



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

**FACULTAD DE CIENCIAS ESTUDIOS
AGROALIMENTARIOS E INFORMÁTICA**

Departamento de Agricultura y Alimentación
Departamento de Química
Madre de Dios 51 26006 Logroño

**Evaluación del efecto de los sistemas
de control de humedad sobre la vida útil de
frutas y verduras frescas**

De acuerdo con la cláusula cuarta del CONTRATO de INVESTIGACIÓN y DESARROLLO TECNOLÓGICO entre la empresa SAMARKETING S. L y la UNIVERSIDAD DE LA RIOJA se presenta el informe final con los resultados obtenidos por el grupo investigador.

Equipo investigador

J. Federico Echávarri Granado

Fernando Ayala Zurbano

Susana Sanz Cervera

Carmen Olarte Martínez

Becarios

Eduardo Anguiano Alesanco

Raúl San Miguel Bozalongo

ANTECEDENTES

El presente informe recoge los resultados obtenidos en el proyecto de investigación que lleva por título *Evaluación del Efecto de los Sistemas de Control de Humedad sobre la Vida Útil de Frutas y Verduras Frescas* realizado dentro del contrato de investigación y desarrollo tecnológico suscrito entre la empresa Samarketing S. L., dedicada a la fabricación de equipos de humidificación Aqualife aplicados a productos frescos y perecederos, y el equipo de investigación de la Universidad de la Rioja formado por Fernando Ayala, José Federico Echávarri, Carmen Olarte y Susana Sanz.

El objetivo de este proyecto ha sido estudiar el efecto de la humidificación desarrollada por los sistemas Aqualife, sobre la calidad de las frutas y verduras en dos condiciones diferentes: temperatura de refrigeración y temperatura ambiente.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se ha trabajado con tres tipos de verduras: de hoja (lechuga), fruto (judía verde) e inflorescencia (coliflor); y tres tipos de frutas: una fruta de hueso (melocotón), una de pepita (manzana) y plátano. Se ha estudiado su evolución durante 7 días en expositor (a temperatura ambiente) y 11 días en cámara (refrigerada) dotados ambos del sistema Aqualife comparando con su comportamiento en expositor y cámara convencionales (control).

Se ha controlado la calidad y procedencia de la materia prima con productos suministrados por la cooperativa “El Raso”, empresa sita en Calahorra y que merece toda la confianza del equipo investigador.

El diseño experimental completo se llevó a cabo en el mes de octubre de 2010, repitiéndose en iguales condiciones y características en el mes de noviembre. Todas las muestras a estudiar se realizaron por duplicado; así mismo todas las determinaciones analíticas se efectuaron igualmente por duplicado.

Para conocer la evolución de los productos que se estudian, se han realizado las siguientes determinaciones y análisis, con la frecuencia que se indica:

- Evolución de la temperatura y humedad relativa (diariamente)
- Niveles de CO₂ y O₂ y nivel de etileno en cámara (diariamente)
- Pérdida de peso (diariamente)
- Color instrumental (tres veces por semana)
- Textura instrumental (tres veces por semana)

-Contenido de azúcares en fruta (tres veces por semana)

-Análisis microbiológico (tres veces por semana):

- Recuento de mesófilos y psicrófilos.
- Coliformes, coliformes fecales y *E. coli*
- Mohos y levaduras

-Evaluación sensorial (tres veces por semana):

- Color
- Manchas
- Olor
- Textura
- Hidratación
- Sabor (en judía verde y coliflor tras tratamiento térmico)
- Aceptabilidad general

DETERMINACIONES EFECTUADAS

Parámetros ambientales

Para la determinación de la humedad y la temperatura se utilizó un equipo registrador de datos de temperatura y humedad Lascar Easylog modelo EL-USB-2 (Lascar electronics, Ltd. Wiltshire, UK).

Los niveles de oxígeno y dióxido de carbono fueron medidos utilizando un analizador de gases Checkmate model 9900, (PBI-Dansensor, Ringsted, Denmark).

Concentración de etileno en cámara

Para la medición del contenido de etileno se utilizó un equipo detector de gases ACCURO (Dräger) que se basa en la reacción colorimétrica que se produce cuando el etileno entra en contacto con el reactivo Molibdato de Paladio, presente en los tubos colorimétricos que componen el detector de etileno. El producto de la reacción, de color azul, se mide en una escala de 50 a 2500 ppm. A partir de esta medida, se puede analizar la cantidad de etileno presente en los lugares de almacenamiento de frutas.

Pérdida de peso

La determinación de la pérdida de peso de las frutas y verduras utilizadas en este estudio se realizó mediante el empleo de dos balanzas:

- Balanza KERN 440-47 N: Permite pesar hasta 2 kg de peso. Se utilizó para determinar el peso de las coliflores y de las frutas.
- Electronic balance FY 600: Utilizada para la determinación del peso de judías y lechugas.

Determinación del color

Las medidas fueron realizadas con un espectrofotómetro Minolta CM 2600d (Minolta Co. Ltd. Osaka Japan), con geometría d/8 y lámpara de Xenón. A partir del espectro medio se calcularon, para cada muestra, las coordenadas de color L^* , C^* , h^* en el espacio CIELAB usando el iluminante D65 y el observador estándar CIE64, siguiendo las especificaciones de la CIE.

Textura

Los tests de textura fueron llevados a cabo con un analizador de textura TA-XTplus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, U.K.) usando el software proporcionado con el aparato (Texture Expert for Windows, version 1.0, Stable Micro Systems Ltd.). La sonda usada fue una hoja con borde afilado para coliflor, lechuga y alubia verde y una aguja de penetración en el caso de manzana, melocotón y plátano.

Contenido de azúcares en frutas

El contenido de azúcares en las frutas analizadas se obtuvo a partir de la medición de grados Brix mediante un refractómetro (PCE 010).

Análisis microbiológico

Las muestras de frutas y verduras se sometieron a un análisis microbiológico en el que se realizó la determinación de los siguientes grupos microbianos: Mesófilos, Psicrófilos, Coliformes, Coliformes fecales, *E. coli*, Mohos y levaduras.

El recuento de mesófilos y psicrófilos se realizó en medio Plate Count Agar, mediante siembra en profundidad e incubación de las placas Petri a 31 ± 1 °C durante 72 h y a 4 °C durante 7 días, respectivamente (ICMSF, 1978).

Los coliformes se determinaron mediante el método del Número Más Probable (NMP) con series de tres tubos por dilución, utilizando el medio caldo lactosado con sales biliares y verde brillante. Los tubos se incubaron a 37 °C durante 48 horas. Cuando hubo formación de gas se realizó la determinación de coliformes fecales utilizando el mismo medio incubado a 44 °C durante 48 horas. Con los tubos positivos se realizaron subcultivos en medio Agar Levine e incubación a 37 °C durante 48 horas para la confirmación de *E. coli*.

Los recuentos de mohos y levaduras se realizaron mediante siembra en superficie en medio Cloranfenicol Glucosa Agar y posterior incubación a 22-25 °C durante 7 días (ICMSF, 1978).

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de las frutas y verduras sometidas a estudio fue realizada por un panel de cata constituido por seis jueces que cuentan con una amplia experiencia en el análisis sensorial de productos vegetales.

En la evaluación de la calidad de las frutas y las verduras se analizaron siete atributos sensoriales que se consideran determinantes en estos productos: Color de la superficie, ausencia de manchas, firmeza, grado de hidratación, sabor, olor y aceptabilidad general.

El color fue puntuado con un valor de 5 cuando la muestra presentaba una coloración uniforme y ausencia de defectos; el valor 3 se aplicó en aquellos casos en los que el color original adquiría tonalidades que, por regla general, están más asociadas con productos maduros; aquellas muestras que desarrollaron coloraciones anómalas debido a problemas de podredumbre o pardeamiento recibieron una puntuación de 1.

La firmeza se valoró mediante el tacto y se puntuó con un 5 cuando las muestras presentaban una textura firme y turgente; con un 3 cuando las muestras tenían un tacto menos firme pero aceptable, y con un 1 cuando estaban blandas. En el caso de las judías verdes, la resistencia de las vainas a ser quebradas por su punto medio se consideró igualmente como indicador de textura.

El grado de hidratación se valoró visualmente y se otorgaron valores de 5 para las muestras que presentaban un aspecto fresco; valores de 3 cuando se apreciaban zonas lacias

y/o marchitas pero el producto todavía estaba presentable; y un 1 cuando la falta de hidratación era evidente, y/o cuando se detectaba la presencia de mohos.

El sabor de las frutas y lechugas se determinó por consumo directo del producto fresco, mientras que las judías y las coliflores se sometieron a una cocción en horno microondas antes de su degustación. El sabor se puntuó con un 5 cuando el producto presentaba un “sabor típico”; con un 3 cuando el sabor típico se atenuaba por la ligera aparición de sabores asociados con madurez o falta de frescura; y finalmente con un 1 cuando se detectaban sabores anómalos propios de un producto deteriorado.

El olor se cuantificó con un 5 cuando el producto presentaba un “olor típico”; con un 3 cuando se detectaba ligeramente la presencia de olores anómalos; y con un 1 cuando la presencia de malos olores era evidente.

La aceptabilidad general es un atributo que evalúa la calidad de cada producto de forma global, ya que este parámetro sensorial pretende integrar la información proporcionada por cada uno de los anteriormente considerados. La evaluación sensorial se utilizó para establecer la vida útil de cada producto, de tal manera que una puntuación por debajo de 3 para este parámetro, indica que la fruta o verdura evaluada no presenta los niveles de calidad necesarios para garantizar su permanencia en el mercado y queda rechazada por haber alcanzado el final de su vida útil comercial.

RESULTADOS

Parámetros ambientales

En el caso del expositor, la incorporación del sistema de humidificación Aqualife en el expositor supuso un descenso en la temperatura en torno a un grado y medio (temperatura media en expositor sin humidificación, 13,5 °C y 12 °C con humidificación).

En cuanto a humedad, las diferencias entre ambas condiciones fueron más acusadas. El expositor dotado con sistema de humidificación alcanzó una humedad cercana al 100%, mientras que en el expositor sin sistema de humidificación se registró una humedad variable que fue desde el 68 al 80 % de humedad relativa, con un valor medio del 73%.

En condiciones de refrigeración, la temperatura de ambas cámaras fue muy similar, tanto en humidificación (4°C) como sin humidificación (5°C).

En cuanto a humedad relativa, la cámara dotada con sistema de humidificación estuvo siempre en torno al 90-93%, con un valor medio del 91%, mientras que en la cámara sin sistema de humidificación se registró una humedad en torno al 86-88 %, con una media del 87%.

Concentración de etileno en cámara

Los niveles de etileno se mantuvieron muy bajos (inferiores a 50 ppm) en todas las condiciones estudiadas y durante todo el tiempo que se tuvo la fruta en almacenamiento. Por lo tanto, la incorporación del sistema de humidificación no supuso un incremento en la velocidad de la maduración.

Pérdida de peso

La incorporación del sistema de humidificación Aqualife en el control de la pérdida de peso de la fruta fue especialmente efectiva en expositor. Así, mientras que con humidificación prácticamente no se produjo pérdida de peso en ninguna fruta, en el expositor no humidificado la pérdida estuvo en torno al 5% para manzana y plátano, alcanzando el 8% en melocotón.

En cámara, el efecto de la humedad fue relevante únicamente en melocotón, fruta que llegó a perder un 13% de peso sin humidificación mientras que la incorporación de humedad redujo la pérdida alcanzada a un 8%.

La humidificación se mostró altamente eficaz en el control de la pérdida de peso por deshidratación en todas las verduras almacenadas en el expositor. Así, mientras que en ninguna de las verduras del expositor dotado del sistema de humidificación hubo pérdida de peso superior al 2-3 %, en el expositor no humidificado, las pérdidas alcanzaron el 13, 15 y 25% para coliflor, judía verde y lechuga, respectivamente. El control de la humedad también resultó eficaz en las verduras almacenadas en cámara, donde se observaron, entre ambas condiciones de humedad, diferencias entre un 3 y un 6% en la pérdida de peso.

Determinación del color

En expositor, la manzana mantuvo mejor su tonalidad verde en las muestras con el sistema de humidificación Aqualife, mientras que no se apreciaron diferencias entre ambas condiciones en el melocotón ni en el plátano.

En cámara se intensificó el tono inicial tanto en manzana como en melocotón en el caso de humectación, mientras que en el caso de no humectación, este último mostró signos de pardeamiento. No ocurre lo mismo en el caso del plátano donde las muestras con humectación presentaron un pardeamiento muy acusado, pardeamiento que también presentaron las muestras sin humectación pero en menor medida.

En el caso de las judías en expositor, aunque el tono se mantuvo similar, las muestras con humectación presentaron un color más vivo.

La coliflor también se vio beneficiada por la humectación ya que mantuvo la saturación en expositor y en cámara y el tono en expositor mejor que en condiciones de no humedad.

Para la lechuga, el sistema de humidificación, tanto en expositor como en cámara, resultó beneficioso para mantener su color.

En conclusión, la incorporación del sistema de humidificación Aqualife resultó favorable para el mantenimiento del color de las manzanas y de las tres verduras, tanto en cámara como en expositor y del melocotón en cámara.

Solo en plátano almacenado en cámara, y debido a su especial respuesta fisiológica a la temperatura, la humidificación produjo un incremento en el proceso de pardeamiento.

Textura

El sistema de humidificación Aqualife en expositor afectó positivamente a la firmeza de las tres frutas analizadas que presentaron valores siempre superiores en condiciones de humedad.

En los plátanos se apreció claramente el beneficio del sistema Aqualife, obteniendo esta fruta, en condiciones de humedad, unos valores de dureza siempre superiores a los obtenidos en condiciones de sin humidificación. En melocotones, la humedad mantuvo este parámetro en mejores condiciones durante los primeros días de almacenamiento, mientras que en manzanas este parámetro apenas se vio afectado por la humidificación.

También en cámara, la humidificación influyó positivamente en el mantenimiento tanto de la firmeza como de la dureza de las tres frutas sometidas a estudio. Los valores de estos parámetros bajo esta condición fueron superiores, prácticamente todos los días, a los obtenidos sin control de humedad.

En los vegetales mantenidos en expositor a temperatura ambiente, se mantuvo una mayor firmeza en condición de humectación tanto en coliflor como en judía, al compararlo con condiciones de baja humedad, sin que existieran grandes diferencias para este parámetro en las lechugas. La dureza presentó valores similares tanto en condiciones de alta como de baja humedad, con puntuaciones finales para este parámetro muy cercanos a los obtenidos al inicio del ensayo.

En cámara las diferencias observadas entre ambas condiciones fueron incluso menores a las observadas en expositor, sin que se apreciaran diferencias significativas para firmeza y dureza en ninguno de los productos estudiados.

Podemos concluir que el sistema de humidificación Aqualife en expositor contribuyó a un mejor mantenimiento de la textura de las tres frutas analizadas, de la coliflor y de judías, mientras que en lechuga no se observaron diferencias. En cámara frigorífica, la incorporación del sistema de humidificación Aqualife resultó favorable para las frutas no encontrándose diferencias en el caso de las verduras.

Contenido de azúcares en frutas

La evolución de los Grados Brix siguió una tendencia ascendente en los dos tipos de almacenamiento para las tres frutas y en ambas condiciones de control de humedad. Sin embargo, en expositor con sistema Aqualife, la humedad contribuyó a que los niveles de

concentración de azúcares fueran menores indicando un retraso en el proceso de maduración. En cámara, esta influencia solo tuvo lugar en melocotón, no afectando prácticamente a manzana y plátano.

Análisis microbiológico

El efecto del almacenamiento en condiciones de alta humedad tuvo poca influencia en los recuentos microbianos de las frutas y verduras almacenadas en condiciones de refrigeración.

El efecto de la alta humedad a temperatura ambiente en expositor sobre los recuentos microbianos dependió del tipo de producto. Así, el efecto de la humedad sobre el plátano fue escaso, mientras que sobre manzana y melocotón la alta humedad favoreció un mayor desarrollo de microorganismos (especialmente mohos y levaduras), si bien en ningún caso se alcanzaron niveles que comprometieran la sanidad del producto. Por su parte, la alta humedad tuvo poca incidencia en la evolución de las poblaciones microbianas de verduras almacenadas a temperatura ambiente.

Evaluación sensorial

Los altos niveles de humedad contribuyeron a un mayor mantenimiento de la firmeza y estado de hidratación de los productos ensayados. Salvo en el caso de los plátanos en cámara, el sistema de humidificación también contribuyó a una mayor retención del color inicial de cada producto tanto en cámara como en expositor. Las muestras almacenadas en condiciones de baja humedad tendieron a desarrollar colores asociados con estados de madurez más avanzados.

El sabor y el olor fueron los únicos atributos sensoriales que no se vieron afectados para ninguno de los productos analizados en ninguna de las condiciones de almacenamiento consideradas.

En conclusión, y salvo para el melocotón almacenado en expositor, la incorporación del sistema de humidificación Aqualife resultó favorable para todos los productos sometidos a estudio, tanto en expositor como en cámara de refrigeración, especialmente en el caso de las lechugas.

Los resultados obtenidos resumidos en las siguientes tablas:

Tabla 1.- Vida útil de los productos situados en los expositores.

<i>Producto</i>	<i>Vida Útil en Expositor (Días)</i>	
	<i>Con sistema Aqualife</i>	<i>Sin sistema Aqualife</i>
<i>Coliflor</i>	7	4
<i>Judía</i>	7	7
<i>Lechuga</i>	7	2
<i>Manzana</i>	7	7
<i>Melocotón</i>	4	7
<i>Plátano</i>	7	7

Tabla 2.- Vida útil de los productos situados en las cámaras refrigeradas.

<i>Producto</i>	<i>Vida Útil en Cámara (Días)</i>	
	<i>Con sistema Aqualife</i>	<i>Sin sistema Aqualife</i>
<i>Coliflor</i>	11	7
<i>Judía</i>	9	7
<i>Lechuga</i>	9	4
<i>Manzana</i>	11	11
<i>Melocotón</i>	11	9
<i>Plátano</i>	7	4

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

1.- El sistema de humidificación Aqualife en expositor, aumentó la vida útil de coliflor y, especialmente de lechuga, para la cual supuso un aumento del 250% en su vida útil. La vida útil de judía, manzana y plátano no se vio modificada.

2.- El melocotón fue el único producto para el que la incorporación del sistema de humidificación en expositor ocasionó una reducción de la vida útil. El origen de esta reducción puede ser atribuido a un exceso en la frecuencia de nebulización y muestra la necesidad de ajustar dicha frecuencia a las características de los productos a exponer.

3.- El sistema de humidificación Aqualife en cámara, aumentó la vida útil de todos los productos considerados. Este aumento fue especialmente destacable en el caso de la lechuga para la cual la incorporación del control de humedad en cámara supuso un aumento del 125%. La manzana fue el único producto para el cual no se observó variación alguna.

4.- La incorporación del sistema de humidificación Aqualife no propició un incremento destacable en la carga microbiana de los productos, ni en expositor ni en cámara de refrigeración, no viéndose comprometida en ningún caso la calidad sanitaria del producto. *E. coli* no fue detectado en ninguno de los productos analizados en ninguna de las condiciones ensayadas.

ANEXO

Disposición de los productos en los expositores y en las cámaras.



Aspecto de los productos estudiados al inicio y al final de su almacenamiento en expositor. En cada celda, la imagen de la izquierda corresponde a la muestra almacenada sin control de humedad, mientras que la de la derecha corresponde a la almacenada con el sistema de humidificación.





Aspecto de los productos estudiados al inicio y al final de su almacenamiento en cámara. En cada celda, la imagen de la izquierda corresponde a la muestra almacenada sin control de humedad, mientras que la de la derecha corresponde a la almacenada con el sistema de humidificación.



