

## Perfil de ácidos grasos de la grasa de tres variedades de pimientos (Arnoia, Fresno de la Vega y los Valles-Benavente). Influencia del grado de maduración

Por S. Martínez\*, A. Curros, J. Bermúdez, J. Carballo e I. Franco

Área de Tecnología de los Alimentos, Facultad de Ciencias de Ourense, Universidad de Vigo, 32004 Ourense, Spain. Phone: +34-988-387078. Fax: +34-988-387001 E-mail: sidonia@uvigo.es

### RESUMEN

#### Perfil de ácidos grasos de la grasa de tres variedades de pimientos (Arnoia, Fresno de la Vega y los Valles-Benavente). Influencia del grado de maduración.

Se estudió el contenido en ácidos grasos de la fracción lipídica de tres variedades de pimientos (Arnoia, Fresno de la Vega y los Valles-Benavente), en distintos estadios de maduración comercial, verde y rojo en la variedad "Arnoia" y, verde, entreverado y rojo en las variedades "Fresno de la Vega" y los "Valles-Benavente".

Con la maduración, en los pimientos de las tres variedades, se observó un aumento en el contenido lipídico; los valores encontrados están dentro del rango descrito en la bibliografía para otras variedades. Al final de la maduración (pimientos rojos) el contenido en grasa permite diferenciar significativamente las tres variedades en estudio.

El perfil de ácidos grasos fue muy similar en las tres variedades de pimientos y en los tres estadios de maduración, siendo el ácido graso mayoritario  $C_{18:2}$  seguido por  $C_{18:3}$  y  $C_{16}$  representando los tres más del 80% de los ácidos grasos totales, sin variaciones importantes, durante la maduración, en las tres variedades estudiadas.

"Valles-Benavente" fue la variedad con los cambios menos macados, a lo largo de la maduración, tanto en los ácidos grasos mayoritarios como en los minoritarios.

Mediante análisis discriminante se clasifica correctamente la totalidad de pimientos verdes, entreverados y rojos de las tres variedades, en base a su contenido porcentual de los ácidos grasos  $C_{16}$ ,  $C_{16:1}$ ,  $C_{17}$ ,  $C_{18}$ ,  $C_{18:1Z,T}$ ,  $C_{18:2}$  y  $C_{18:3}$ .

**PALABRAS-CLAVE:** Lípidos - Maduración - Perfil de ácidos grasos - Pimiento

### SUMMARY

#### Fatty acid profile of the fat from three pepper varieties (Arnoia, Fresno de la Vega and Los Valles-Benavente). Effect of the ripening stage

Total fatty acids content was studied in three varieties of peppers (Arnoia, Fresno de la Vega and Los Valles-Benavente) in different commercial stages of ripening: green and red in the Arnoia variety and, green, breaker and red in the Fresno de la Vega and Los Valles-Benavente varieties.

With ripening, an increase was observed in the lipid content in the peppers of all three varieties; the values showed are inside the range described in the literature for other varieties. At the end of maturation (red peppers), fat content allows for differentiating the three varieties under study.

The fatty acid profiles were similar in the three varieties of peppers and in the three stages of ripening: the most abundant fatty acid was linoleic ( $C_{18:2}$ ) followed by linolenic

( $C_{18:3}$ ) and palmitic ( $C_{16}$ ); these fatty acids represent more than 80% of the total fatty acids and do not show important variations during ripening in the three varieties of peppers.

Minor changes in the major and minor fatty acids during ripening were observed in the Los Valles-Benavente variety.

Using discriminant analysis 100% of the green, breaker and red peppers were correctly classified and differentiated from their content (%) in individual fatty acids:  $C_{16}$ ,  $C_{16:1}$ ,  $C_{17}$ ,  $C_{18}$ ,  $C_{18:1Z,T}$ ,  $C_{18:2}$  y  $C_{18:3}$ .

**KEY-WORDS:** Fatty acid profile - Lipids - Peppers - Ripening

### 1. INTRODUCCIÓN

Desde su introducción en Europa, a partir del descubrimiento de América, el pimiento (*Capsicum annuum*) adquirió gran importancia tanto desde el punto de vista comercial como nutritivo. Su cultivo supuso un importante avance culinario al sustituir, en muchos casos, al denominado "oro negro" o pimienta (*Piper nigrum* L.) de gran importancia comercial en la época. Por otra parte, su consumo aportó a la dieta un gran número de sustancias nutritivas, destacando entre ellas vitaminas como la A, B, C, E o P, que convierten al pimiento en una fuente importante de sustancias antioxidantes (Govindarajan, 1986; Howard *et al.*, 1994; Lee *et al.*, 1995; Nuez *et al.*, 1996; Simonne *et al.*, 1997; Osuna-García *et al.*, 1998). En la actualidad, España es el primer país productor de pimientos de la Unión Europea, con una producción anual que ronda el millón de toneladas (MERCASA, 2004). La diversidad de zonas y técnicas de cultivo empleadas en España, permiten disponer de un gran número de variedades, con características especiales y bien diferenciadas (color, textura, aroma, grado de picor, etc.), que garantizan un amplio abanico de aplicaciones (plantas ornamentales o medicinales, consumo en fresco o en conserva, pimentón). Su consumo se encuentra a su vez condicionado por su composición química que determina, por otra parte, su uso o aplicación comercial al establecer la calidad final del fruto (Estrada *et al.*, 2000). La grasa y los ácidos grasos, aunque representan en los pimientos españoles de consumo en fresco una pequeña parte de la porción comestible, tienen gran importancia estructural y metabólica tanto en la planta como en el fruto de esta especie. Esta frac-

ción representa una parte esencial de las membranas celulares, jugando un importante papel en numerosas reacciones físicas y químicas determinantes de la calidad del fruto. Los valores medios de grasa y ácidos grasos señalados en la bibliografía para diferentes variedades de pimientos son muy dispares. Hay que tener en cuenta que esta fracción puede sufrir cambios en función de un gran número de factores, entre los que destacan principalmente la variedad, el grado de maduración, las condiciones edafoclimáticas o, en el caso de su transformación, el tipo de procesado industrial al que han sido sometidos.

En la planta de pimiento, los frutos no sufren una maduración simultánea y tanto la recogida como la comercialización se realizan en diferentes estadios. La maduración es un proceso complejo y dinámico en el que la matriz lipídica se ve afectada tanto cuantitativa como cualitativamente al sufrir cambios en su estructura y composición. Por ejemplo, algunos ácidos grasos (láurico, mirístico, palmítico, oleico y linoléico) se ven implicados en procesos de esterificación con las xantofilas dando lugar a mono y diésteres (Camara y Brangeon, 1981; Mínguez Mosquera y Honeiro-Méndez, 1994b). Al mismo tiempo, los ácidos grasos, actúan como precursores de la biosíntesis de compuestos volátiles, esenciales en el aroma. La actuación de lipoxigenasas sobre los ácidos grasos poliinsaturados genera la aparición de compuestos volátiles. Conjuntamente, la beta oxidación de los ácidos grasos de cadena corta origina ácidos grasos de cadena media responsables de variaciones en el sabor y aroma del fruto durante la maduración (Bartley, 1985; Lindsay, 1996).

Debido a la escasez de estudios sobre la variabilidad de la fracción lipídica durante la maduración del pimiento, este trabajo se planteó con el objetivo de determinar la cantidad de grasa y ácidos grasos totales de tres variedades de pimientos dulces, con diferente grado de maduración comercial, cultivadas en el noroeste de España: "Arnoia" (Ourense), "Fresno de la Vega" (León) y "Los Valles-Benavente" (Zamora). Los pimientos de "Arnoia" cultivados en la parte occidental de la comarca del Ribeiro (Galicia), son alargados, con forma cónica, piel verde brillante (forma habitual de consumo en fresco) que se torna roja con la maduración. Los pimientos de "Fresno de la Vega" y "Los Valles-Benavente" cultivados a los márgenes de los ríos Esla y Tera, respectivamente, son pimientos morrones tipo "californiano", de gran tamaño, con morros bien marcados, de color verde en estado inmaduro a rojo al final de la maduración. En estos dos últimos casos se utilizan indistintamente verdes, entreverados o rojos, tanto en fresco como en conserva.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Recogida y preparación de las muestras

Los pimientos fueron recolectados entre agosto y septiembre de 2003, en cinco plantaciones toma-

das al azar de cuatro zonas diferentes de producción de Arnoia (Ourense), Fresno de la Vega (León) y la comarca de los Valles de Benavente (Zamora). En cada plantación se recogieron al menos 5 frutos (5 frutos x 5 plantaciones x 4 zonas = 100 frutos) de cada uno de los estadios de maduración comercial, verde y rojo en la variedad "Arnoia" y verde, entreverado y rojo en las variedades "Fresno de la Vega" y "Los Valles-Benavente". Los índices de madurez utilizados para su recolección fueron tamaño, color comercial y brillo del fruto.

Tras la recolección, los pimientos se lavaron, secaron, pesaron y trocearon, eliminando las semillas y la placenta. Cada una de las muestras fueron homogenizadas y liofilizadas, almacenándolas a congelación, envasadas a vacío, hasta su análisis.

### 2.2. Métodos analíticos

La grasa fue extraída con éter dietílico durante 4 horas en un extractor Soxhlet (*Raypa*, modelo SX-6, Tarrasa, España), utilizando en cada caso 3 g de muestra liofilizada. El contenido graso se calculó a partir de la diferencia en peso de la muestra antes y después de la extracción.

Para la formación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos se utilizó el método de transesterificación de Shehata *et al.* (1970) con algunas modificaciones.

A 1 g de grasa se añadieron 4 mL de una disolución de metóxido sódico al 2% (p/v). La mezcla se mantuvo a 90°C hasta su emulsión. Tras su enfriamiento se añadieron 2 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:CH<sub>3</sub>OH [1:1, (v/v)] hasta su viraje a rosa intenso. Los tubos se agitaron enérgicamente y se centrifugaron durante 5 minutos a 4000 r.p.m. Se tomaron 5 µL del sobrenadante y se disolvieron en 2 mL de hexano para su inyección.

La separación e identificación de los ácidos grasos totales se realizó por cromatografía de gases, empleando el Cromatógrafo de Gases Mod. Trace GC de Termo Finnigan (Austin, Texas, EE.UU.), equipado con un Inyector Split/Splitless AI 3000 Autoinyector, *Thermo Finnigan* y un detector de ionización de llama (FID), *Thermo Finnigan*. El sistema informático para recogida y tratamiento de datos empleado fue Chrom-Card, *Thermo Finnigan*.

La separación de los distintos ácidos grasos se llevó a cabo en una columna Innoswax (Palo Alto CA, EE.UU.) (30 m x 0,25 mm i.d x 0,25 µm de grosor).

En la Tabla 1 se recogen las rampas de temperatura utilizadas. Inicialmente se efectuó un aumento lineal de 50 a 248°C durante 40 minutos y, a continuación, se mantuvo esta temperatura durante 6 minutos.

Las temperaturas empleadas en el detector y en el inyector fueron de 250 y 230°C, respectivamente. Los gases utilizados fueron aire (350 mL/min), hidrógeno (35 mL/min) y helio (30 mL/min).

Para la identificación de los ácidos grasos totales se prepararon disoluciones de 500 ppm en hexano de los ésteres metílicos de los siguientes ácidos grasos: caprílico (C<sub>8</sub>), cáprico (C<sub>10</sub>), láurico (C<sub>12</sub>), mirísti-

Tabla 1  
Condiciones del desarrollo cromatográfico seguidas  
en la identificación y cuantificación de los ácidos grasos

| Rampas de temperatura | °C/minuto | Temperatura (°C) | Tiempo transcurrido (minutos) |
|-----------------------|-----------|------------------|-------------------------------|
| Inicial               | —         | 50               | 1                             |
| Rampa 1               | 5         | 248              | 40                            |
| Rampa 2               | —         | 248              | 6                             |

co (C<sub>14</sub>), miristoleico (C<sub>14:1</sub>), pentadecanoico (C<sub>15</sub>), palmítico (C<sub>16</sub>), palmitoleico (C<sub>16:1</sub>), heptadecanoico (C<sub>17</sub>), esteárico (C<sub>18</sub>), oleico (C<sub>18:1</sub> cis), eláidico (C<sub>18:1</sub> trans), linoleico (C<sub>18:2</sub>), linolénico (C<sub>18:3</sub>), araquídico (C<sub>20</sub>), eicosenoico (C<sub>20:1</sub>), behénico (C<sub>22</sub>) y erúico (C<sub>22:1</sub>). Los ácidos grasos fueron suministrados por Sigma (Saint Louis, MO, EE.UU.).

Todas las muestras y patrones se inyectaron al menos por duplicado.

La identificación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos se realizó por comparación de los tiempos de retención con los obtenidos en los cromatogramas patrón.

Para estudiar la repetibilidad y reproducibilidad del método cromatográfico se inyectó una muestra cinco veces en días alternos, obteniendo coeficientes de variación menores del 3% al cuantificar todos los ácidos grasos.

### 2.3. Métodos estadísticos

La comparación de los parámetros estudiados se realizó empleando un análisis de varianza (ANOVA) con un intervalo de confianza del 95% ( $p \leq 0,05$ ) usando el test LSD y utilizando el programa informático *Statistica* 5.1 para Windows (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA).

Con el fin de diferenciar los distintos estadios de maduración (verde, entreverado y rojo) en las tres variedades de pimientos se realizó un análisis discriminante por el método *standard* fijándose un valor de tolerancia de 0,01, utilizando para ello el mismo *software*. Las funciones discriminantes canónicas resultantes estuvieron formadas por una combinación lineal de los contenidos de determinados ácidos grasos.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se recoge el contenido graso de los pimientos, con diferente grado de maduración comercial, de las variedades "Arnoia", "Fresno de la Vega" y "Los Valles-Benavente".

Los pimientos morrones de "Fresno de la Vega" y "Los Valles-Benavente" presentaron valores próximos al límite inferior del rango descrito en la bibliografía para otras variedades de esta especie. Los valores medios de grasa, señalados en las tablas de composición de alimentos para el pimiento, se encuentran entre 0,2 y 0,6 g/100 g de producto fresco (Holland *et al.*, 1993; Moreiras *et al.*, 2001). En los pimientos de "Arnoia", el contenido graso fue significativamente superior al detectado en las otras 2 variedades en estudio (0,23 g/100 g en el pimiento verde y 0,59 g/100 g en el rojo), aunque se encuentra dentro del rango descrito para este producto e incluso se ha señalado, en alguna ocasión, porcentajes superiores. Rajput y Parulekar (2004) observaron valores de 0,6 g de grasa/100 g de producto fresco en chiles verdes y Shukla y Naik (1993) hallaron concentraciones de 0,8 g de grasa/100 g de producto fresco en pimientos "cascabel". Simonne *et al.* (1997) detectaron valores entre 0,5 y 1,0 g/100 g de producto fresco para las variedades "Dove", "Valencia", "Chocolate Beauty", "King Arthur", "Golden Bell" y "Oriele".

Asilbekova (2003) al determinar la grasa del pericarpio del pimiento observó valores de 0,17 g/100 g de producto fresco, similares a los obtenidos en el pericarpio de los pimientos de "Fresno de la Vega" y "Los Valles-Benavente". Sin embargo, este mismo autor al realizar la determinación sobre el fruto entero (pericarpio y partes no comestibles)

Tabla 2  
Contenido en grasa (g/100 g de pimiento fresco) de los pimientos de "Arnoia", "Fresno de la Vega" y "Los Valles-Benavente" en diferentes grados de maduración comercial

|             | Arnoia                                  | Fresno de la Vega                       | Los Valles-Benavente                    |
|-------------|---|---|---|
| Verde       | 0,233 ± 0,088 <sup>a</sup> <sub>1</sub> | 0,157 ± 0,026 <sup>a</sup> <sub>2</sub> | 0,143 ± 0,011 <sup>a</sup> <sub>2</sub> |
| Entreverado |   | 0,210 ± 0,017 <sup>b</sup> <sub>1</sub> | 0,153 ± 0,019 <sup>a</sup> <sub>2</sub> |
| Rojo        | 0,592 ± 0,043 <sup>b</sup> <sub>1</sub> | 0,225 ± 0,032 <sup>b</sup> <sub>2</sub> | 0,163 ± 0,017 <sup>a</sup> <sub>3</sub> |

<sup>a-b</sup> Valores con distinto superíndice en la misma columna resultaron significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

<sup>1-3</sup> Valores con distinto subíndice en la misma fila resultaron significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

obtuvo valores 1,7 veces superiores (0,29 g/100 g de producto fresco). Estas diferencias se deben, principalmente, al mayor contenido graso de las semillas del pimiento, que en alguna ocasión podrían justificar las variaciones observadas en diferentes estudios, ya que en muchos casos no se especifica si el análisis se realiza sobre el fruto entero o solamente sobre el pericarpio del pimiento.

La maduración fisiológica puede apreciarse externamente por el cambio de color del fruto. Paralelamente a este cambio de color tiene lugar en la planta una serie de modificaciones químicas y físicas que hacen que el fruto sea aceptado por el consumidor (Tucker, 1993). Con la maduración, los pimientos sufren cambios en su composición lipídica que condicionan su calidad final. Los pimientos de las tres variedades en estudio sufrieron un aumento del contenido graso de la porción comestible durante la maduración. Este aumento fue más marcado en los pimientos de "Arnoia" y "Fresno de la Vega". En el caso de los pimientos de "Arnoia" se multiplicó por un factor de 2,5 al pasar del estadio verde al rojo. El contenido graso de los pimientos de "Fresno de la Vega" entreverados y rojos fue significativamente más alto ( $p < 0,05$ ) que el de los pimientos de "Los Valles-Benavente" en el mismo estadio de maduración. Las diferentes condiciones de los tres cultivares en estudio podrían influir en parte en las variaciones observadas.

Los datos obtenidos en las determinaciones de los distintos ácidos grasos que presentan los pimientos de "Arnoia", "Fresno de la Vega" y "Los Valles-Benavente" se recogen en las Tablas 3-5. Los resultados se expresan en gramos por 100 gramos de grasa extraída de la fracción comestible.

Se observaron cambios significativos en el contenido de ácidos grasos totales tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, aunque el perfil de ácidos grasos fue similar en las tres variedades de pimientos en estudio y coincidió con el observado por otros autores en otras variedades (Castro-Ramos, 1981; Pérez-Gálvez *et al.*, 1999).

En los pimientos verdes, entreverados y rojos de las 3 variedades el ácido graso cuantitativamente más importante resultó ser el ácido linoleico, presentando valores medios en torno al 40% del total de los ácidos grasos, seguido por el ácido linoléico con valores que oscilaron entre los 17,1% en el pimiento rojo de "Arnoia" y los 31,7% en el pimiento entreverado de "Los Valles-Benavente". El ácido palmítico presentó valores de 12,4% en el pimiento entreverado de "Fresno de la Vega" y de 19,6% en el pimiento verde de "Arnoia". Estos ácidos grasos van seguidos en orden de importancia cuantitativa por el oleico y el esteárico. El alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados del pimiento, en particular de los ácidos grasos esenciales linoleico y linoléico, ha sido señalado previamente en otros estudios (Pérez-Gálvez *et al.*, 1999, 2000; Bekker *et al.*, 2002). Cook *et al.* (2000) detectaron en pimientos nigerianos concentraciones de ácido linoleico y linoléico superiores a las de otros vegetales.

Al comparar los diferentes grados de maduración entre las 3 variedades en estudio, se detecta-

ron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en un porcentaje bastante elevado de ácidos grasos.

Los pimientos de "Arnoia" (Tabla 3), en sus dos estadios de maduración comercial, presentaron porcentajes de ácidos grasos saturados e insaturados del 30% y el 70%, respectivamente. Dentro de los ácidos grasos mayoritarios, se observó que el ácido linoleico ( $C_{18:2}$ ), oleico ( $C_{18:1}$ ) y eláidico ( $C_{18:1}$ ) sufrieron incrementos significativos a lo largo de la maduración, mientras que el linoléico ( $C_{18:3}$ ) y el esteárico ( $C_{18}$ ) experimentaron un descenso. Cabe destacar también un aumento significativo del ácido cáprico ( $C_{10}$ ) y del mirístico ( $C_{14}$ ), cuyos valores se multiplican por 17,3 y 4 del estadio verde al rojo, respectivamente y el descenso de los ácidos láurico ( $C_{12}$ ), miristoleico ( $C_{14:1}$ ), margárico ( $C_{17}$ ) y araquídico ( $C_{20}$ ).

En los pimientos de "Fresno de la Vega" (Tabla 4) el porcentaje de ácidos grasos saturados fue menor que en el caso de los pimientos de "Arnoia" (21% del total de ácidos grasos). En este caso, se produce un aumento significativo durante la maduración del ácido cáprico ( $C_{10}$ ), mirístico ( $C_{14}$ ), palmítico ( $C_{16:1}$ ), oleico ( $C_{18:1}$ ), araquídico ( $C_{20}$ ) y eicosenoico ( $C_{20:1}$ ) y un descenso del láurico ( $C_{12}$ ) y miristoleico ( $C_{14:1}$ ).

Tabla 3  
Contenido en ácidos grasos totales (expresados como %) de los pimientos de "Arnoia" en diferentes estadios de maduración

|                    | Arnoia                     |                            |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|
|                    | Verde                      | Rojo                       |
| C10                | 0,07 ± 0,06 <sup>a</sup>   | 1,21 ± 0,02 <sup>b</sup>   |
| C12                | 1,42 ± 0,18 <sup>a</sup>   | 0,32 ± 0,01 <sup>b</sup>   |
| C14                | 1,14 ± 0,11 <sup>a</sup>   | 4,86 ± 0,06 <sup>b</sup>   |
| C14:1              | 0,12 ± 0,03 <sup>a</sup>   | 0,042 ± 0,04 <sup>b</sup>  |
| C15                | 0,10 ± 0,02 <sup>a</sup>   | 0,08 ± 0,01 <sup>a</sup>   |
| C16                | 19,56 ± 0,23 <sup>a</sup>  | 17,09 ± 0,14 <sup>a</sup>  |
| C16:1              | 1,25 ± 0,05 <sup>a</sup>   | 1,21 ± 0,01 <sup>a</sup>   |
| C17                | 0,41 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,18 ± 0,01 <sup>b</sup>   |
| C18                | 6,79 ± 0,08 <sup>a</sup>   | 4,87 ± 0,15 <sup>b</sup>   |
| C18:1 <sub>Z</sub> | 5,23 ± 0,59 <sup>a</sup>   | 8,84 ± 0,06 <sup>b</sup>   |
| C18:1 <sub>T</sub> | 1,23 ± 0,20 <sup>a</sup>   | 1,56 ± 0,02 <sup>b</sup>   |
| C18:2              | 39,79 ± 0,36 <sup>a</sup>  | 41,47 ± 0,09 <sup>b</sup>  |
| C18:3              | 21,69 ± 0,19 <sup>a</sup>  | 17,08 ± 0,03 <sup>b</sup>  |
| C20                | 0,81 ± 0,15 <sup>a</sup>   | 0,62 ± 0,01 <sup>b</sup>   |
| C20:1              | 0,15 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,14 ± 0,03 <sup>a</sup>   |
| C22                | 0,53 ± 0,05 <sup>a</sup>   | 0,37 ± 0,01 <sup>b</sup>   |
| C22:1              | 0,06 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,04 ± 0,01 <sup>a</sup>   |
| S                  | 30,83 ± 5,43 <sup>a</sup>  | 29,60 ± 5,35 <sup>a</sup>  |
| MI                 | 8,04 ± 1,90 <sup>a</sup>   | 11,83 ± 6,66 <sup>a</sup>  |
| PI                 | 61,48 ± 10,45 <sup>a</sup> | 58,55 ± 14,08 <sup>a</sup> |
| I                  | 69,52 ± 12,56 <sup>a</sup> | 70,38 ± 14,02 <sup>a</sup> |

S: sumatorio de ácidos grasos saturados; MI: sumatorio de ácidos grasos monoinsaturados; PI: sumatorio de ácidos grasos poliinsaturados; I: sumatorio de ácidos grasos insaturados

<sup>a,b</sup> Valores con distinto superíndice en la misma fila resultaron significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

La variedad "Los Valles-Benavente" (Tabla 5) sufrió cambios menos marcados a lo largo de su maduración, tanto en los ácidos grasos mayoritarios como en los minoritarios. Sólo se detectaron diferencias significativas para los ácidos cáprico, mirístico, oleico y araquídico que incrementaron al pasar del estado verde al rojo y para el láurico, miristoleico, pentadecanoico (C<sub>15</sub>) y linoleico que sufrieron el proceso inverso. En este caso, los ácidos grasos saturados presentaron porcentajes próximos al 24% mientras que los insaturados se situaron en torno al 76%.

Orhan *et al.* (2002) al realizar un estudio comparativo entre tres variedades de pimientos (*C. annuum* var. *groszum*, *C. annuum* var. *longum* y *C. annuum* var. *frutescens*) observaron también diferencias significativas tanto en el tipo de ácidos grasos presentes como en las proporciones detectadas. En este caso, el ácido palmítico fue mayoritario en el fruto.

Los ácidos grasos mayoritarios detectados por Castro Ramos (1981) en la porción comestible (pericarpio) fueron muy similares a los observados por

nosotros en las tres variedades en estudio. Pérez-Gálvez *et al.* (1999) para dos variedades españolas de pimientos ("Jaranda" y "Jariza") también encontraron valores próximos a los nuestros, pero en este caso el ácido linolénico resultó ser el mayoritario.

Se ha señalado que el origen geográfico, las condiciones edafoclimáticas o las prácticas de cultivo pueden modificar tanto el porcentaje lipídico del fruto como su metabolismo (Whitaker, 1991; Salas *et al.*, 2000). Se ha observado que las condiciones climáticas modifican el contenido en ácidos grasos de las membranas lipídicas. Los climas templados dan lugar a plantas con mayor contenido en ácidos grasos saturados (DeSilva, 1978), lo que podría explicar su mayor presencia en los pimientos de Arnoia (su cultivo precisa el clima templado de la ribera del río Arnoia). Por el contrario, los climas frío, más propios de León o Zamora, favorecen el aumento de los ácidos grasos insaturados que protegen la integridad física de las membranas.

Paralelamente, tanto los porcentajes como la composición de la fracción lipídica de los frutos su-

Tabla 4  
Contenido en ácidos grasos totales (expresados como %) de los pimientos de "Fresno de la Vega" en diferentes estadios de maduración

|                    | Fresno de la Vega          |                            |                            |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                    | Verde                      | Entreverado                | Rojo                       |
| C10                | 0,11 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,16 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 0,71 ± 0,01 <sup>c</sup>   |
| C12                | 0,86 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,42 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 0,36 ± 0,01 <sup>b</sup>   |
| C14                | 0,87 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 1,22 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 3,07 ± 0,01 <sup>c</sup>   |
| C14:1              | 0,62 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,40 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 0,16 ± 0,01 <sup>c</sup>   |
| C15                | 0,11 ± 0,02 <sup>a</sup>   | 0,08 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,11 ± 0,03 <sup>a</sup>   |
| C16                | 13,24 ± 0,02 <sup>a</sup>  | 12,70 ± 0,06 <sup>a</sup>  | 13,25 ± 0,02 <sup>a</sup>  |
| C16:1              | 0,50 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,52 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,82 ± 0,02 <sup>b</sup>   |
| C17                | 0,16 ± 0,12 <sup>a</sup>   | 0,18 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,19 ± 0,01 <sup>a</sup>   |
| C18                | 4,28 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 3,22 ± 0,25 <sup>a</sup>   | 3,99 ± 0,02 <sup>b</sup>   |
| C18:1 <sub>Z</sub> | 6,42 ± 0,04 <sup>a</sup>   | 4,09 ± 0,03 <sup>b</sup>   | 5,22 ± 0,18 <sup>c</sup>   |
| C18:1 <sub>T</sub> | 0,94 ± 0,02 <sup>a</sup>   | 1,00 ± 0,02 <sup>a</sup>   | 1,53 ± 0,06 <sup>b</sup>   |
| C18:2              | 43,32 ± 0,07 <sup>a</sup>  | 51,79 ± 0,18 <sup>b</sup>  | 41,67 ± 0,13 <sup>c</sup>  |
| C18:3              | 27,75 ± 0,02 <sup>a</sup>  | 24,11 ± 0,13 <sup>b</sup>  | 26,59 ± 0,01 <sup>c</sup>  |
| C20                | 0,55 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,54 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,72 ± 0,01 <sup>b</sup>   |
| C20:1              | 0,12 ± 0,03 <sup>a</sup>   | 0,09 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,18 ± 0,01 <sup>b</sup>   |
| C22                | 0,50 ± 0,02 <sup>a</sup>   | 0,37 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 0,47 ± 0,01 <sup>a</sup>   |
| C22:1              | 0,08 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,03 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 0,05 ± 0,02 <sup>b</sup>   |
| S                  | 20,68 ± 4,17 <sup>a</sup>  | 18,89 ± 3,89 <sup>a</sup>  | 22,16 ± 4,51 <sup>a</sup>  |
| MI                 | 8,68 ± 2,34 <sup>a</sup>   | 6,13 ± 1,47 <sup>a</sup>   | 7,96 ± 1,89 <sup>a</sup>   |
| PI                 | 71,07 ± 8,98 <sup>a</sup>  | 75,90 ± 15,98 <sup>a</sup> | 68,26 ± 8,70 <sup>a</sup>  |
| I                  | 79,75 ± 15,89 <sup>a</sup> | 82,03 ± 18,04 <sup>a</sup> | 76,22 ± 15,28 <sup>a</sup> |

S: sumatorio de ácidos grasos saturados; MI: sumatorio de ácidos grasos monoinsaturados; PI: sumatorio de ácidos grasos poliinsaturados; I: sumatorio de ácidos grasos insaturados

<sup>a-c</sup> Valores con distinto superíndice en la misma fila resultaron significativamente diferentes (p<0,05)

Tabla 5  
Contenido en ácidos grasos totales (expresados como %) de los pimientos de "Los Valles-Benavente" en diferentes estadios de maduración

|                    | Los Valles-Benavente       |                            |                            |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                    | Verde                      | Entreverado                | Rojo                       |
| C10                | 0,24 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,21 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,56 ± 0,01 <sup>b</sup>   |
| C12                | 1,03 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,58 ± 0,02                | 0,61 ± 0,01 <sup>b</sup>   |
| C14                | 0,46 ± 0,11 <sup>a</sup>   | 1,39 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 2,88 ± 0,02 <sup>c</sup>   |
| C14:1              | 0,37 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,31 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 0,14 ± 0,08 <sup>c</sup>   |
| C15                | 0,18 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,07 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 0,07 ± 0,01 <sup>b</sup>   |
| C16                | 16,67 ± 0,02 <sup>a</sup>  | 15,04 ± 0,03 <sup>a</sup>  | 15,79 ± 0,13 <sup>a</sup>  |
| C16:1              | 0,63 ± 0,06 <sup>a</sup>   | 0,69 ± 0,03 <sup>a</sup>   | 0,66 ± 0,02 <sup>a</sup>   |
| C17                | 0,38 ± 0,02 <sup>a</sup>   | 0,27 ± 0,03 <sup>a</sup>   | 0,26 ± 0,04 <sup>a</sup>   |
| C18                | 4,35 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 4,39 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 4,08 ± 0,02 <sup>a</sup>   |
| C18:1 <sub>Z</sub> | 1,84 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 3,49 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 2,61 ± 0,03 <sup>c</sup>   |
| C18:1 <sub>T</sub> | 0,54 ± 0,02 <sup>a</sup>   | 1,33 ± 0,01 <sup>b</sup>   | 1,51 ± 0,03 <sup>c</sup>   |
| C18:2              | 40,99 ± 0,12 <sup>a</sup>  | 40,92 ± 0,02 <sup>a</sup>  | 40,85 ± 0,05 <sup>a</sup>  |
| C18:3              | 31,59 ± 0,06 <sup>a</sup>  | 31,77 ± 0,01 <sup>a</sup>  | 29,10 ± 0,09 <sup>b</sup>  |
| C20                | 0,58 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,54 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,71 ± 0,01 <sup>b</sup>   |
| C20:1              | 0,08 ± 0,02 <sup>a</sup>   | 0,08 ± 0,01 <sup>a</sup>   | 0,075 ± 0,02 <sup>a</sup>  |
| C22                | 0,46 ± 0,02 <sup>a</sup>   | 0,43 ± 0,04 <sup>a</sup>   | 0,48 ± 0,01 <sup>a</sup>   |
| C22:1              | 0,10 ± 0,02 <sup>a</sup>   | 0,065 ± 0,01 <sup>b</sup>  | N.D.                       |
| S                  | 24,35 ± 5,23 <sup>a</sup>  | 22,92 ± 4,74 <sup>a</sup>  | 25,44 ± 4,96 <sup>a</sup>  |
| MI                 | 3,56 ± 0,62 <sup>a</sup>   | 5,96 ± 1,25 <sup>a</sup>   | 4,99 ± 1,00 <sup>a</sup>   |
| PI                 | 72,58 ± 5,42 <sup>a</sup>  | 72,69 ± 5,28 <sup>a</sup>  | 69,95 ± 6,77 <sup>a</sup>  |
| I                  | 76,14 ± 16,16 <sup>a</sup> | 78,65 ± 16,01 <sup>a</sup> | 74,94 ± 16,28 <sup>a</sup> |

S: sumatorio de ácidos grasos saturados; MI: sumatorio de ácidos grasos monoinsaturados; PI: sumatorio de ácidos grasos poliinsaturados; I: sumatorio de ácidos grasos insaturados

<sup>a-c</sup> Valores con distinto superíndice en la misma fila resultaron significativamente diferentes (p<0,05)  
N.D.- No detectado.

fren cambios durante la maduración. Estos cambios juegan un importante papel debido a que condicionan las propiedades físicas de la matriz lipídica y consecuentemente las características y actividad de la membrana de la pared celular (Paliyath *et al.*, 1984). Un descenso de la fluidez de la membrana durante la maduración como consecuencia de estas modificaciones se ha señalado en otras variedades de pimientos (Lurie y Ben-Yehoshua, 1986, Whitaker, 1991) y en otros vegetales de consumo (Lurie y Ben-Arie, 1983; Whitaker, 1988; Legge *et al.*, 1986). Por otra parte, durante la maduración tiene lugar la síntesis de nuevos ácidos grasos y diversos procesos de esterificación y oxidación (Cámara y Moneger, 1978; Mínguez-Mosquera y Hornero-Méndez, 1994a, b). Los ácidos grasos linoleico y linolénico constituyen la fracción lipídica mayoritaria en la fruta madura, debido a la síntesis de capsanteno y capsorrubeno. Sin embargo, no está claro que participen en los procesos de esterificación (Daood y Biacs, 1986). Drawert (1975) señaló un aumento del metabolismo de los lípidos durante la maduración y la participación de los ácidos grasos en la biosíntesis de compuestos aromáticos. El momento de la recolección es crítico en la formación del aroma. Cuando la recolección se realiza en un estadio temprano de maduración se facilita el transporte y aumenta la vida útil del fruto, pero tiene un efecto negativo en la producción de compuestos volátiles (Dirinck *et al.*, 1989).

Cabe señalar también las variaciones entre las distintas partes del fruto. Castro Ramos (1981) y Orhan *et al.* (2002) al comparar los ácidos grasos del pericarpio, las semillas y la placenta detectaron diferencias tanto cuantitativas como cualitativas entre las diferentes partes. Pérez-Gálvez *et al.* (1999) y Asilbekova (2003) observaron también grandes diferencias entre partes del fruto.

Mediante un análisis discriminante canónico se han podido clasificar (Figura 1) correctamente el 100% de los pimientos verdes, entreverados y rojos pertenecientes a las tres variedades de pimientos

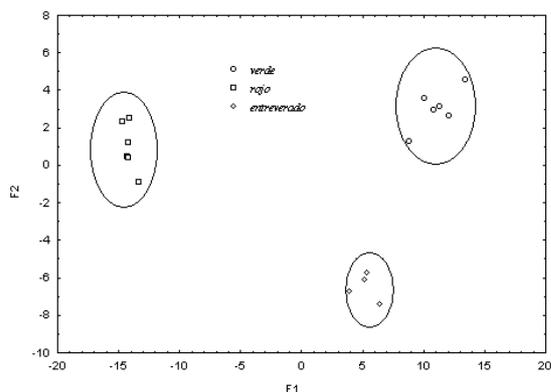


Figura 1

Representación gráfica de los valores de las funciones discriminantes canónicas para las muestras de pimientos verdes, entreverados y rojos de las variedades "Arnoia", "Fresno de la Vega" y "Los Valles-Benavente"

en estudio. Se obtuvieron dos funciones discriminantes canónicas  $F_1$  y  $F_2$  que son combinaciones lineales de los contenidos (%) de determinados ácidos grasos, de la siguiente forma:

$$F_1 = 11,5349 \cdot C_{16} - 1,3589 \cdot C_{16:1} - 0,3725 \cdot C_{17} + 7,2639 \cdot C_{18} + 14,2694 \cdot C_{18:1Z} - 1,9328 \cdot C_{18:1T} + 14,5468 \cdot C_{18:2} + 20,7101 \cdot C_{18:3}$$

$$F_2 = -13,0441 \cdot C_{16} - 1,6878 \cdot C_{16:1} + 0,8828 \cdot C_{17} + 2,1385 \cdot C_{18} - 9,9736 \cdot C_{18:1Z} - 2,7046 \cdot C_{18:1T} - 12,3485 \cdot C_{18:2} - 16,2755 \cdot C_{18:3}$$

Independientemente de la variedad, hemos podido definir correctamente el estadio de maduración en función del contenido en algunos ácidos grasos. El conocimiento de estas funciones ayudaría a decidir el momento de la recolección en cada estadio.

Estos resultados permiten concluir que:

El contenido en grasa sufre modificaciones a lo largo de la maduración, resultando inferior en los frutos verdes que en los entreverados y rojos en las 3 variedades, siendo estas diferencias más marcadas en los pimientos de Arnoia y Fresno de la Vega. Cabe destacar que existen también diferencias significativas entre el contenido en grasa de los pimientos rojos de las tres variedades en estudio.

Aunque el perfil de ácidos grasos es similar en las tres variedades de pimientos es posible diferenciar en base a los contenidos en palmítico, palmitoleico, margárico, esteárico, oleico, eláidico, linoleico y linolénico los pimientos rojos, verdes y entreverados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Asilbekova DT. 2003. Lipids of *Capsicum annuum* Fruit Pulp. *Chem. Nat. Comp.* **39**, 442-445.
- Bartley IM. 1985. Lipid metabolism of ripening apples. *Phytochem.* **12**, 2857-2859.
- Bekker NP, Ulchenko NT y Glushenkova AI. 2002. Lipids of *Capsicum annuum* fruit pulp. *Chem. Nat. Comp.* **38**, 466-466.
- Camara B y Moneger R. 1978. Free and esterified carotenoids in green and red fruits of *Capsicum annuum*. *Phytochem.* **17**, 91-93.
- Camara B y Brangeon J. 1981. Carotenoid metabolism during chloroplast to chromoplast transformation in *Capsicum annuum* fruit. *Planta* **151**, 359-364.
- Castro-Ramos R. 1981. La composición del pimiento (*Capsicum annuum* L.) y el aprovechamiento de sus residuos. *Grasas Aceites* **32**, 391-394.
- Cook JA, Vanderjagt DJ, Pastuszyn A, Mounkaila G, Glew RS, Millson M y Glew H. 2000. Nutrient and chemical composition of 13 wild plant foods of Niger. *J. Food Comp. Anal.* **13**, 83-92.
- Daood H y Biacs P. 1986. Evidence for the presence of lipoxygenase and hydroperoxide-decomposing enzyme in red pepper seeds. *Acta Aliment.* **15**, 319-328.
- Dirinck P, De Pooter H y Schamp N 1989. Aroma development in ripening fruits en Teranishi R, Buttery RG and Shahidi F (Eds). *Flavor chemistry: trends and developments*. 388, 23-34. ACS Symposium Series, Washington DC.

- Drawert F. 1975. Formation des arômes a différents stades de l'évolution du fruit. Enzymes intervenant dans cette formation. Coll. Intern. C.N.R.S. Facteurs et regulation de la maturation des fruits. 309-318.
- DeSilva NS. 1978. Phospholipid and fatty acid metabolism in relation to hardiness and vernalization in wheat during low temperature adaptation to growth. *Z. Pflanzenphysiol. Bd.* **86**, 313-322.
- Estrada B, Bernal MA y Merino F. 2000. Maduración del Pimiento de Padrón. Transformaciones Bioquímicas, Edición Universidad de A Coruña, A Coruña.
- Govindarajan VS. 1986. Capsicum production, technology, chemistry, and quality. Part II. Processed products, standards, world production and trade. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **24**, 207-288.
- Holland B, Welch AA, Unwin ID, Buss DH, Paul AA y Southgate DA. 1993. McCance and Widdowson's. The Composition of Food. The Royal Society of Chemistry Cambridge. Ministry of Agriculture. Fisheries and Food. 260-263. Cambridge.
- Howard LR, Smith RT, Wagner AB, Villalon B y Burns EE. 1994. Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum*) and processed jalapeños. *J. Food Sci.* **59**, 362-365.
- Lee Y, Howard LR y Villalon B. 1995. Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annuum*) cultivars. *J. Food Sci.* **60**, 473-476.
- Legge RL, Cheng KH, Lepock JR y Thompson JE. 1986. Differential effects of senescence on the molecular organization of membranes in ripening tomato fruit. *Plant Physiol.* **81**, 954-959.
- Lindsay RC. 1996. Flavors en Fennema OR (Ed.) *Food Chemistry* (3 nd. Ed.). 723-765. Marcel Dekker, Nueva York.
- Lurie S y Ben-Arie R. 1983. Microsomal membrane changes during the ripening of apple fruit. *Plant Physiol.* **73**, 636-638.
- Lurie S y Ben-Yehoshua S. 1986. Changes in membrane properties and abscisic acid during senescence of harvested bell pepper fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **111**, 886-889.
- MERCASA. (2004). Alimentación en España. Producción, industria, distribución y consumo. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Mínguez-Mosquera MI y Hornero-Méndez D. 1994a. Formation and transformation of pigments during the fruit ripening of *Capsicum annuum* cv. Bola and Agridulce. *J. Agric. Food Chem.* **42**, 38-44.
- Mínguez-Mosquera MI y Hornero-Méndez D. 1994b. Changes in carotenoid esterification during the fruit ripening of *Capsicum annuum* cv. Bola. *J. Agric. Food Chem.* **42**, 640-644.
- Moreiras O, Carvajal A y Cabrera L. 1994. La Composición de los Alimentos. Ediciones Pirámide, Madrid.
- Nuez VF, Gil OR y Costa GJ. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Grupo Mundi-Prensa, Madrid.
- Orhan I, Eryilmaz B y Bingöl F. 2002. A comparative study on the fatty acid contents of *Capsicum annuum* varieties. *Biochem. Syst. Ecol.* **30**, 901-904.
- Osuna-García JA, Wall MM y Waddell, CA. 1998. Endogenous levels of tocopherols and ascorbic acid during fruit ripening of New Mexican-type chile (*Capsicum annuum* L.). *J. Agric. Food Chem.* **46**, 5093-5096.
- Paliyath G, Poovaiah BW, Munske GR y Magnuson JA. 1984. Membrane fluidity in senescing apples: Effects of temperature and calcium. *Plant Cell Physiol.* **25**, 1083-1087.
- Pérez-Gálvez A, Garrido J, Mínguez-Mosquera MI, Lozano M y Montero V. 1999. Fatty acid composition of two pepper varieties (*Capsicum annuum* L. cv. Jaranda y Jariza). Effect of drying process and nutritional aspects. *J.A.O.C.S.* **2**, 205-208.
- Pérez-Gálvez A, Garrido-Fernández J y Mínguez-Mosquera MI. 2000. Effect of high-oleic sunflower seed on the carotenoid stability of ground pepper. *J.A.O.C.S.* **77**, 79-83.
- Rajput JC y Parulekar YR. 2004. El pimiento en Salunkhe DK (Ed.) *Tratado de Ciencia y Tecnología de las Hortalizas*. 203-225. Acribia, Zaragoza.
- Salas JJ, Sanchez J, Ramli US, Manaf AM, Williams M y Harwood JL. 2000. Biochemistry of lipid metabolism in olive and other oil fruits. *Progress in Lipid Research.* **39**, 151-180.
- Shehata AJ, De Man JM y Alexander JC. 1970. A simple and rapid method for the preparation of methyl esters of fats milligram amounts for gas chromatography. *Can. J. Food Sci. Technol. J.* **3**, 85-89.
- Shukla JC y Naik LB. 1993. Chili en Chadha KL and Gupta R (Eds.) *Advances in Horticulture*. 380-384. Maholtra Pub. House, Nueva Delhi.
- Simonne EH, Simonne AH, Eitenmiller RR, Mills HA y Green NR. 1997. Ascorbic acid and provitamin A content in unusually colored bell peppers (*Capsicum annuum*). *J. Food Comp. Anal.* **10**, 299-311.
- Tucker GA. 1993. Introduction en Seymour GB, Taylor JE and Tucker GA (Eds.) *Biochemistry of Fruit Ripening*. 1-52. Chapman & Hall, Londres.
- Whitaker BD. 1988. Changes in the steryl lipid content and composition of tomato fruit during ripening. *Phytochem.* **27**, 3411-3416.
- Whitaker BD. 1991. Growth conditions and ripening influence plastid and microsomal membrane lipid composition in bell pepper fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **116**, 528-533.

Recibido: Marzo 2006  
Aceptado: Agosto 2006