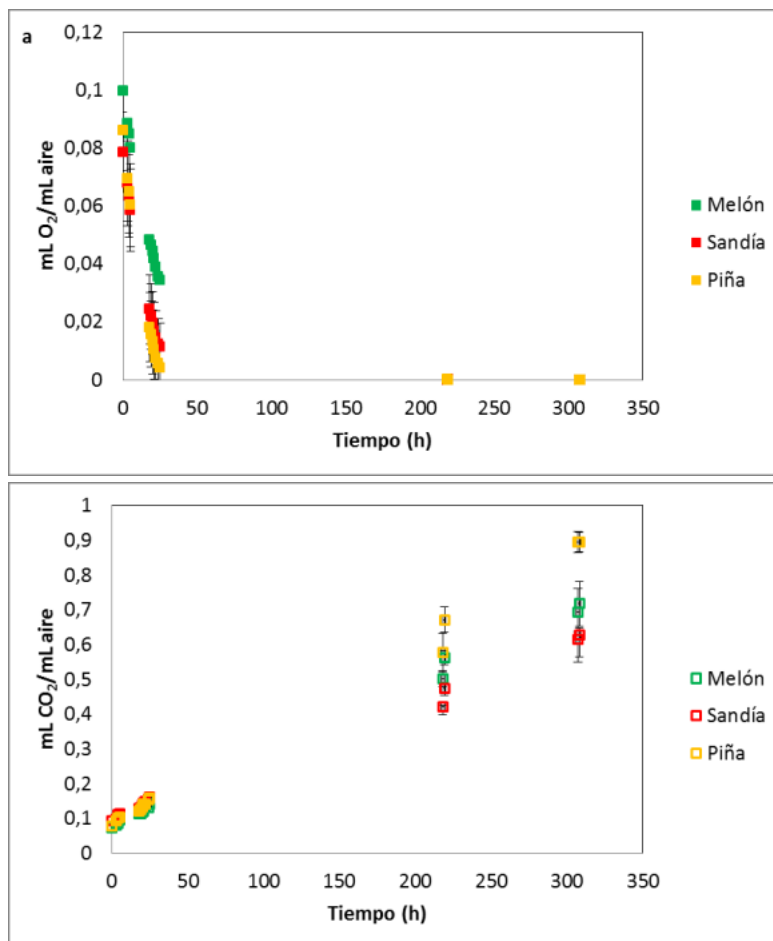


Figura IV.1: Evolución de la fracción volumétrica de O<sub>2</sub> (a) y CO<sub>2</sub> (b) en el espacio de cabeza de barquetas conteniendo 250 g de producto.

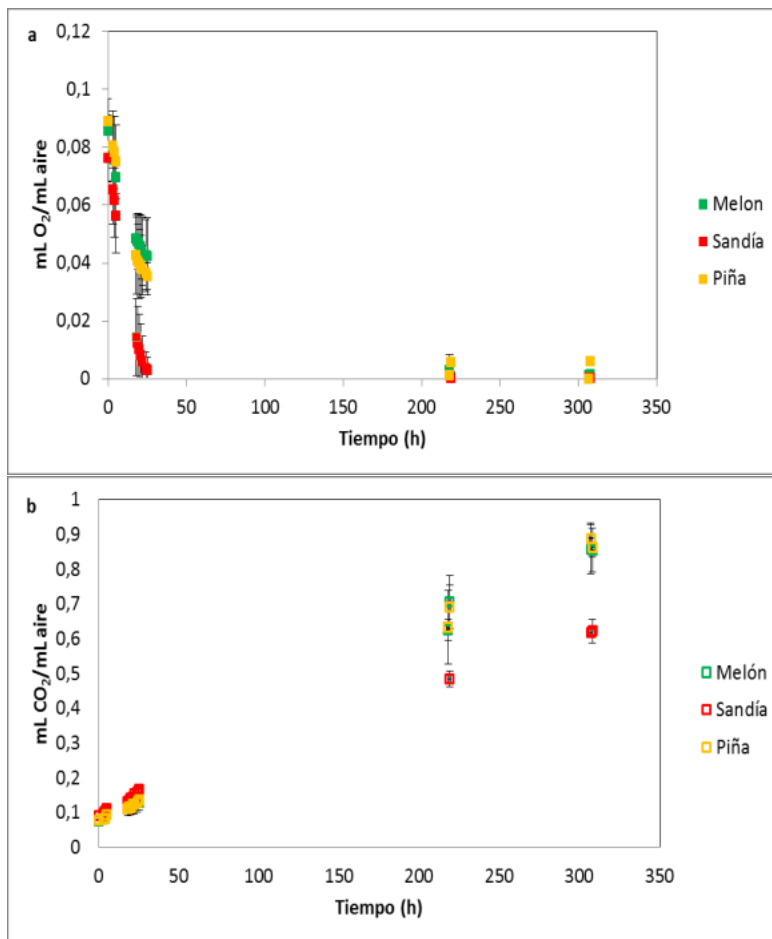


Figura IV.2: Evolución de la fracción volumétrica de O<sub>2</sub> (a) y CO<sub>2</sub> (b) en el espacio de cabeza de barquetas conteniendo 500 g de producto.

Como puede observarse, en ambos casos y para las tres frutas, el envasado inicial del producto se lleva a cabo con una mezcla de gases de entre un 8-10% de O<sub>2</sub> y un 10% de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, en ningún caso se alcanza una atmósfera de equilibrio en el envase (concentración de gases constante), disminuyendo la concentración de O<sub>2</sub> y aumentando la concentración de CO<sub>2</sub>. Así, a partir del 4º-5º día de envasado, la concentración de O<sub>2</sub> está muy próxima al 0%, lo que se traducirá en un cambio en las rutas metabólicas de respiración de la fruta, pasando a respiraciones anaerobias (rutas fermentativas) con el consiguiente desarrollo de sabores y olores desagradables. Al mismo tiempo, la concentración de CO<sub>2</sub> aumenta de forma importante, por encima del 30% a partir del 4º-5º día de envasado. Esta acumulación de CO<sub>2</sub> en el interior puede afectar al metabolismo respiratorio, pues altas concentraciones de este gas resultan tóxicas a nivel celular y al mismo tiempo provocan el abombamiento del envase. Como conclusión a este estudio preliminar se detecta que el envasado que se está realizando actualmente no es suficientemente permeable a los gases por lo que se plantea el trabajo siguiente con el objetivo de seleccionar un material de envasado con la permeabilidad adecuada al O<sub>2</sub> y al CO<sub>2</sub> que permita llegar a una atmósfera de equilibrio que mantenga las propiedades organolépticas y sensoriales del producto.

#### IV.2. Determinación de tasas respiratorias

Teniendo en cuenta que la fruta se va a envasar en atmósfera modificada (MAP) es importante tener en cuenta que la atmósfera interna en el envase va a depender tanto de la actividad metabólica de la misma (consumo de O<sub>2</sub> y emisión de CO<sub>2</sub>) como de la permeabilidad selectiva del material a ambos gases. La atmósfera en el espacio de cabeza es modificada por



el consumo y producción de gases del producto y por la salida y entrada de gases a través del film. Por tanto, el conocimiento del consumo de O<sub>2</sub> y de la producción de CO<sub>2</sub> de la fruta a envasar resulta imprescindible para diseñar un buen envase.

Para determinar las tasas respiratorias de las distintas frutas estudiadas se utilizó un método estático, tal y como se ha comentado en el apartado Materiales y Métodos.

Toda la materia prima empleada en los ensayos fue caracterizada antes de ser envasada en los frascos de vidrio. Tal y como se muestra en la tabla IV.1, todas las piezas utilizadas tenían características muy semejantes, por lo que, sobre todo en el caso de las medias piezas se eliminaba la variable de heterogeneidad de la materia prima en las diferentes repeticiones. En los ensayos con fruta troceada en cada repetición se mezcló fruta de diferentes piezas.

Tabla IV.8: Fracción másica de agua (xw), actividad de agua, Brix, acidez y densidad de la fruta

Producto	xw (g agua/g fruta) q	aw	Brix	Acidez (g cítrico/100 g fruta)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Melón	0,895±0,005	0,9890±0,0013	9,90±0,14	1,29±0,02	1,003±0,015
Sandía	0,897±0,014	0,9852±0,0004	9,20±0,00	0,86±0,01	0,99±0,05
Piña	0,860±0,005	0,9842±0,0011	13,2±0,0	8,18±0,02	0,99±0,02

En la figura IV.3 se muestra un ejemplo de la evolución con el tiempo de la concentración de gases en el espacio de cabeza en los envases impermeables. En la mayoría de los casos (todos excepto en el caso del melón y la piña troceados a 4°C), se observa un comportamiento metabólico donde la velocidad de consumo de O<sub>2</sub> se mantiene constante con el tiempo. De igual forma, la velocidad de emisión de CO<sub>2</sub> es constante con el tiempo.

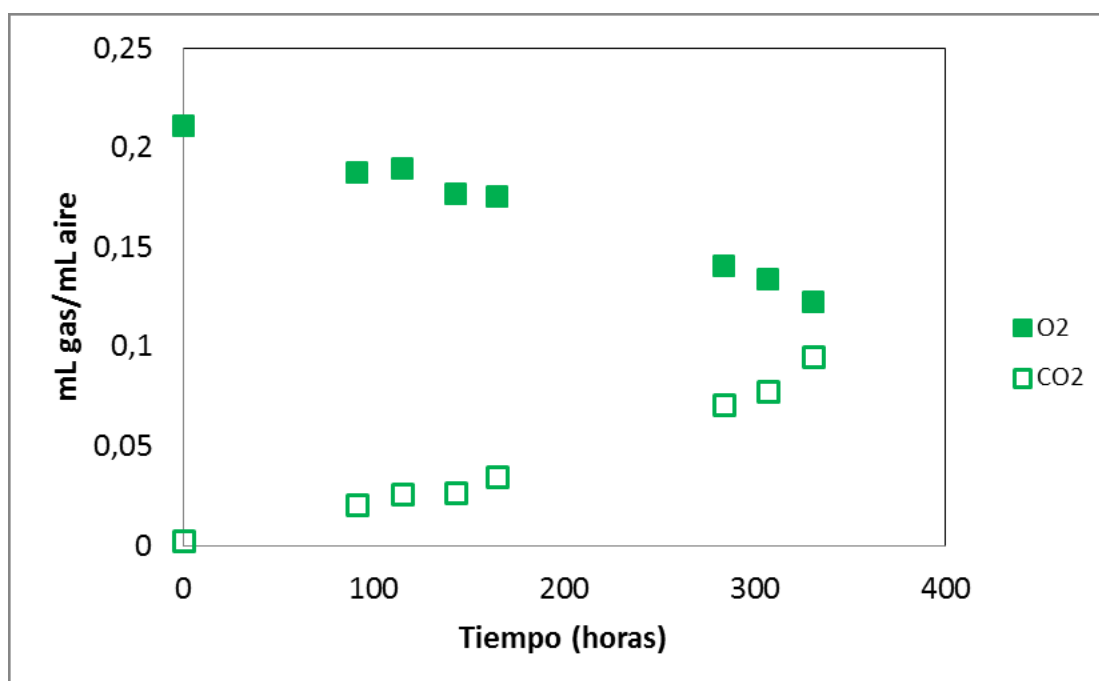


Figura IV.3: Evolución de gases en el espacio de cabeza en media pieza de melón almacenado a 8°C

Tanto la emisión de CO<sub>2</sub> como el consumo de O<sub>2</sub> pueden ser utilizados para determinar la tasa de respiración de las plantas (Azcón-Bieto y Talón, 2000). La tasa respiratoria se define como la cantidad de anhídrido carbónico emitido y de oxígeno consumido por kg de fruta y por hora (Fonseca, et al., 2002).

Conociendo la variación con el tiempo de la concentración de gas en el espacio de cabeza puede calcularse la tasa respiratoria, TR<sub>i</sub> (mL i/kg h) según la ecuación IV.1 (Kays, 1991) :

$$TR_i = d[G_i]/dt \cdot V_a M \text{ Ec. IV.1}$$

siendo:

$d[G_i]/dt$ : variación de la concentración del gas *i* (O<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub>) en un tiempo *t* (mL i/mL aire h)

M: masa de la muestra (kg)

V<sub>a</sub>: volumen de aire en el espacio de cabeza del frasco de vidrio (mL aire)

Si la TR no varía con el tiempo y por tanto con la concentración de gases en el espacio de cabeza, ésta puede calcularse aplicando la ecuación IV.1, siendo  $d[GO_2]/dt$  y  $d[GCO_2]/dt$ , la pendiente del ajuste lineal de la variación de la concentración del gas (O<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub>) con el tiempo.

La tabla IV.2 muestra las tasas respiratorias calculadas a partir de este modelo para las frutas analizadas a diferentes temperaturas, así como el coeficiente respiratorio (CR), definido como el cociente entre el CO<sub>2</sub> emitido y el O<sub>2</sub> consumido.

Tabla IV.9. Tasas respiratorias de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> y coeficiente respiratorio para diferentes frutas y temperaturas de almacenamiento

Producto	T (°C)	TR O <sub>2</sub> (mL O <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	TR CO <sub>2</sub> (mL CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	CR
Piña 1/2	4	1,0 ± 0,9	1,1 ± 0,9	1,06
	8	0,53 ± 0,05	0,79 ± 0,08	1,50
	27	40 ± 15	60 ± 22	1,5
Piña troceada	4	0,74 ± 0,15	0,74 ± 0,15	1,0
	8	2,0 ± 0,2	2,3 ± 0,4	1,15
	27	18,2 ± 0,9	22,3 ± 0,7	1,23
Sandía 1/4	4	1,5 ± 0,5	1,3 ± 0,5	0,86
	8	1,87 ± 0,15	1,87 ± 0,15	1
	27	26 ± 2	20 ± 4	0,75
Sandía troceada	4	-	-	-
	8	2,24 ± 0,04	2,56 ± 0,04	1,14
	27	28,5 ± 1,5	30,4 ± 1,3	1,07
Melón 1/2	4	-	-	-
	8	5 ± 2	5 ± 2	1,00
	27	28 ± 2	28 ± 3	0,98
Melón troceado	4	-	-	-
	8	1,5 ± 0,3	1,50 ± 0,25	1
	27	17,8 ± 1,4	19,5 ± 1,5	1,09

Se realizó un análisis de la varianza para determinar el efecto de la temperatura y del tipo de corte sobre las tasas respiratorias calculadas. En todos los casos existe una diferencia significativa ( $p < 0,001$ ) por efecto de la temperatura de almacenamiento, siendo las tasas

respiratorias tanto para el O<sub>2</sub> como para el CO<sub>2</sub> superiores a 27°C. Entre 4 y 8°C no se observan diferencias significativas.

Excepto en el caso de la piña a 4°C, el tipo de corte tuvo un efecto significativo ( $p < 0,001$ ) sobre la tasa respiratoria, aumentando esta con el grado de cortado. El corte parece producir un estrés a la fruta que se traduce en un aumento en la emisión de CO<sub>2</sub> y consumo de O<sub>2</sub>. En el melón, las TR en términos de O<sub>2</sub> para medias piezas de melón son mayores que para el melón troceado. Este comportamiento no es habitual en frutas, donde a mayores niveles de corte aumentan las tasas respiratorias. Probablemente, en este caso, la presencia de la piel en las medias piezas esté contribuyendo al aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> y a la disminución de O<sub>2</sub> en el espacio de cabeza por su propia respiración.

El cociente respiratorio (CR) es una herramienta para determinar la naturaleza del sustrato utilizado en la respiración. Los resultados obtenidos en todos los casos muestran un CR cercano a la unidad, lo que indica que se está utilizando como sustrato carbohidratos. Coeficientes respiratorios mayores de 1,7 indicarían respiraciones anaeróbicas pues el metabolismo fermentativo implica la descarboxilación del piruvato con formación de CO<sub>2</sub> sin consumo de O<sub>2</sub>.

Como puede observarse, la temperatura es uno de los factores externos que más influencia tiene sobre las tasas respiratorias de frutas. Así, es conocido que la velocidad de las reacciones biológicas generalmente aumenta dos o tres veces cuando la temperatura aumenta 10°C. En las frutas estudiadas, incrementos en la temperatura generan incrementos exponenciales de la respiración. Por esta razón, la modelización de tipo Arrhenius se suele ajustar bien al comportamiento de las frutas almacenadas a distintas temperaturas (Fonseca et al., 2002). Por este motivo, la relación de la tasa respiratoria con la temperatura se estimó a través del modelo de Arrhenius (ecuación IV.2):

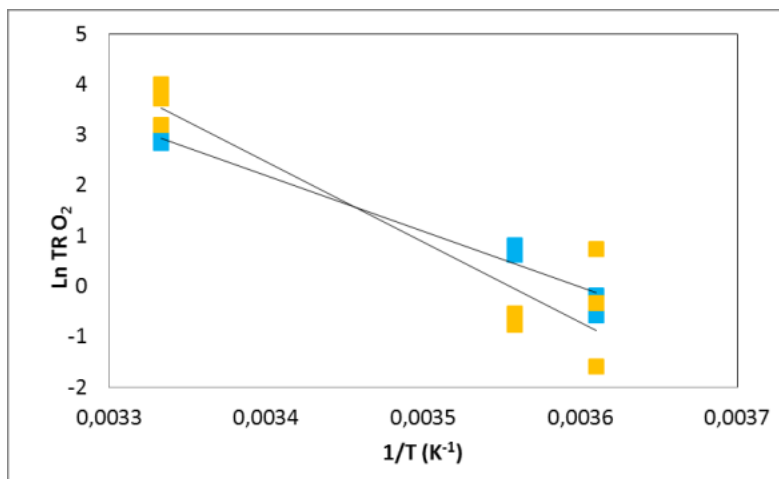
$$TR = Ae^{-E_a/RT} \text{ Ec. IV.2}$$

donde: A es el factor preexponencial o factor de frecuencia, E<sub>a</sub> es la energía de activación, R es la constante de los gases ideales y T es la temperatura absoluta en grados kelvin.

Esta ecuación IV.2 se puede transformar en su forma linealizada, obteniendo la siguiente ecuación IV.3:

$$\ln TR = \ln A - E_a/R \cdot 1/T \text{ Ec. IV.3}$$

A partir de esta ecuación linealizada, se determinó la constante A y la energía de activación para las frutas y tipos de corte en las cuales se disponía de valores de TR a las tres temperaturas (Figuras IV.4 y IV.5).



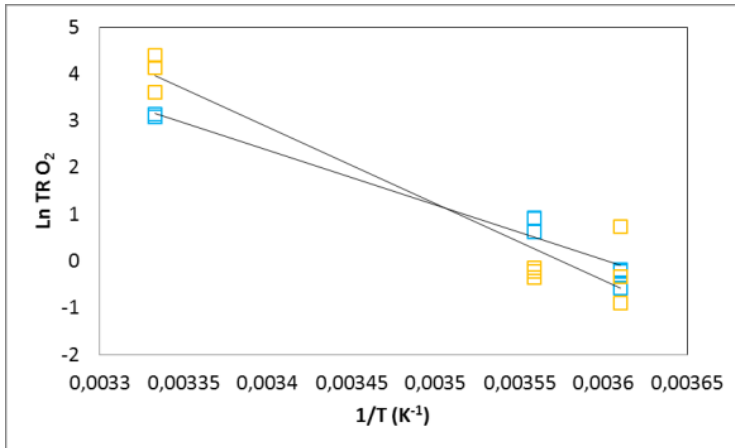


Figura IV.4. Ajustes de Arrhenius para un media piña ( ) y piña troceada ( )

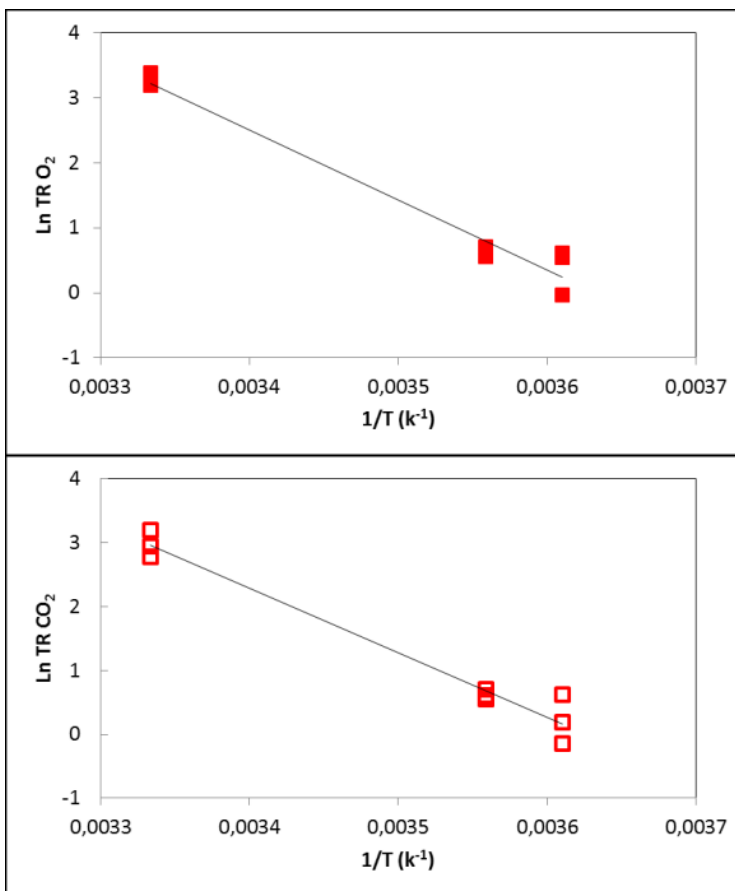


Figura IV.5. Ajustes de Arrhenius para un cuarto de sandía

Tabla IV.10. Valores de la energía de activación, la constante preexponencial y coeficiente de correlación obtenidos de la ecuación de Arrhenius.

Producto	TRO2			TRCO2		
	Ea (kJ·mol <sup>-1</sup> )	A (mL·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	R2	EA	R2	
Piña troceada	92105	2E+17	0,97	97185	1,97E+18	0,96
Piña 1/4	132297,14	3,7E+24	0.87	136188,2	2,71E+25	0.92
Sandia 1/4	89794	1,1E+17	0,97	83924	7,9E+15	0,97

En el caso del melón troceado almacenado a 4°C se observó un comportamiento respiratorio diferente de los anteriores casos (Figura IV.6). Como puede observarse, a tiempos largos se observa un aumento muy importante en la velocidad de consumo de O<sub>2</sub> y de emisión de CO<sub>2</sub>. Este comportamiento, en principio, puede parecer anómalo dado la baja concentración de O<sub>2</sub> y la alta concentración de CO<sub>2</sub> en el espacio de cabeza, pues muchas frutas descienden su tasa respiratoria como consecuencia de estos cambios en las concentraciones de gases disponibles. Sin embargo, teniendo en cuenta el tiempo largo del análisis (más de 30 días), este cambio en las tasas respiratorias pueden ser atribuidos a comienzo de procesos fermentativos y/o desarrollo de microorganismos. De hecho, las muestras de melón con más de 30 días de almacenamiento presentaban un intenso olor a acetaldehído y etanol y mostraban síntomas de infección microbiana. Varios autores (Artes et al., 2007; Conte et al., 2009) afirman que uno de los mayores problemas del melón MAP es el desarrollo microbiano. Burdeos et al. (2009) observaron cambios en la tasa respiratoria de melón piel de sapo troceado cuando el O<sub>2</sub> en el espacio de cabeza se mantiene por debajo de 10-15% y el CO<sub>2</sub> por encima de 5-12%.

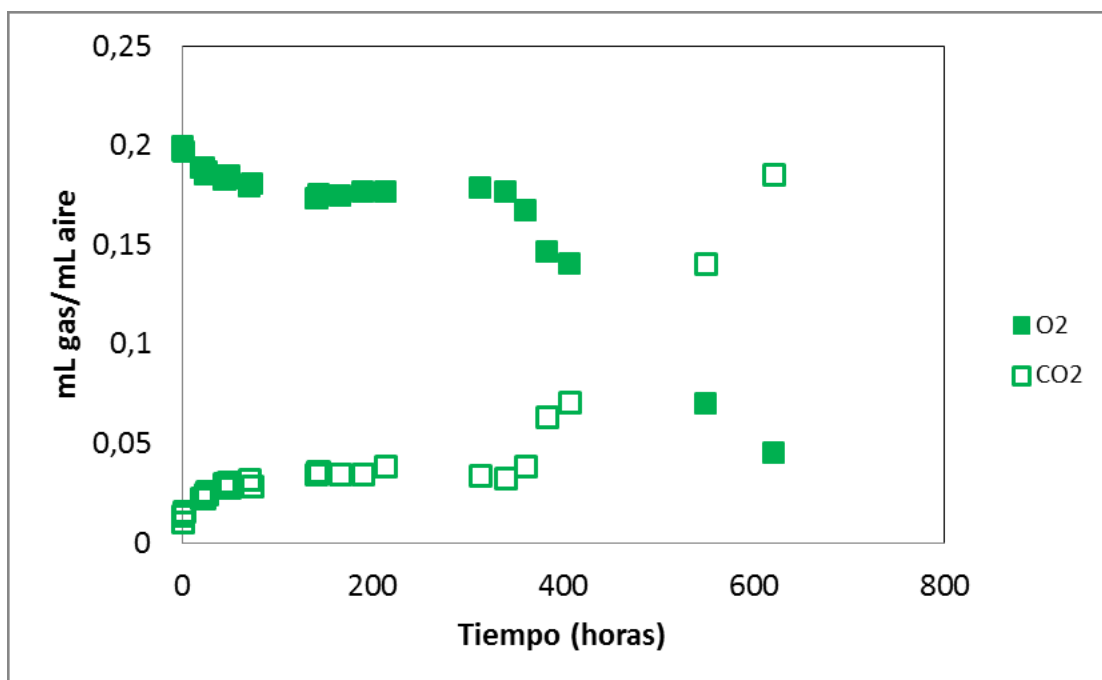


Figura IV.6. Evolución de gases en el espacio de cabeza en melón troceado almacenado a 4°C

Por este motivo, se descartaron los puntos analizados a partir de las 339 horas (15 días). Aun así, el comportamiento metabólico de esta fruta a esta temperatura difiere del resto de muestras, de igual forma que la sandía troceada. Puede observarse (Fig IV.6 y IV.7) que la velocidad de consumo de O<sub>2</sub> y de emisión de CO<sub>2</sub> desciende con el tiempo. Este cambio brusco en la tasa respiratoria que se observa a tiempos cortos podría atribuirse, no especialmente a la influencia de la concentración de gas, sino más bien al estrés generado por el corte. Este hecho ha sido observado también por otros autores y otras frutas (Aguayo 2009).

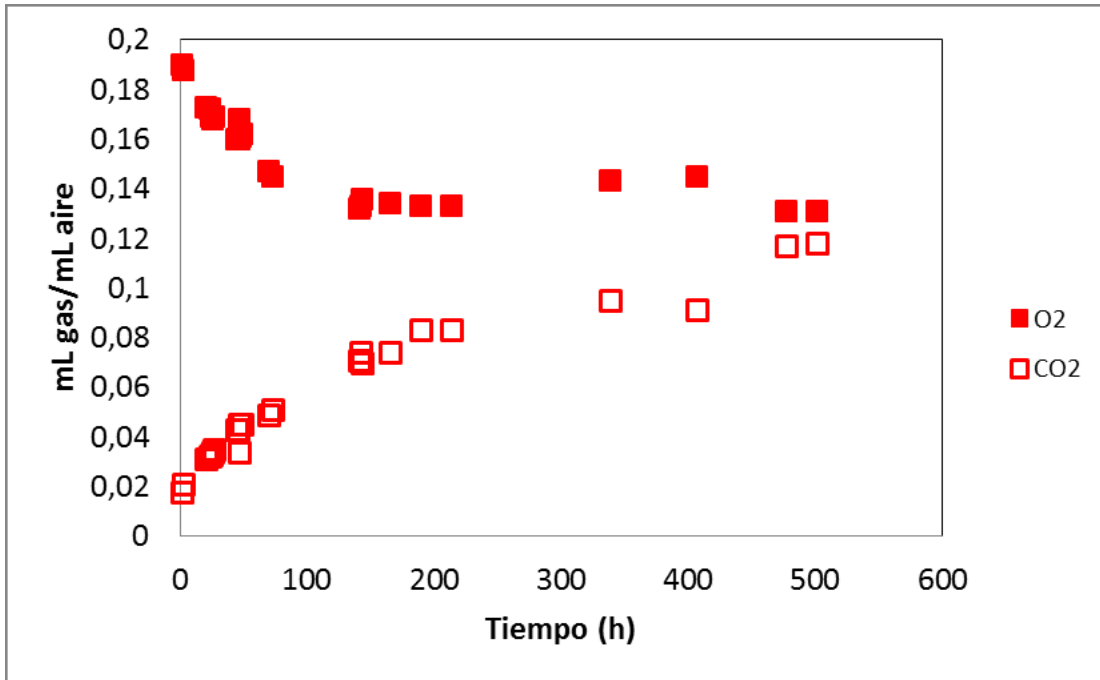
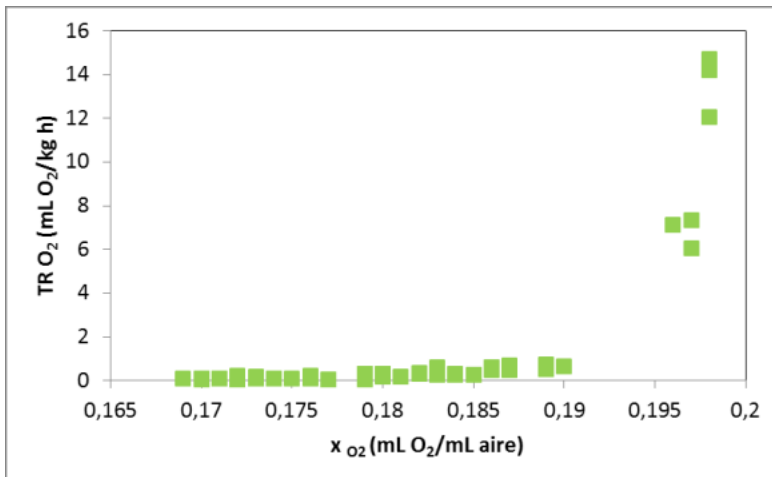


Figura IV.7. Evolución de gases en el espacio de cabeza en sandía troceada almacenada a 4°C

Como la velocidad de cambio en la concentración del gas en el espacio de cabeza varía con el tiempo ( $d[G_i]/dt$ ), se ajustaron los datos obtenidos en cada una de las muestras de melón troceado a 4°C a ecuaciones logarítmicas. A partir del ajuste se calculó en cada punto la pendiente de la curva aplicando la primera derivada de la curva ajustada. Con el valor obtenido de la pendiente en cada punto se calculó la tasa respiratoria aplicando la ecuación IV.1.

Las Figura IV.8 y IV.9 muestran los resultados obtenidos para las tasas respiratorias en términos de O<sub>2</sub> consumido y CO<sub>2</sub> emitido en función de la fracción volumétrica de gas en el espacio de cabeza.



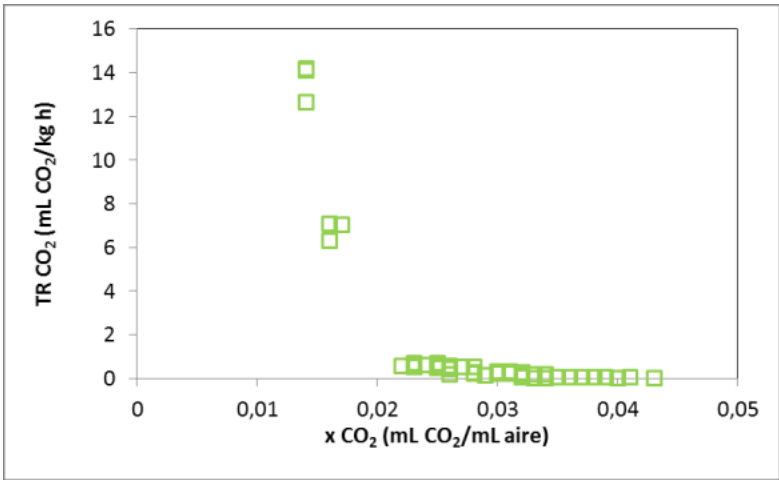


Figura IV.8. Tasas respiratorias en términos de O<sub>2</sub> consumido y CO<sub>2</sub> emitido en melón troceado a 4°C

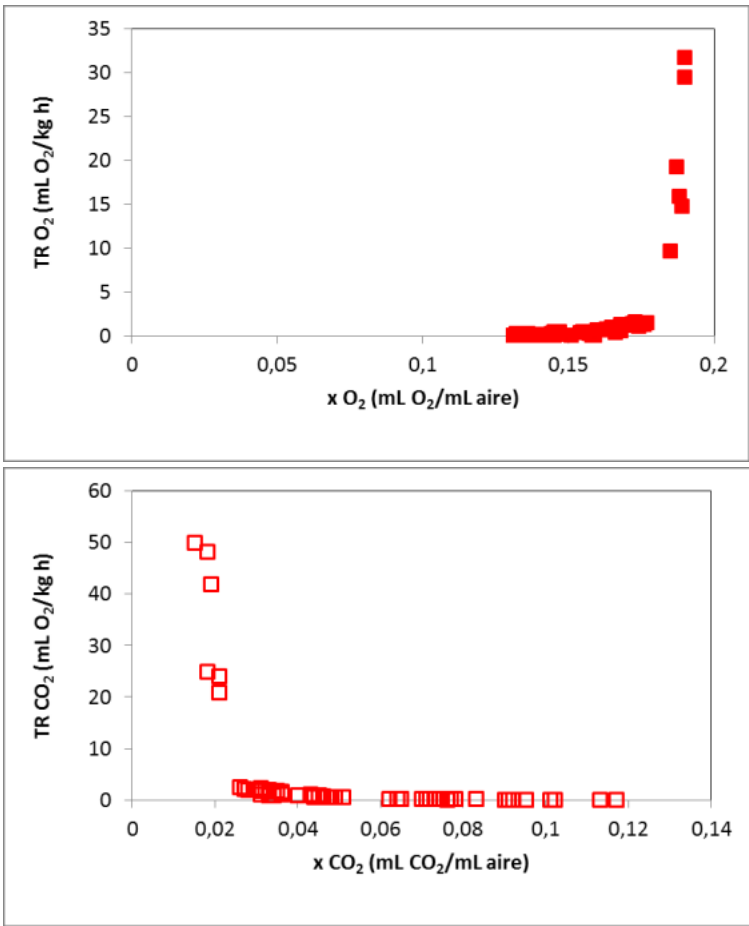


Figura IV.9. Tasas respiratorias en términos de O<sub>2</sub> consumido y CO<sub>2</sub> emitido en sandía troceada a 4°C.

**IV.3. Diseño de un envase microperforado**

Una vez determinadas las tasas respiratorias de las frutas con los diferentes tipos de corte y temperaturas de almacenamiento, se procedió al cálculo del material de envasado. En una fruta envasada en un material de permeabilidad selectiva, como consecuencia de la diferencia de presiones parciales de gases entre el interior y el exterior del envase se producirá

un flujo de O<sub>2</sub> y de CO<sub>2</sub> (J<sub>O2</sub> y J<sub>CO2</sub>). Aplicando la primera ley de Fick el flujo del componente gaseoso *i* que atravesará el film puede expresarse como:

$$J_i = -D_i \cdot A \cdot (x_{ii} - x_{ie}) \quad \text{Ec IV.4}$$

donde:

*J<sub>i</sub>*: velocidad de flujo de gas *i* o caudal del gas *i* a través de la película (mLjh<sup>-1</sup>)

*D*: coeficiente de difusión del gas *i* (mL<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>)

*A*: área de la superficie permeable (m<sup>2</sup>)

*x<sub>i</sub>*: fracción volumétrica de gas en el interior (*i*) y exterior (*e*) del film (v/v)

Por otra parte, el caudal de gas generado o consumido por el producto (*J<sub>i</sub>* en mLj/h puede expresarse (ec. IV.5) a partir de la tasa respiratoria (*TR<sub>i</sub>* en mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>), conociendo la masa (*M*) del producto dentro del envase expresada en kg:

$$J_i = TR_i \cdot M \quad \text{Ec. IV.5}$$

De tal manera que cuando se alcance el régimen estacionario en el envase las ecuaciones IV.4 y IV.5 se igualan, pudiéndose obtener el coeficiente de difusión del material de envasado necesario para obtener unas determinadas concentraciones de O<sub>2</sub> y de CO<sub>2</sub> en el envase constantes (atmósfera de equilibrio).

La difusión de gases a través del material de envasado puede conseguirse de dos formas. La primera es utilizar materiales semipermeables con una permeabilidad selectiva a los gases. De esta forma, el coeficiente de difusión (*D<sub>i</sub>*) es la permeabilidad del film al gas *i*.

Sin embargo, la empresa, con el fin de mantener los envases que está utilizando actualmente, prefiere optar por la segunda forma de conseguir una determinada difusividad a los gases, los envases microperforados. Además, este tipo de envases ofrece una serie de ventajas con respecto a los materiales poliméricos. Así, el intercambio gaseoso con el entorno a través de las perforaciones es mucho más alto que en los films convencionales (Mannapperuma et al., 1989) y además, la relación entre la permeabilidad al CO<sub>2</sub> y al O<sub>2</sub> es prácticamente 1 mientras que esta relación es muy diferente en los films poliméricos, alcanzando valores de 3 a 6 (Brody, 2005). Teniendo en cuenta que los coeficientes respiratorios generalmente están cercanos a la unidad, es difícil alcanzar altas concentraciones de CO<sub>2</sub> utilizando films poliméricos.

Por todo ello, igualando las ecuaciones IV.4 y IV.5 se determinaron los coeficientes de difusión necesarios a través de las microperforaciones para alcanzar en el envase una atmósfera de equilibrio. Esta atmósfera se definió, según deseos de la empresa, en 2% de O<sub>2</sub> y un 10% de CO<sub>2</sub>.

Para determinar la difusión de gas a través de un microporo se utilizó el modelo propuesto por Gonzalez et al. (2008) para microperforaciones en films de espesor entre 30 y 50 μm. Según este modelo, la difusión de O<sub>2</sub> y de CO<sub>2</sub> a través del microporo puede determinarse por la ecuación IV.6:

$$D_i = a_1 \cdot A_h a_2 \quad \text{Ec. IV.6}$$

siendo:

*D<sub>i</sub>*: difusión del gas *i* a través del microporo (mL d<sup>-1</sup>)

*A<sub>h</sub>*: área de paso del gas a través del microporo (μm<sup>2</sup>)

*a<sub>1</sub>* y *a<sub>2</sub>*: constantes del modelo. *a<sub>1</sub>*= 0,88 y *a<sub>2</sub>*= 0,577 para el O<sub>2</sub>; *a<sub>1</sub>*= 0,83 y *a<sub>2</sub>*= 0,569 para el CO<sub>2</sub>.

En la tabla IV.4 se muestran los coeficientes de difusión calculados en función del diámetro de microporo (*d*):



Tabla IV.11. Coeficientes de difusión de O<sub>2</sub> (DO<sub>2</sub>) y de CO<sub>2</sub> (DCO<sub>2</sub>) para diferentes diámetros de microporos.

d poro (µm)	DO <sub>2</sub> (mL/d)	DCO <sub>2</sub> (mL/d)
30	38,8	34,7
35	46,3	41,4
40	54,0	48,1
45	61,9	55,0
50	69,9	62,1
55	78,0	69,2
60	86,3	76,4
65	94,6	83,7
70	103,1	91,0
75	111,6	98,4
80	120,3	105,9
85	129,0	113,5
90	137,8	121,1
95	146,6	128,8

100	155,6	136,6
105	164,6	144,4
110	173,7	152,2
115	182,8	160,1
120	192,0	168,1
125	201,3	176,1
130	210,6	184,1
135	220,0	192,2
140	229,4	200,3
145	238,9	208,5
150	248,4	216,7
155	258,0	224,9
160	267,6	233,2
165	277,3	241,5
170	287,0	249,8
175	296,8	258,2
180	306,6	266,6
185	316,4	275,1
190	326,3	283,5
195	336,2	292,0
200	346,2	300,6
205	356,2	309,1
210	366,3	317,7
215	376,3	326,4
220	386,5	335,0
225	396,6	343,7
230	406,8	352,4
235	417,0	361,1
240	427,3	369,9
245	437,6	378,7

250	447,9	387,5
255	458,2	396,3
260	468,6	405,2
265	479,0	414,0
270	489,5	422,9
275	500,0	431,9
280	510,5	440,8
285	521,0	449,8
290	531,6	458,8

Conocidos los coeficientes de difusión y las tasas respiratorias calculadas en el apartado anterior se determinaron, para cada fruta y tipo de envase el número de poros necesarios para alcanzar la atmósfera de equilibrio en términos de O<sub>2</sub> y de CO<sub>2</sub> (tablas IV.5, IV.6 y IV.7).

Tabla IV.12. Número de microporos (NO<sub>2</sub> y NCO<sub>2</sub>) necesarios en los diferentes formatos de envase para piña para alcanzar la atmósfera de equilibrio a 8°C en función del diámetro del microporo (D)

D poro ( $\mu$ m)	Envase 500 g		Envase 250 g		Envase 1/4 sandía	
	NO <sub>2</sub>	NCO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NCO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NCO <sub>2</sub>
30	3	8	2	4	2	6
35	3	7	1	3	1	5
40	2	6	1	3	1	4
45	2	5	1	3	1	4
50-60	2	4	1	2	1	3
60-70	1	4	1	4	1	2
70-80	1	3	1	1	1	2
85-95	1	2	0	1	0	2
100-130	1	2	0	1	0	1
135-150	1	1	0	1	0	1
135-185	0	1	0	1	0	1
190-245	0	1	0	0	0	1
250-290	0	1	0	0	0	0

Tabla IV.13. Número de microporos (NO<sub>2</sub> y NCO<sub>2</sub>) necesarios en los diferentes formatos de envase para sandía para alcanzar la atmósfera de equilibrio a 8°C en función del diámetro del microporo (D)

D poro ( $\mu$ m)	Envase 500 g		Envase 250 g		Envase 1/4 sandía	
	NO <sub>2</sub>	NCO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NCO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NCO <sub>2</sub>
30	4	9	2	4	4	9
35	3	7	2	4	3	8
40	3	6	1	3	3	7
45	2	6	1	3	3	6
50	2	5	1	2	2	5
55-60	2	4	1	2	2	5
60-65	2	4	1	2	2	4
65-75	1	3	1	2	1	3
80-90	1	3	1	1	1	3

95-140	1	2	0	1	1	2
145-160	1	1	0	1	1	1
165-200	0	1	0	1	1	1
200-290	0	1	0	0	0	1

Tabla IV.14. Número de microporos (NO<sub>2</sub> y NCO<sub>2</sub>) necesarios en los diferentes formatos de envase para melón para alcanzar la atmósfera de equilibrio a 8°C en función del diámetro del microporo (D)

D poro ( $\mu$ m)	Envase 500 g		Envase 250 g		Envase 1/4 sandía	
	NO <sub>2</sub>	NCO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NCO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NCO <sub>2</sub>
30	2	5	1	3	19	41
35	2	4	1	2	16	35
40	2	4	1	2	14	30
45	2	2	1	2	12	26
50	1	2	1	1	11	23
55	1	2	1	1	10	21
60	1	2	1	1	9	19
65	1	2	1	1	8	17
70	1	2	0	1	7	16
75	1	2	0	1	7	15
80	1	2	0	1	6	14
85	1	2	0	1	6	13
90	1	1	0	1	5	12
95	1	1	0	1	5	11
100-105	1	1	0	1	5	10
110-115	1	1	0	1	4	9
120-130	0	1	0	1	4	8
135-150	0	1	0	0	3	7
155-160	0	1	0	0	3	6
165-175	0	1	0	0	3	6
180-210	0	1	0	0	2	5
215-230	0	1	0	0	2	4
235-260	0	0	0	0	2	4
265-275	0	0	0	0	2	3
280-290	0	0	0	0	1	3

Como puede observarse, la variabilidad en las tasas respiratorias de cada una de las frutas y el diferente peso de fruta contenida en cada envase hacen que el número de poros necesario en cada formato varíe. Además, comparando el número de poros necesario para mantener el porcentaje de O<sub>2</sub> en la atmósfera de equilibrio (NO<sub>2</sub>) es diferente al número de poros necesario para mantener el porcentaje de CO<sub>2</sub> en la atmósfera de equilibrio (NCO<sub>2</sub>). Esto es debido a la diferencia de presiones parciales entre el interior y el exterior del envase, siendo esta mucho más alta en el caso del O<sub>2</sub> que del CO<sub>2</sub>.

Por tanto, para un mismo envase deben seleccionarse un número de poros que ajuste tanto para el O<sub>2</sub> como al CO<sub>2</sub>, reajustando entonces la atmósfera interna de equilibrio.

## CONCLUSIONES

1. En los ensayos preliminares se observó que el envasado que se está realizando actualmente no es suficientemente permeable a los gases, originando en el espacio de cabeza condiciones anaerobias por la falta de O<sub>2</sub> y la acumulación de CO<sub>2</sub>.
2. Las tasas respiratorias calculadas por el método estático ponen de manifiesto el aumento de la actividad metabólica a medida que aumenta la temperatura.
3. El efecto de la temperatura sobre las tasas respiratorias se ajustó a la ecuación de Arrhenius, determinándose la energía de activación y la constante cinética para cada fruta.
4. Las tasas respiratorias fueron mayores en el producto troceado que en las medias piezas. El corte parece producir un estrés a la fruta que se traduce en un aumento en la emisión de CO<sub>2</sub> y consumo de O<sub>2</sub>. Solo en el caso del melón este efecto fue contrario, probablemente por la presencia de piel en la media pieza con su correspondiente actividad metabólica.
5. Se han determinado el número de microperforaciones necesarias en el envase en función de la fruta y tipo de corte para obtener una atmósfera de equilibrio de 2% O<sub>2</sub> y 10% de CO<sub>2</sub> a una temperatura de conservación de 8°C.

Como conclusión final del trabajo, se recomienda envasar cada producto ajustando las microperforaciones necesarias y volver a analizar los espacios de cabeza de los envases para comprobar su efectividad y recalcular la atmósfera de equilibrio. También se recomienda el empleo de una mezcla de gases en el envasado de concentraciones cercanas a la de equilibrio para reducir el estado transitorio y llegar cuanto antes a una situación de equilibrio.

Otra posible vía de estudio puede ser la búsqueda de otros materiales poliméricos con permeabilidad selectiva al O<sub>2</sub> y al CO<sub>2</sub> óptimas para estos productos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo E., (2009) Innovaciones tecnológicas en la conservación de melón y tomate procesado en fresco. Tesis doctoral UPC.
- Artés, F; Aguayo, E.; Silveira, A.C.; Leglise, A.; (2007). Aptitud de tres cultivares de melón tipo “galia” para su procesado en fresco. *Journal of Food Engineering*.
- Azcón-Bieto, J., Talón, M. (2000). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Capítulo 14, pp. (217-233). Ed. MacGraw-Hill Interamerica. y Ed. Universitat de Barcelona.
- Brody, A. L. (2005). What’s fresh about fresh-cut. *Food Technology*, 59(1),74–77.
- Burdeos, I.; Albors, A. ; Ortolá, M.D. (2009) Modelización de la tasa respiratoria aerobia de melón a diferentes temperaturas. Tesis Fin de master. UPV.
- Conte A., Scrocco C., Brescia I., Alessandro Del Nobile M. (2009) Different packaging strategies for fresh-cut ‘barattiere’ melon cultivar (cucumis melo L.) *International Journal of Food Science and Technology* 44, 1422–1428
- FAO 2002 (Consulta agosto de 2015)
- Fonseca, S.C., Oliveira, F.A.R., Frias, J.M., Brecht, J.K., Chau, K.V., (2002). Modelling respiration rate of shredded Galega kale for development of modified atmosphere packaging. *Journal of Food Engineering* 54 (4), 299–307.
- Francisco Artés-Calero, E. A. (2009). Productos vegetales mínimamente procesados o de la cuarta gama.
- Gil, J. R. (2003). Selección del material de envasado.(Consultado en agosto de 2015)
- Gonzalez, J. Ferrer A., Oria R., Salvador M L. Determination of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> transmission rates through microperforated films for modified atmosphere packaging of fresh fruits and vegetables *Journal of Food Engineering* 86, 194–201.
- Kader, A. A. y Salveit, M. E. (2002). *Respiration and Gas Exchange. Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. Second Edition.
- Kays, S.J., (1991). *Metabolic processes in harvested products respiration. Post Harvest Physiology of Perishable Plant Products*. Van Nostrand Reinhold Publication, NY.
- López-Gálvez, G. &. (s.f.). Los productos de cuarta gama en Estados Unidos. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*, (117), 33-38.
- Los productos de cuarta gama, una tendencia al alza. (s.f.).(Consulta en agosto de 2015)
- Mannapperuma, J. D., Zagory, D., Singh, R. P., & Kader, A. A. (1989). Design of polymeric packages for modified atmosphere storage of fresh produce. In J. K. Fellman (Ed.), *Proceedings of the fifth international controlled atmosphere research conference* (Vol. 2, pp.359–366).
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012. (Consultado en agosto del 2015).
- Parry, R.T. (1993). Introducción. Página 13. *Principles and Applications of MAP of Foods*. Editado por R.T. Parry. Blackie Academic & Professional. Chapman & Hall
- Romojo, F., Riquelme, F., Petrel, M.T., Martínez, G., Serrano, M., Martínez, C., Lozano, P., Segura, P., y Luna P. A. (1996). *Nuevas tecnologías en la conservación de frutas y hortalizas: atmósferas modificadas*. Editores: Manuel Zapata y Pedro Segura. Ediciones Mundi-Prensa. Páginas 65-71.
- Salveit, M. E. (2000). Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. *Postharvest ant Technology*, 21,61,69.
- Toivonen, P, M. A. y Brummel, D. A. (2008). Biochemical bases of appearance and texture change in fresh-cut fruit and vegetables. *Review. Postharvest Biology ant Technology*, 48,1-14.

- Tomás, R. (1998). 4, 5 Gama,... o simplificar la vida al consumidor. Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros, (131), 73-76.