



Efectos del sistema de nebulización AQUALIFE en la conservación y calidad de la fruta en condiciones de frío convencional.

Informe preliminar: febrero 2017



Diego Redondo Taberner (Dr Ingeniero Agrónomo)

Azahara Díaz Simón (Ingeniero Técnico Agrícola, Lcda CyT Alimentos)

Jesús Val Falcón, jesus.val@csic.es

976 716 060; Fax: (+34) 976 716 145

Estación Experimental de Aula Dei, CSIC

Avenida Montañana 1005, 50059 Zaragoza



ÍNDICE

1.	ENSAYO DE CONSERVACIÓN CON SISTEMA AQUALIFE DE FRUTAS DE HUESO Y DE PEPITA.....	3
2.	OBJETIVO DEL ENSAYO	3
3.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	3
3.1	DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD	4
3.1.1	PARÁMETROS DE CALIDAD NO DESTRUCTIVOS.....	4
3.1.2	DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DESTRUCTIVOS.....	6
3.1.3	CUANTIFICACIÓN DE DAÑOS.....	8
3.1.4	ANÁLISIS SENSORIAL.....	10
3.2	MATERIAL VEGETAL.....	11
3.3	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS	11
4.	RESULTADOS.....	12
4.1	RESULTADOS PERA CONFERENCIA	12
4.1.1	PLAN EXPERIMENTAL	12
4.1.2	PARÁMETROS DE CALIDAD.....	12
4.2	RESULTADOS PERA BLANQUILLA.....	25
4.2.1	PLAN EXPERIMENTAL	25
4.2.2	PARÁMETROS DE CALIDAD.....	25
5.	CONCLUSIONES PERA	36
5.1	PERA CONFERENCIA	36
5.2	PERA BLANQUILLA.....	37

1. ENSAYO DE CONSERVACIÓN CON SISTEMA AQUALIFE DE FRUTAS DE HUESO Y DE PEPITA

En la campaña de 2016 el grupo Nutrición de Cultivos Frutales (NCF) de la Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC) realizó para la empresa SAMARKETING un ensayo empleando su sistema de humidificación por nebulización (AQUALIFE) en diferentes especies de fruta de hueso (cereza y melocotón) y de fruta de pepita (manzana y pera).

EL PRESENTE INFORME ES SOLO UN AVANCE DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN DOS VARIEDADES DE PERA.

2. OBJETIVO DEL ENSAYO

El **objetivo general** de los ensayos llevados a cabo en la Estación Experimental Aula Dei fue comprobar la efectividad del sistema de humidificación por nebulización AQUALIFE de la empresa SAMARKETING en la conservación en cámara frigorífica de 4 especies diferentes de fruta (cereza, melocotón, manzana y pera) para mantener los parámetros de calidad postcosecha, comparándola con una conservación en cámara frigorífica sin control de humedad.

Para ello se establecieron los siguientes **objetivos parciales**:

- Conocer el efecto del sistema de humedad sobre los parámetros de calidad físicos y químicos normalmente evaluados en la conservación postcosecha de las diferentes frutas, en comparación con una cámara sin control de humedad.
- Realizar un análisis sensorial de todos los lotes empleando un panel entrenado de catadores con el fin de observar posibles diferencias.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en las instalaciones que el grupo de investigación dispone en la EEAD junto con la mejora en el control de la humedad proporcionada por SAMARKETING. La cámara de refrigeración donde se instaló el sistema Aqualife tiene unas dimensiones de 3x3x3 m, lo que supone un total de 27 m³. Por su parte, la cámara que se utilizó como control, en la que no existe ningún sistema de control de humedad, tiene unas dimensiones de 5x3x3 m, 45 m³.

Las muestras fueron adquiridas de suministradores de la confianza del grupo de investigación (cereza Burlat y Rainier). Se recolectaron en su momento óptimo y transportaron rápidamente al laboratorio en el que se realizó un primer análisis en ese momento para determinar los parámetros de calidad y disponer de una caracterización inicial. El resto de frutos se conservaron a 2-4 °C durante el tiempo preciso para cada especie frutal. Una vez sacados de la cámara se procedió a su análisis o se dejaron dos días a temperatura ambiente, periodo conocido como frutero (SL de sus siglas en inglés SHELF LIFE).

3.1 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD

Para determinar el efecto de la conservación en frío junto con alta humedad sobre la fruta, en función de la especie frutal, **se estudiaron los siguientes parámetros para cada fecha de análisis.**

3.1.1 PARÁMETROS DE CALIDAD NO DESTRUCTIVOS

EVOLUCION TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Se controló la temperatura y la humedad de ambas cámaras empleadas en el ensayo mediante el uso de sondas portátiles HOBO, obteniéndose datos cada 30 min y exportándose los datos en formato .xlsx.

PÉRDIDA DE PESO

Se controló la pérdida de peso de las cajas de fruta empleadas en los ensayos en cada uno de los puntos de análisis mediante la pesada en el día 0, momento de entrada en la cámara de conservación, y en el día de análisis correspondiente.

COORDENADAS DE COLOR CIELAB (L^* , a^* , b^*)

El color de los frutos es una de las características básicas de calidad y, por lo tanto, de su valor comercial. La medida de color se efectuó con un espectrofotómetro CMS 700 de Konica Minolta (Figura 1), este actúa como colorímetro proporcionando las coordenadas de color del espacio 'Cielab' L^* , a^* , b^* .



Figura 1. Espectrofotómetro CMS 700 de Konica Minolta.

Estos parámetros representan las tres dimensiones del color tal y como es percibido siendo L^* la claridad o luminosidad y a^* y b^* las coordenadas de cromaticidad, que indican direcciones de colores: $+a^*$ es la dirección del rojo, $-a^*$ es la dirección del verde, $+b^*$ es la dirección del amarillo y $-b^*$ es la dirección del azul, siendo el centro acromático (Figura 2).

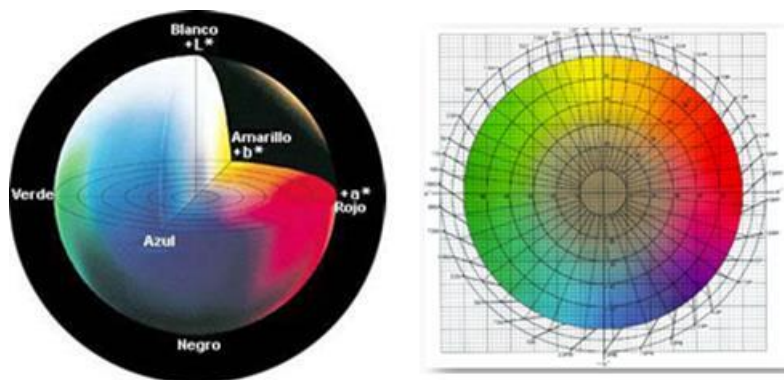


Figura 2. Espacio bidimensional de color según el sistema CieLab.

En los frutos se efectuaron mediciones en tres puntos equidistantes de cada lado del fruto. Se considera el promedio de cada uno de los parámetros mencionados, siempre medido con la fuente de iluminación D65 correspondiente a la luz diurna.

ABSORBANCIA A 680 NM: CUANTIFICACIÓN DE LA CLOROFILA

Por otro lado, el espectrofotómetro utilizado en las determinaciones anteriores mide la luz reflejada de la superficie en cada longitud de onda o en cada rango de longitudes de onda. Estos datos se representan en un gráfico de reflectancia espectral para ofrecer una información más detallada sobre la naturaleza del color. Estos datos se transforman posteriormente en el valor correspondiente de absorbancia.

Del mismo modo que en la determinación de las coordenadas de color, se efectuaron mediciones en tres puntos equidistantes de cada lado del fruto, siendo el resultado la media de dichas mediciones a distintas longitudes de onda en el rango de 360 a 740 nm; con un intervalo de 10 nm. De todos los valores de reflectancia obtenidos, es de especial interés el correspondiente a la longitud de onda de 680nm, ya que es donde se encuentra el pico de absorción de la clorofila. De este modo, los frutos más inmaduros, que contienen más clorofila, absorben más la luz en esta banda y poseen valores de absorbancia más altos, y en los frutos más maduros sucede lo contrario, reflejan más luz y por lo tanto tiene valores de absorbancia más bajos.

FIRMEZA NO DESTRUCTIVA (AWETA)

El equipo AWETA evalúa la firmeza mediante resonancia acústica y un índice de firmeza propio, FI. La base de su funcionamiento es la medición de la frecuencia de una señal acústica tras atravesar el fruto analizado. Posee la ventaja de que efectúa una evaluación global de la firmeza del fruto, pues mide la vibración del fruto entero, mientras que la firmeza destructiva determinada con el penetrometro tradicional Magness-Taylor únicamente aporta información sobre una zona localizada del fruto (en la que se ejerce presión). Además, con este instrumento también se obtiene el peso del fruto (Figura 3).



Figura 3. Medidor de firmeza por impulso acústico, AWETA.

Los ensayos se realizaron sobre el producto entero en un total de 50 frutos. Se ejecutaron tres medidas por cada fruto, indicándonos el equipo directamente la media de cada fruto.

FIRMEZA NO DESTRUCTIVA (DUROFEL)

También se puede determinar la firmeza mediante un ensayo de textura no destructivo con el equipo DUROFEL DFT-100 (Figura 4). Consiste en aplicar una presión en el fruto, obteniéndose unos valores adimensionales que nos indican la resistencia que ofrece el fruto a dicha presión.



Figura 4. Medidor de firmeza no destructiva, DUROFEL.

Los ensayos se realizaron sobre el producto entero, aplicando una ligera presión con el puntero sobre la superficie. Las medidas se repitieron a ambos lados del fruto, tomando como medida el valor promedio en un total de 50 frutos.

3.1.2 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DESTRUCTIVOS

FIRMEZA MAGNESS TAYLOR

La firmeza se determinó mediante un ensayo destructivo de penetración con un penetrómetro digital Magness-Taylor (Figura 5) y que indica la fuerza necesaria para introducir en la zona ecuatorial del fruto un vástago cilíndrico. Se realizaron dos mediciones por fruto en la zona ecuatorial, eliminando

la piel de dos zonas opuestas, obteniendo la fuerza realizada en kg. Los análisis se realizaron sobre 50 muestras, empleándose un vástago de 8 mm de diámetro.



Figura 5. Penetrómetro manual Magness-Taylor.

SÓLIDOS SOLUBLES

El contenido en azúcares es la principal medida de la calidad interna del fruto ya que junto a la acidez condicionan el sabor del mismo. Para la determinación del contenido en sólidos solubles totales se siguió la técnica descrita en los Métodos Oficiales de Análisis de Zumos de Frutas (AOAC, 1984) determinándose el índice refractométrico ($^{\circ}$ Brix), mediante un refractómetro digital Atago PR-101 (Figura 6). La medida se realizó por quintuplicado sobre los zumos obtenidos a partir de 10 frutos cada uno, expresando el resultado en grados Brix.



Figura 6. Refractómetro digital ATAGO PR 101.

ACIDEZ TOTAL

La acidez es un parámetro importante para determinar la calidad del fruto. El sabor del fruto resulta de la combinación de azúcares, ácidos y sustancias astringentes y aromáticas dentro del mismo. La fruta contiene diferentes ácidos orgánicos libres o en forma de nutrientes, siendo el más abundante el ácido málico, junto al cítrico y tartárico. Al madurar los frutos y durante la conservación disminuye el contenido total de ácidos orgánicos.

Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el sabor, color y la estabilidad de los mismos. Los valores de acidez pueden ser muy variables, por ejemplo, en el caso de las frutas, varían desde 0,2 a 0,3 %, en manzanas de poca acidez hasta de 6 % en el limón (el ácido cítrico puede constituir hasta 60 % de los sólidos solubles totales de la porción comestible). En general, la acidez disminuye durante la conservación frigorífica con lo que para un largo periodo de conservación es

necesario obtener frutos con niveles suficientes de acidez para mantener la calidad en el consumo posterior.

El contenido total en ácidos naturales se determinó mediante la valoración de los zumos elaborados a partir de una muestra significativa de frutos, con una solución de hidróxido sódico 0,1 N, hasta alcanzar pH=8,1. Se empleó un valorador automático modelo Mettler Toledo G20 Compact Titrator que proporciona de forma automática el valor de acidez expresado en g de ácido málico/kg (Figura 7). Las determinaciones se realizaron por quintuplicado.

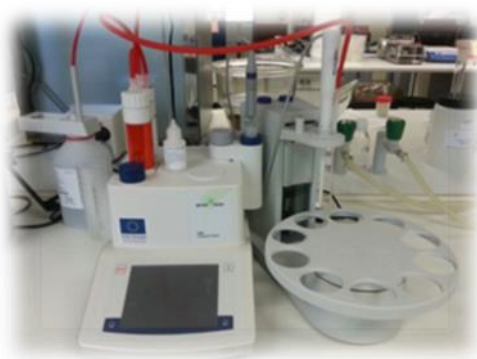


Figura 7. Valorador automático Mettler Toledo G20 Compact Titrator.

ÍNDICE DE MADUREZ

El índice de madurez se define como la relación existente entre el contenido en sólidos solubles y la acidez valorable.

$$I.M. = \frac{\text{Sólidos solubles}}{\text{Acidez}}$$

3.1.3 CUANTIFICACIÓN DE DAÑOS

Fueron registradas y cuantificadas la aparición de posibles daños y fisiopatías relacionadas con la conservación de frutas.

1. Fisiopatías (Figura 8):

Las más comunes son **cracking** en cereza que consiste en el rajado de la piel debido, generalmente, a lluvia días antes de recolección o problemas de fragilidad de la piel en la conservación en frío. La **mancha vitrescente** del melocotón causa un oscurecimiento del mesocarpio del fruto similar a una sobremaduración de una zona delimitada del fruto. Por su parte, la **mancha corchosa** es muy similar a la mancha vitrescente pero en este caso la lesión se manifiesta también en el exterior del fruto y además la superficie está totalmente desecada. El **bitter pit**, fisiopatía relacionada con el calcio, se manifiesta por la aparición de unas manchas típicas de pequeña superficie, inicialmente incoloras y que van adquiriendo un color verde parduzco característico y una forma hueca, de aspecto corchoso. Generalmente se localizan en zonas aisladas, aproximadamente 1-2 mm por debajo de la piel y es en la zona calicina del fruto donde aparecen en mayor concentración. Finalmente, en la **plara**, al igual que en el caso

del bitter pit, el calcio es el elemento clave implicado en su desarrollo. Sus características similares al **bitter pit**, que pueden dar lugar a confusiones en su reconocimiento a simple vista, ya que ambas son manchas más o menos redondeadas, de un color marrón intenso en un estado avanzado y que afectan a los tejidos subepidérmicos, mayoritariamente en la zona calicina; Sin embargo, se diferencian en que la **plara** está centrada en las lenticelas, formando grandes depresiones.

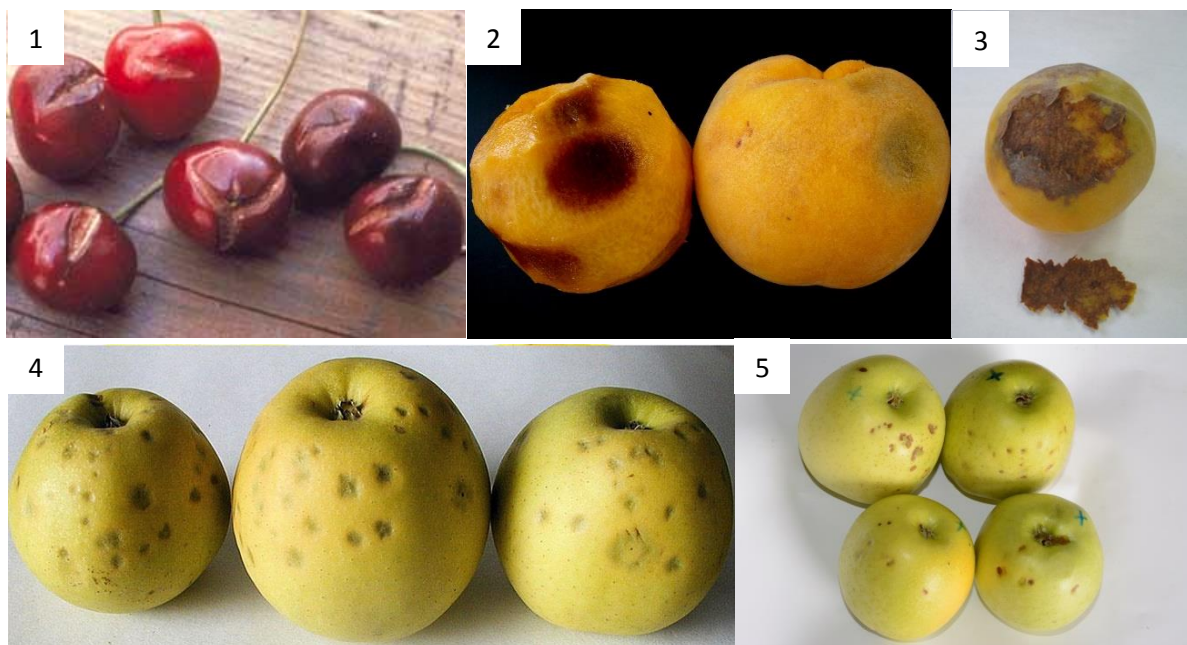


Figura 8. Fisiopatías: (1) cracking en cereza, (2) mancha vitrescente y (3) mancha corchosa en melocotón, (4) bitter pit y (5) plara en manzana.

2. Daños por frío (Figura 9):

Aparecen durante la conservación en frío de determinadas frutas. En nuestro caso, las más comunes son el **pardeamiento interno** en los melocotones, el **escaldado superficial** en las manzanas y el **corazón pardo** en las peras.

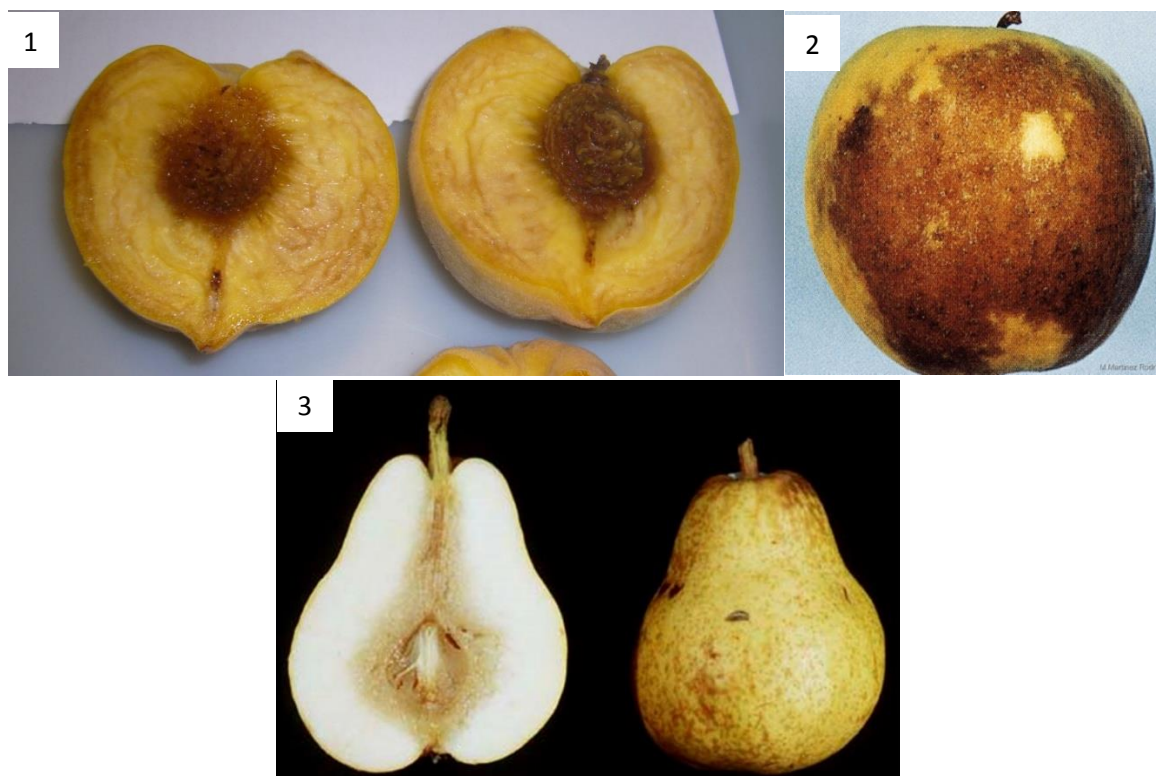


Figura 9. (1) Pardeamiento interno, (2) escaldado superficial y (3) corazón pardo.

3. **Daños mecánicos:**

Estos daños son debidos a golpes durante la recolección y confección de la fruta pero que pueden hacerse más evidentes en la conservación en frío.

4. **Mohos alterantes:**

Se determinó el porcentaje de frutos afectados por podredumbres y, en los casos que fue posible, el moho responsable.

3.1.4 ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó un análisis descriptivo de las distintas frutas del proyecto mediante un panel de catadores entrenados. En una sesión previa se estableció una ficha de cata con los términos de apariencia visual, aroma, sabor y textura más relevantes de cada fruta, los cuales fueron luego evaluados de acuerdo con una escala de intensidad.

En el caso de los **melocotones**, los parámetros evaluados fueron:

- Fase visual: presentándose el fruto entero se determinó el color de la piel, la presencia de defectos y/o golpes, la firmeza determinada presionando el fruto entero con la mano (de 0 a 10) y una cuantificación de la preferencia hedónica (de 0 a 10).
- Fase en boca: se determinó la textura (de muy blanda a muy dura), crocancez (de muy blanda a muy crocante), sabor (de muy dulce a muy ácido), jugosidad (de muy seca a muy jugosa), intensidad de sabor (de muy poco intenso a muy

intenso), sabores o aromas extraños y una cuantificación de la preferencia hedónica (todos ellos de 0 a 10).

3.2 MATERIAL VEGETAL

Para este ensayo, se usaron un total de 4 especies frutales (cereza, melocotón, pera y manzana) con 2 variedades cada una.

Las variedades de pera ensayadas fueron Conferencia y Blanquilla. La variedad **Conferencia** se recolecta a mediados de septiembre y se caracteriza por tener una forma bastante alargada y un color de la piel verde claro con manchas marrones y pocas lenticelas. Su pulpa es blanco-verdosa, firme y crocante. Presenta poco jugo, aunque es muy dulce y con bastante aroma y no presenta problemas en la conservación. Por su parte, la variedad **Blanquilla** tiene como fecha de recolección principios o mediados de septiembre y se caracteriza por su tamaño mediano o pequeño, una piel de color verde claro y una pulpa blanca y jugosa al madurar, aunque es muy sensible a los daños mecánicos, que se manifiestan de forma más evidente en conservación.



LA OTRA ESPECIE FRUTAL RESTANTE (MANZANA) SERÁ DESCRITA EN EL SIGUIENTE INFORME

3.3 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

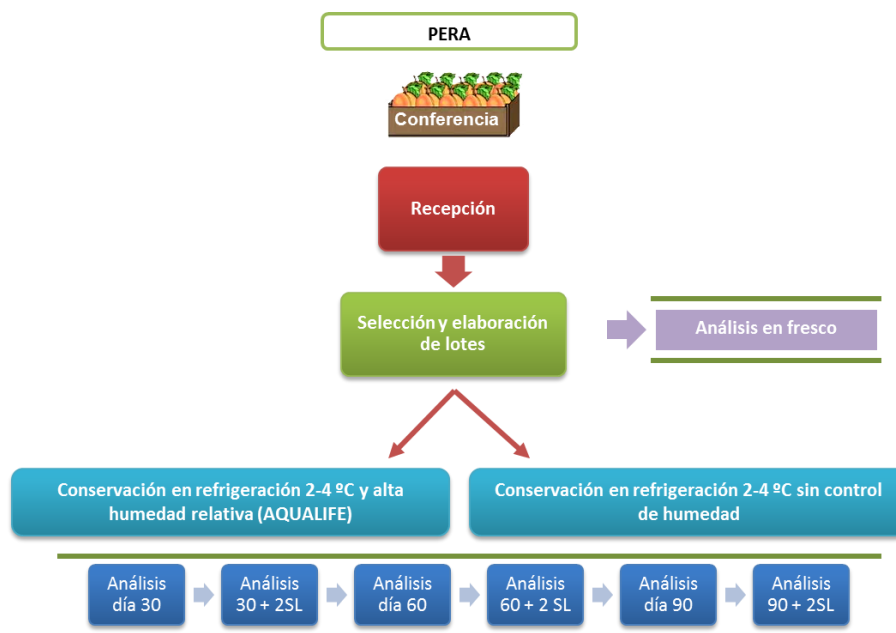
Todos los resultados obtenidos se trataron estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA), y si éste dio diferencias significativas ($p \leq 0,05$) se aplicó el test de separación de medias de Waller-Duncan. El software utilizado fue el SPSS V.22.

4. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS PERA CONFERENCIA

4.1.1 PLAN EXPERIMENTAL

La variedad Conferencia fue recibida el 16 de septiembre de 2016 y se procedió a realizar el siguiente plan experimental.



4.1.2 PARÁMETROS DE CALIDAD

EVOLUCION TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

En la Figura 10 se muestra la evolución de la temperatura y la humedad en ambas cámaras de conservación. Con una consigna del 85-90% de humedad, el sistema Aqualife permitió mantener esos valores o superiores a lo largo de toda la conservación, mientras que en la cámara control la humedad se situó en torno al 50%. En cuanto a la temperatura, ambas cámaras mantuvieron valores similares y en torno a 3-4°C.

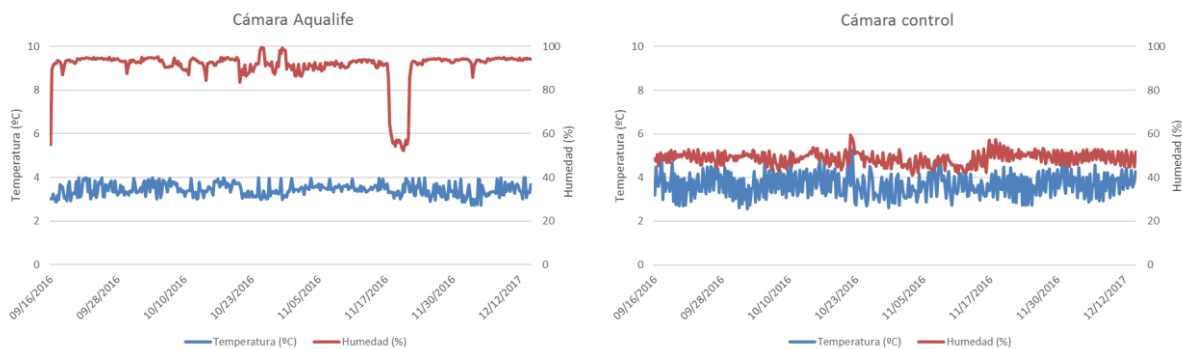


Figura 10. Control continuo de la temperatura y humedad en la cámara con el sistema Aqualife y en la cámara control.

El descenso brusco de la humedad que se produjo la cámara dotada con el sistema Aqualife fue debido a la parada del sistema durante unos días para la comprobación de un error en las tuberías del equipo. Este problema fue solucionado en pocos días por la empresa. Además, en la mitad de la conservación con el sistema Aqualife se produjeron dos incidencias relacionados con una alta humedad en la cámara. Esto fue debido a cortes de luz que se produjeron en la Estación Experimental de Aula Dei, hecho que provoca que el equipo se reinicie y cambie su configuración de “selección de la humedad por porcentaje” a “selección de la humedad por tiempo”. Esta última configuración posee unos valores por defecto de 100 s de humedad cada 300 s, hecho que provocó que se alcanzaran estos altos porcentajes de humedad en la cámara. Una vez descubierto el motivo por el que se producían estos cambios, se procedió a cambiar la configuración a 10 s de humedad cada 900 s y se tiene más control de las cámaras, sobre todo cuando hay algún corte de luz por pequeño que sea, para evitar que se repita este incidente.

PÉRDIDA DE PESO

Se observaron diferencias estadísticamente significativas en la pérdida de peso obtenida entre ambos sistemas de conservación (Figura 11). La pérdida de peso fue claramente menor en el sistema Aqualife, tanto en el día de salida de cámara como tras dos días de frutero, siendo en todos los casos inferior al 4% tras 90 días de conservación. Sin embargo, sin el sistema de control de humedad, esta pérdida es mayor a este porcentaje ya desde el día 30 de conservación, llegando hasta casi el 14% al final del periodo de conservación ensayado.

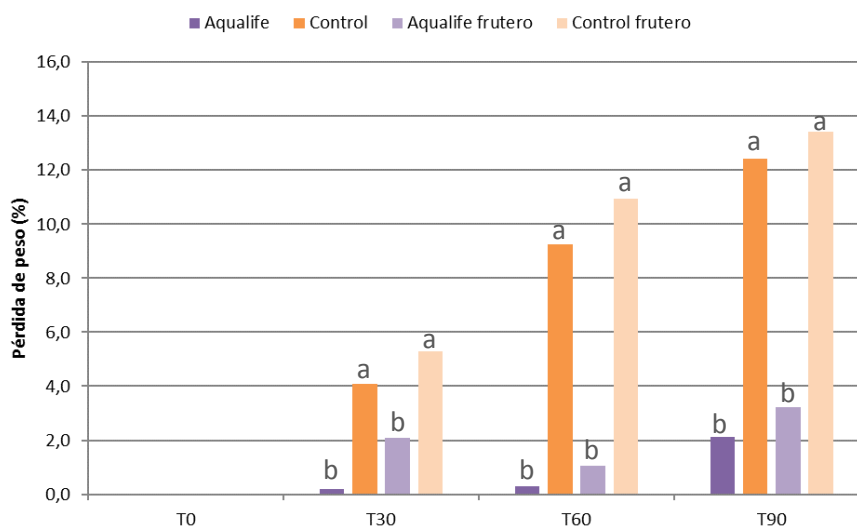


Figura 11. Pérdida de peso durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Llegados a este punto, es necesario destacar que debido al mal estado de los frutos en los últimos puntos de análisis y pese a que la pérdida de humedad se cuantificó a lo largo de los 90 días de conservación, los análisis de calidad de los frutos conservados en cámara control solo se realizaron hasta el día 60+2 debido a que partir de esa fecha ya no eran comerciales.

COORDENADAS DE COLOR CIELAB

La coordenada de color L^* , que nos indica la luminosidad, no se vio afectada a lo largo de la conservación ni tampoco por el empleo o no de sistema de control de humedad. En cuanto a la

coordenada b^* , se observa un descenso de su valor tras el periodo de frutero, pero en ningún caso se presentaron diferencias entre los dos sistemas de conservación. Sin embargo, la coordenada a^* , que indica el paso de colores verdes a rojos, fue siempre menor empleando el sistema Aqualife. Por otra parte, se produjo un aumento de su valor en el periodo de frutero (Figura 12). Estos menos valores obtenidos con el sistema Aqualife indicarían que con este sistema se consigue retrasar la senescencia del fruto y por tanto mantenerlo más tiempo en condiciones de aspecto similares al día de recepción.

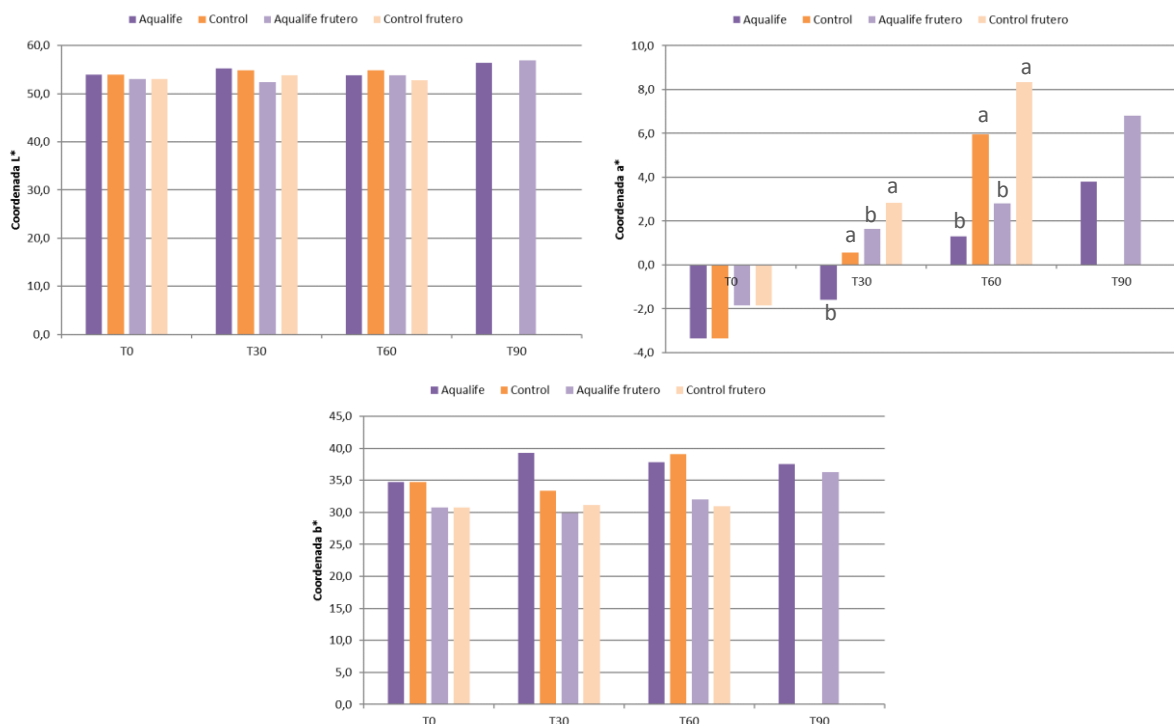


Figura 12. Evolución de las coordenadas de color L^* , a^* y b^* durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

ABSORBANCIA A 680 NM

La absorbancia a 680 nm está relacionada con la cantidad de clorofila que hay en el tejido, en este caso la piel. A menor absorbancia, menor cantidad de clorofila y este hecho se relaciona con un mayor grado de madurez. Se produjo un ligero descenso de este parámetro a lo largo de la conservación, descenso más acusado en las muestras conservadas sin control de humedad (Figura 13). Este hecho indicaría de nuevo que el sistema Aqualife permite retrasar la senescencia de las peras conferencia.

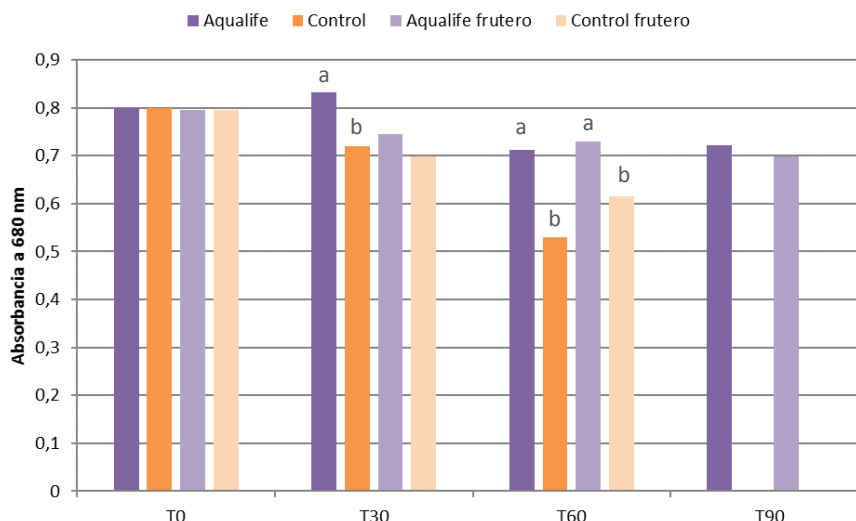


Figura 13. Evolución de la absorbancia a 680 nm durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

FIRMEZA MÉTODO NO DESTRUCTIVO: DUROFEL

En la Figura 14 se pueden observar las diferencias en la firmeza medida mediante el método no destructivo Durofel que presentaron los dos sistemas de conservación. Con el sistema de control de humedad Aqualife, la firmeza se mantiene, hasta el día 60, similar a la obtenida en el día de recepción, en torno a 40 unidades Durofel. Sin embargo, en los frutos control el descenso de la firmeza es muy acusado ya desde el día 30 donde se obtiene una firmeza de 14 unidades Durofel, con diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) con respecto a los frutos del sistema Aqualife a lo largo de toda la conservación.

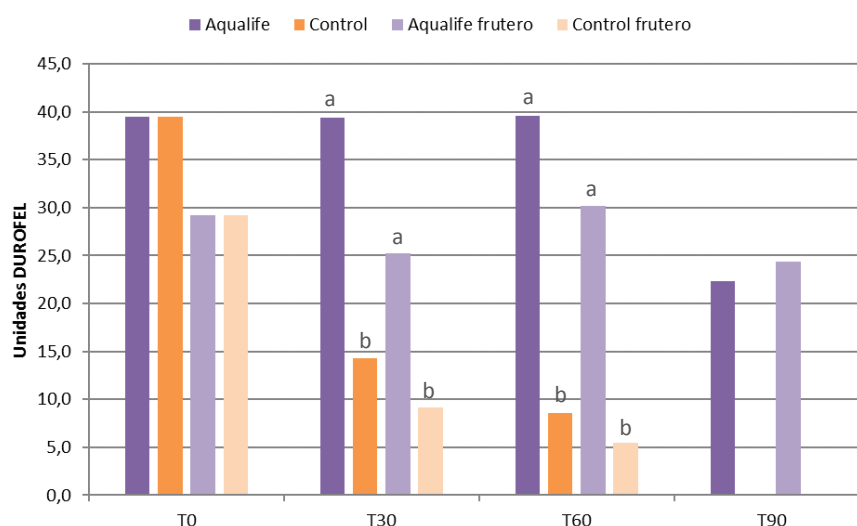


Figura 14. Evolución de la firmeza medida con Durofel durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

FIRMEZA METODO DESTRUCTIVO: MAGNESS-TAYLOR

Si analizamos ahora la firmeza determinada por el método destructivo de Magness-Taylor, se observó el típico descenso de la firmeza a lo largo de la conservación (Figura 15). Por otro lado, el empleo del sistema Aqualife también permitió obtener una firmeza a lo largo de toda la conservación superior a la del sistema control, con valores que llegan a ser del doble en el día 60. Este hecho está en concordancia con los resultados obtenidos anteriormente con la medida de la firmeza con el método no destructivo Durofel.

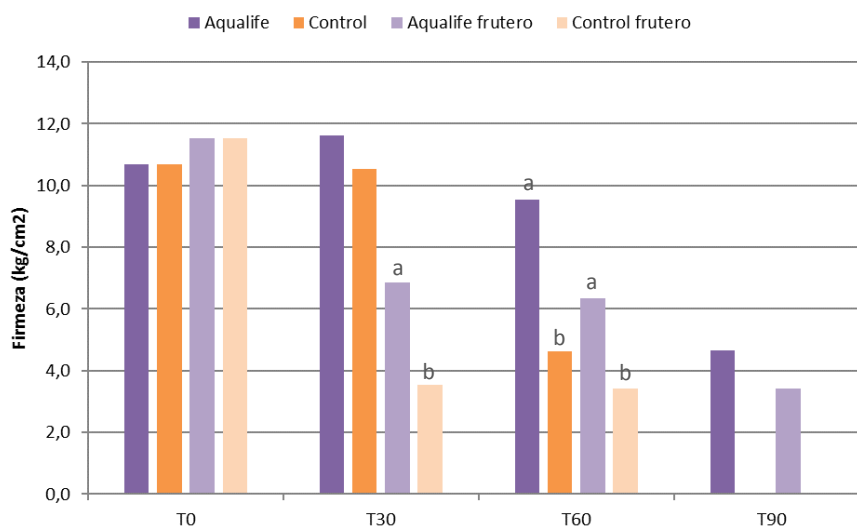


Figura 15. Evolución de la firmeza medida con Magness-Taylor durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Por lo tanto, a la vista de los resultados obtenidos en la determinación de la firmeza tanto por métodos destructivos como no destructivos, podemos concluir que el empleo del sistema Aqualife permite obtener valores superiores de firmeza con respecto a una cámara sin sistema Aqualife.

SÓLIDOS SOLUBLES, ACIDEZ E ÍNDICE DE MADUREZ

La percepción que tienen los consumidores del sabor de la fruta está muy relacionada con estos tres parámetros. En la Figura 16 se puede observar cómo tanto el contenido de sólidos solubles como la acidez fueron muy similares entre los dos sistemas de conservación, y manteniéndose estables a lo largo de toda la conservación en frío.

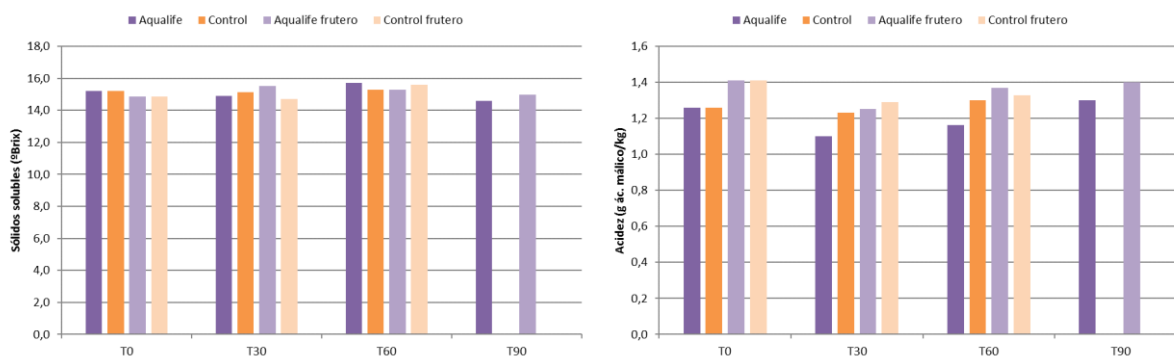


Figura 16. Evolución del contenido en sólidos solubles y de la acidez durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Los resultados conllevaron a que el índice de madurez (Figura 17), parámetro que relaciona el contenido en sólidos solubles y la acidez, también se mantuviera estable a lo largo de la conservación, y por tanto sin diferencias entre los dos sistemas.

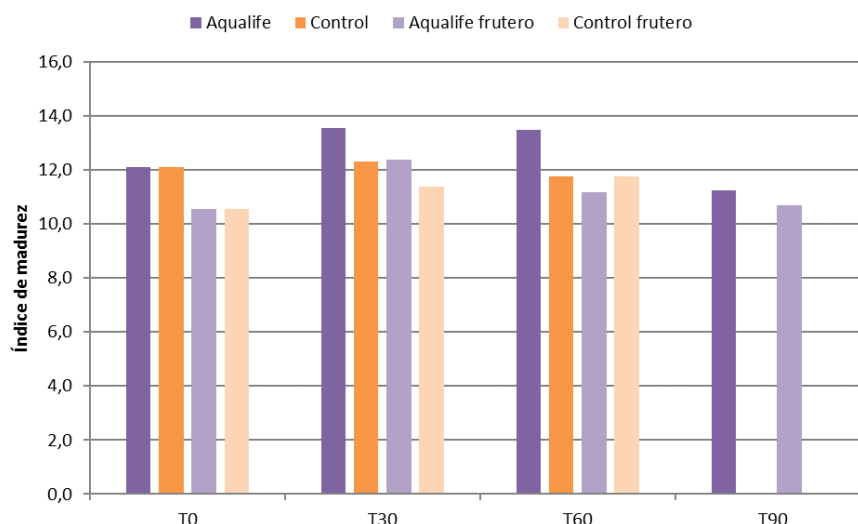


Figura 17. Evolución del índice de madurez durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

CUANTIFICACIÓN DE DAÑOS

La conservación en frío no supuso la aparición de **fisiopatías** típicas en las peras como son el escaldado superficial y el corazón pardo.

En cuanto a la **alteración por mohos o podredumbres** (Figura 18), la cuantificación se realizó, al igual que en el caso de la pérdida de peso, hasta el final de la conservación. Es de destacar que pese con el sistema Aqualife, la humedad dentro de la cámara es de casi el doble que en la cámara control, las pérdidas de podredumbres son inferiores al sistema control. Empleando el sistema Aqualife, el máximo de pérdidas por podredumbres tras 90 días de conservación es de aproximadamente el 1% en el momento de salida de cámara y del 4% en frutero. Sin embargo, para el sistema control, las pérdidas al final de la conservación fueron de casi el 3% en salida de cámara y del 8% tras el periodo de frutero.

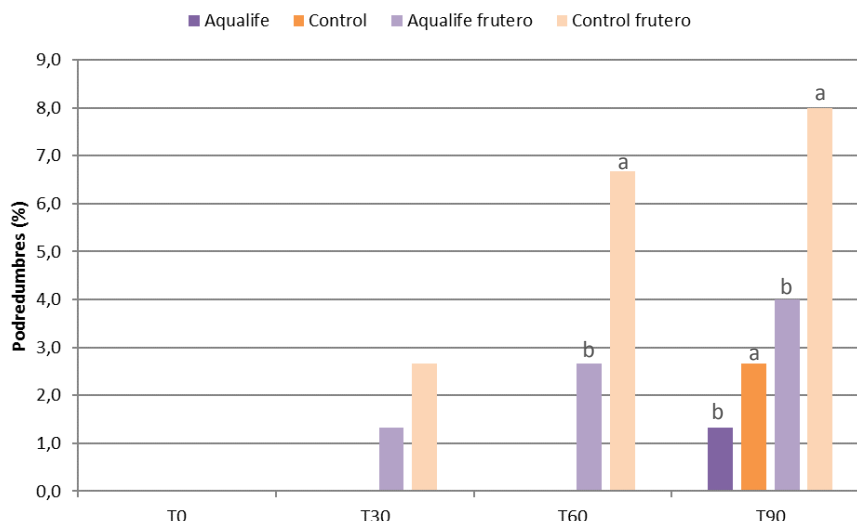


Figura 18. Evolución del porcentaje de podredumbres durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Sin embargo, el aspecto más determinante para concluir que los frutos control estaban en estado no comercial en el día T90 fue la **deshidratación de los frutos**. En la cámara control la deshidratación fue percibida ya en el día T60, pero se hizo muy evidente tras 90 días y, además, se perdió la estructura del fruto, siendo imposible su evaluación sensorial. Sin embargo, con el sistema Aqualife este efecto sólo se observó ligeramente en el día 90+2. En la Figura 19 se pueden observar las claras diferencias del estado visual de las peras conferencia conservadas con los distintos sistemas de control de humedad.



Figura 19. Detalle de peras conferencia conservadas durante 90 días en frío en cámara sin control de humedad (izq.) y con control de humedad Aqualife (dcha.).

EVALUACIÓN SENSORIAL MEDIANTE UN ANÁLISIS DESCRIPTIVO

La variedad Conferencia destacó en el momento de recolección por su gran firmeza al tacto y por unas características en boca de textura dura y una elevada crocancia y baja jugosidad y harinosidad (Figura 20). Tras 60 días de conservación en frío solo los frutos conservados con el sistema Aqualife

presentaron unos valores cercanos a los obtenidos el día 0, mientras que la cámara control no permitió obtener estos buenos resultados más que hasta el día 30. Además, la preferencia de sabor y la visual fueron mayores en las peras conservadas con el sistema Aqualife.

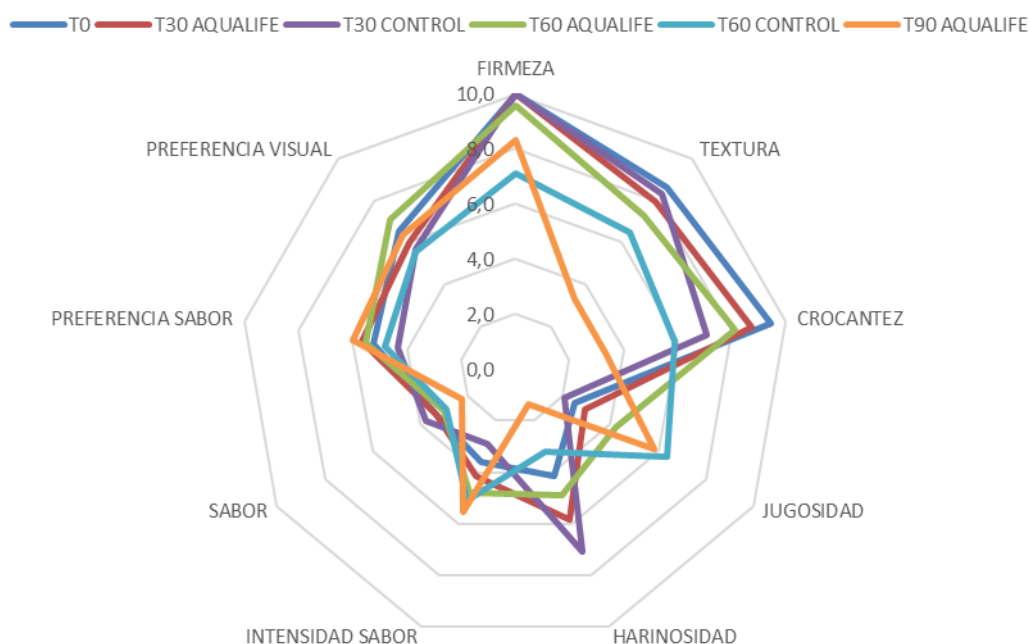


Figura 20. Evolución de parámetros analizados en el análisis sensorial en el día de salida de cámara.

Tras dos días a 20 °C, los frutos redujeron los valores de todos los parámetros evaluados excepto la jugosidad y la intensidad de sabor, algo muy común en las frutas (Figura 21). De nuevo, la textura en boca y la crocantez fue mayor en el sistema Aqualife, mientras que la mayor jugosidad se presentó en los frutos control. La preferencia visual también fue de nuevo favorable para el sistema Aqualife.

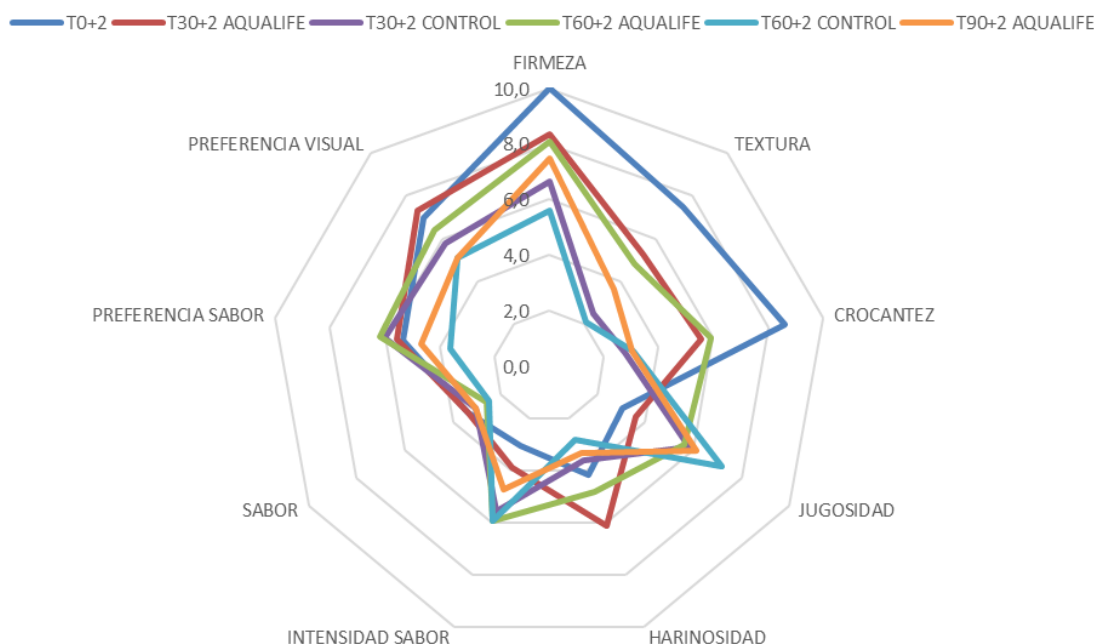


Figura 21. Evolución de parámetros analizados en el análisis sensorial tras dos días de frutero.

Analizando de forma más concreta algunos de los parámetros del análisis sensorial, dos aspectos evaluados por los catadores y que presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las peras Conferencia que fueron conservados con el sistema Aqualife y los que lo habían sido conservados sin control de humedad son la firmeza al tacto y la preferencia visual (Figura 22). Si bien hasta el día 30, los valores son idénticos, ya a partir del 30+2, las valoraciones de los catadores son superiores con el sistema Aqualife. Y para la preferencia visual el resultado es similar, aunque no con diferencias tan evidentes.

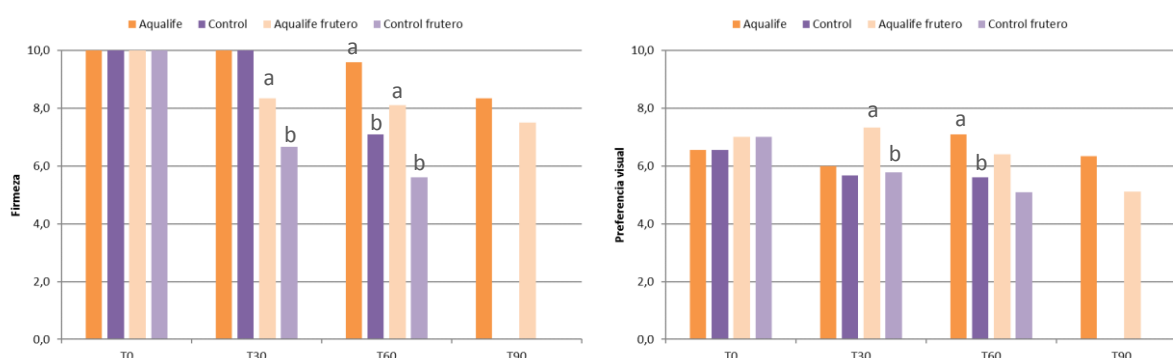


Figura 22. Evolución de la firmeza al tacto y de la preferencia visual durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Otros dos aspectos en los que los catadores encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) fueron la evaluación en boca de la textura y la crocantez. De nuevo, es a partir del día 30+2 donde se observaron las diferencias más claras entre los dos sistemas, con valoraciones más altas si se empela el sistema Aqualife, lo que demostraría la capacidad del sistema Aqualife para mantener determinados parámetros sensoriales muy similares a los del día 0 (Figura 23).

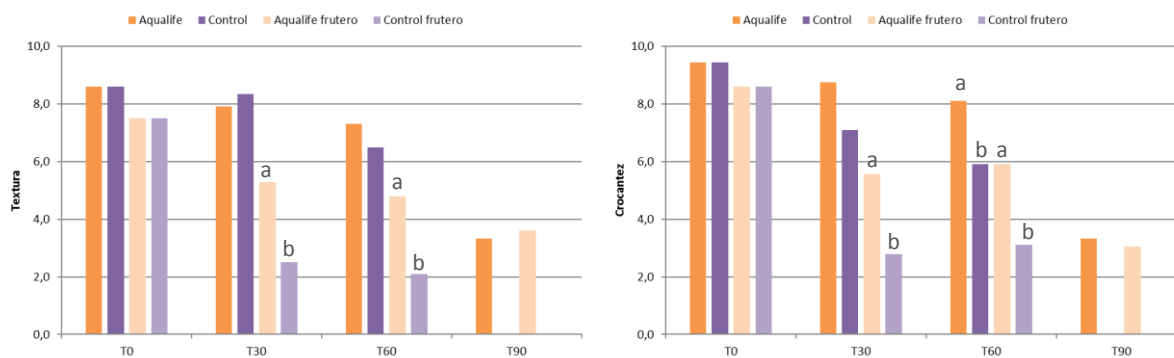
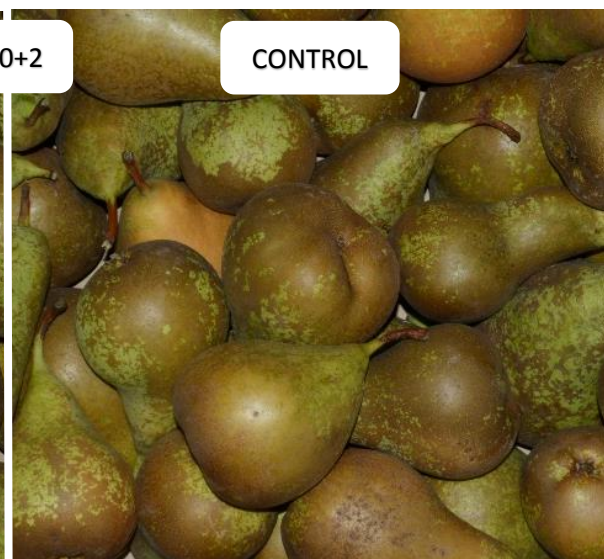
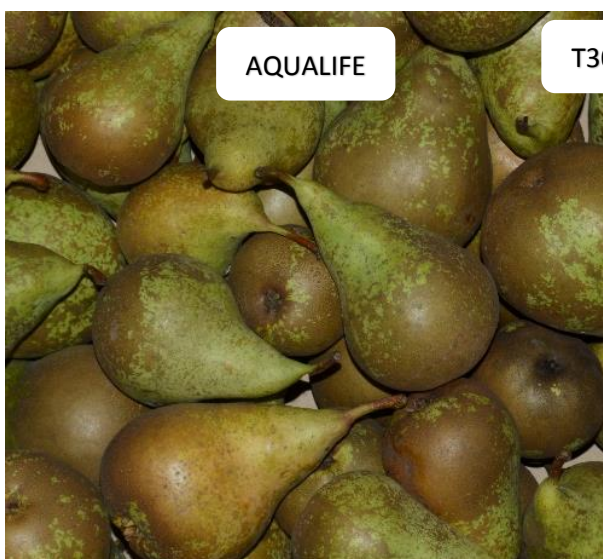
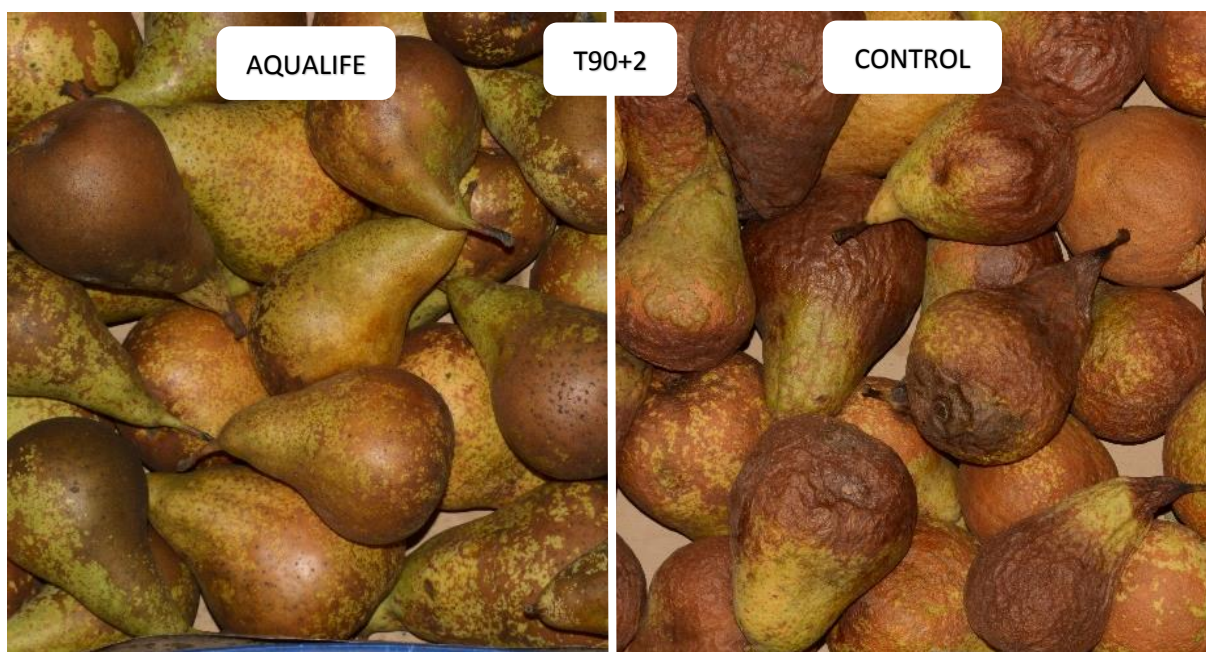
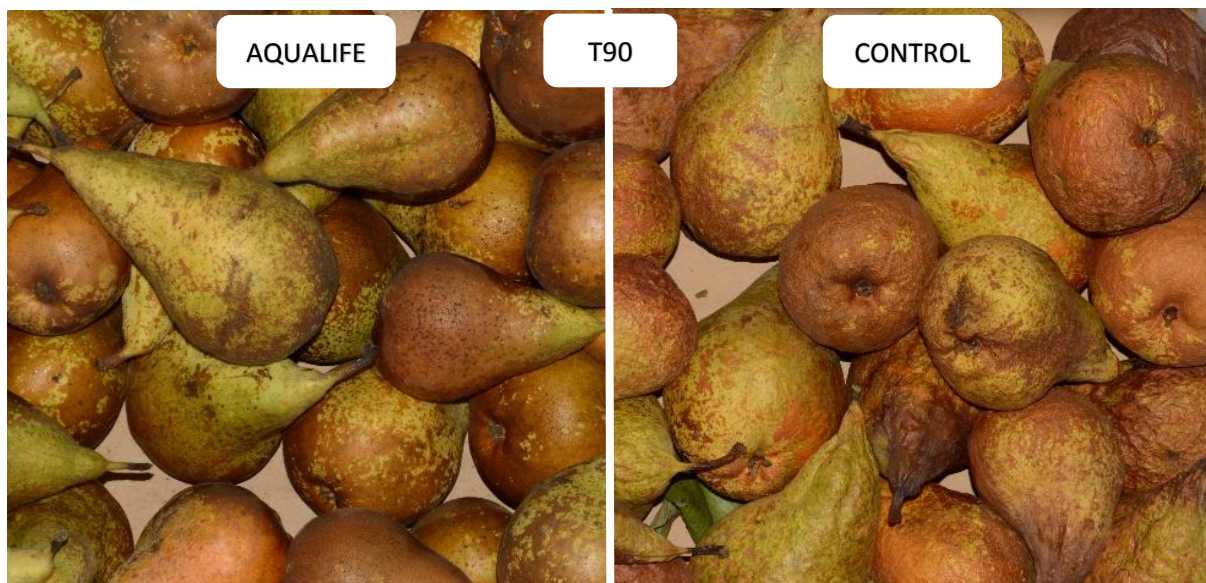


Figura 23. Evolución de la textura y la crocantez durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

EVOLUCION VISUAL A LO LARGO DEL TIEMPO



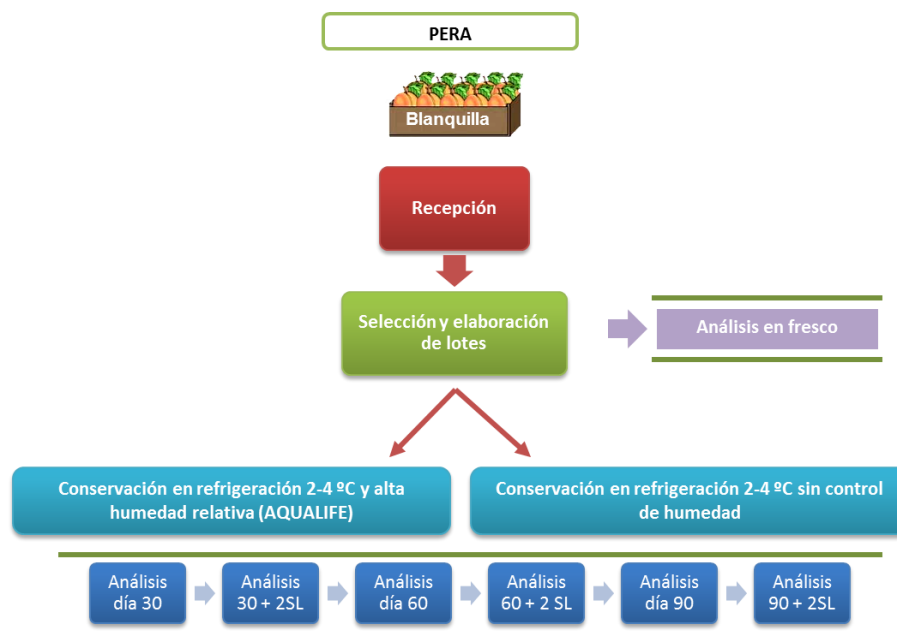




4.2 RESULTADOS PERA BLANQUILLA

4.2.1 PLAN EXPERIMENTAL

Para la variedad Blanquilla, recibida también el 16 de septiembre de 2016, se llevó a cabo el mismo plan experimental que en la variedad Conferencia.



4.2.2 PARÁMETROS DE CALIDAD

EVOLUCION TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Las gráficas obtenidas así como el comportamiento de las cámaras (Figura 24) fue la misma que la descrita en la variedad anterior dado que las dos variedades fueron recepcionadas el mismo día.

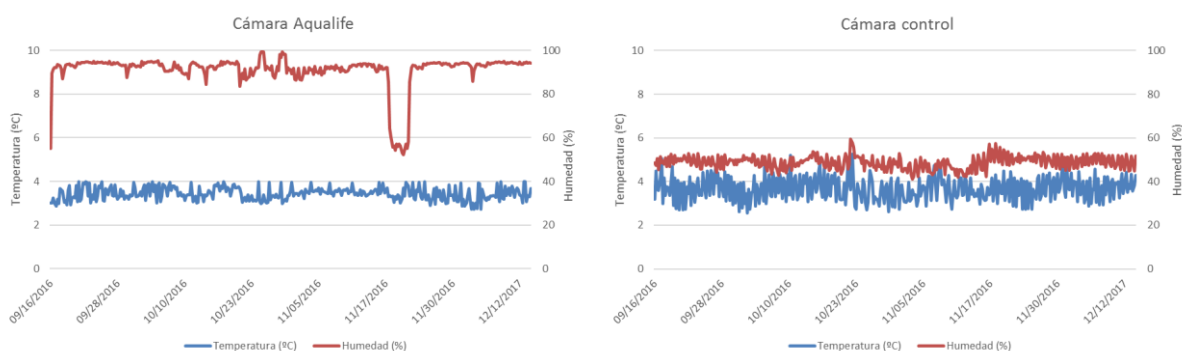


Figura 24. Control continuo de la temperatura y humedad en la cámara con el sistema Aqualife y en la cámara control.

PÉRDIDA DE PESO

De nuevo, la conservación con sistema Aqualife permitió reducir de forma significativa ($p \leq 0,05$) la pérdida de peso en todos los puntos de análisis, llegando a ser inferior al 1% tras 60 días de conservación, mientras que en el sistema control fue de más del 12% (Figura 25). Si tenemos en cuenta

el periodo de frutero, las diferencias son también muy evidentes, con unas pérdidas de peso un 500% superiores con en el sistema control con respecto al sistema Aqualife.

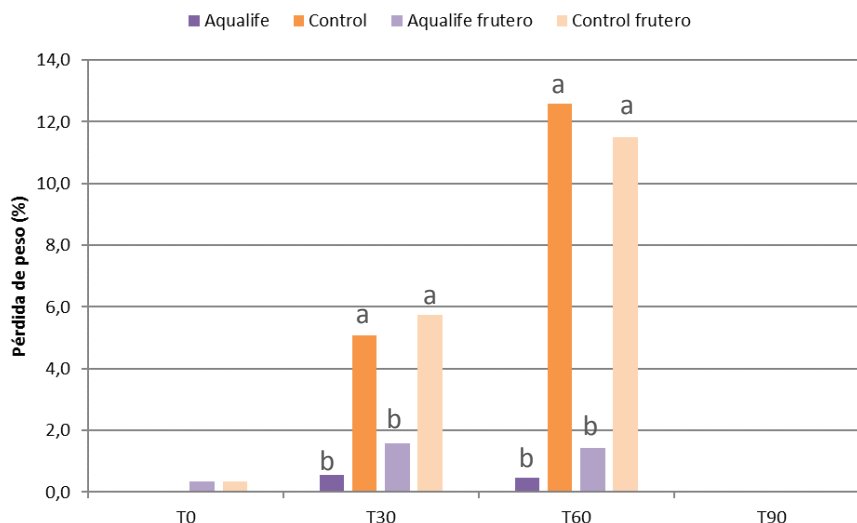
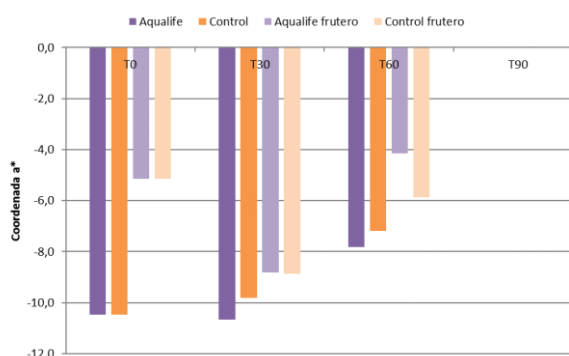
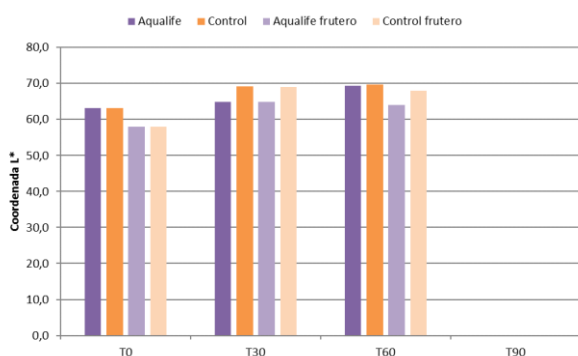


Figura 25. Determinación de la pérdida de peso durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Comentar que los frutos ya no estaban en un estado comercial tras 90 días en conservación en frío más dos días de frutero a 20°C (T90+2), por lo que en ese punto no se determinaron los parámetros de calidad.

COORDENADAS DE COLOR CIELAB

En las coordenadas de color medidas en peras blanquilla, no se encontraron diferencias significativas para ambos sistemas de conservación (Figura 26). Para ambos lotes, las coordenadas L* y b* se mantuvieron estables a lo largo de la conservación, mientras que la coordenada a* descendió ligeramente, indicando el paso a colores verdes más oscuros.



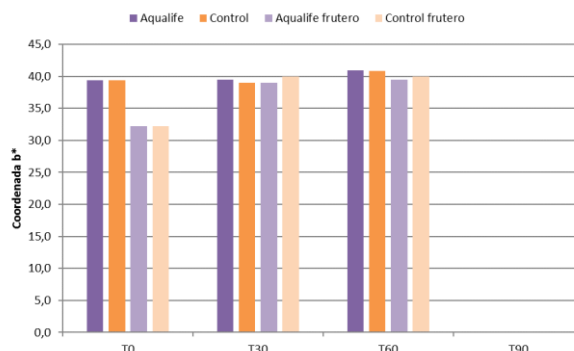


Figura 26. Evolución de las coordenadas de color L*, a* y b* durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

ABSORBANCIA A 680 NM

En este caso, los valores obtenidos para la absorbancia a 680 nm no presentaron diferencias significativas entre los dos sistemas de conservación, aunque sí que es verdad que los frutos control presentaron valores más bajos, lo que al igual que en la variedad conferencia, indicaría que el sistema Aqualife permite retrasar la senescencia durante la conservación en cámara (Figura 27).

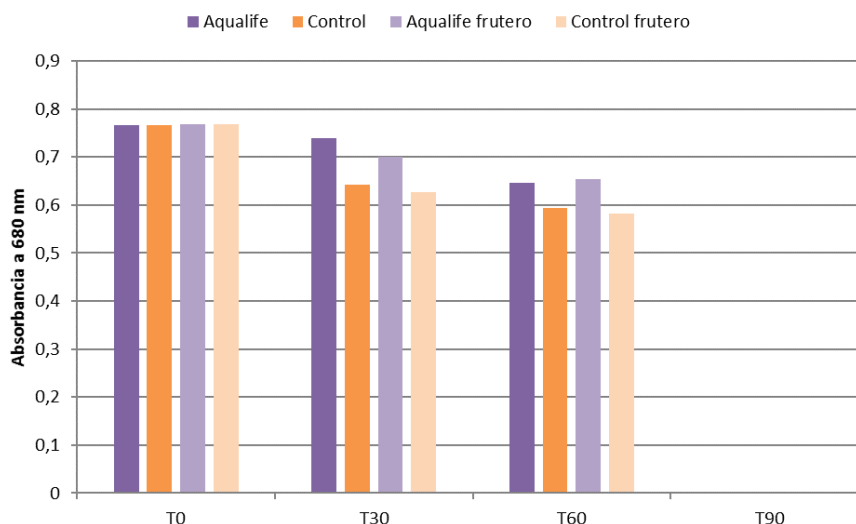


Figura 27. Evolución de la absorbancia a 680 nm durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

FIRMEZA MÉTODO NO DESTRUCTIVO: DUROFEL

El sistema de control de humedad Aqualife permitió mantener la firmeza determinada mediante el equipo DUROFEL similar al punto inicial, tanto en el momento de salida de cámara como tras 2 días de frutero (Figura 28). Además, se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre la conservación con sistema Aqualife y el sistema control, con valores siempre superiores con el sistema Aqualife.

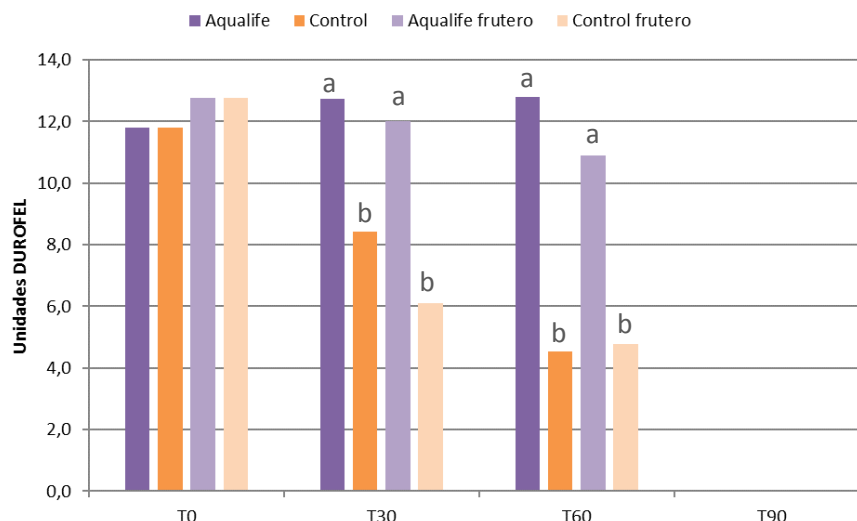


Figura 28. Evolución firmeza medida con DUOFEL durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

FIRMEZA METODO DESTRUCTIVO: MAGNESS-TAYLOR

La firmeza determinada mediante el método no destructivo sufrió un claro descenso a lo largo de la conservación con respecto al día inicial (Figura 29). No hubo diferencias entre los dos sistemas de conservación en el día 30 pero si en los días 60 y 60+2, donde la firmeza fue superior en los frutos conservados con el sistema Aqualife.

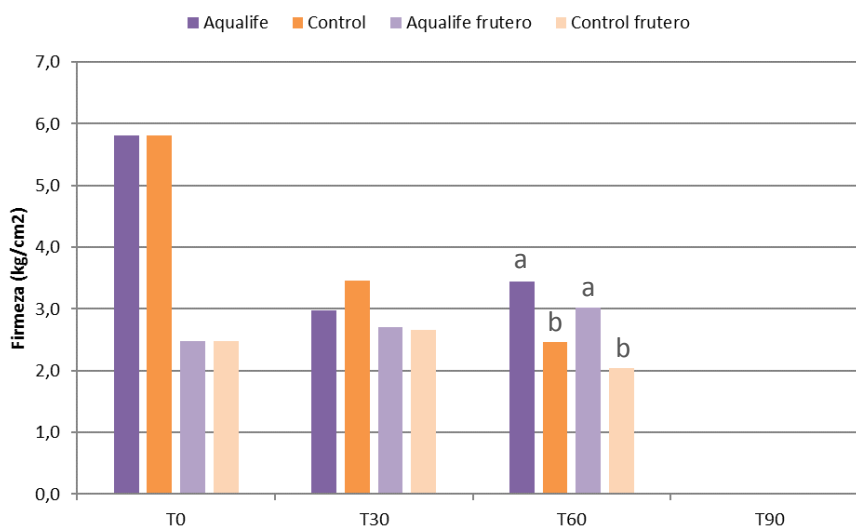


Figura 29. Evolución de la firmeza medida con Magness-Taylor durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

SÓLIDOS SOLUBLES, ACIDEZ E ÍNDICE DE MADUREZ

El contenido en sólidos solubles fue variando a lo largo de la conservación, con descenso en el día 30 y ascenso en el día 60. Por su parte, la acidez sufrió un ligero descenso, y se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos sistemas en los días 60 y 60+2 (Figura 30).

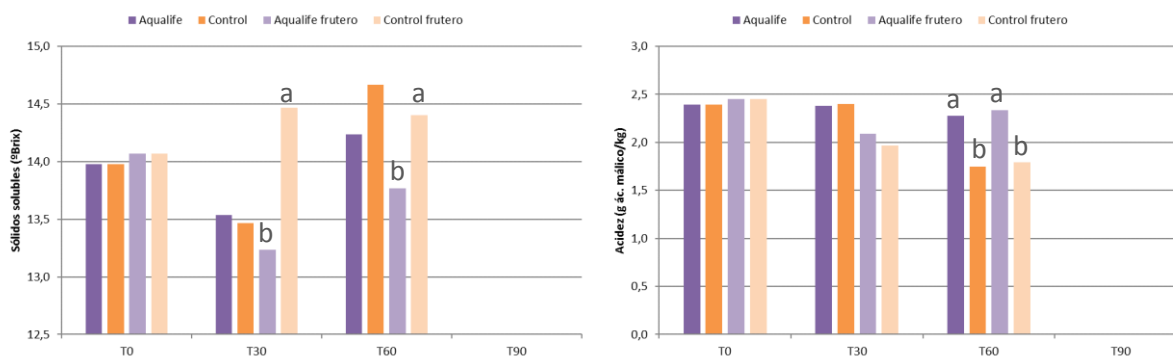


Figura 30. Evolución del contenido en sólidos solubles y de la acidez durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Por otro lado, el índice de madurez obtenido en los distintos puntos de análisis fue aumentando a lo largo de la conservación, aunque en este caso los frutos control presentaron valores superiores a los frutos conservados con sistema Aqualife a partir del día 30+2 (Figura 31). Este hecho nos demostraría que, de nuevo, los frutos control madurarían de forma más rápida.

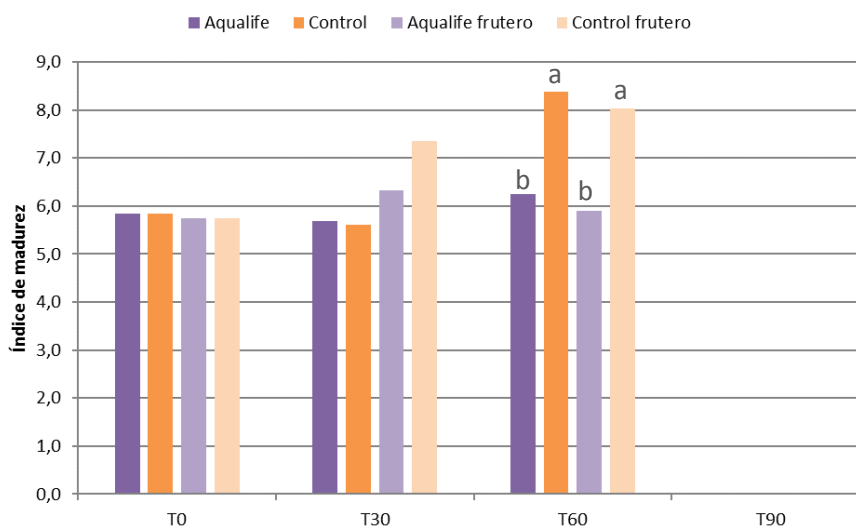


Figura 31. Evolución del índice de madurez durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

CUANTIFICACIÓN DE DAÑOS

Para la variedad blanquilla, respecto a la **alteración por mohos o podredumbres**, es destacable que hasta el día 30+2 no hubo casi recuento. Posteriormente, en los días 60 y 60+2, los porcentajes fueron siempre superiores en el sistema Aqualife, y con valores de pérdidas muy altos, con casi el 40% de pérdidas en salida de cámara y más del 60% en el frutero. En el último punto de análisis, el 100% de los frutos de ambos tratamientos presentaron podredumbres, hecho que hizo que no estuvieran en estado comercial y que pone de manifiesto la gran sensibilidad de esta variedad a las pérdidas por podredumbres durante la conservación en cámara (Figura 32).

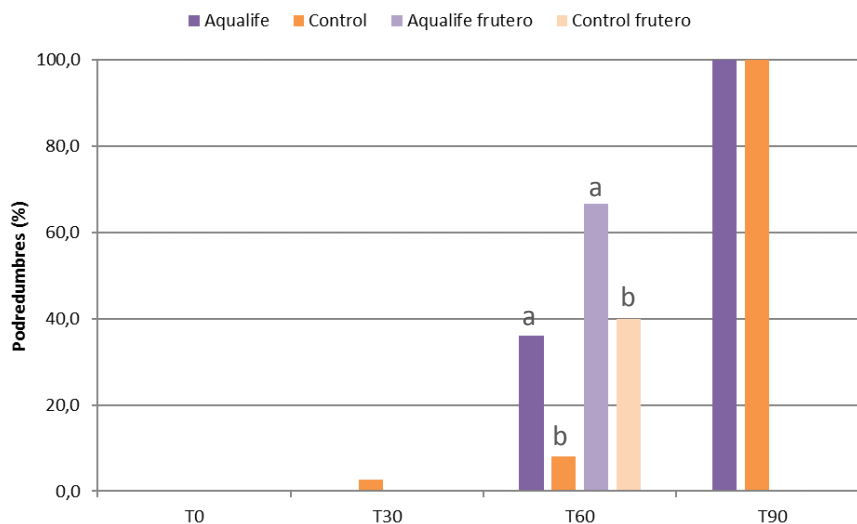


Figura 32. Evolución del porcentaje de podredumbres durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

En este caso, los mohos responsables de la mayoría de las podredumbres en la pera blanquilla, como se puede observar en la Figura 33, fueron *Penicillium expansum* y *Monilinia spp.*.



Figura 33. Detalle de pera afectado por *Penicillium expansum* y *Monilinia spp.*

Por otro lado, si bien es verdad que la conservación en frío no supuso la aparición de **fisiopatías** típicas de la pera como el escaldado superficial o el corazón pardo, sí que se produjo en la cámara control una **deshidratación** de los frutos muy severa, que junto posiblemente a la acción de algún parásito o incluso algún moho, hizo que los frutos presentaron un aspecto de putrefacción (Figura 34).



Figura 34. Detalle de daños por frío en la variedad Blanquilla.

EVALUACIÓN SENSORIAL MEDIANTE UN ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Si nos centramos en analizar los resultados en el momento de salida de cámara, las altas valoraciones obtenidas en firmeza, preferencia de sabor y preferencia visual obtenidas el día de recepción sólo fueron alcanzadas, en parte, en las peras blanquillas conservados en cámara con sistema Aqualife. Por su parte, el control presentó cuantificaciones en todos los puntos de análisis más bajas que con el sistema Aqualife excepto en la jugosidad (Figura 35).

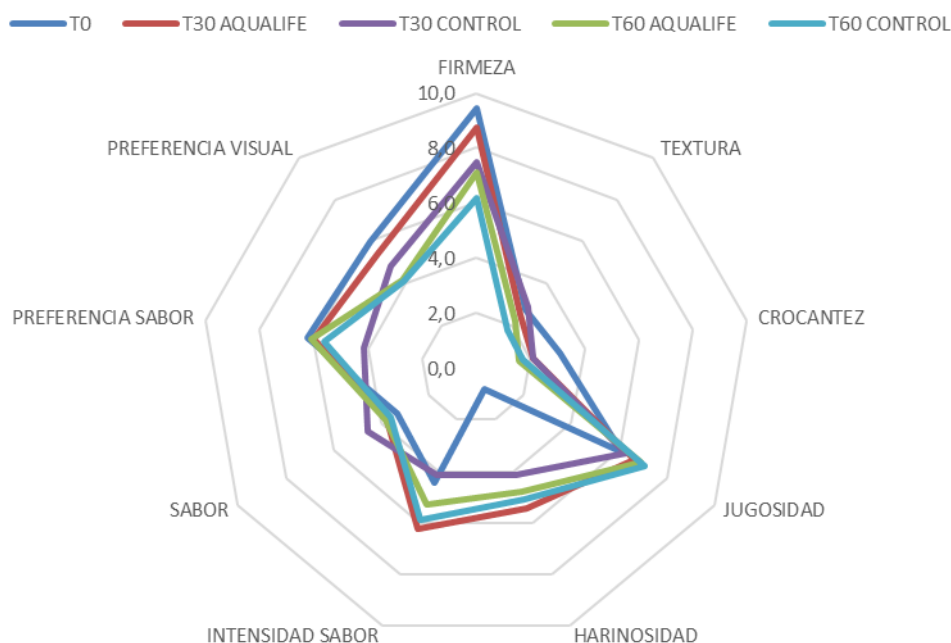


Figura 35. Evolución de parámetros analizados en el análisis sensorial en el día de salida de cámara.

Por otro lado, tras dos días de frutero, las diferencias entre los dos sistemas fueron mucho menores, solo destacando los frutos conservados con el sistema Aqualife en el parámetro firmeza. (Figura 36).

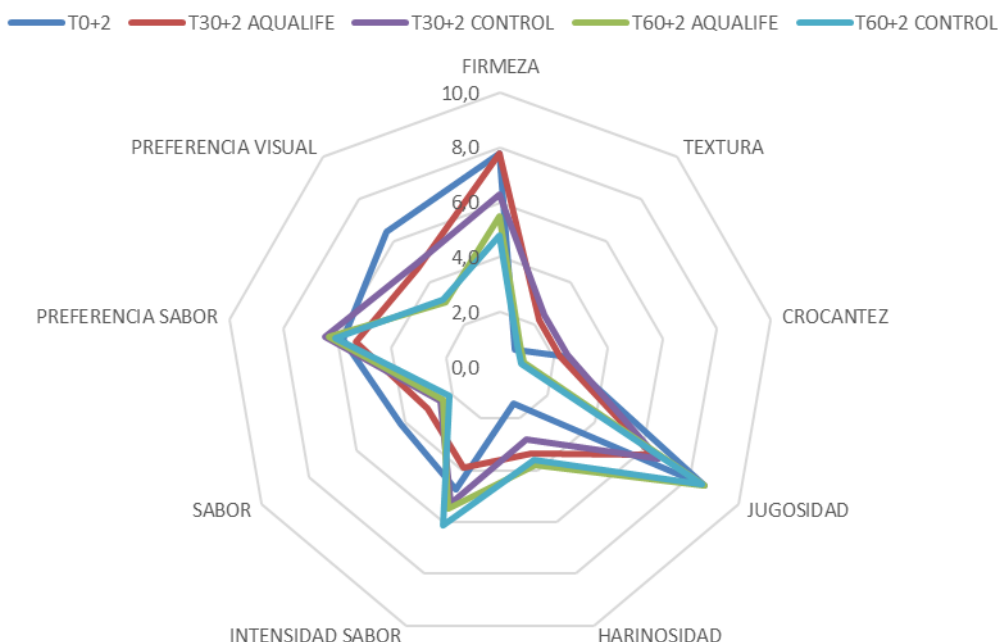


Figura 36. Evolución de parámetros analizados en el análisis sensorial tras dos días de frutero.

Analizando las valoraciones de los catadores de algunos de los parámetros descritos anteriormente, en la firmeza al tacto, pese a no observarse diferencias estadísticamente significativas, los frutos conservados con el sistema Aqualife presentaron valoraciones superiores a los frutos control. Sin embargo, para la preferencia visual, las diferencias entre los dos sistemas de conservación son inapreciables (Figura 37).

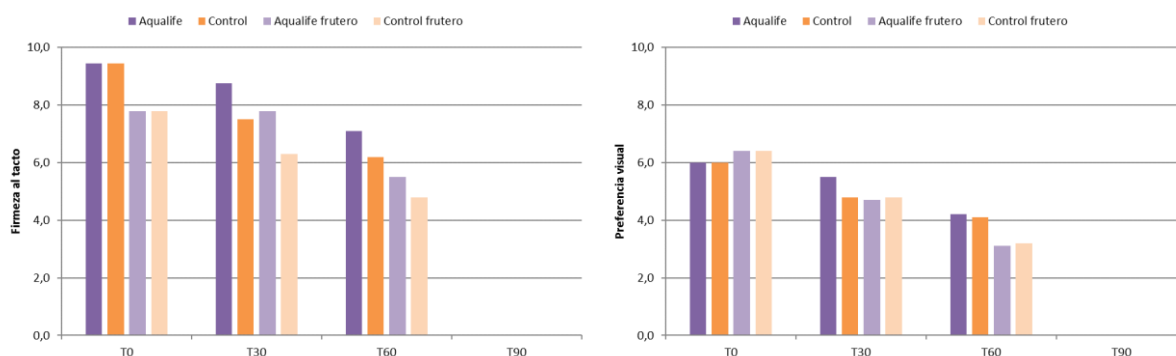


Figura 37. Evolución de la firmeza al tacto y la preferencia visual analizados en el análisis sensorial durante la conservación.
*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Para los parámetros en boca de textura y crocantez (Figura 38), de nuevo, apenas se apreciaron diferencias entre ambos sistemas de conservación.

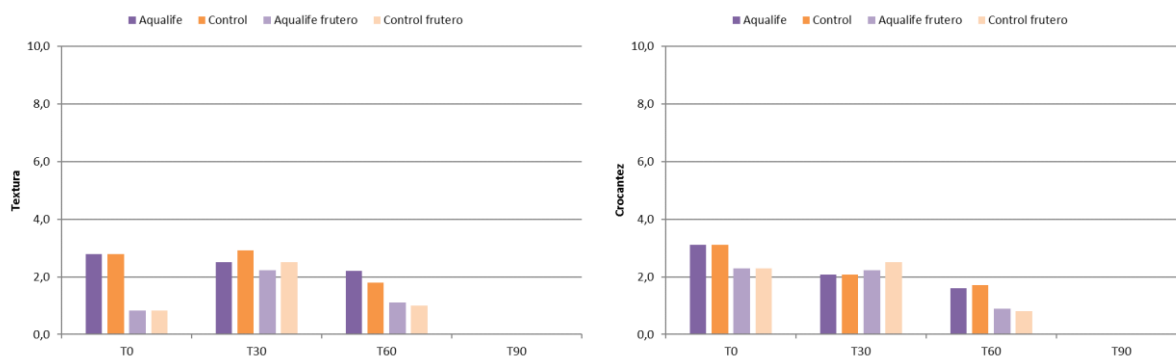
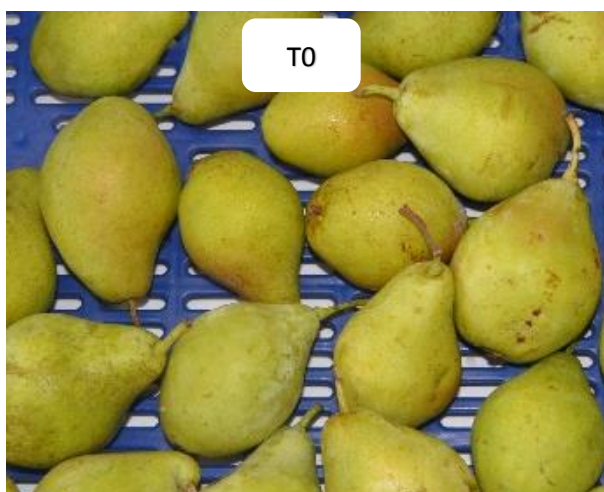


Figura 38. Evolución de la textura en boca y la crocantez analizadas en el análisis sensorial durante la conservación.

*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

EVOLUCION VISUAL A LO LARGO DEL TIEMPO





5. CONCLUSIONES PERA

5.1 PERA CONFERENCIA

- La conservación en cámara con sistema Aqualife permitió reducir significativamente las pérdidas de peso en todos los días de análisis, tanto en salida de cámara (días 30, 60 y 90) como tras dos días de frutero. Las diferencias son apreciables a la vista con claros signos de deshidratación a partir del día 60.
- Las diferencias significativas observadas en la coordenada de color a^* y en la absorbancia a 680nm podrían indicar que los frutos conservados con el sistema Aqualife retrasaría la maduración en cámara.
- La determinación de la firmeza tanto con métodos no destructivos (DUROFEL) como con métodos destructivos (Magness-Taylor) fue siempre mayor en los frutos conservados con el sistema Aqualife.
- El contenido en sólidos solubles, acidez e índice de madurez se mantuvo similar a lo largo de la conservación.
- En la variedad Conferencia, el porcentaje de podredumbres fue ligeramente mayor en los frutos conservados con el sistema control. Para el sistema Aqualife el porcentaje de podredumbres tras 90 días de conservación en cámara más 2 de frutero fue de tan solo el 4%, mientras que en control se alcanzó el 8% de pérdidas.
- El análisis sensorial permitió obtener valoraciones similares a los del día inicial en las muestras conservadas en sistema Aqualife hasta el día 60 y buenas calificaciones en el día 90, mientras que en el sistema control solo se alcanzaron valoraciones aceptables hasta el día 30. Si tenemos en cuenta el periodo de frutero, las calificaciones fueron adecuadas hasta el día 60+2 con el sistema Aqualife y tan solo 30+2 con el sistema control.
- Destacan las altas valoraciones en parámetros tales como firmeza al tacto, textura y crocantez hasta el día 60 con la conservación con sistema Aqualife.
- En base a todos los resultados anteriores, las peras de la variedad Conferencia fueron capaces de permanecer en calidad comercial hasta el día 60+2 usando el sistema Aqualife y tan solo hasta el día 30+2, y con valoraciones sensoriales muy bajas en algunos parámetros, usando el sistema control.

5.2 PERA BLANQUILLA

- La conservación en cámara con sistema Aqualife permitió reducir significativamente las pérdidas de peso de las peras Conferencia en todos los días de análisis, tanto en salida de cámara (días 30 y 60) como tras dos días de frutero, con pérdidas en todos los casos inferiores al 2%. En el sistema control, se obtiene pérdidas de peso cercanas al 6% en el día 30+2 y superiores al 10% a partir del día 60.
- No se observaron diferencias significativas en los parámetros de calidad de coordenadas de color y absorbancia a 680 nm.
- La determinación de la firmeza tanto con métodos no destructivos (DUROFEL) como con métodos destructivos (Magness-Taylor) fue siempre mayor en los frutos conservados con el sistema Aqualife.
- A lo largo de la conservación, el contenido en sólidos solubles aumenta en mayor medida en los frutos control, mientras que la acidez disminuye en mayor grado también en los frutos control, lo que supuso un mayor índice de madurez en el sistema control, indicativo de una mayor maduración en cámara.
- Se produjo una gran incidencia de podredumbres en esta variedad, alcanzándose porcentajes de pérdidas no rentables en el día 60 para el sistema Aqualife y en el día 60+2 para el sistema control.
- El análisis sensorial permitió obtener valoraciones aceptables en las muestras conservadas tanto en el sistema Aqualife como en el sistema control hasta el día 60, mientras que con el periodo de frutero se redujo hasta el día 30+2. Los parámetros de firmeza al tacto, preferencia visual, textura y crocantez no presentaron diferencias entre ambos sistemas.
- En base a todos los resultados anteriores, las peras de la variedad Blanquilla son comerciales hasta el día 30 y 30+2 independientemente del sistema de control de humedad empleado.