



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

Informe preliminar: Mayo 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 MANZANA GOLDEN DELICIOUS	12
4.1.1	PLAN EXPERIMENTAL	12
4.1.2	PARÁMETROS DE CALIDAD.....	12
4.2	RESULTADOS MANZANA ROYAL GALA	23
4.2.1	PLAN EXPERIMENTAL	23
4.2.2	PARÁMETROS DE CALIDAD.....	23
5.	CONCLUSIONES MANZANA	33
5.1	MANZANA GOLDEN DELICIOUS.....	33
5.2	MANZANA ROYAL GALA	34

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 MANZANA.

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 (manzana Golden Delicious y Royal Gala). 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).

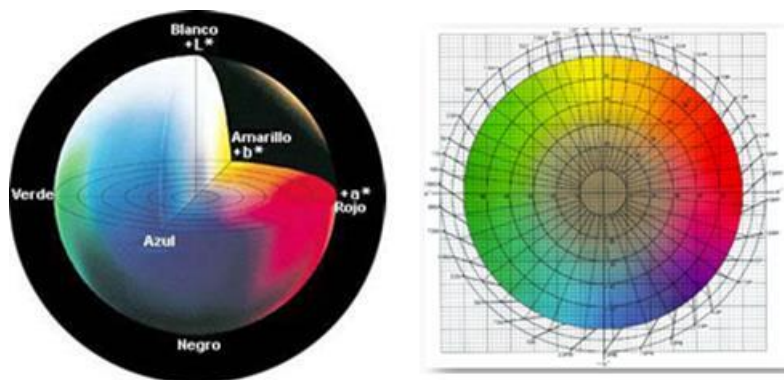


Figura 2. Espacio bidimensional de color según el sistema CieLab.

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.

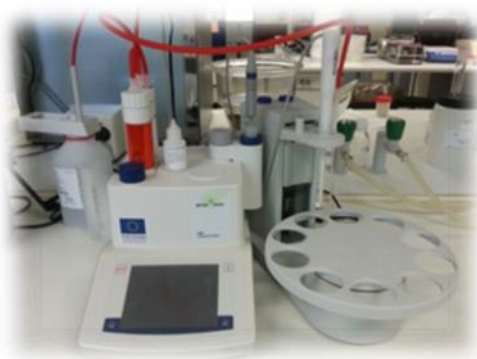


Figura 7. Valorador automático Mettler Toledo G20 Compact Titrator.

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.

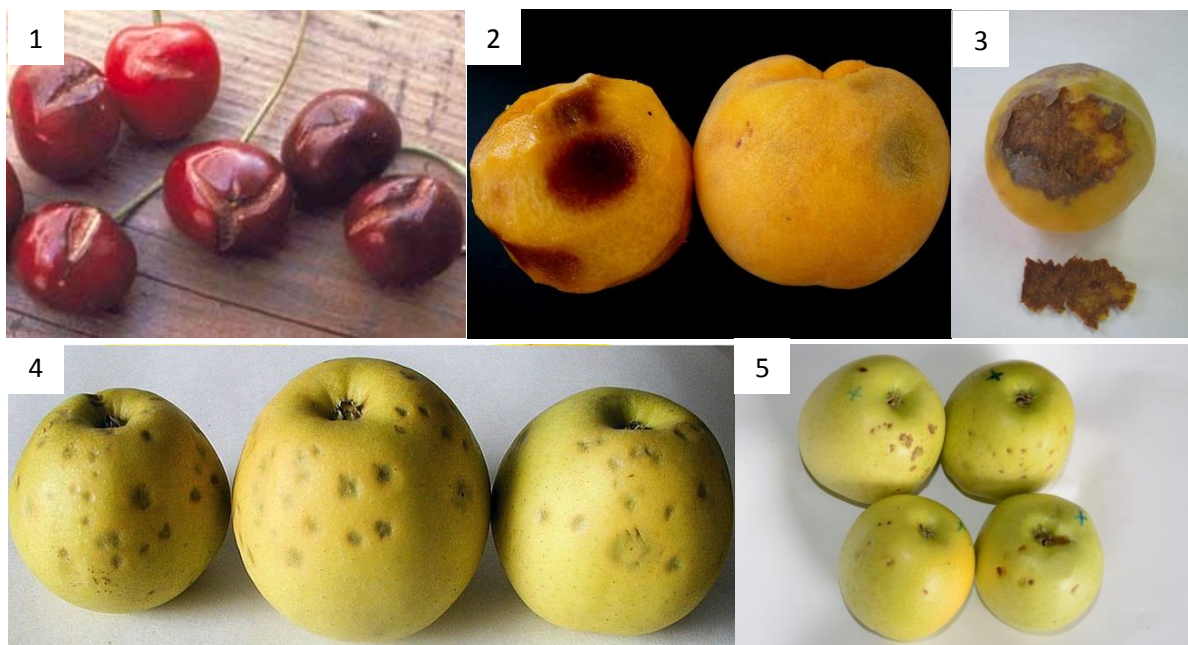


Figura 8. Fisiopatías: (1) cracking en cereza, (2) mancha vitrescente y (3) mancha corchosa en melocotón, (4) bitter pit y (5) plara en manzana.

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.

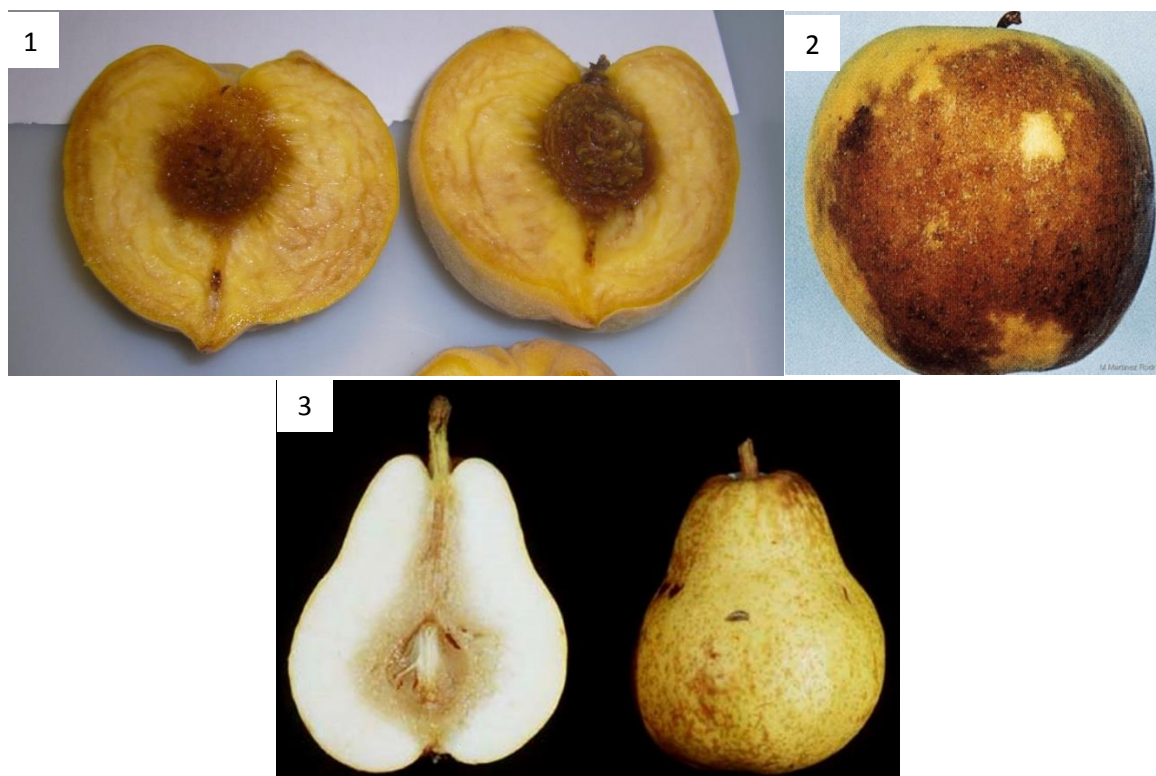


Figura 9. (1) Pardeamiento interno, (2) escaldado superficial y (3) corazón pardo.

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:

- a. 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).
- b. Fase en boca: se determinó la textura (de muy blanda a muy dura), crocantez (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 manzana ensayadas fueron Golden Delicious y Royal Gala. La variedad **Golden Delicious** se recolecta a mediados de septiembre y se caracteriza por su piel amarilla verdosa. Su forma es redonda y regular con una pulpa jugosa, crujiente, dulce y aromática. Por su parte, la variedad **Royal Gala** tiene una recolección que va de septiembre a noviembre y se caracteriza por su piel con estrías rojas y naranjas sobre un fondo amarillo verdoso. Presenta una forma muy redondeada y su pulpa es blanca, crujiente y consistente pero además es a la vez jugosa y muy aromática.



3.3 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

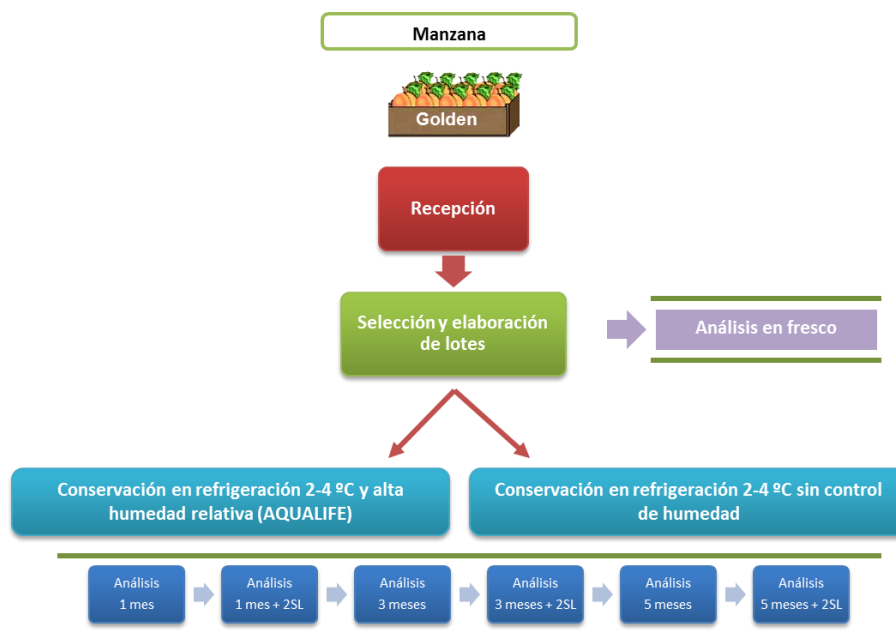
Todos los resultados obtenidos se trataron estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA), y si éste dio diferencias significativas ($p \leq 0,05$) se aplicó el test de separación de medias de Waller-Duncan. El software utilizado fue el SPSS V.22.

4. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS MANZANA GOLDEN DELICIOUS

4.1.1 PLAN EXPERIMENTAL

La variedad Golden fue recibida el 27 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.

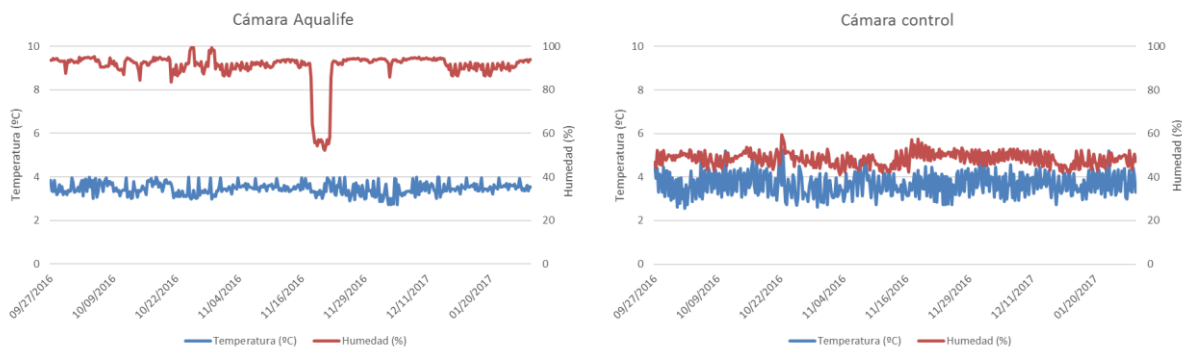


Figura 10. Control continuo de la temperatura y humedad en la cámara con el sistema Aqualife y en la cámara control.

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 8% tras 5 meses de conservación. Sin embargo, sin el sistema de control de humedad, esta pérdida es mayor a este porcentaje ya desde los 3 meses de conservación, llegando hasta el 18% al final del periodo de conservación ensayado.

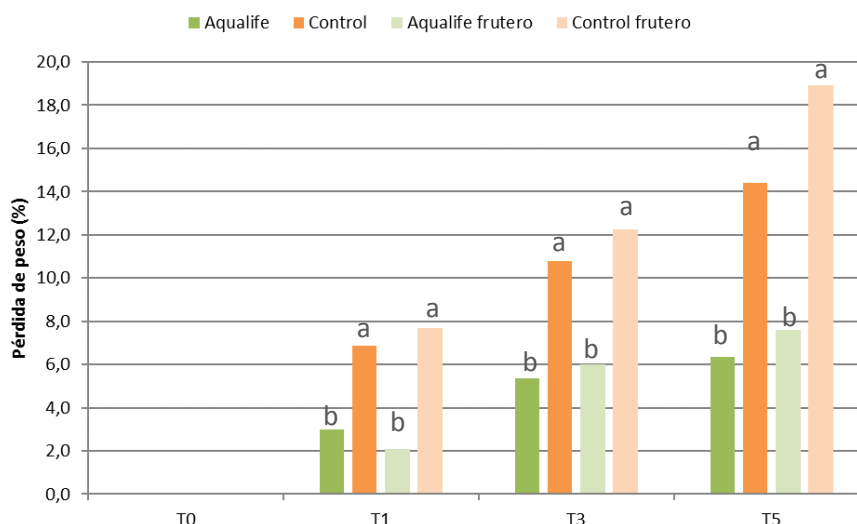


Figura 11. Pérdida de peso durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

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 5 meses de conservación, los análisis de calidad de los frutos conservados en cámara control solo se realizaron hasta los 3 meses + dos días de frutero, debido a que partir de esa fecha ya no eran comerciales.

COORDENADAS DE COLOR CIELAB

Las coordenadas de color L^* , que nos indica la luminosidad, y b^* , que nos indica el paso de colores azules a amarillos, no se vieron casi afectadas por el empleo o no de sistema de control de humedad,

sufriendo un ligero descenso a lo largo de la conservación. En cuanto a la coordenada a^* , que indica el paso de colores verdes a rojos, se observó un descenso de su valor durante la conservación, indicativo de paso a tonalidades menos verdes, aunque de nuevo con muy pocas diferencias entre los dos sistemas de conservación (Figura 12).

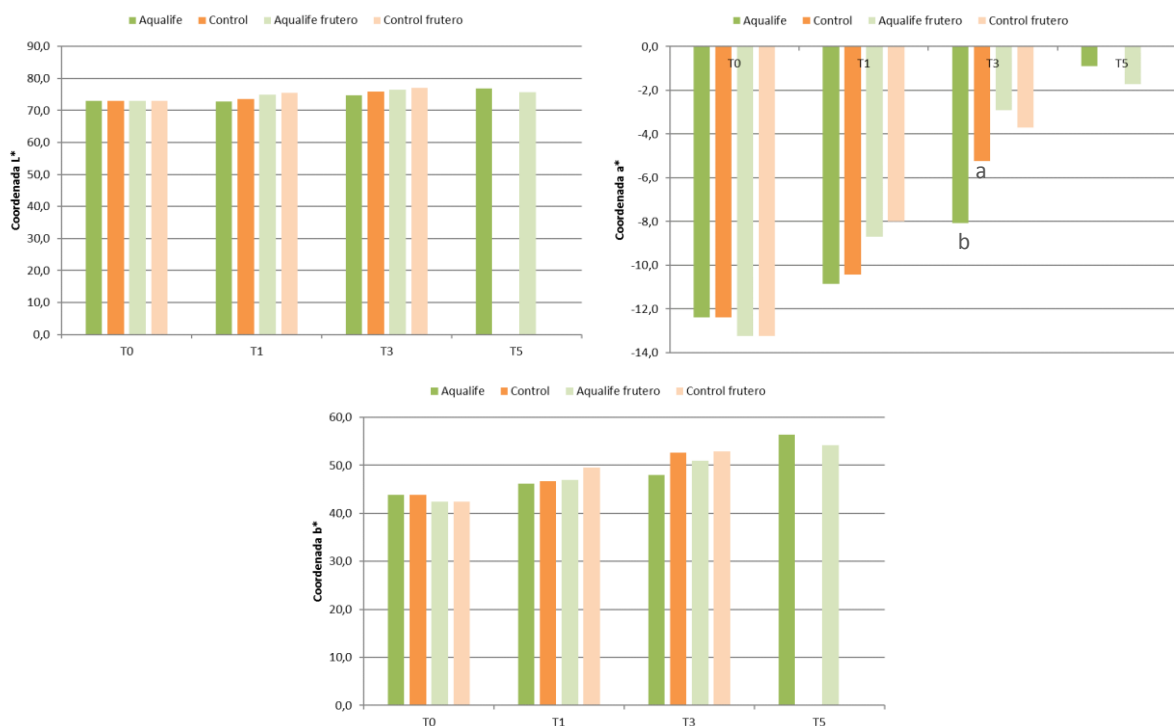


Figura 12. Evolución de las coordenadas de color L^* , a^* y b^* durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

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. En general, se produjo un descenso de este parámetro a lo largo de la conservación, aunque sin diferencias estadísticamente significativas si se emplea o no humedad durante su conservación (Figura 13).

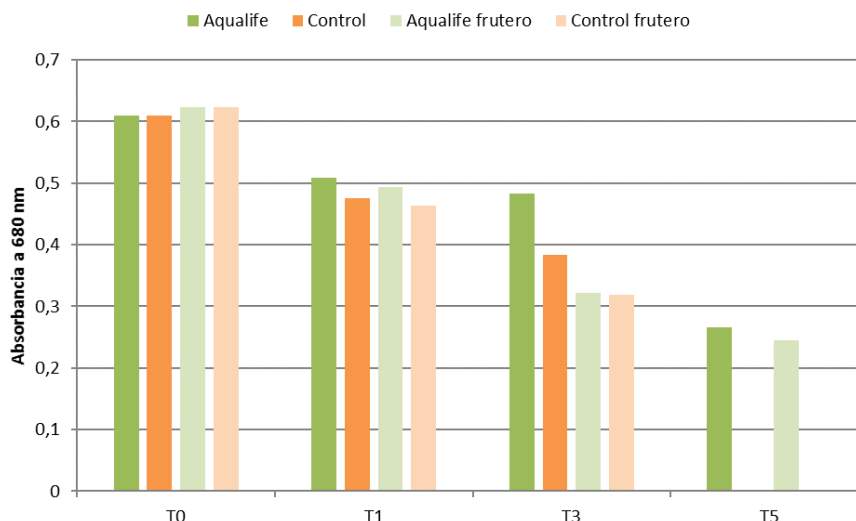


Figura 13. Evolución de la absorbancia a 680 nm durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

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 tercer mes, similar a la obtenida en el día de recepción, en torno a 25 unidades Durofel. Sin embargo, en los frutos control el descenso de la firmeza es muy acusado ya desde el primer mes donde se obtiene una firmeza de 12 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.

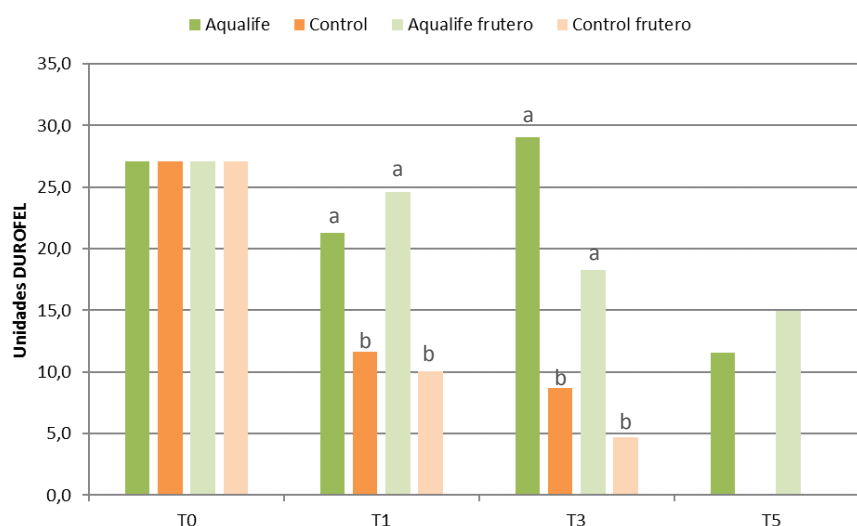


Figura 14. Evolución de la firmeza medida con Durofel durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

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, es destacable la mayor firmeza que se obtiene sin control de humedad con respecto al sistema Aqualife, debido posiblemente a paso a texturas más gomosas de la pulpa.

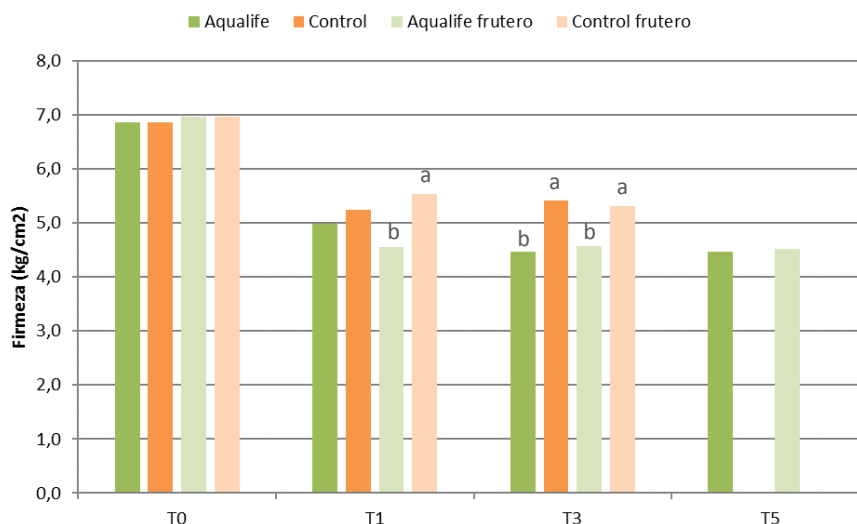


Figura 15. Evolución de la firmeza medida con Magness-Taylor durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

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 fue muy similar entre los dos sistemas de conservación, y manteniéndose estable a lo largo de toda la conservación en frío. Por su parte, la acidez sufrió un descenso a lo largo de los 5 meses de conservación, aunque no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos sistemas.

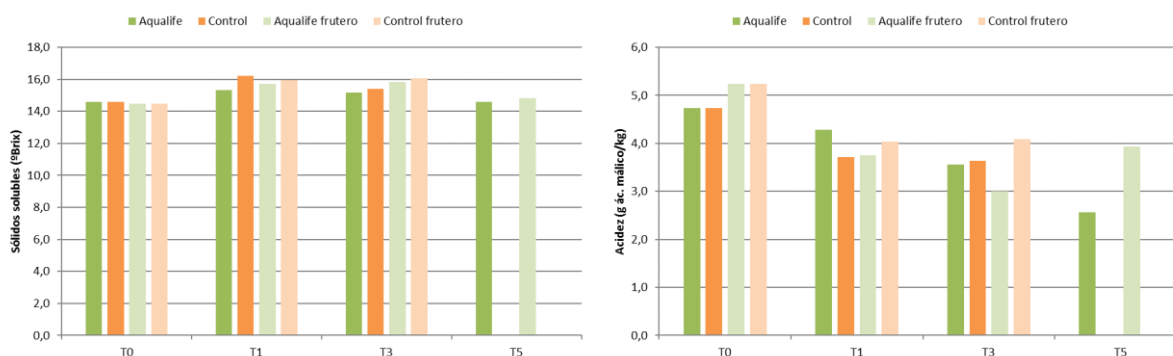


Figura 16. Evolución del contenido en sólidos solubles y de la acidez durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Los resultados conllevaron a que el índice de madurez (Figura 17), parámetro que relaciona el contenido en sólidos solubles y la acidez, aumentara a lo largo de la conservación, pero sin presentar apenas diferencias entre ambos sistemas.

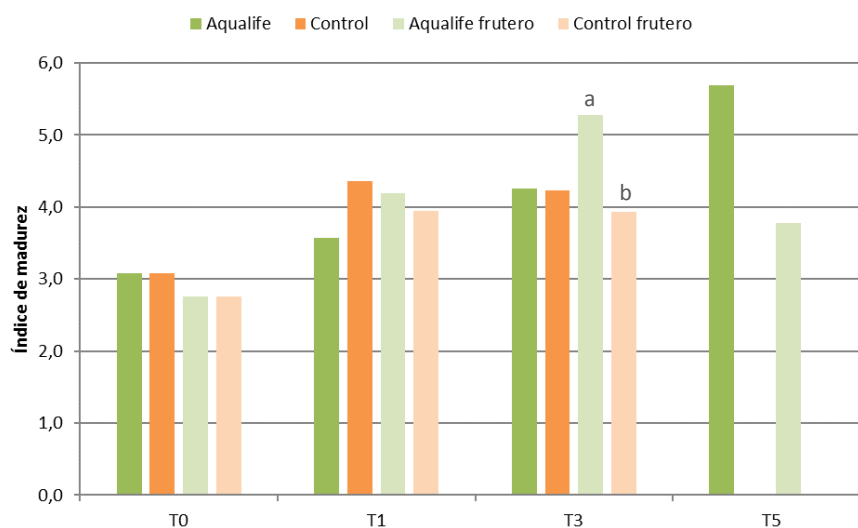


Figura 17. Evolución del índice de madurez durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

CUANTIFICACIÓN DE DAÑOS

La conservación en frío no supuso la aparición de **fisiopatías** típicas en las manzanas como son el escaldado superficial y el bitter pit.

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 mínimas, tardando en aparecer 5 meses, y en todo caso, con porcentajes muy bajos (por debajo del 2%) y sin diferencias con el control.

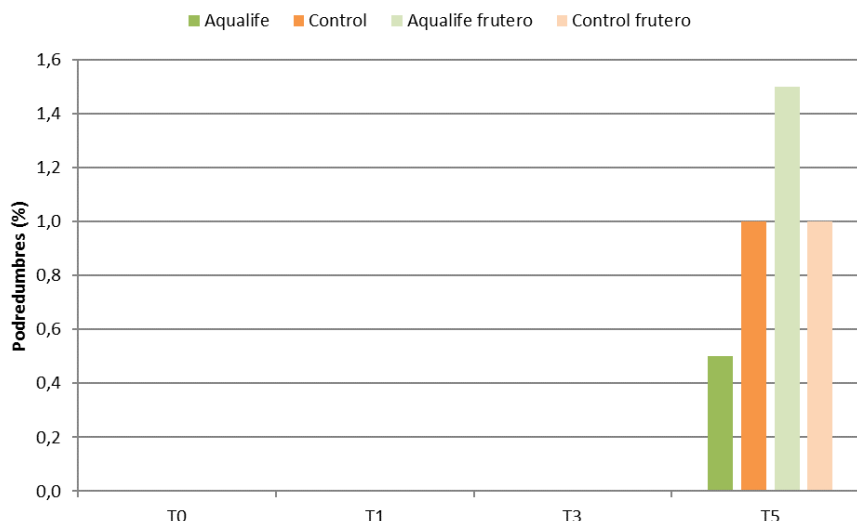


Figura 18. Evolución del porcentaje de podredumbres durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Sin embargo, el aspecto más determinante para concluir que los frutos control estaban en estado no comercial en tras 5 meses de conservación fue la **deshidratación de los frutos**. En la cámara control la deshidratación fue percibida ya tras 3 meses, pero se hizo muy evidente a los 5 meses, momento en el que presentaban un estado no comercial. Sin embargo, con el sistema Aqualife este efecto sólo se observó ligeramente tras 5 meses y dos días de frutero. En la Figura 19 se pueden observar las claras diferencias del estado visual de las manzanas Golden conservadas con los distintos sistemas de control de humedad.



Figura 19. Detalle de manzanas Golden Delicious conservadas durante 5 meses en frío en cámara sin control de humedad (izq.) y con control de humedad Aqualife (dcha.).

EVALUACIÓN SENSORIAL MEDIANTE UN ANÁLISIS DESCRIPTIVO

La variedad Golden destacó en el momento de recolección por su gran firmeza al tacto y por unas características en boca de textura dura y elevada crocancia así como una baja jugosidad y harinosidad y alta intensidad de sabor (Figura 20). Tras 3 meses de conservación en frío solo los frutos conservados con el sistema Aqualife presentaron unos valores altos de firmeza. Además, la preferencia visual fue mayor en las manzanas conservadas con el sistema Aqualife.

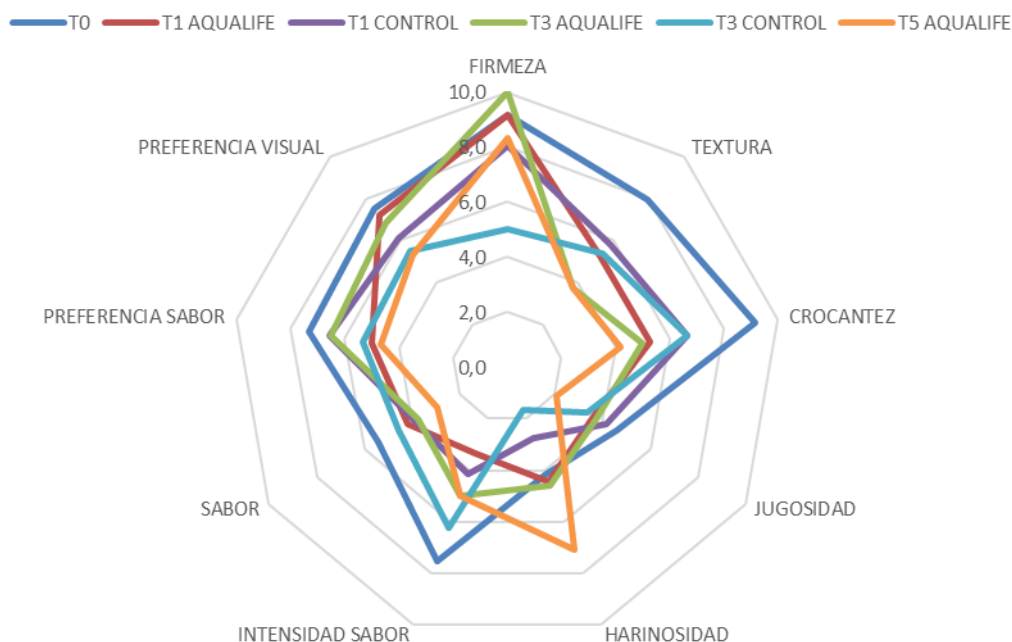


Figura 20. Evolución de parámetros analizados en el análisis sensorial en el día de salida de cámara.

Tras dos días a 20 °C, los frutos redujeron los valores de todos los parámetros (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.

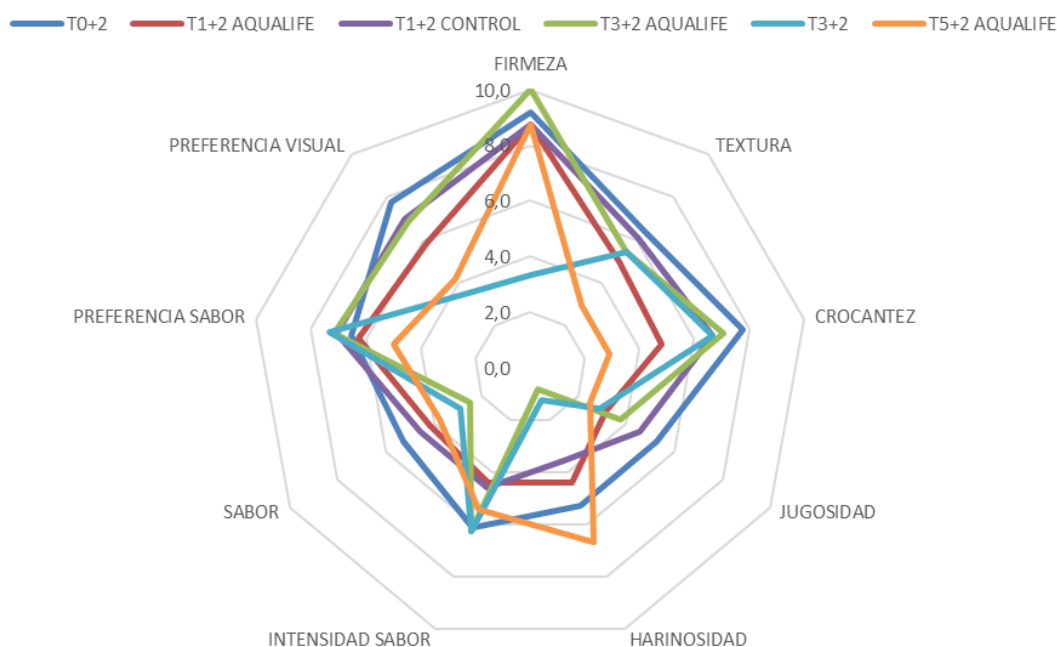


Figura 21. Evolución de parámetros analizados en el análisis sensorial tras dos días de frutero.

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 manzanas

Golden Delicious 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 tras 1 mes de conservación los valores de firmeza al tacto son idénticos, a partir del tercer mes, las valoraciones de los catadores son superiores con el sistema Aqualife. Y para la preferencia visual el resultado es similar, aunque sin apreciarse diferencias tan evidentes.

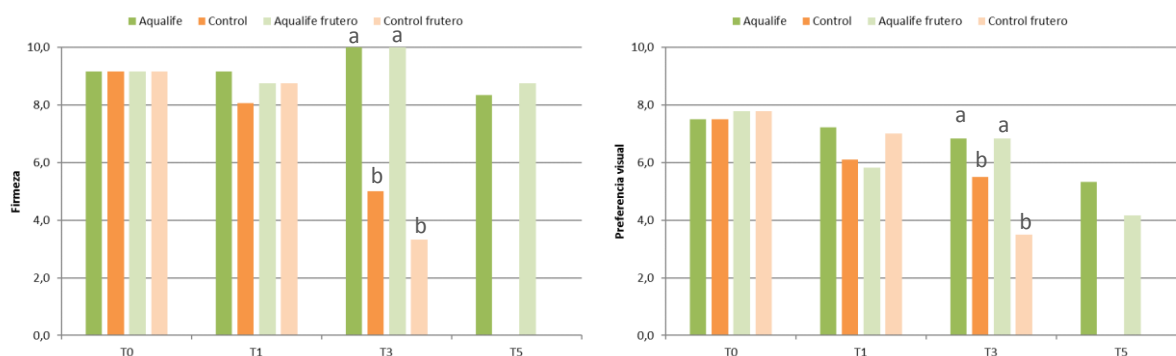


Figura 22. Evolución de la firmeza al tacto y de la preferencia visual durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Para esta variedad, las diferencias entre sistemas para la evaluación en boca de la textura y la crocantez no fueron tan evidentes (Figura 23). Los valores de textura descendieron con la conservación, sin presentarse diferencias claras entre ambos sistemas. Por su parte, la crocantez también disminuyó con el tiempo, pero los valores fueron casi siempre superiores en el sistema control.

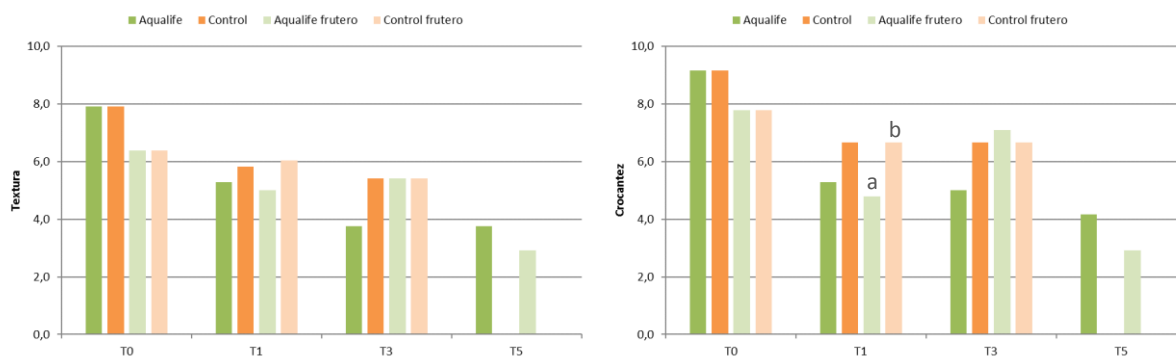
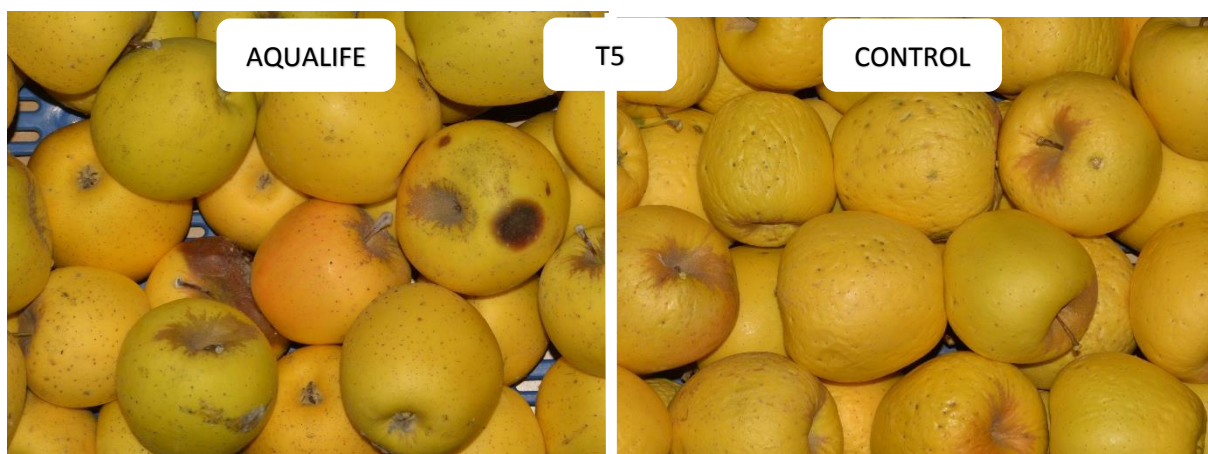
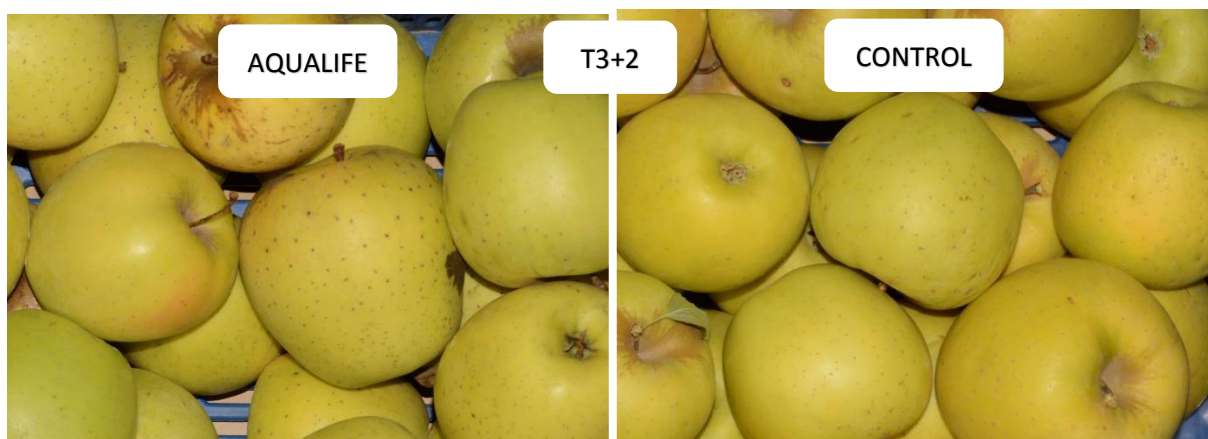


Figura 23. Evolución de la textura y la crocantez durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

EVOLUCION VISUAL A LO LARGO DEL TIEMPO

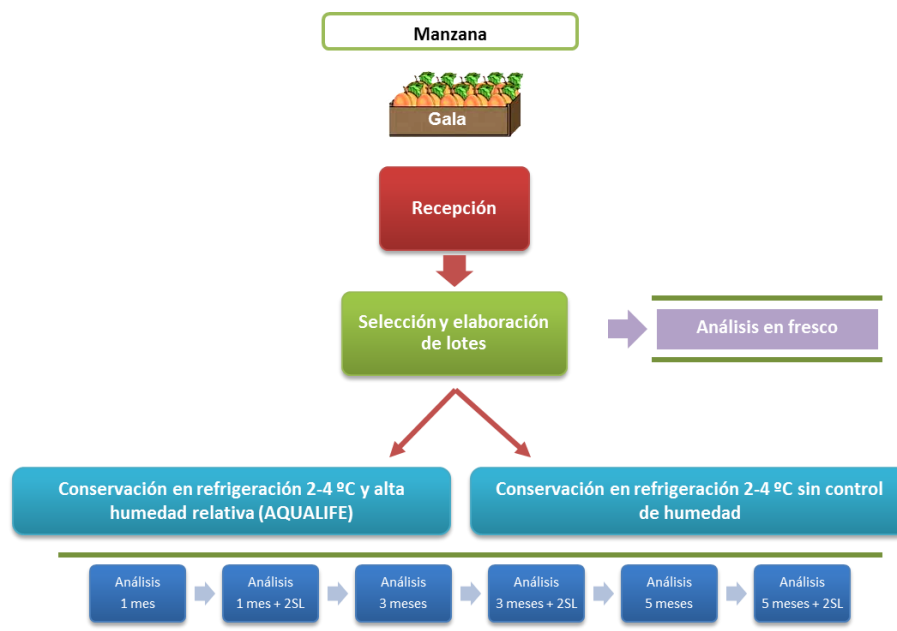




4.2 RESULTADOS MANZANA ROYAL GALA

4.2.1 PLAN EXPERIMENTAL

Para la variedad Royal Gala, recibida en este caso el 15 de noviembre de 2016, se llevó a cabo el mismo plan experimental que en la variedad Golden.



4.2.2 PARÁMETROS DE CALIDAD

EVOLUCION TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Las gráficas obtenidas así como el comportamiento de las cámaras (Figura 24) fue muy similar a la descrita en la variedad anterior dado que las dos variedades estuvieron compartiendo conservación durante 3 meses.

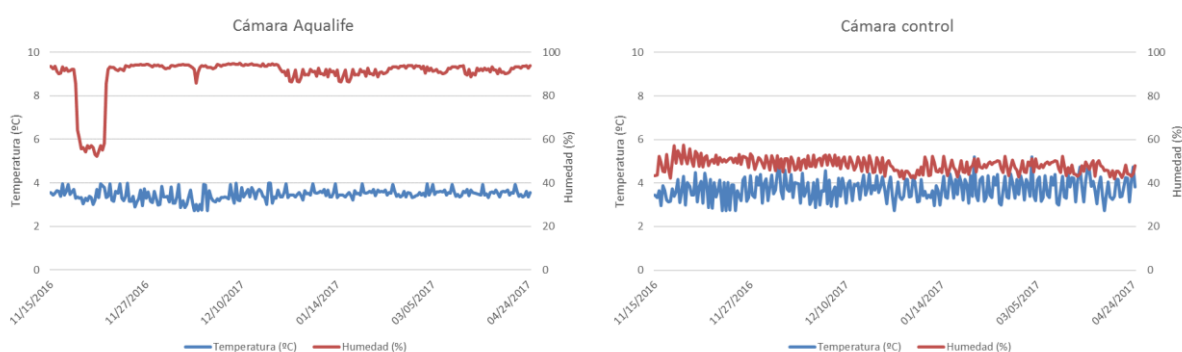


Figura 24. Control continuo de la temperatura y humedad en la cámara con el sistema Aqualife y en la cámara control.

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 8% tras 5 meses de conservación, mientras que en el sistema control fue el doble (16%) (Figura 25).

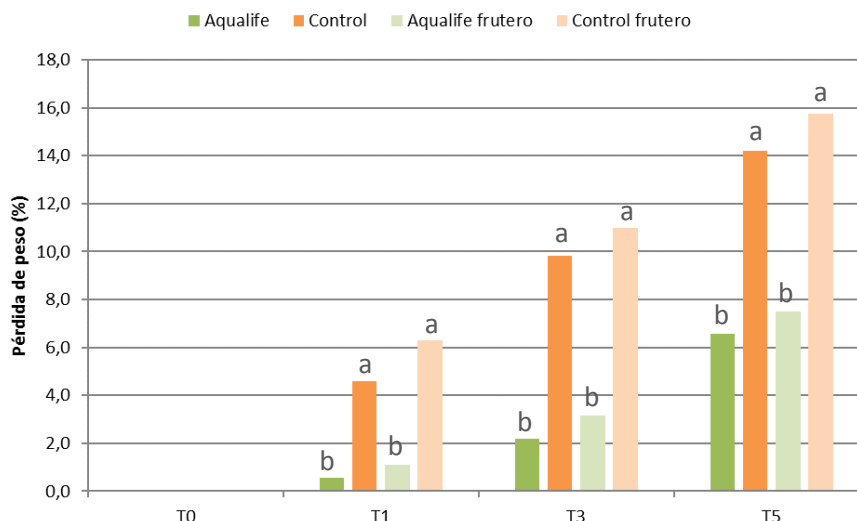
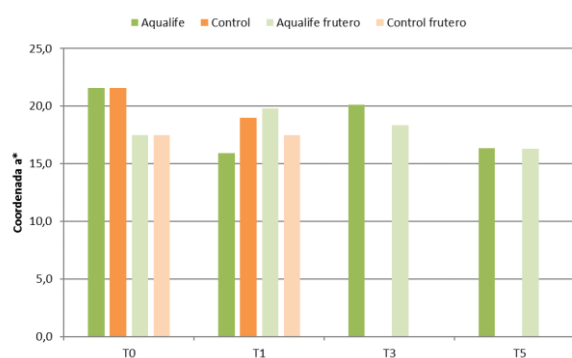
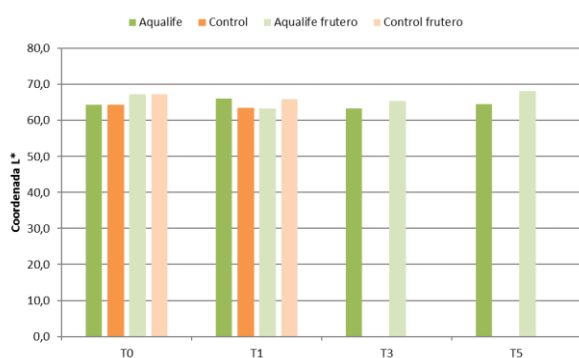


Figura 25. Determinación de la pérdida de peso durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Comentar que los frutos control ya no estaban en un estado comercial a los 3 meses de conservación en frío, por lo que a partir de ese punto no se determinaron los parámetros de calidad en los frutos control.

COORDENADAS DE COLOR CIELAB

En las coordenadas de color medidas en manzana Royal Gala, no se encontraron diferencias significativas para ambos sistemas de conservación (Figura 26). Para ambos lotes, la coordenada L* se mantuvo estable a lo largo de la conservación, la coordenada a* descendió ligeramente, indicando la pérdida de color rojo, mientras que la coordenada b* aumentó, lo que supone un aumento del color amarillo.



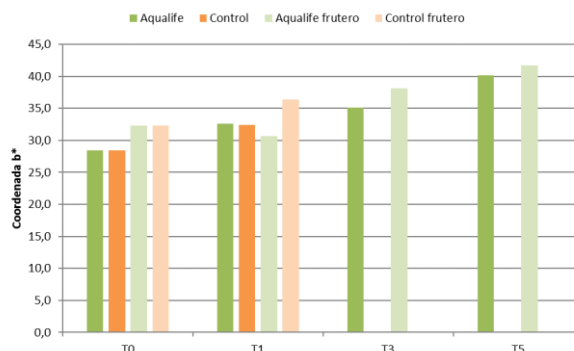


Figura 26. Evolución de las coordenadas de color L*, a* y b* durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

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 (Figura 27).

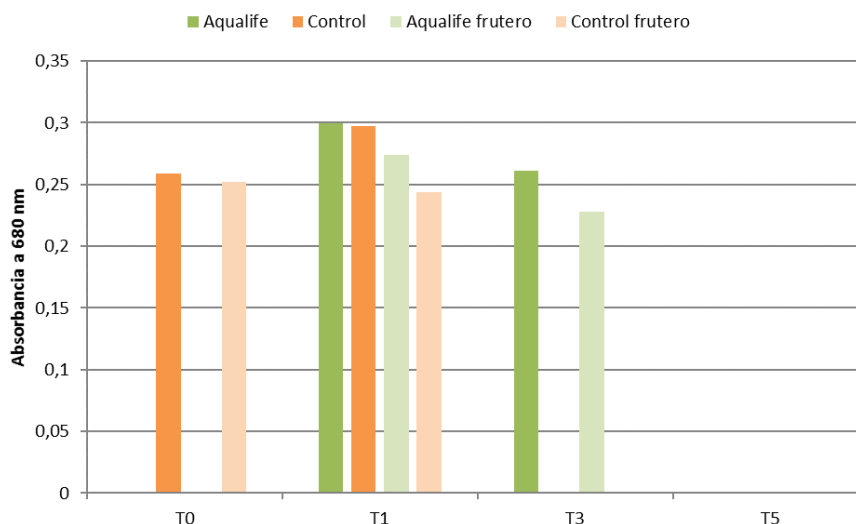


Figura 27. Evolución de la absorbancia a 680 nm durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

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 tras un mes de conservación en cámara, 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 superiores en el sistema Aqualife. La firmeza sufrió un descenso a partir del tercer mes.

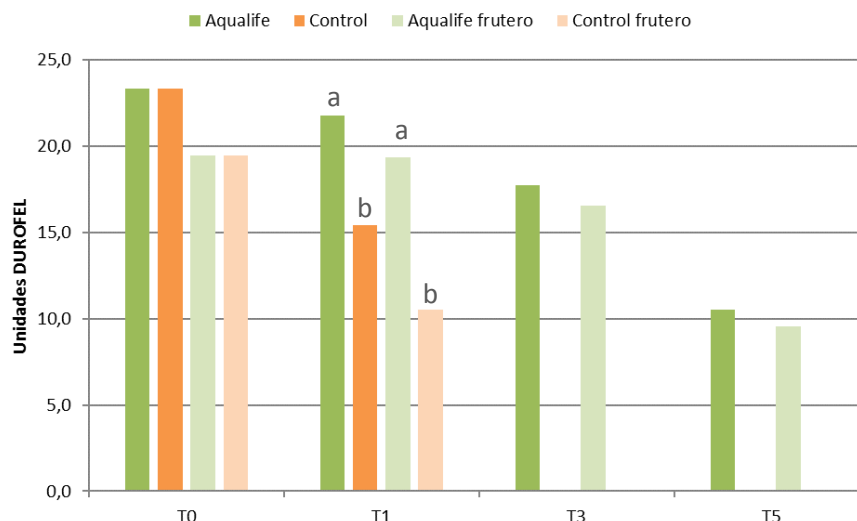


Figura 28. Evolución firmeza medida con DUROFEL durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

FIRMEZA METODO DESTRUCTIVO: MAGNESS-TAYLOR

La firmeza determinada mediante el método no destructivo sufrió un ligero descenso a lo largo de la conservación con respecto al día inicial (Figura 29). Sin embargo, no hubo diferencias entre los dos sistemas de conservación tras 1 mes de almacenamiento.

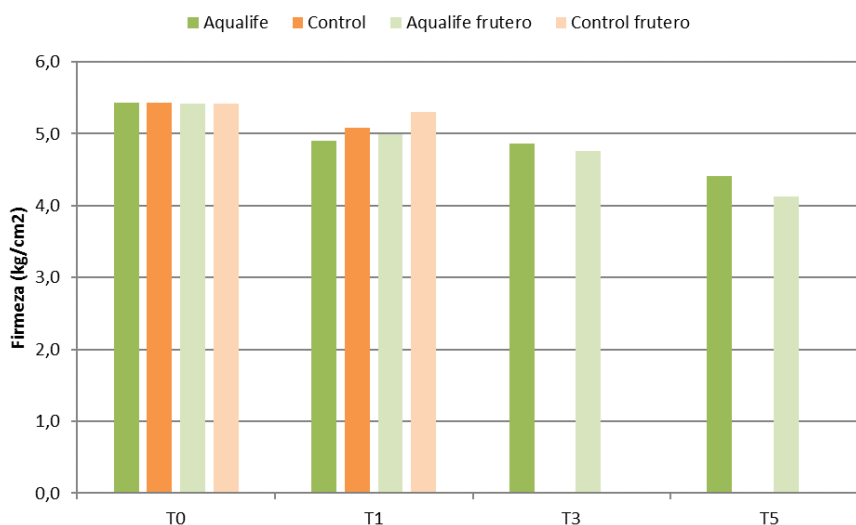


Figura 29. Evolución de la firmeza medida con Magness-Taylor durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

SÓLIDOS SOLUBLES, ACIDEZ E ÍNDICE DE MADUREZ

El contenido en sólidos solubles se mantuvo estable a lo largo de la conservación sin idferencias entre lotes. Por su parte, la acidez sufrió un descenso, aunque de nuevo no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos sistemas tras 1 mes de conservación (Figura 30).

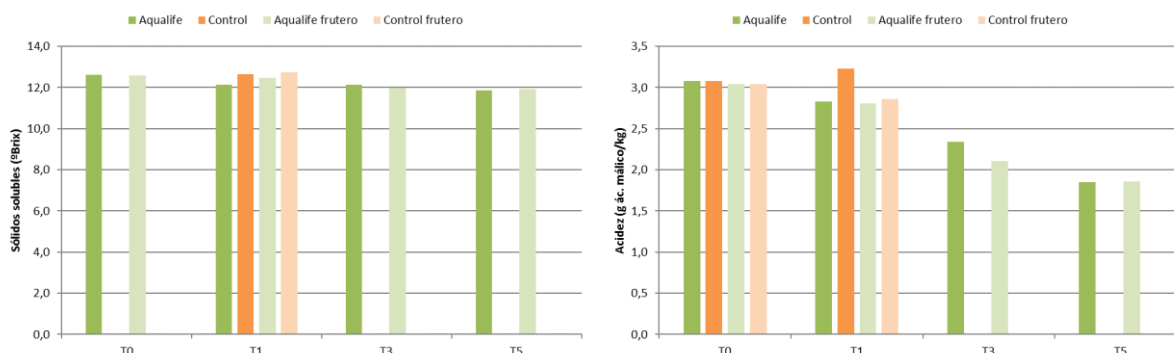


Figura 30. Evolución del contenido en sólidos solubles y de la acidez durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Por otro lado, debido a los valores obtenidos anteriormente, el índice de madurez fue aumentando a lo largo de la conservación (Figura 31) y sin presentarse diferencias entre lotes.

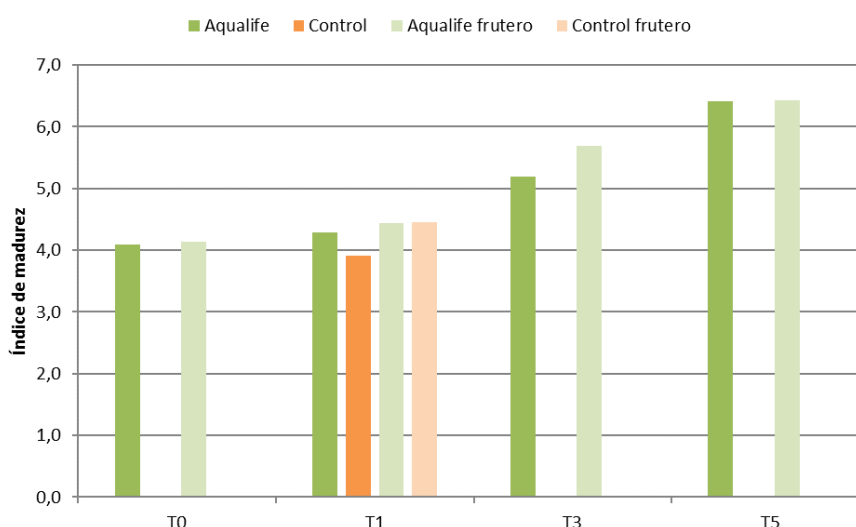


Figura 31. Evolución del índice de madurez durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

CUANTIFICACIÓN DE DAÑOS

Para la variedad Royal Gala, respecto a la **alteración por mohos o podredumbres**, es destacable que no aparecen en el sistema Aqualife hasta los 5 meses de conservación en frío. Y si bien es verdad que existen diferencias estadísticamente significativas con los frutos control, el porcentaje de frutos afectados sólo fue del 4% (Figura 32).

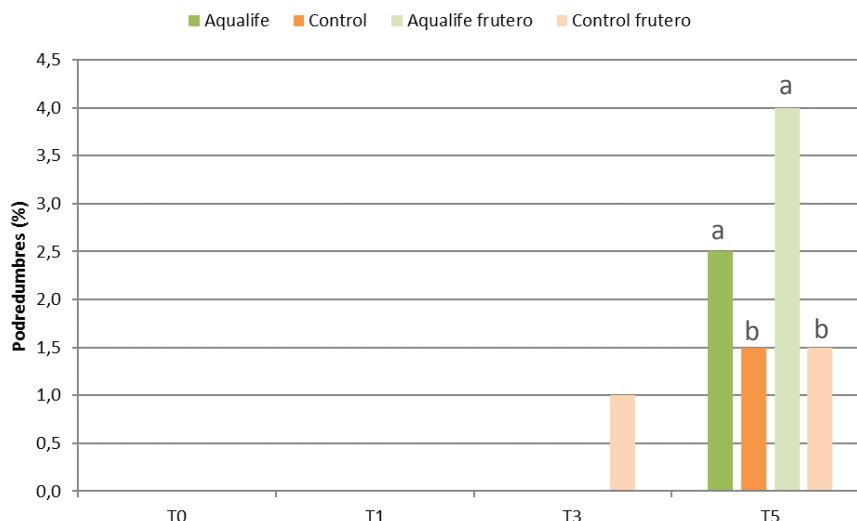


Figura 32. Evolución del porcentaje de podredumbres durante la conservación. *Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Por otro lado, si bien es verdad que la conservación en frío no supuso la aparición de **fisiopatías** típicas de la manzana como el escaldado superficial o el bitter pit, sí que se produjo en la cámara control una **deshidratación** de los frutos, que hizo que los frutos presentaron un aspecto no comercial (Figura 33).



Figura 33. Detalle de deshidratación en manzana Royal Gala.

EVALUACIÓN SENSORIAL MEDIANTE UN ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Si nos centramos en analizar los resultados en el momento de salida de cámara, se obtuvieron altas valoraciones en firmeza, crocantez y preferencia visual el día de recepción y que sólo fueron alcanzadas en su mayor parte por los frutos conservados en cámara con sistema Aqualife en el resto de días de análisis. Por su parte, el control presentó cuantificaciones en todos los puntos de análisis más bajas que con el sistema Aqualife (Figura 34).

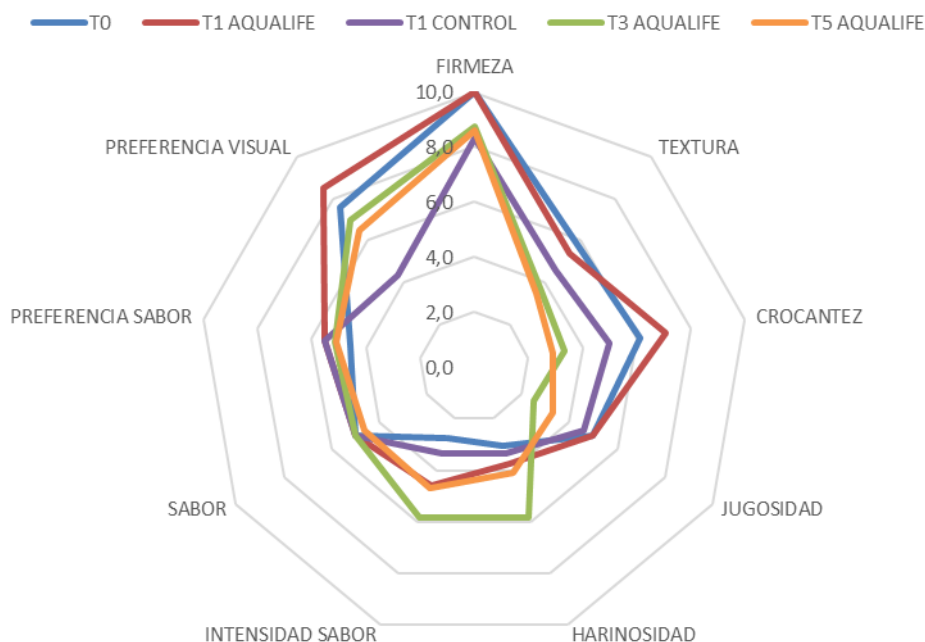


Figura 34. Evolución de parámetros analizados en el análisis sensorial en el día de salida de cámara.

Por otro lado, tras dos días de frutero, las diferencias entre los dos sistemas fueron mucho menores, aunque los frutos conservados con el sistema Aqualife destacaron en parámetros tales como la firmeza, crocantez y preferencia visual (Figura 35).

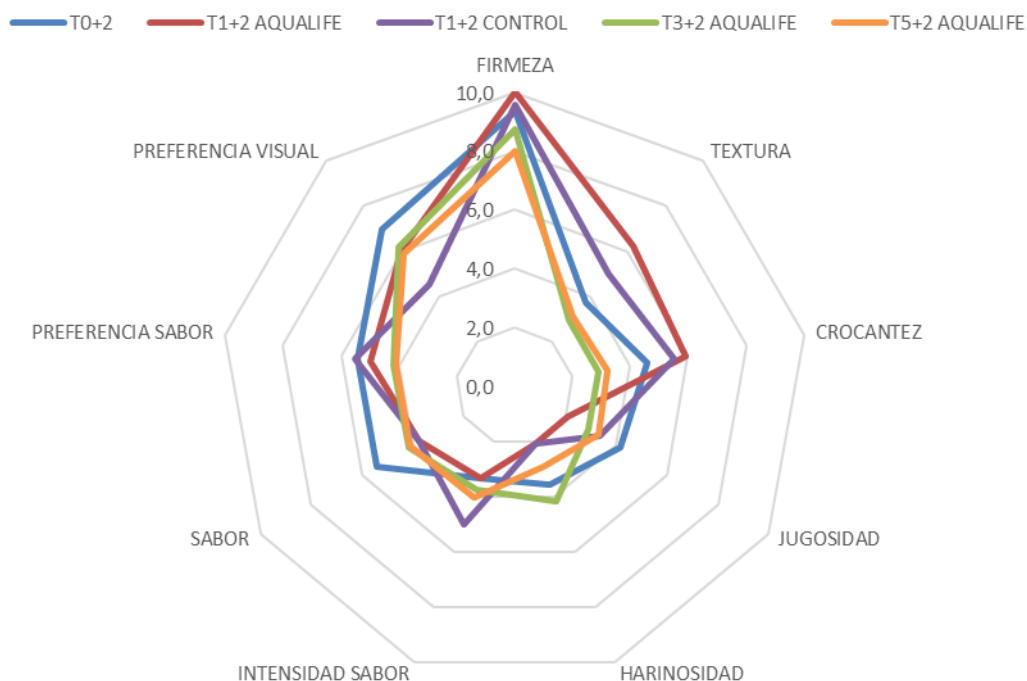


Figura 35. Evolución de parámetros analizados en el análisis sensorial tras dos días de frutero.

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 tras 1 mes de conservación. Por su parte, para la preferencia visual, los frutos conservados con el sistema Aqualife fueron mejor valorados que los frutos control (Figura 36).

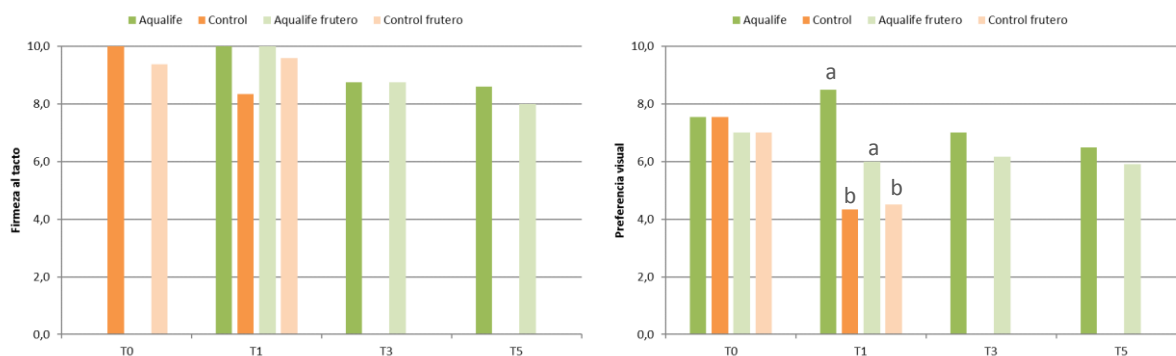


Figura 36. Evolución de la firmeza al tacto y la preferencia visual analizados en el análisis sensorial durante la conservación.
*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Para los parámetros en boca de textura y crocancez (Figura 37), apenas se apreciaron diferencias entre ambos sistemas de conservación, aunque los frutos control siempre presentaron valoraciones inferiores a los frutos del sistema Aqualife.

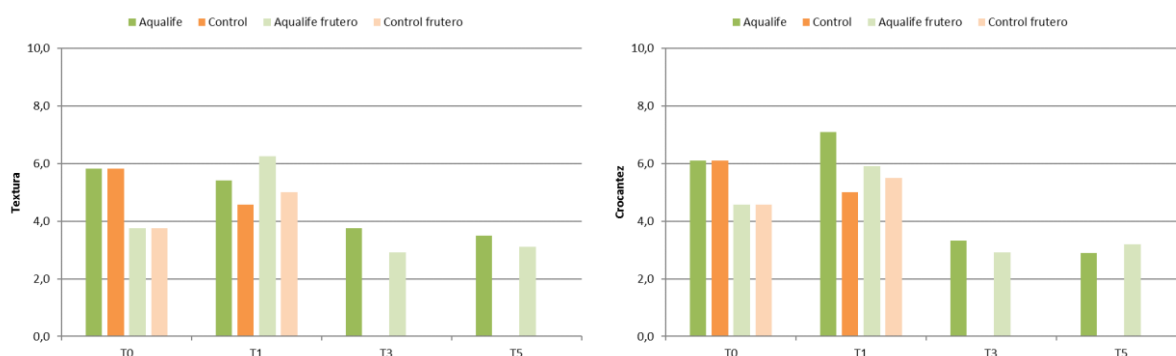
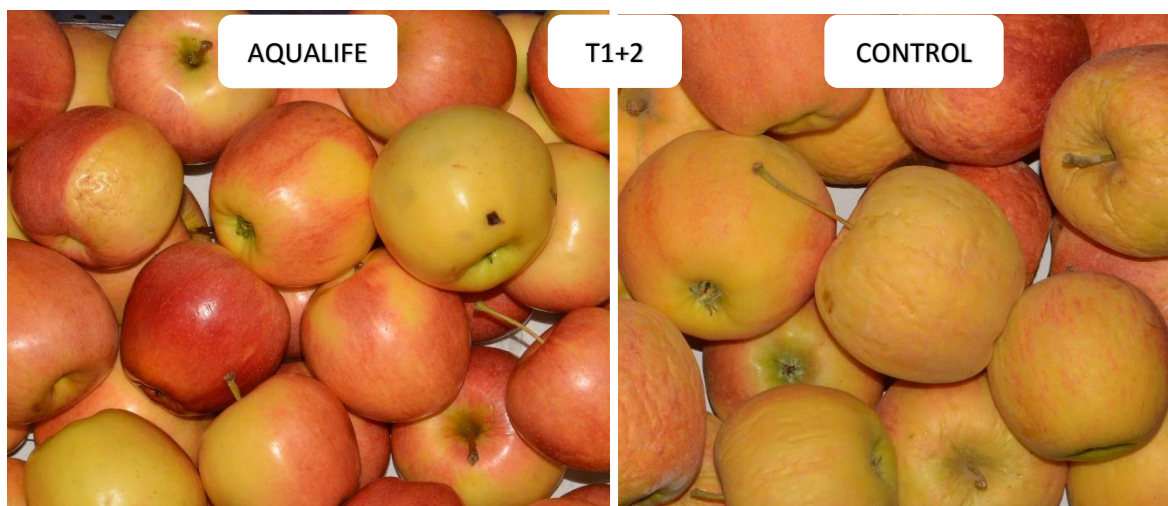
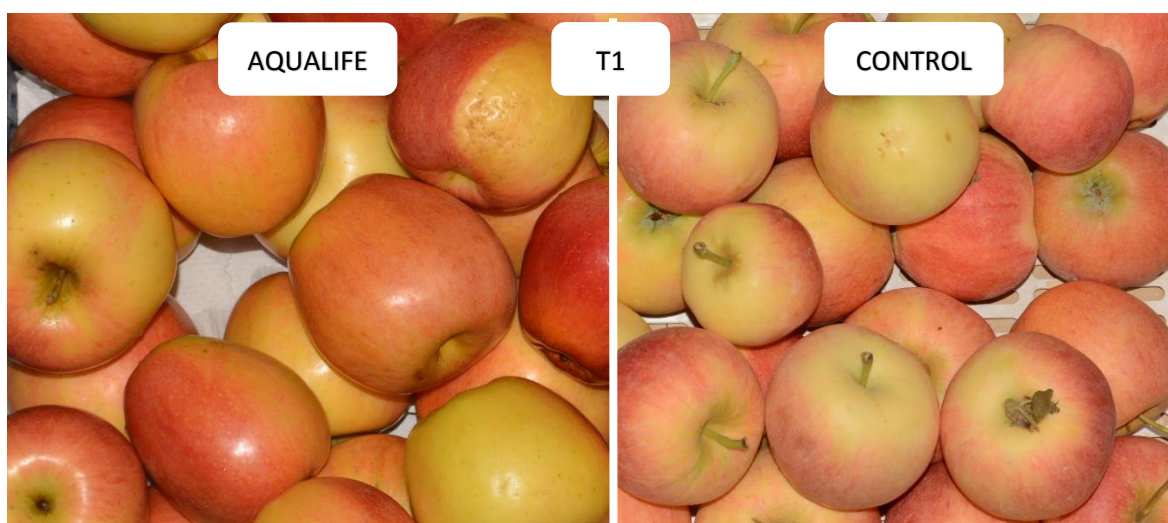
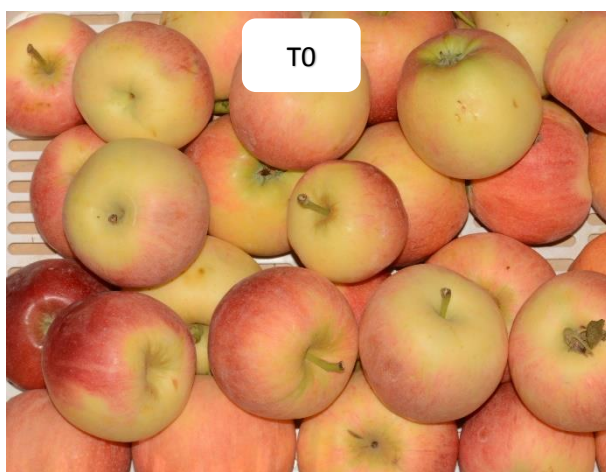
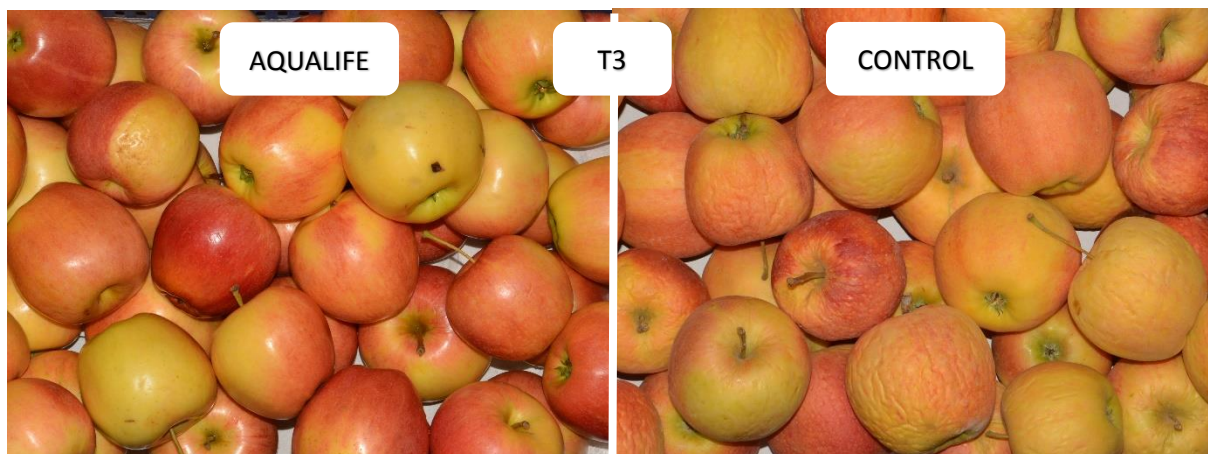


Figura 37. Evolución de la textura en boca y la crocancez analizadas en el análisis sensorial durante la conservación.
*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

EVOLUCION VISUAL A LO LARGO DEL TIEMPO





5. CONCLUSIONES MANZANA

5.1 MANZANA GOLDEN DELICIOUS

- 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 (tras 1, 3 y 5 meses) como tras dos días de frutero. Las diferencias son apreciables a la vista con claros signos de deshidratación a partir del tercer mes.
- Las coordenadas de color, así como la absorbancia a 680 nm evolucionaron de forma típica a lo largo de la conservación, sin encontrarse diferencias entre los dos sistemas.
- La firmeza determinada mediante con método no destructivo (DUROFEL) fue siempre mayor en los frutos conservados con el sistema Aqualife, mientras que con método destructivo (Magness-Taylor) fue siempre mayor en los frutos control. Este comportamiento distinto de los frutos en función del método de determinación de la firmeza empleado puede ser debido al paso a texturas más gomosas de los frutos control que desvirtuaran el valor.
- No se apreciaron diferencias en el contenido en sólidos solubles, acidez e índice de madurez entre los dos sistemas de humedad.
- En la variedad Golden Delicious, la incidencia de podredumbres fue muy pequeña en toda la conservación, con porcentajes inferiores al 2% y sin diferencias entre el sistema Aqualife y el sistema control.
- El análisis sensorial permitió obtener valoraciones similares a los del día inicial en las muestras conservadas en sistema Aqualife hasta los tres meses y buenas calificaciones tras 5 meses, mientras que en el sistema control solo se alcanzaron valoraciones aceptables hasta el primer mes. Si tenemos en cuenta el periodo de frutero, las calificaciones fueron adecuadas hasta el tercer mes con el sistema Aqualife y tan solo el primer mes con el sistema control.
- Destacan las altas valoraciones en parámetros tales como firmeza al tacto y preferencia visual crocantez hasta el final de la conservación con sistema Aqualife.
- En base a todos los resultados anteriores, las manzanas de la variedad Golden Delicious fueron capaces de permanecer en calidad comercial hasta los 5 meses usando el sistema Aqualife y tan solo hasta los 3 meses, y con valoraciones sensoriales muy bajas en algunos parámetros, usando el sistema control.

5.2 MANZANA ROYAL GALA

- La conservación en cámara con sistema Aqualife permitió reducir significativamente las pérdidas de peso de las manzanas Royal Gala en todos los días de análisis, tanto en salida de cámara como tras dos días de frutero, con pérdidas en todos los casos inferiores al 8%. Por su parte, en el sistema control, las pérdidas de peso llegan a ser del 16%.
- No se observaron diferencias significativas en los parámetros de calidad de coordenadas de color y absorbancia a 680 nm.
- Los valores de firmeza determinada con método no destructivo (DUROFEL) fueron superiores en los frutos conservados con el sistema Aqualife, mientras que con el método destructivo (Magness-Taylor) no se apreciaron diferencias.
- No se observaron diferencias en el contenido de sólidos solubles y acidez, y por tanto, en el índice de madurez.
- Solo se produjo incidencia de podredumbres tras 5 meses de conservación, y pese a que el porcentaje de frutos afectados fue mayor en el sistema Aqualife, los valores se encontraron por debajo del 4%.
- El análisis sensorial permitió obtener altas valoraciones en las muestras conservadas en el sistema Aqualife hasta el tercer mes, mientras que en sistema control ya desde el primer mes de conservación hubo parámetros con valoraciones bajas. Resultados muy similares si tenemos en cuenta el periodo de frutero. Los parámetros de firmeza al tacto y preferencia visual fueron siempre favorables a los frutos conservados con el sistema Aqualife.
- En base a todos los resultados anteriores, las manzanas de la variedad Royal Gala fueron comerciales hasta el mes 3, mientras que los frutos control solo hasta el mes 1.