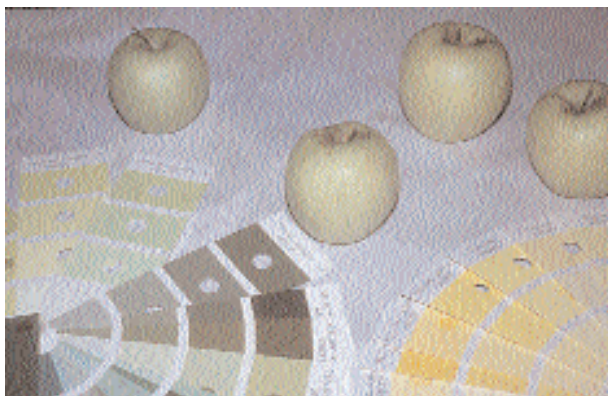


TECNOLOGIA POSTCOSECHA



CALIDAD DE LA MANZANA GOLDEN PRODUCIDA EN ARAGON

1. INTRODUCCION

En el año 1996 tuvo lugar la firma de un Convenio entre la Diputación General de Aragón y la Universidad de Zaragoza, por el cual se establecía la necesidad de colaboración entre el Departamento de Agricultura y la Facultad de Veterinaria en las tareas de formación de los alumnos de la Licenciatura en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, en la formación continuada del personal funcionario y en la investigación para la resolución de problemas de la industria alimentaria de interés para Aragón.

Como consecuencia de este Convenio inicial, la Dirección General de Tecnología Agraria encargó al Servicio de Transferencia en Tecnología Agroalimentaria la coordinación y puesta en marcha de proyectos de investigación en tecnologías postcosecha de interés para el sector agroalimentario. Así se constituyó un grupo interdisciplinar en postcosecha de frutas, en el que participan: por parte de la DGA, el Centro de Tecnología Agroalimentaria; por parte de la Universidad de Zaragoza, el Grupo de Investigación en Tecnología Postcosecha; además de empresas y técnicos del sector frutícola.

Se mantuvieron una serie de reuniones con una amplia participación del sector agroalimentario: industrias de transformación de productos vegetales, asociaciones de empresas de frutas, cooperativas agrarias, FACA, técnicos de la administración e investigadores de la universidad, y se elaboraron conjuntamente unos protocolos de trabajo para el desarrollo y ejecución de varios proyectos en tecnologías postcosecha a desarrollar durante un periodo de tres años (hasta el año 2000), con la colaboración del propio sector que ha aportado a los proyectos sugerencias, asesoramiento, instalaciones y materias primas.

Las actuaciones llevadas a cabo han merecido el reconocimiento de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) del Ministerio de Educación y Ciencia y del Consejo Superior de Investigación y Desarrollo de Aragón (CONSID) que han apoyado, junto al Departamento de Agricultura, su financiación.

En una publicación anterior (Informaciones Técnicas nº 64, 1999) se presentó el resumen del Proyecto “*Comportamiento de la cereza Burlat envasada en atmósferas modificadas*”, con gran interés por parte del sector, que ya ha comenzado a poner en práctica esta tecnología postcosecha en la campaña de cereza de este año.

Esta publicación presenta el resumen de resultados y conclusiones correspondientes al Proyecto: “*Calidad de la manzana Golden producida en Aragón*”.

Junio, 2000

2. ANTECEDENTES

2.1. Planteamiento del problema

Aragón es la segunda comunidad productora de manzanas de España (174.100 Tm en 1998); esta especie representa un 30% de la producción de la fruta dulce en Aragón, con un total de 10.690 Ha cultivadas (Anuario Estadístico Agrario 1998). La principal variedad es la manzana *Golden*.

En la actualidad, la competitividad del mercado exige la comercialización de las manzanas con una calidad óptima y constante, que satisfaga plenamente al consumidor y le animen a repetir la compra.

Estas características del producto deben mantenerse en cualquier época del año, incluso cuando la manzana sale al mercado después de un largo periodo de conservación, que generalmente se realiza en cámaras de atmósfera controlada (AC).

La necesidad de conocer cuáles son los atributos que mayor satisfacción producen en el consumidor se ha acentuado en los últimos años, como consecuencia de la excelente calidad con la que nos llega la manzana de otras procedencias, no sólo en lo que respecta a sus atributos gustativos, sino también en los aspectos relativos a su resistencia a la manipulación y al transporte.

Para que las manzanas presenten una óptima calidad tras un almacenamiento prolongado en cámaras de atmósfera controlada, además de unas correctas condiciones de conservación (temperatura, composición de la atmósfera, etc.), es necesario que la recolección de los frutos se haya realizado con el grado de madurez adecuado.

Las manzanas recolectadas en un estado excesivamente inmaduro conservan bien su consistencia durante el almacenamiento, pero su color, aroma y sabor no evolucionan lo suficiente y además presentan con frecuencia desórdenes fisiológicos al salir de las cámaras, especialmente escaldado superficial y/o mancha amarga (bitter pit).

Cuando la fruta se recoge excesivamente madura es muy susceptible a las lesiones físicas y a la aparición de vitrescencia (water core). Al finalizar el almacenamiento, las manzanas que se han cosechado demasiado maduras: (1) se alteran rápidamente, (2) presentan un aspecto poco atractivo, (3) son excesivamente harinosas y (4) están muy blandas.

En consecuencia, es imprescindible proceder a la recolección del producto cuando éste reúne las características más adecuadas para mantener su calidad durante el almacenamiento.

Por momento óptimo de la recolección se entiende el periodo en días en el que las manzanas se encuentran en el estado de madurez más adecuado en función del destino que se les vaya a dar; evidentemente, ese “momento” depende de si el producto se va a vender de inmediato, se va a conservar durante algún tiempo, o va a mantenerse durante un largo periodo de almacenamiento antes de su comercialización.

Tradicionalmente, en cada área geográfica, para predecir la fecha de recolección se ha utilizado la fecha de floración o la de cuajado, el método de cálculo de grados de temperatura y, en ocasiones, la comparación con la recolección comercial de otras especies y/o variedades más tempranas.

Sin embargo, aunque estos métodos pueden resultar adecuados cuando las manzanas van a comercializarse de inmediato o a corto plazo, no son muy fiables (por la magnitud de su imprecisión) cuando el producto se va a conservar durante un tiempo. En este caso, con el fin de conocer con más precisión el grado de madurez se determinan unos “índices de madurez”, entre los cuales los más ampliamente utilizados en la manzana son la dureza, el contenido en sólidos solubles y el índice de almidón.

La medida de estos índices pretende definir el estado fisiológico del producto, pero cuando los datos se obtienen aisladamente, suelen ser difíciles de interpretar como índices de maduración, porque dependen de factores externos muy aleatorios (climáticos, estado de nutrición, etc.), que pueden modificar un parámetro y/u otro sin afectar al grado de madurez real.

Por esta razón, para poder garantizar la fiabilidad de los resultados, suele recomendarse la utilización de dos o más índices de madurez. Sin embargo, en muchos casos no se dispone de datos sobre las combinaciones que mejor definen el grado de maduración para cada variedad de manzana.

Además, aunque existen algunos estudios que relacionan el grado de madurez en el momento de la recolección con el comportamiento del producto cuando se le somete a un periodo de conservación más o menos prolongado, los resultados de estos experimentos han mostrado una gran variabilidad, no sólo entre variedades, sino entre distintas zonas geográficas para un mismo cultivar.

2.2. La conservación de manzana en atmósferas controladas

Las bases científicas para la aplicación de las técnicas de almacenamiento de frutas en atmósferas controladas se han desarrollado fundamentalmente durante la segunda mitad del siglo XX. Son numerosas las investigaciones en las que se ha comprobado la efectividad de estas tecnologías para prolongar la vida útil de diversos productos, siempre en combinación con la aplicación del frío.

El conocimiento de la fisiología postcosecha de cada una de las especies de frutas y la determinación exacta de las condiciones óptimas de temperatura y composición de la atmósfera para su almacenamiento, son aspectos fundamentales para aplicar correctamente estas técnicas, que mal utilizadas pueden tener un claro efecto negativo sobre la calidad de los productos. Sin embargo, estos aspectos esenciales no siempre han sido estudiados en las distintas especies y variedades.

A este respecto, hay que señalar que la notable influencia de factores genéticos, edafológicos, climáticos, etc., hace que las mismas variedades presenten comportamientos completamente distintos en lugares diferentes y, en consecuencia, los resultados de los estudios y experimentos no pueden extrapolarse automáticamente de unas zonas a otras. Como ejemplo orientativo de la magnitud de las diferencias, en la Tabla 1 se presenta un resumen de los datos sobre las condiciones generales de conservación de la manzana *Golden Delicious*.

Tabla 1. Condiciones generales de conservación para Golden Delicious en distintas zonas geográficas. (Herregods, 1993; Meheriuk, 1993).

	Temperatura (°C)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
Australia (Sur)	0	2	2
Australia (Victoria)	0	1	1.5
Australia (Victoria)	0	5	2
Bélgica	0.5	2	2
Brasil	1-1.5	3-4.5	1.5-2.5
Canadá (Columbia Británica)	0	1.5	1-1.2
Canadá (Ontario)	0	2.5	2.5
China	5	4-8	2-4
Francia	0-2	2-3	1-1.5
Alemania (Saxony)	2	1.7-1.9	1.3-1.5
Alemania (Westphalia)	1-2	3-5	1-2
Holanda	1	4	1.2
Israel	-0.5	2	1-1.5
Italia	0.5	1.5	1.5
Eslovenia	1	3	1
Eslovenia	0	3	1
Sudáfrica	-0.5	1.5	1.5
España	0.5	2-4	3
Suiza	2	5	2-3
Suiza	2	4	2-3
EE.UU. (Nueva York)	0	2-3	1.8-2
EE.UU. (Nueva York)	0	2-3	1.5
EE.UU. (Pensilvania)	-0.5-+0.5	0-0.3	1.3-2.3
EE.UU. (Washington)	1	< 3	1-1.5

El objetivo del almacenamiento de la fruta en cámaras con atmósfera controlada es ralentizar los procesos madurativos y retrasar la senescencia durante el tiempo necesario para satisfacer las exigencias del mercado. El periodo máximo de conservación se sobrepasa cuando la fruta es rechazada por el consumidor al presentar alteraciones o defectos (escaldado superficial, pérdidas de aroma, desarro-

llo de sabores extraños, etc.), o cuando las pérdidas de peso son tales que no resulta económicamente rentable.

La «vida de conservación» de un producto suele definirse como el periodo más largo que puede almacenarse manteniendo la aceptabilidad por parte de los consumidores. En publicaciones antiguas se puede encontrar el concepto de «vida media de conservación» que sería el tiempo durante el cual la mitad de las manzanas no sufren pérdidas o presentan desórdenes fisiológicos, pero este concepto es claramente antieconómico y ha caído en desuso.

La temperatura es el factor crítico que más influye en el mantenimiento de la calidad del producto. Su control ha de mantenerse en todas las fases de la vida comercial de la fruta, desde que se recoge hasta que se consume, pasando por el almacenamiento, transporte, detallista, etc. Como la tasa respiratoria de las manzanas varía directamente con la temperatura, en el intervalo de sus márgenes de tolerancias, la duración de la conservación varía inversamente con la misma. No obstante, la capacidad de conservación del frío es limitada y para prolongar el tiempo de almacenamiento, es necesario completar la técnica de refrigeración con las atmósferas controladas.

En los últimos años se ha producido una enorme expansión en el empleo de las técnicas AC, principalmente como respuesta a la creciente demanda del mercado de productos frescos en todas las épocas del año. Otro aspecto que ha tenido una gran influencia en el desarrollo de estas técnicas, es la mayor presión de los consumidores al exigir alimentos más sanos, que no reciban tratamientos fitosanitarios o que estos sean mínimos, etc.

El aire contiene un 78,08% de N₂, un 20,95% de O₂ y aproximadamente un 0,03% de CO₂. Las atmósferas controladas son simplemente una modificación de la composición atmosférica, de forma que la atmósfera de almacenamiento sea distinta de la del aire. La modificación consiste en reducir la concentración de O₂ y/o aumentar la concentración de CO₂.

Muchos investigadores han estudiado las ventajas e inconvenientes que presenta la utilización de atmósferas controladas. Entre los beneficios se podrían destacar los siguientes: la reducción de la intensidad respiratoria y del máximo climatérico; el aumento de los periodos de tiempo preclimatérico y climatérico del fruto, lo que permite recolectar la manzana en un estado fisiológico más cercano a la madurez sensorial; la reducción de los efectos del etileno en los frutos climatéricos y consecuentemente un retraso de la senescencia; la limitación de la pérdida de peso y disminución de los procesos de arrugamiento de los tejidos; el mantenimiento de la firmeza del fruto; la disminución más lenta de los contenidos en azúcares, ácidos y vitamina C; el retraso en la degradación de clorofilas y síntesis de pigmentos (carotenoides y antocianos); la limitación total o parcial de las alteraciones fisiológicas, como los daños por el frío, escaldados, pardeamientos, etc.; y la reducción del desarrollo microbiano, consecuencia de la acción fungistática y bactericida del CO₂.

Entre los inconvenientes de las atmósferas controladas, cabría destacar los siguientes: la maduración irregular de algunas frutas con determinadas concentraciones de O₂ y CO₂; una posible respiración anaerobia por muy bajas concentraciones de O₂ que provoca sabores y olores anormales; el agravamiento de la aparición de ciertas alteraciones fisiológicas (corazón pardo en la manzana); y el desarrollo de podredumbres debido a concentraciones de O₂ muy bajas o de CO₂ altas.

Aunque se han utilizado muchas técnicas para el almacenamiento comercial de las manzanas, no todas las frutas se comportan de la misma manera cuando se conservan en atmósferas controladas. En la variedad *Golden Delicious*, se han señalado como límites de tolerancia aproximados, un mínimo de O₂ del 2% y un máximo de CO₂ también del 2%, dependiendo de la temperatura. En general, los autores consideran que esta variedad es relativamente tolerante al CO₂ aunque puede desarrollar escaldaduras en la senescencia. La recomendación de composición media es de 1,6% de O₂ y 2,3% de CO₂ a 0,5°C. A pesar de las tolerancias señaladas, en la bibliografía que se ha revisado se describen conservaciones de 8-10 meses con niveles del 1,0-2,5% de O₂ y del 1,5-4,0% de CO₂ y con unas temperaturas de almacenamiento que oscilan desde - 0,5 hasta 3°C.

Las investigaciones sobre las atmósferas controladas con niveles de O₂ bajos se iniciaron simultáneamente en Europa y EE.UU. en los años 80 con el fin de determinar el valor mínimo exacto de O₂ que era tolerable fisiológicamente por el producto durante su conservación y transporte. El objetivo inicial fundamental era evitar la utilización, tan criticada en la actualidad, de algunos productos químicos (antioxidantes y fungicidas).

Según el nivel de oxígeno presente, se definen tres tipos de atmósfera controlada:

- tradicional o estándar: con un 2,5-3% de O₂
- low oxygen (LO): con un 1,5-1,7% de O₂
- ultra low oxygen (ULO): con un 0,8-1,2% de O₂

El grado de tolerancia a estas concentraciones depende de cada variedad. Para *Golden Delicious* se han utilizado con éxito niveles de O₂ tan bajos como del 0,9-1% (Kupferman, 1997), aunque las concentraciones medias más aplicadas oscilan alrededor del 1,5% de oxígeno. Entre las ventajas destacables de las ULO cabría señalar: una mayor firmeza de la pulpa, descrita en *Golden Delicious*, *Top Red* y *Granny Smith* (Recasens, 1997); una menor degradación de los ácidos, descrita en diversas variedades de manzanas (Nardin, 1990; Recasens, 1997; Rizzolo et al., 1997); una menor incidencia de fisiopatologías, como el escaldado superficial, descrita en *Granny Smith* (Truter et al., 1993; Gallerani et al., 1994; Recasens, 1997); y un mayor control de las podedumbres, descrito en *Cox Orange* (Jonhson, 1994).

Entre los inconvenientes de las ULO cabe señalar: un posible incremento en la sensibilidad al frío, por lo que se aconseja elevar la temperatura 1°C respecto a la normalmente utilizada en condiciones de atmósfera estándar (Graell, 1993); la aparición de daños por el CO₂ debido a la respiración anaeróbica (Carrier, 1999; Mitcham et al., 1995), por lo que se aconseja utilizar porcentajes de CO₂ iguales o menores que los del O₂; una reducción de los componentes aromáticos en largas conservaciones, que no se ha detectado ni en *Golden Delicious* ni en *Starking Delicious* en una conservación de 5 meses (López et al., 1998; Recasens, 1997; Rizzolo et al., 1997); la producción de etanol y acetaldehído, debido a los procesos anaeróbicos, que haría necesaria la determinación del punto de compensación anaeróbico para la variedad que se trate según sus tolerancias al O₂ y CO₂.

Un mejor conocimiento del metabolismo del fruto en atmósferas con un bajo contenido de O₂ permitirá aprovechar las ventajas derivadas del uso de las atmósferas ULO, así como el óptimo mantenimiento de la calidad organoléptica (consistencia, jugosidad, acidez) durante la conservación y comercialización, pero sobre todo evitará o al menos retrasará la aparición de fisiopatologías que actualmente se controlan mediante la aplicación de productos químicos.

No obstante, todavía quedan por aclarar muchos aspectos importantes como la eficacia de la eliminación del etileno en las atmósfera ULO para evitar las alteraciones fisiológicas, la relación existente entre permeabilidad a los gases de la piel y el ambiente exterior, o la elección del porcentaje óptimo de CO₂ para cada una de las diferentes variedades de manzanas, entre otros.

3. PROYECTO: “CALIDAD DE LA MANZANA GOLDEN PRODUCIDA EN ARAGON”

3.1. Objetivos de la investigación

Con la finalidad última de colaborar al desarrollo en Aragón de las tecnologías postcosecha adecuadas para la variedad de manzana *Golden*, los objetivos planteados en este trabajo son los siguientes:

- El conocimiento de los principales parámetros de calidad organoléptica que determinan la aceptabilidad de esta fruta.

- El establecimiento de los índices de maduración que mejor caractericen el estado del fruto y que más discriminen entre lotes recolectados en un corto intervalo de tiempo.
- El estudio de la influencia del tiempo y de las condiciones de almacenamiento sobre los parámetros físicos, químicos y sensoriales de la manzana *Golden*.
- La definición del momento óptimo para proceder a la recolección de las manzanas que van a destinarse a una conservación prolongada.

4. PREFERENCIAS DE LOS CONSUMIDORES DE MANZANA *Golden Delicious* EN ARAGON

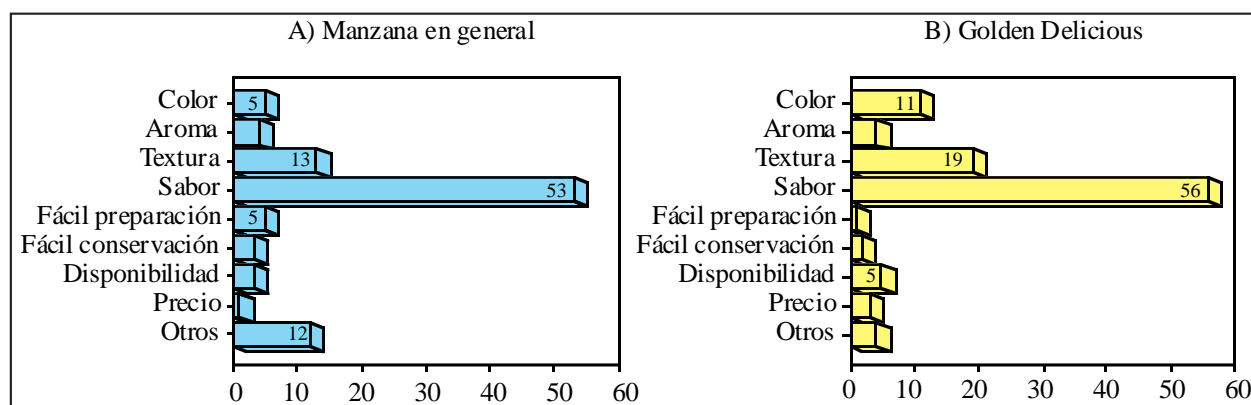
Se realizaron 978 encuestas, con un total de 833 encuestas válidas entre los visitantes de la Feria Internacional de Maquinaria Agrícola que se celebra en primavera en la ciudad de Zaragoza (Ferrer y col., 2000).

Se entrevistaron hombres y mujeres, siendo la población masculina la mayoritaria (58,3%). En la distribución por edades, el 28% de los participantes tenían más de 50 años y los porcentajes de la fracción restante fueron los siguientes: menos de 20 años, 15%; 20-30 años, 22%; 30-40 años, 14% y 40-50 años el 21%.

Se preguntó a los consumidores por la fruta más consumida, siendo la manzana la respuesta predominante (39,5%), seguida de la naranja (26,5%), la pera (11,9%) y el plátano (11,1%). La fruta preferida por los encuestados resultó también ser la manzana (29,9%), aunque en este caso las respuestas incluyeron otras especies como la fresa, la cereza y el melón, de gran aceptación pero de consumo menos frecuente.

El 60% de los entrevistados declaró que consume manzanas diariamente y un 31% lo hace semanalmente (menos de 7 a la semana). Para conocer los atributos que más valoran los consumidores de manzana, las opciones de respuesta que se presentaron estaban relacionadas tanto con características sensoriales (color, aroma, textura y sabor), como con otros aspectos no directamente relacionados con la apreciación gustativa (disponibilidad, precio, capacidad y facilidad de conservación). Los atributos que inducen a la compra repetitiva de manzanas fueron los sensoriales, destacando el sabor (53%) y la textura (13%) (Figura 1.A).

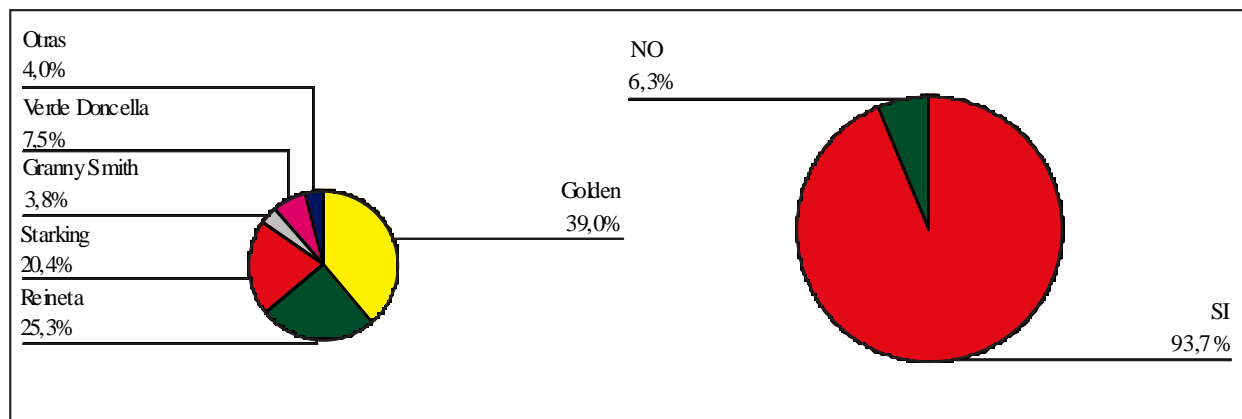
Figura 1. Principales características sensoriales valoradas por el consumidor.






Con el objeto de identificar cuáles son las variedades de manzana más conocidas por el público, se planteó una pregunta de respuesta libre y los resultados mayoritarios fueron *Golden Delicious*, *Reineta* y *Starking*. A la pregunta concreta sobre el conocimiento de la variedad *Golden Delicious*, un 93,7% contestó afirmativamente (Figura 2).

Cuando se preguntó por las características preferidas en esta variedad, de nuevo la respuesta mayoritaria fue el sabor, seguido de la textura y del color (Figura 1.B). El aroma de la *Golden* recibió menor puntuación que el obtenido globalmente para la manzana, al contrario que para el color, atributo para el que la manzana *Golden* aparece como mejor valorada. La textura de esta manzana parece una característica que la diferencia respecto a otras variedades, ya que el porcentaje de respuestas que señalan este atributo es mayor que en global de las manzanas (Figura 1).

Figura 2. Conocimientos del consumidor sobre las variedades de manzana.



En una segunda parte de este estudio (Remón y col., 1999), se procedió a la valoración de las características sensoriales (visual y gustativa en una cata “a ciegas”) entre ocho variedades de manzana de importante producción, actual o futura en Aragón. El conjunto de las respuestas obtenidas en las escalas de “me gusta mucho” y “me gusta bastante” para *Golden Delicious* ascendió a un 78%.

-  **La variedad *Golden Delicious* es la que reconoce un mayor número de encuestados.**
-  **Las características que más valoran los consumidores en esta manzana son, en orden de preferencia, el sabor, la textura y el color.**
-  **La manzana *Golden Delicious* goza de una gran aceptabilidad entre los consumidores.**

5. MADUREZ Y CONSERVACION DE LA MANZANA GOLDEN

5.1. Material y métodos

5.1.1. Material

Los frutos utilizados en el estudio fueron manzanas *Golden Delicious* de las fincas Los Llanos y La Dehesilla (La Almunia de Doña Godina) y *Golden Smoothie* procedente de Binéfar.

La finca Los Llanos tenía un marco de plantación de 4.0 x 1.5 m. con sistema de formación en eje central y riego por goteo. La variedad plantada (en 1980) fue *Golden Delicious* sobre patrón M-9. El suelo era de tierra ligera de huerta (cascajo) y su mantenimiento era por laboreo.

La finca La Dehesilla tenía un marco de plantación de 4.0 x 2.0 m. con sistema de formación en vaso y riego por goteo. La variedad plantada (en 1986) fue *Golden Delicious* sobre patrón M-9. El suelo era de tierra ligera de huerta (cascajilla) y su mantenimiento era por laboreo.

La parcela de Binéfar tenía un marco de plantación de 4.0 x 2.5 m. con sistema de formación en palmeta de 3 ejes y riego superficial. La variedad plantada (en 1992) fue *Golden Smoothie* sobre patrón Pajam-1. El suelo era franco y su mantenimiento era por enherbado.

5.1.2. Metodología

El trabajo se realizó durante tres campañas consecutivas y se llevaron a cabo dos tipos de experimentos: de maduración y de conservación.

— **Estudio del proceso madurativo:** Para conocer la evolución del fruto durante las últimas fases de su maduración se procedió a la recolección de las manzanas en distintos grados de madurez, siguiendo el calendario que se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Calendario de las tomas de muestras realizadas durante los tres años del estudio.

Año	Parcela	Floración	Cuajado	Fecha de recolección	Días tras cuajado
1996	Los Llanos	23-04-96	08-05-96	27-08-96	111
				02-09-96	117
				06-09-96	121
				11-09-96*	126
				16-09-96	131
				23-09-96	138
	La Dehesilla	23-04-96	08-05-96	27-08-96	111
				02-09-96	117
				06-09-96	121
11-09-96*				126	
16-09-96				131	
23-09-96				138	
Binéfar	-	-	04-09-96*	-	
1997	Los Llanos	25-03-97	02-04-97	25-08-97	145
				28-08-97	148
				02-09-97*	153
				05-09-97	156
	La Dehesilla	23-03-97	30-03-97	28-08-97	151
				02-09-97	156
				05-09-97*	159
	Binéfar	06-04-97	15-04-97	27-08-97	133
				03-09-97	139
10-09-97*				142	
1998	Los Llanos	06-04-98	23-04-98	02-09-98	132
				09-09-98	139
				16-09-98*	146
				22-09-98	152
	La Dehesilla	04-04-98	20-04-98	02-09-98	135
				09-09-98	142
				16-09-98	149
				22-09-98*	155
	Binéfar	10-04-98	26-04-98	01-09-98	128
				08-09-98	135
				15-09-98*	142
				22-09-98	150

* Recolección considerada como comercial por los productores.

— **Estudio del comportamiento durante la conservación:** Se estudió la evolución en conservación de las manzanas introducidas en las cámaras con distintos grados de madurez, haciendo el seguimiento mediante controles periódicos durante nueve meses en las condiciones de conservación y tiempos recogidos en la Tabla 3.

Tabla 3. Condiciones de conservación y meses de conservación transcurridos en el momento de realizar los controles.

Año	Parcela	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	T ^a (°C)	HR (%)	Meses en conservación
1996	Los Llanos	-	-	0.5-1.0	> 80	3 5 7
	La Dehesilla	-	-	0.5-1.0	> 80	3 5 7
	Binéfar	4.0	2.5	0.5	94	2 4 6 7
1997	Los Llanos	1.3-1.7	1.5-1.9	0.2-0.8	85-95	3 6 9
	La Dehesilla	1.3-1.7	1.5-1.9	0.2-0.8	85-95	3 6 9
	Binéfar	4.0	2.5	0.5	94	3 6 8
1998	Los Llanos	1.3-1.7	1.5-1.9	0.2-0.8	85-95	3 6 9
	La Dehesilla	1.3-1.7	1.5-1.9	0.2-0.8	85-95	3 6 9
	Binéfar	4.0	2.5	0.5	94	3 6 8

5.1.3. Analítica

Los parámetros que se analizaron se muestran en la Tabla 4. Los análisis se realizaron tanto en el momento de la recolección, como periódicamente en los tiempos de conservación indicados en la Tabla 3, a excepción de los parámetros fisiológicos, que únicamente se determinaron sobre las manzanas recién recogidas.

5.1.4. Tratamiento estadístico de los datos.

Los resultados obtenidos para los diferentes parámetros se compararon estadísticamente mediante un análisis de varianza de un factor (ANOVA) combinado con la prueba de Scheffe de rango múltiple con un nivel de significación del 0.05, estableciéndose las diferencias significativas.

Se realizó un análisis de correlación simple de Pearson entre los parámetros físico-químicos y sensoriales obtenidos.

Se llevó a cabo un análisis factorial discriminante en función de las recolecciones con los parámetros físico-químicos seleccionados por su poder de discriminación.

Tabla 4. Parámetros analizados en la manzana Golden.

PARAMETROS FISIOLÓGICOS	Actividad respiratoria Producción de etileno
MEDIDAS MORFOLÓGICAS	Peso Calibre Diámetros longitudinal y transversal Medida de la cavidad calicina (profundidad y longitud)
PARAMETROS FÍSICOQUÍMICOS	Dureza con penetrómetro (vástago de 11 mm) Medidas instrumentales de penetración y compresión con un texturómetro Color (coordenadas L*, a*, b*, c* y h*) y cartas de color Ctfil Sólidos solubles y acidez valorable pH de punción y del zumo Almidón Relación pulpa/zumo
PARAMETROS SENSORIALES	Aspecto externo (color, olor, defectos) Atributos de textura (jugosidad, harinosidad, crocantez y dureza) Atributos de sabor (dulce, ácido, amargo y otros) Calificación global subjetiva

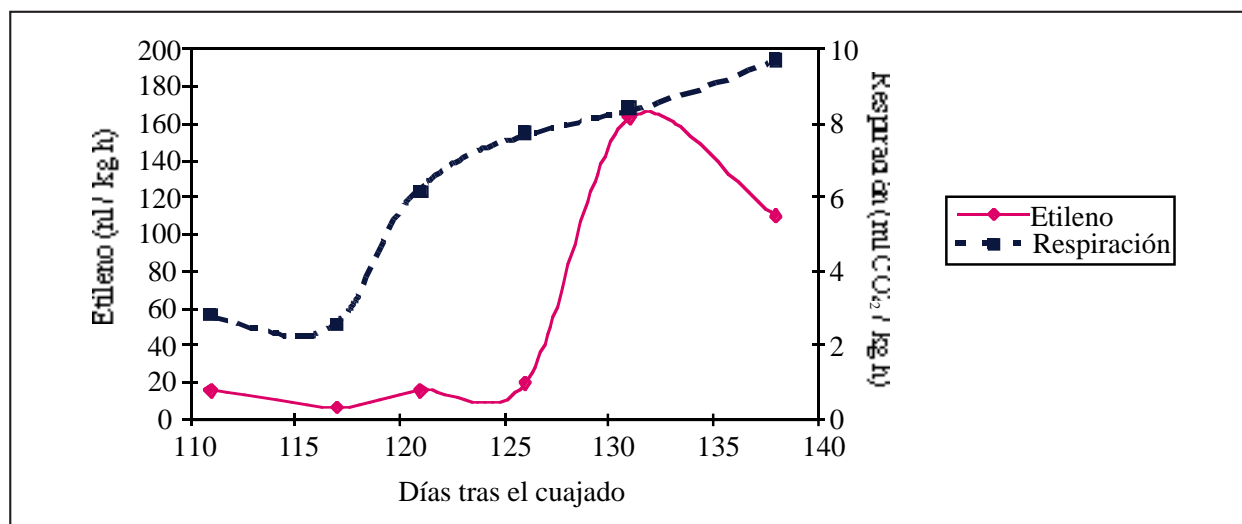
5.2. Evolución del fruto durante la maduración

Para poder decidir el momento óptimo de recolección de los frutos, hay que conocer la evolución de los diferentes parámetros de calidad durante las últimas fases del desarrollo fisiológico. Es en esta etapa cuando se producen los principales cambios organolépticos que determinan las características del producto final y, en consecuencia, la aceptabilidad por parte del consumidor. Además, este aspecto es determinante de la capacidad de conservación del producto.

Con el fin de establecer unos índices de madurez fácilmente medibles y reproducibles que nos indiquen el estado evolutivo de la manzana, se estudiaron, a lo largo de tres campañas, tres aspectos fundamentales: fisiológico, físico-químico y sensorial.

En el estudio fisiológico se midió la producción de etileno y la actividad respiratoria (expresada como producción de CO₂) del fruto. En la Figura 3 se representa la evolución media obtenida para estos parámetros durante la campaña del 96. Este comportamiento es representativo de los resultados obtenidos en las otras dos campañas.

Figura 3. Producción de etileno y actividad respiratoria de la manzana Golden Delicious.



La producción de etileno permanece más o menos estable y a nivel bajo mientras el fruto está en la fase de crecimiento. El incremento en la producción de etileno indica el comienzo de la fase de maduración organoléptica, y además puede servir para seguir el desarrollo de la misma y como indicación del momento para la recolección. La actividad respiratoria aumenta de forma sostenida a partir de aproximadamente los 115 días tras el cuajado del fruto, y no se observa ninguna disminución de la misma en el periodo analizado. La producción de etileno alcanza un máximo y posteriormente disminuye. Este pico etilénico suele considerarse como el momento en el que el fruto comienza la fase de senescencia, es decir, que está sobremadurado, y las transformaciones generales que sufre la manzana en esta última fase van en detrimento de la calidad organoléptica alcanzada y, por lo tanto, reducen su vida comercial.

La evolución media de los parámetros fisicoquímicos más representativos del desarrollo del proceso madurativo se muestra en la Figura 9.

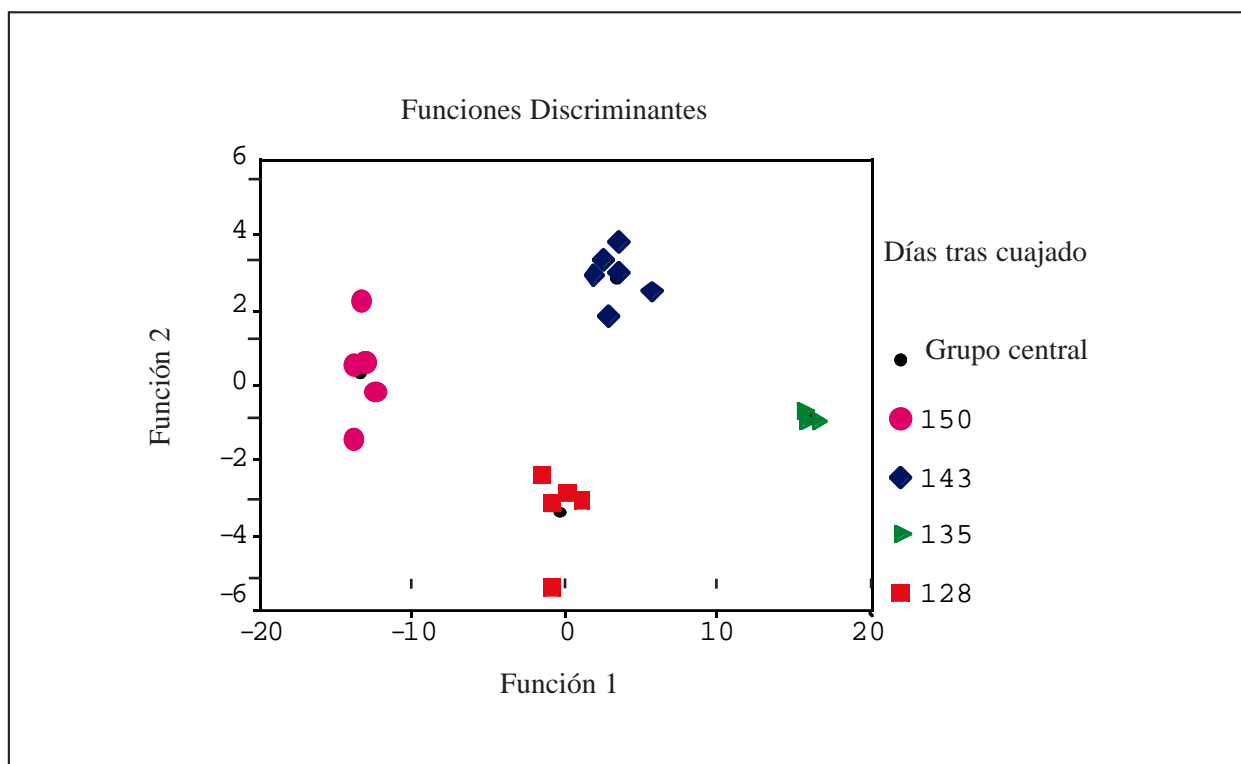
En los ensayos de textura se observa un progresivo ablandamiento con diferencias estadísticamente significativas entre algunas recolecciones.

En los parámetros de color se produce un incremento del color amarillo (coordenada b^*), a la vez que una disminución de las tonalidades verdosas (coordenada a^*). Este cambio de color es claramente detectado por el panel de catadores. Asimismo se observa una disminución del tono (coordenada h^*) conforme aumenta el grado de madurez. Las diferencias entre recolecciones son muy significativas para todos los parámetros de color determinados instrumentalmente.

Durante la maduración se produce un evidente descenso tanto del contenido de almidón (aumenta su índice de 1, máximo contenido, a 10, mínimo contenido) como de la acidez valorable; paralelamente hay un aumento en sólidos solubles y en el rendimiento pulpa/zumo. Estadísticamente son muy significativas las diferencias entre recolecciones respecto al contenido en almidón y menos significativas respecto al contenido en sólidos solubles.

Determinando la dureza por penetrometría manual, el contenido de almidón, de sólidos solubles y las coordenadas de color L^* (luminosidad), a^* (verde) y b^* (amarillo) es posible diferenciar correctamente (con una probabilidad casi del 100%) las distintas recolecciones en las tres campañas estudiadas y en las tres parcelas (ver Figura 4).




Figura 4. Clasificación de las recolecciones en función de un análisis discriminante canónico utilizando los datos obtenidos en las determinaciones de la penetrometría manual, almidón, sólidos solubles y coordenadas de color CIE Lab.



En el estudio de maduración, se han encontrado buenas correlaciones estadísticas entre los parámetros de color y otras determinaciones físico-químicas (textura, sólidos solubles, acidez valorable, almidón y rendimiento pulpa/zumo), y también entre algunos parámetros sensoriales entre sí (sabor dulce, sabor ácido, crocantez y harinosidad) y entre éstos y otras medidas físico-químicas (rendimiento pulpa/zumo, acidez valorable y coordenada L* de color).

Estas correlaciones confirman la utilidad de la medida del color, junto a las habituales determinaciones en campo (calibre, penetrometría manual, almidón, sólidos solubles) para una correcta determinación del grado de madurez de la manzana *Golden*.

La obtención de estos datos y sus combinaciones permite la clasificación fiable de la manzana según su estado de maduración (ver Tabla 5). En función de los resultados de la evolución durante la conservación, que se presentan en el siguiente apartado, los índices de madurez así obtenidos, facilitarán la decisión del momento óptimo para proceder a la recolección cuando la partida vaya a destinarse a una larga conservación (ver Figura 9).

-  **La recolección considerada como “comercial” cada uno de los años, coincide con el inicio del pico etilénico.**
-  **Con la determinación del calibre, sólidos solubles, almidón y penetrometría se pueden diferenciar los grados de madurez con una probabilidad del 72%.**
-  **El color cambia de verde a amarillo-verdoso de forma muy característica. La inclusión de este parámetro entre los anteriores índices, eleva la probabilidad de diferenciación hasta el 100%.**

5.3. Comportamiento durante la conservación

5.3.1. Presentación de los resultados

El gran volumen de datos derivados del estudio realizado durante las tres campañas, con muestras de diferentes orígenes, que se introdujeron en las cámaras de conservación con distintos grados de madurez y sobre las cuales se han realizado controles periódicos en distintas condiciones de conservación y durante todo el periodo de almacenamiento (Tabla 3), imposibilita la exposición detallada de todos los resultados obtenidos y su discusión.

No obstante, el exhaustivo y riguroso tratamiento estadístico de los datos, permite agrupar los resultados y extraer conclusiones generales de utilidad práctica. Para la presentación de los mismos, el periodo de conservación se ha dividido en tres etapas de tres meses cada una. Así, los valores se presentan referidos a una conservación corta, que corresponde a 3 meses; a una media, a los 6 meses; y a un almacenamiento prolongado, a los 9 meses.

Para facilitar la interpretación de las gráficas, las muestras pertenecientes a los distintos grados de madurez que se han mantenido en conservación, se han agrupado en tres grupos de manzanas: inmaduras, maduras y muy maduras. Las clasificadas como maduras corresponden al lote considerado de madurez comercial por los productores, señalado con un asterisco * en la Tabla 2. Las frutas recolectadas antes de la fecha del asterisco se han denominado inmaduras, y las que se cosecharon con posterioridad, se han clasificado como muy maduras.

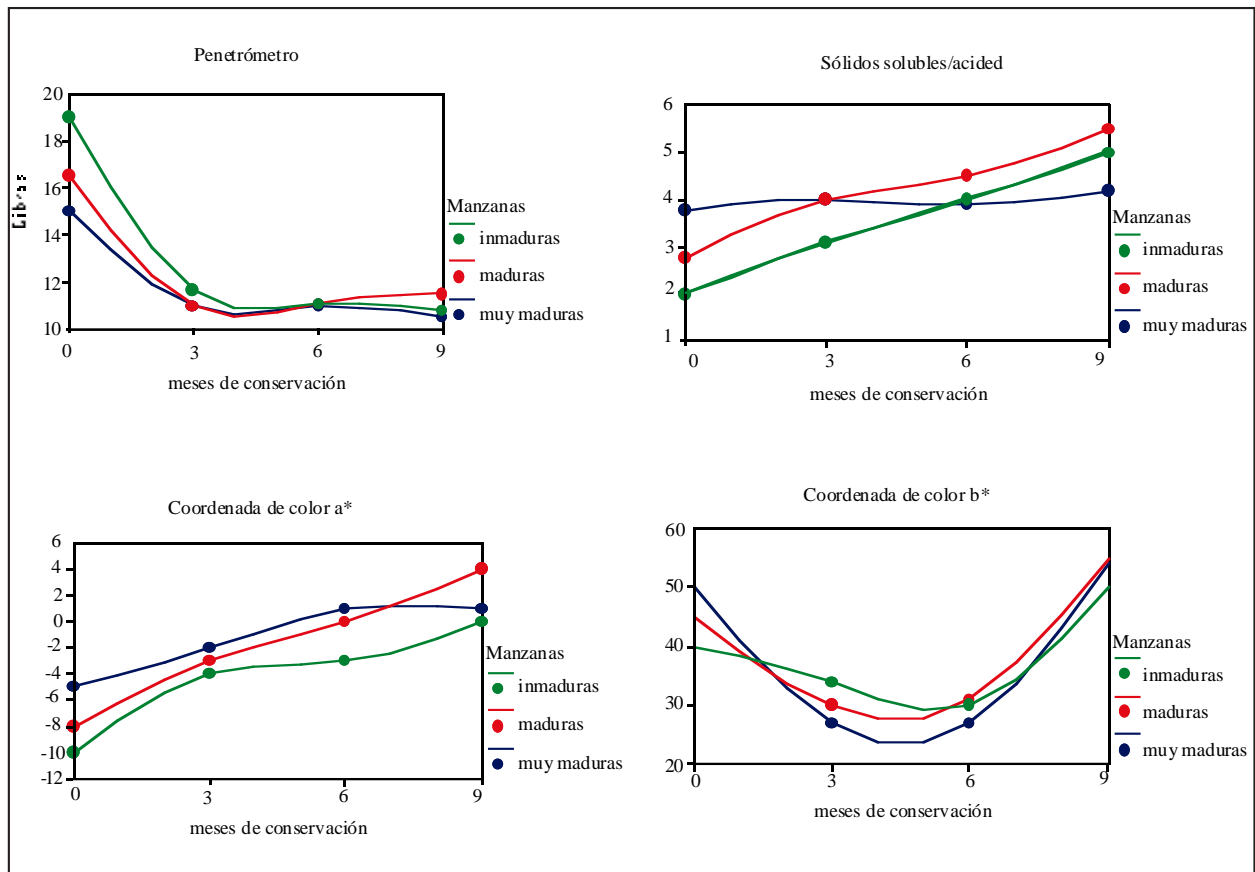
5.3.2. Evolución de los principales parámetros

En las Figuras 5 y 6 se muestra la evolución media en las tres campañas de algunas de las características estudiadas, tanto fisicoquímicas (sólidos solubles/acidez, firmeza, color a* y color b* Figura 5), como sensoriales (crocantez, harinosidad, jugosidad, Figura 6).

Se han observado notables diferencias en el comportamiento durante la conservación entre los lotes correspondientes a las manzanas recolectadas con distinto grado de madurez. Las manzanas inmaduras no alcanzan en las cámaras las mismas características sensoriales que el resto de los lotes. Las manzanas muy maduras presentan después del almacenamiento una mayor incidencia de alteraciones fisiológicas y de signos de marchitamiento, así como una rápida pérdida de calidad organoléptica a los pocos días de la salida de la cámara.

Los controles realizados a los 3, 6 y 9 meses respectivamente, permiten concluir que, en general, las manzanas sufren los cambios más importantes durante los tres primeros meses de conservación; los valores que alcanzan los parámetros a los tres meses, se mantienen más o menos estables durante el periodo siguiente (3-6 meses), y vuelven a modificarse en el último tramo del tiempo de conservación (6-9 meses).

Figura 5. Evolución a lo largo de la conservación de algunos parámetros de las manzanas agrupadas en tres grados de madurez.



• Los principales cambios que experimenta la manzana durante los tres primeros meses de conservación, son los siguientes:

- una pérdida de dureza que afecta en esa primera etapa de conservación a todos los frutos por igual, independientemente del grado de madurez con el que hayan entrado en la cámara;
- una disminución de la acidez en todas las muestras, pero de forma mucho más pronunciada en las manzanas cosechadas más inmaduras;
- un incremento en la cantidad de sólidos solubles, que es proporcional a la cantidad inicialmente determinada en cada uno de los grados de madurez;
- todas las muestras pierden color verde (aumentan los valores de la coordenada a*), especialmente las manzanas inmaduras, de forma que se alcanza un color verde bastante similar para todas las recolecciones; disminuyen también la coordenada b* y la pureza del color (coordenada c*); el tono no varía (coordenada h*), mientras que todas las muestras se igualan en cuanto a luminosidad (baja ligeramente la coordenada L*);
- en la valoración sensorial, se aprecia una pérdida de crocantez y jugosidad, así como un incremento en la harinosidad. La calificación global subjetiva se mantiene para las manzanas consideradas inmaduras, disminuyendo ligeramente en el caso de las maduras y las muy maduras. El aroma a fruto fresco se conserva durante los tres primeros meses en todos los grupos de manzanas.



En los tres primeros meses de conservación se produce una notable pérdida de calidad de los frutos.



Las modificaciones observadas afectan por igual a todos los lotes de manzanas, independientemente de su grado de madurez inicial.



En una conservación a corto plazo (inferior a tres meses), el grado de maduración no es un factor crítico.

• En la segunda etapa de la conservación (desde los tres hasta los seis meses), la dureza se mantiene en los valores alcanzados a los tres meses. El mismo comportamiento se observa en el contenido en sólidos solubles, mientras que la acidez sigue disminuyendo. El color verde no evoluciona, aunque el amarillo aumenta ligeramente, al igual que la luminosidad del fruto. El panel de degustación casi no percibe estos cambios, pero señala un incipiente marchitamiento en las manzanas muy maduras.



El jurado de degustación no percibe diferencias sustanciales entre la calidad organoléptica de las manzanas mantenidas 3 y 6 meses en conservación.



En las manzanas muy maduras se presentan pérdidas por marchitamiento a partir de los tres meses de conservación.



Las manzanas recolectadas en un avanzado grado de madurez solamente pueden destinarse a una conservación a corto plazo.

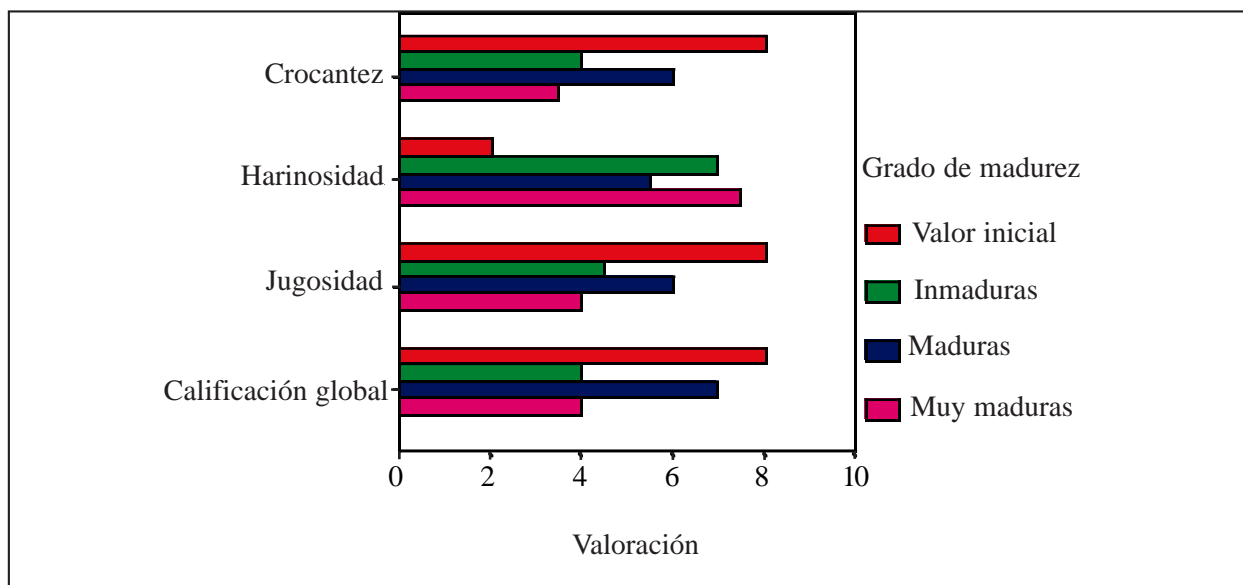
• A los nueve meses de conservación, las manzanas que presentan mayor dureza son las clasificadas como maduras, aunque las diferencias con respecto a las inmaduras son poco significativas; en las manzanas muy maduras se observa un ablandamiento más pronunciado. Los sólidos solubles no sufren modificaciones importantes y la acidez continúa disminuyendo aunque con una pendiente más suave respecto al periodo anterior. Las manzanas que al final del almacenamiento presentan una mejor relación sólidos solubles/acidez, son las maduras.

La coloración verde no experimenta cambios, mientras que la tonalidad amarilla y la luminosidad del fruto aumentan de forma notable en todas las recolecciones con respecto a los valores que presentaban estas coordenadas a los 6 meses de conservación. El jurado de degustación detecta claramente estos cambios en el color, pero no aprecia modificaciones en el resto de los atributos gustativos (sabor, aroma), ni en las características de calidad en la masticación (crocantez, jugosidad, harinosidad).

Al final del almacenamiento no se detectaron aromas a fermentado, ni sabores amargos, ni pardeamientos internos. No obstante, a partir de los seis meses van apareciendo signos de marchitamiento en un porcentaje cada vez mayor en las manzanas muy maduras; esta proporción es pequeña en el grupo de las maduras y prácticamente inexistente en las frutas inmaduras.

Asimismo, en el análisis sensorial, se manifiesta que la calificación global subjetiva otorgada por el jurado de degustación al término de la conservación, está directamente relacionada con los atributos del sabor (dulce y ácido), la crocantez, la harinosidad y la jugosidad (Figura 6).

Figura 6. Cambios en los principales atributos valorados sensorialmente a los 9 meses de conservación en atmósfera controlada (según su grado de madurez) con respecto al valor medio inicial.



Durante la conservación prolongada en atmósferas controladas, no se desarrollan aromas/sabores anómalos.



Las manzanas que mejor conservan su calidad inicial al cabo de nueve meses de almacenamiento, son las clasificadas como maduras.

5.3.3. Correlaciones entre los parámetros analíticos y sensoriales

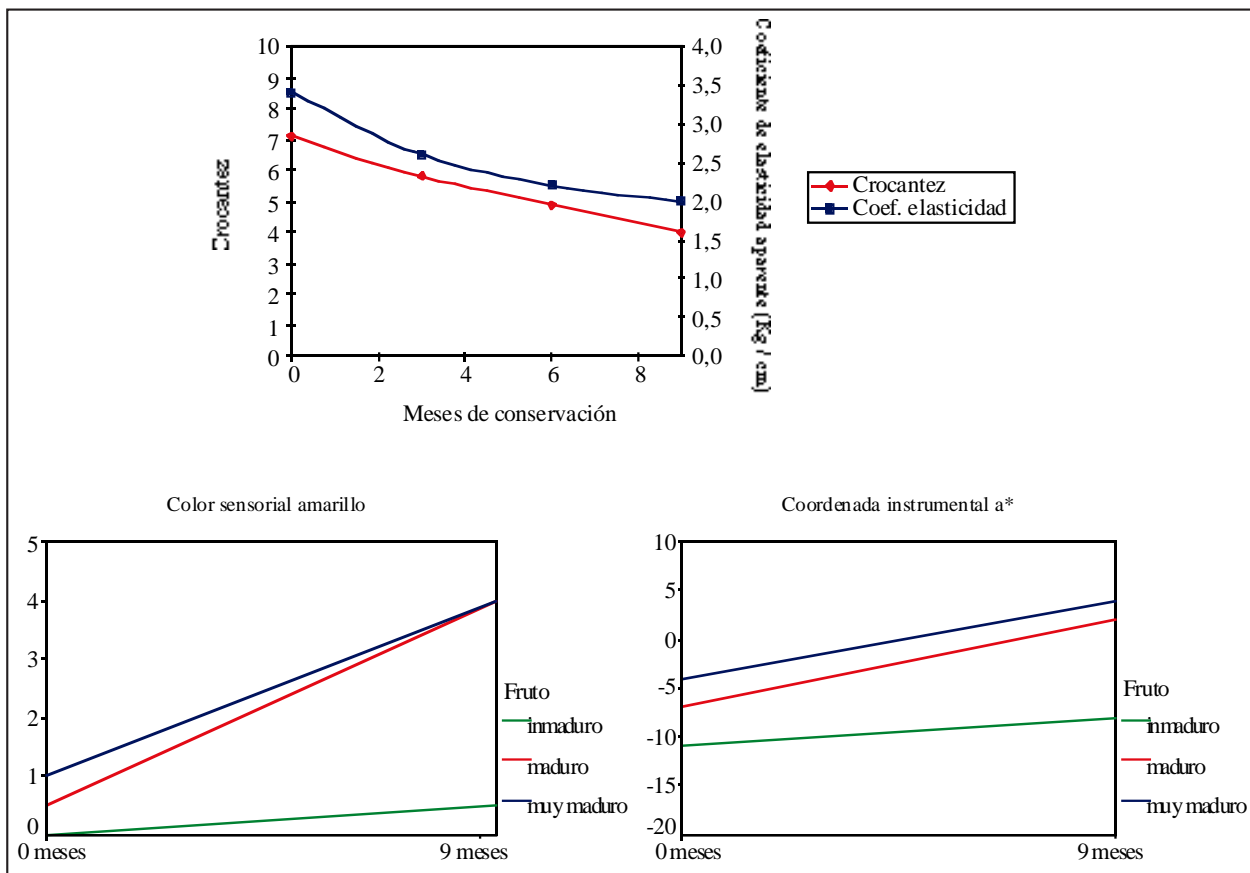
Uno de los principales problemas en la valoración de la calidad de los alimentos en general y, por supuesto, también de las frutas, es que en muchas ocasiones no existe una buena correlación entre las medidas obtenidas en los análisis y/o determinaciones en el laboratorio y las sensaciones que esos parámetros o componentes producen en el consumidor cuando éste ingiere el producto. En la valoración de la calidad en el momento del consumo influyen de forma combinada las sensaciones propioceptiles, gustativas, sápidas, etc., que generalmente se deben a una combinación de parámetros que se modifican por influencias recíprocas que resultan muy difíciles de valorar por métodos analíticos. Como consecuencia de este problema, existen numerosos trabajos de investigación que tratan de hallar correlaciones estadísticamente significativas entre los resultados de los análisis y la valoración otorgada por los paneles o jurados de degustación en diversas frutas.

Entre los datos obtenidos en este estudio, se han hallado dos correlaciones estadísticamente significativas entre atributos sensoriales y medidas instrumentales.

A partir del ensayo de compresión de la pulpa realizado en el texturómetro, se obtiene la fuerza necesaria para romper la estructura de la manzana. Esta fuerza máxima se alcanza con mayor o menor rapidez según las características de la pulpa, es decir, la pendiente nos da el coeficiente de elasticidad.

El atributo sensorial de crocantez está relacionado con el coeficiente de elasticidad, disminuyendo a medida que pasan los meses, como se muestra, a modo de ejemplo, en la Figura 7 para el caso de manzanas muy maduras. El coeficiente de regresión entre estos dos parámetros es de $r = 0,81$.

Figura 7. Principales correlaciones halladas entre los atributos sensoriales y las medidas instrumentales.



También existe una correlación satisfactoria entre la medida instrumental de la coordenada a* con la valoración sensorial del color amarillo. Coincidiendo con los valores obtenidos con el colorímetro, el jurado de degustación aprecia un aumento de la tonalidad amarilla al final de la conservación. El coeficiente de regresión entre estos dos parámetros es de $r = 0,68$.



El grado de crocantez de la manzana puede determinarse instrumentalmente mediante un ensayo de compresión sobre la pulpa.



La apreciación visual de la tonalidad amarilla puede cuantificarse instrumentalmente.

5.3.4. Diferencias entre frigoconservación y conservación en atmósferas controladas

Se han detectado importantes diferencias entre el comportamiento de las muestras conservadas en frigoconservación y las almacenadas en cámaras con atmósferas controladas. En la Figura 8 se presentan algunos de los efectos observados.

Se ha observado una gran diferencia en la pérdida de peso de las muestras, que sin duda se debe al efecto supresor de la intensidad respiratoria y de la actividad metabólica general que ejercen las atmósferas controladas y también, probablemente, a que en las cámaras AC se mantiene una humedad relativa más elevada.

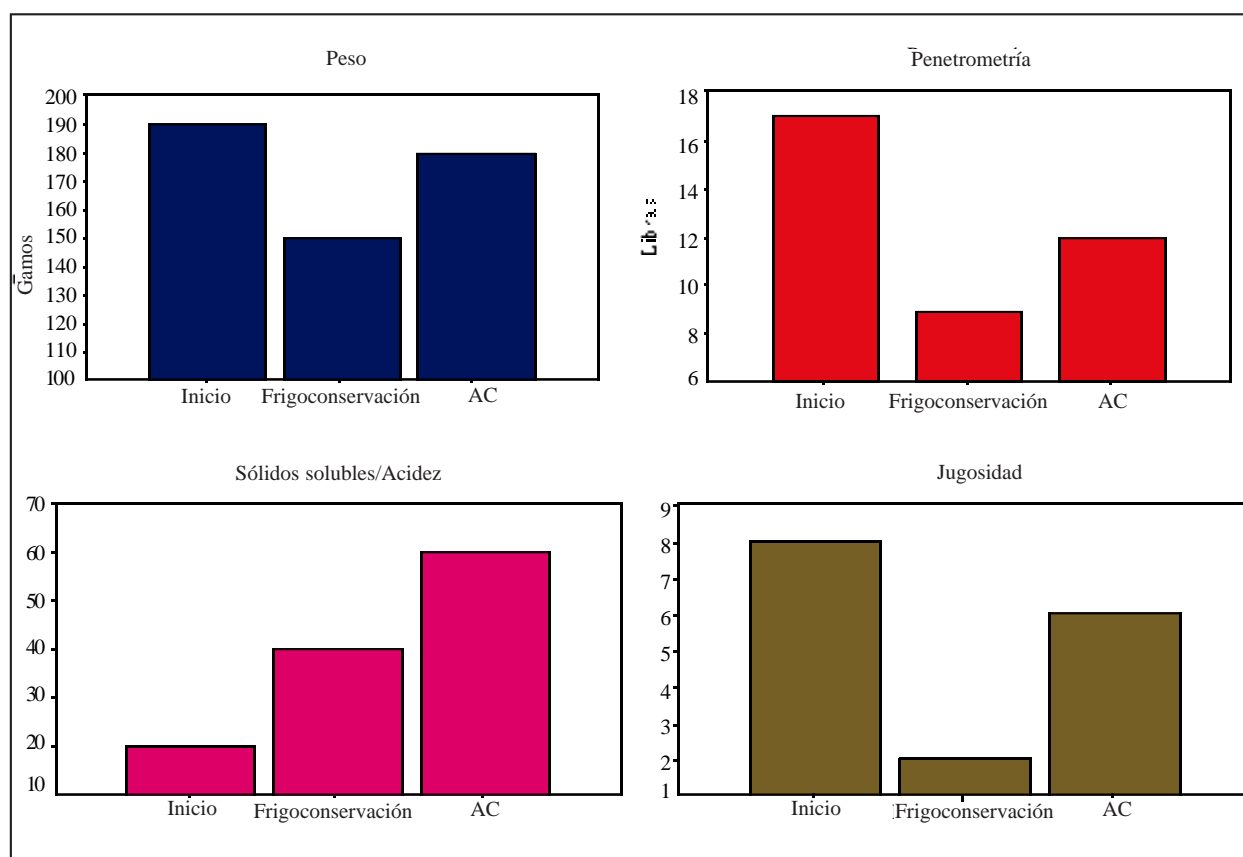
Todos los parámetros determinantes de la calidad se mantienen mejor en atmósfera controlada que solamente por acción del frío. A los tres meses de almacenamiento en frigoconservación, las manzanas inmaduras siguen siendo muy ácidas y de color excesivamente verde, en las maduras aparece el

defecto de harinosidad y en las muy maduras presentan síntomas de marchitamiento. En los tres grupos se observa una notable disminución en la aceptación global subjetiva a los tres meses de conservación frigorífica con respecto a las calificaciones iniciales.



La conservación de la manzana en AC mantiene los atributos de calidad durante más tiempo que en frigoconservación.

Figura 8. Comparación entre el valor inicial y los valores en frigoconservación y atmósfera controlada al cabo de 9 meses.



6. MOMENTO OPTIMO DE RECOLECCION

Se ha realizado el análisis estadístico de la evolución de los principales parámetros que caracterizan las muestras a lo largo de la conservación, así como la evaluación globalizada de los resultados de las puntuaciones otorgadas por el jurado de degustación en la valoración de los atributos sensoriales (Figura 6). Teniendo en cuenta todos los aspectos, se ha determinado el grado de madurez de la recolección en la que las manzanas mantienen mejor las características iniciales tras el periodo de conservación de nueve meses en AC.

El estado fisiológico de los frutos que mejor permite su conservación ha coincidido, en las tres campañas, con el momento inmediatamente anterior al aumento en la producción de etileno y cuando comienza a estabilizarse la meseta de la actividad respiratoria (a los 125 días del cuajado en el ejemplo de la Figura 3, que corresponde a la campaña de 1996).

Los frutos que, en las tres campañas estudiadas, presentan una mejor aptitud para la conservación se hallan en un grado de madurez muy similar, definido por los parámetros en los rangos que se relacionan en la Tabla 5.

Tabla 5. Intervalo de confianza del 95% para los principales parámetros fisicoquímicos en el momento óptimo de recolección para la conservación a largo plazo de la manzana Golden Delicious (parcelas 1 y 2) y Golden Smoothie (parcela 3).

	PARCELA 1	PARCELA 2	PARCELA 3
Penetrómetro (libras)	16.0-17.8	16.0-18.0	16.0-17.5
Sólidos solubles (°Brix)	13.0-14.0	14.0-15.0	14.0-15.0
Índice de almidón	5.0-6.5	5.0-6.0	5.0-6.0
Calibre	75-80	75-80	> 80
Acidez titulable (g ac málico/l. zumo)	6.0-7.0	5.0-7.0	5.0-6.0
pH	3.8-4.0	3.7-4.0	3.7-3.9
Coordenada de color a*	-11.5 a -4.0	-11.0 a -6.1	-11.0 a -5.3
Coordenada de color b*	39.9-47.2	45.7-50.0	43.0-49.0
Ref. cartas de color Ctifl	C3-4 (a)	C3-4 (a)	C4-5 (a)

Son valores medios calculados a partir de los datos obtenidos durante tres campañas consecutivas.

Representando la evolución de los parámetros que caracterizan los frutos durante su maduración, y considerando los resultados obtenidos durante la conservación, es posible establecer unas “ventanas” en las que el intervalo de los valores analíticos se encuentra dentro de los rangos adecuados para un almacenamiento prolongado (Figura 9). Asimismo, esta figura permite predecir con suficiente antelación y adecuada precisión el momento óptimo para la recolección de la manzana *Golden* destinada a larga conservación.

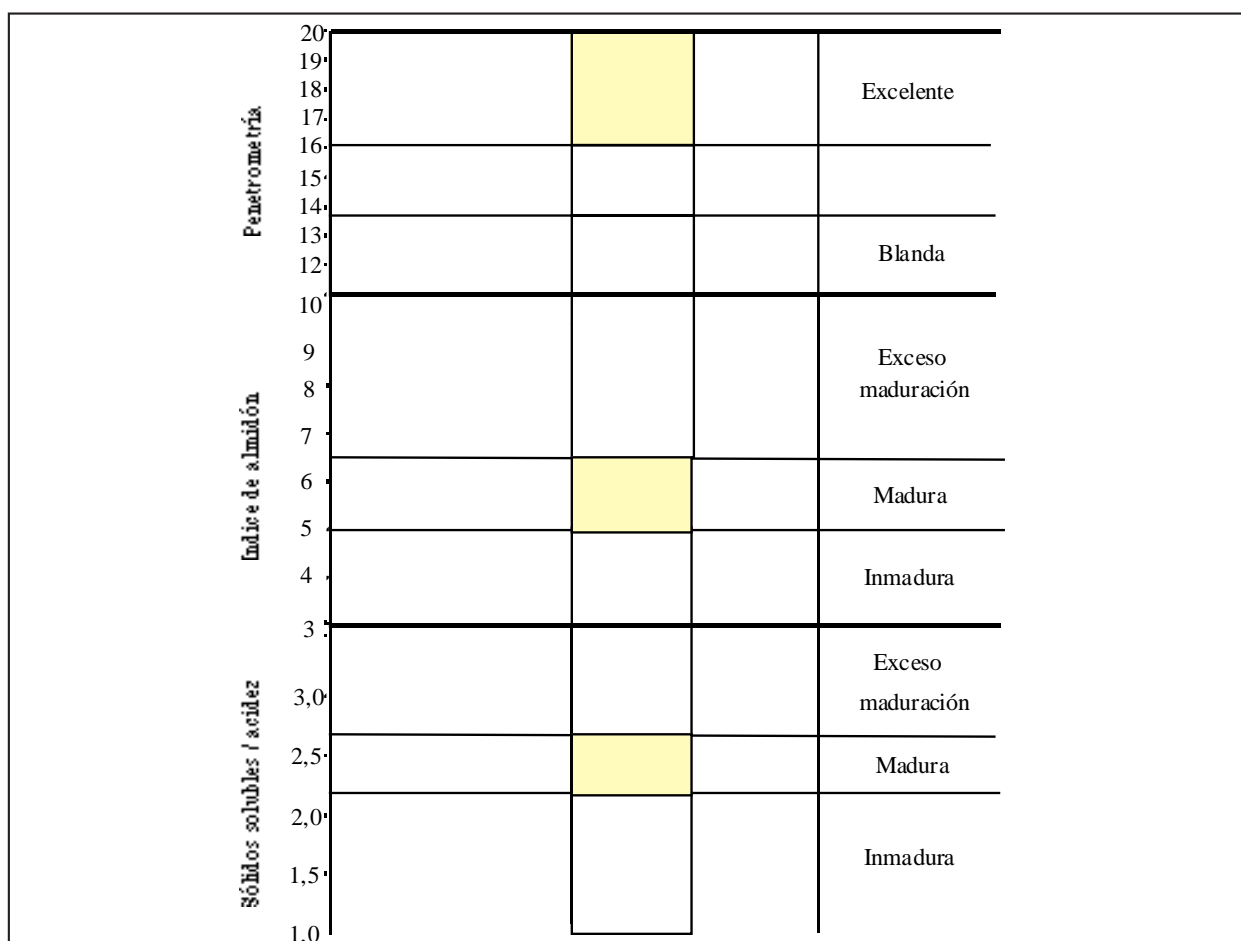


La evolución de los índices de maduración, permite predecir con suficiente antelación la “ventana” que delimita el momento óptimo para la recolección de las manzanas que van a destinarse a una conservación prolongada.



Los intervalos que definen el “momento óptimo de recolección” corresponden al estado en el que el fruto experimenta las mínimas pérdidas de calidad durante el almacenamiento a largo plazo.

Figura 9. Ilustración de la evolución de los principales parámetros fisicoquímicos de la manzana Golden Delicious durante su maduración.



Las “ventanas” coloreadas corresponden al momento óptimo de recolección cuando la fruta va a destinarse a una conservación prolongada.



Los resultados obtenidos en este estudio, permiten conocer cuando proceder a la recolección de la manzana *Golden* y cuanto pueden conservarse unas manzanas que presentan un grado de madurez determinado.

7. CONCLUSIONES

PARAMETROS DE CALIDAD ORGANOLEPTICA



La variedad *Golden Delicious* es la que reconoce un mayor número de encuestados.






Las características que más valoran los consumidores en esta manzana son, en orden de preferencia, el sabor, la textura y el color (Fig. 1).











La manzana *Golden Delicious* es la más conocida entre los consumidores y goza de una gran aceptabilidad (Fig. 2).



INDICES DE MADURACION

-  La recolección considerada como “comercial” cada uno de los años, coincide con el inicio del pico etilénico (Fig. 3).
-  Con la determinación del calibre, sólidos solubles, almidón y penetrometría se pueden diferenciar los grados de madurez con una probabilidad del 72%.
-  El color cambia de verde a amarillo-verdoso de forma muy característica. La inclusión de este parámetro entre los anteriores índices, eleva la probabilidad de diferenciación hasta el 100% (Fig. 4).

COMPORTAMIENTO DURANTE LA CONSERVACION EN AC

-  En los tres primeros meses de conservación se produce una notable pérdida de calidad de los frutos (Fig. 5).
-  Las modificaciones observadas afectan por igual a todos los lotes de manzanas, independientemente de su grado de madurez inicial (Fig. 5).
-  En una conservación a corto plazo (inferior a tres meses), el grado de maduración no es un factor crítico.
-  El jurado de degustación no percibe diferencias sustanciales entre la calidad organoléptica de las manzanas mantenidas 3 y 6 meses en conservación.
-  En las manzanas muy maduras se presentan pérdidas por marchitamiento a partir de los tres meses de conservación.
-  Las manzanas recolectadas en un avanzado grado de madurez solamente pueden destinarse a una conservación a corto plazo.
-  Durante la conservación prolongada en atmósferas controladas, no se desarrollan aromas/sabores anómalos.
-  Las manzanas que mejor conservan su calidad inicial al cabo de nueve meses de almacenamiento, son las clasificadas como maduras (Fig. 6).

CORRELACIONES ANALITICA-SENSORIAL

-  El grado de crocantez de la manzana puede determinarse instrumentalmente mediante un ensayo de compresión sobre la pulpa (Fig. 7).
-  La apreciación visual de la tonalidad amarilla puede cuantificarse instrumentalmente (Fig. 7).

FRIGOCONSERVACION vs ATMOSFERAS CONTROLADAS



La conservación de la manzana en AC mantiene los atributos de calidad durante más tiempo que en frigoconservación (Fig. 8).

MOMENTO OPTIMO DE RECOLECCION



La evolución de los índices de maduración, permite predecir con suficiente antelación la “ventana” que delimita el momento óptimo para la recolección de las manzanas que van a destinarse a una conservación prolongada (Fig. 9).



Los intervalos que definen el “momento óptimo de recolección” corresponden al estado en el que el fruto experimenta las mínimas pérdidas de calidad durante el almacenamiento a largo plazo.



Los resultados obtenidos en este estudio, permiten conocer cuando proceder a la recolección de la manzana *Golden* y cuanto pueden conservarse unas manzanas que presentan un grado de madurez determinado (Tabla 5).

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Carrier Corporation. (1999). «Controlled Atmosphere Handbook: a guide for shipment of perishable cargo in refrigerated containers». Ed. Carrier Transicold Division, New York.
2. Ferrer, A.; Remón, S. y Oria, R. (2000). «Preferencias de los consumidores de manzana *Golden Delicious* en Aragón». *Fruticultura Profesional* **108**: 62-66.
3. Gallerani, G.; Pratella, G.C. y Cazzola, P.P. (1994). «Superficial scald control via low oxygen treatment timed to peroxide threshold value». Proc. Cost 94. The Post-harvest Treatment of Fruit and Vegetables, Milan, Italy. 51-60.
4. Graell, J. (1993). «Aspectos renovadores de la conservación de fruta en atmósfera controlada, las técnicas LO y ULO». Seminario sobre Tecnología de la Postcosecha, Feria de San Miguel 93, Lleida.
5. Herregods, M. (1993). «Preservation of quality and nutritional value by CA storage». Proc. The post-harvest treatment of fruit and vegetables, Milan, Italy, 14-23.
6. Johnson, D.S. (1994). «Storage of U.K. apples without post-harvest chemical treatment - the problems and possible solutions». Proc. Cost 94. The Post-harvest Treatment of Fruit and Vegetables, Milan, Italy. 69-75.
7. Kupferman, E.M. (1997). «Controlled atmosphere storage of apples». Proc. 7th Intl C.A. Res. Conf., Univ. of California, Davis. 1-30.
8. López, M.L.; Lavilla, T.; Recasens, I.; Riba, M. y Vendrell, M. (1998). «Influence of different oxygen and carbon dioxide concentrations during storage on production of volatile compounds by *Starking Delicious* apple». *J. Agric. Food Chem.* **46(2)**: 634-643.
9. Meheriuk M. (1993). «CA storage conditions for apples, pears and nashi». Proc. 6th Intl. C.A. Res. Conf., Cornell Univ., Ithaca, New York. Vol 2: 819-858.

10. Mitcham, E.J.; Crisosto, C.H. y Kader, A.A. (1995). «Recommendations for maintaining postharvest quality of 'Gala', 'Fuji' and 'Granny Smith' apples». Apple Postharvest Workshop, Univ. of California, Davis and The California Apple Commission.
11. Nardin, C. (1990). «Nuevas orientaciones en el empleo de la atmósfera controlada de manzanas». Jornadas Técnicas de Frigoconservación y Comercialización de Fruta Dulce. Ed. Fundación Caja de Pensiones, Barcelona. 11-18.
12. Recasens, I. (1997). «Atmósferas controladas-ULO en poscosecha de frutas». Fruticultura Profesional **90**: 41-45.
13. Remón, S.; Ferrer, A. y Oria, R. (1999). «Variedades de manzana: aceptación por aspecto externo y características gustativas» Fruticultura Profesional **106**: 33-41.
14. Rizzolo, A.; Vanoli, M.; Visai, C. y Fadanelli, L. (1997). «Ultra-low oxygen storage of 'Golden Delicious' apples». Proc. 7th Intl. C.A. Res. Conf., Univ. of California, Davis. Vol **2**: 176-182.
15. Truter, A.B.; Combrink, J.C. y Calitz, F.J. (1993). «Control superficial scald of apples by ultra-low and stress levels of oxygen as an alternative to diphenylamine». Proc. 6th Intl. C.A. Res. Conf., Cornell Univ., Ithaca, New York. Vol **2**: 470-480.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todos los colaboradores del sector agroalimentario, en especial a COSANSE, Frutas GIL y AGROBIN por el suministro de las muestras durante toda la realización del estudio.

Proyecto desarrollado por el Grupo de Investigación en Tecnología Postcosecha de la Universidad de Zaragoza coordinado por la Dra. Oria Almuñí.

Colaboran:

- Servicio de Transferencia en Tecnología Agroalimentaria.
- Centro de Tecnología Agroalimentaria.
- Sector Agroalimentario.

Se autoriza la reproducción íntegra de esta publicación, mencionando su origen:
Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura de la D.G.A.

Para más información, puede consultar al CENTRO DE TÉCNICAS AGRARIAS:
Apartado de Correos 727 • 50080 Zaragoza • Teléfono 976 71 63 37