

El proceso tradicional de elaboración del pimentón de Murcia y sus posibles innovaciones

Por J. Pablo Fernández-Trujillo* y David Escarabajal

Universidad Politécnica de Cartagena
Departamento de Ingeniería de Alimentos y Equipamiento Agrícola.
Paseo Alfonso XIII 48, ETSIA & Inst. Biotecnología Vegetal. 30203 Cartagena, Murcia, España.
E-mail: juanp.fdez@upct.es

RESUMEN

El proceso tradicional de elaboración del pimentón de Murcia y sus posibles innovaciones

El proceso de elaboración tradicional del pimiento en la Región de Murcia está regulado oficialmente por la Denominación de Origen "Pimentón de Murcia". Consta de operaciones unitarias de recolección, secado de la cáscara al Sol o con aire caliente, desrabado y desbinzado, trituración gruesa, molturación, transmisión, granulado y mezclado, esterilizado, envasado y conservación refrigerada. Se describen detalles de los requerimientos técnicos de las operaciones. Posteriormente se revisan los atributos de calidad y riesgos del producto y del proceso, y mejoras tecnológicas recientemente propuestas para el proceso. Las innovaciones posibles incluyen diseño higiénico de proceso y producto, el uso de flujo de nitrógeno en el transporte y almacenamiento de la cáscara pretriturada, pretratamientos térmicos previos a la molienda, aplicación de altas presiones hidrostáticas o pulsos eléctricos de alta intensidad, irradiación, secado (deshidratación osmótica, liofilización), mezclado y aplicación de recubrimientos, o envasado en atmósfera modificada.

PALABRAS-CLAVE: Envasado - Esterilización - Molturación - Pimentón - Procesado industrial - Secado

SUMMARY

The traditional Spanish paprika processing in the Murcia Region and possible innovations

The traditional method of Spanish paprika processing in the Murcia Region is under the official category Denomination of Origin "Paprika of Murcia". The process consists basically in manual harvesting the fruit in full ripe stage, drying, removing the peduncle and seeds, hammer and stone milling for crushing and grinding, transmission, mixing and granulating, sterilization, packaging and refrigerated storage. The details about the paprika processing operations are reported. In a second part the main control points of paprika processing, paprika quality traits and risks are also mentioned. The innovations proposed for paprika processing and unit operations in the literature include application of hygienic food processing design, paprika processing in a nitrogen flow, heat pre-treatments before grinding or applied to shredded pepper, high hydrostatic pressure or high intensity electrical field pulse, irradiation, osmotic dehydration, lyophilization, mixing and coating, and modified atmosphere packaging.

KEY-WORDS: Drying - Industrial processing - Milling - Packaging - Paprika - Sterilization.

1. EL PIMENTÓN DE LA REGIÓN DE MURCIA

El pimentón o en inglés *paprika* es el producto de la molienda de los frutos seleccionados y desecados de diversas variedades rojas (y en este caso dulces) del género *Capsicum*. El 17 de diciembre de 2001 se creó el Consejo Regulador de la Denominación de Origen Pimentón de Murcia (DOPM) que venía a recoger las aspiraciones del sector, y que cubre específicamente al producido a partir de la variedad Bola. En Europa existen otras DOP como La Vera y Espelette (ésta desde 2001) aunque con variedades diferentes a la de Bola. Los datos del MAPA muestran un ligero repunte de la producción de pimiento para pimentón en los últimos años (Costa, 2002). En Murcia, la producción centrada en el Valle del Guadalentín y el Campo de Cartagena ha ido disminuyendo, con un ligero repunte desde 1997, hasta menos de 1000 Ha cultivadas en el año 2000 (Costa, 2002). En 2000 sólo el 10% de la producción de pimentón de la Región de Murcia (CARM) era local, de variedades redondas rojas, del tipo Bola o ñora, que son las que están contempladas dentro de la DOPM (Costa, 2002).

Existe bibliografía sobre aspectos genéricos del proceso de elaboración o la calidad del pimentón en Murcia (Gómez-Espín y Gil-Meseguer, 1990; Salmerón, 1973; Pérez et al., 2002; Zapata et al., 1992). La creación de la DOPM y las nuevas exigencias de calidad y seguridad alimentaria obligan a revisar recientes innovaciones para su posible incorporación.

2. PROCESO DE ELABORACIÓN

El rendimiento medio del proceso respecto al producto fresco es inferior al 20% (en torno al 5-6 kg de pimiento fresco de Bola para obtener 1 kg de cáscara). En el global del proceso de elaboración se pierde un 5-6% de producto en polvo. La elaboración y servicio de producto es bajo pedido, y cada empresa actúa con marcas diferentes. El proceso de elaboración tradicional en Murcia se describe en la Figura 1 (Escarabajal, 2002) y en imágenes en COATO (2005).

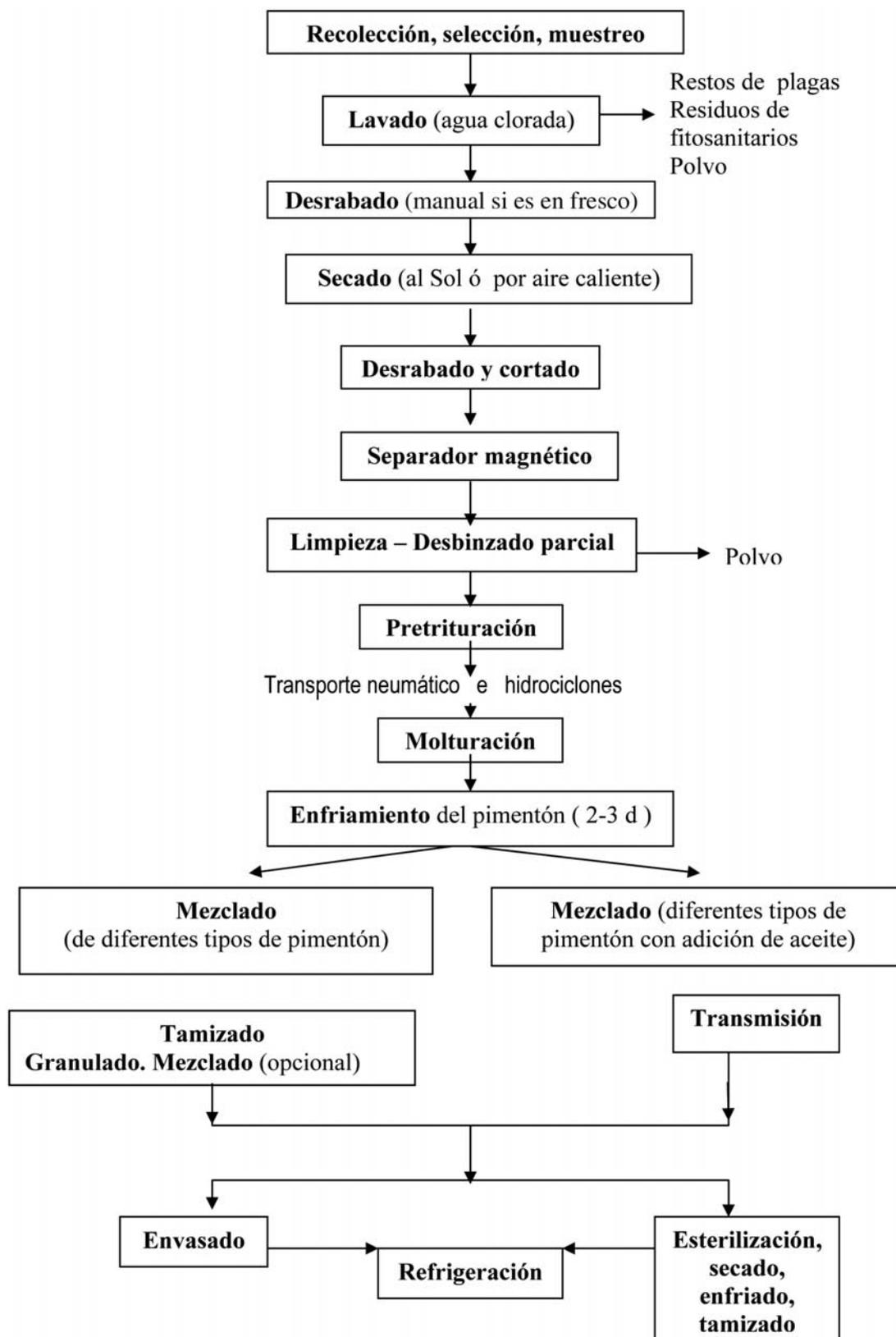


Figura 1
Diagrama de flujo del proceso tradicional de elaboración del pimentón dulce en Murcia.

2.1. Recolección, limpieza y secado

La recolección es manual y escalonada, aunque se ha ensayado la recolección mecánica (Palau y Torregrosa, 1997). Los pimientos de Bola o ñoras recolectados en el punto de óptima maduración presentan su máxima intensidad de color, lo que indica mayor contenido de pigmentos naturales y el menor contenido en agua.

Tras la recolección los pimientos se tratan en tambores rotatorios dotados de duchas de agua clorada (100-150 ppm). Posteriormente los frutos han de secar al Sol (3 ó 4 días en épocas de altas temperaturas y 7 u 8 en épocas más frías) o con secaderos de aire caliente con aire de baja humedad relativa (HR), y temperatura de 45-65 °C (de 10 a 12 horas). La cáscara obtenida por secado al Sol presenta una humedad total media final de 18%, de aquí que al tacto sea blanda y ligeramente elástica (ANON, 2000). El proceso de secado produce un producto deshidratado cuya composición en base seca es aproximadamente un 33% de semilla, un 8% de rabos y 58.5% de cáscara (Salmerón & Romjaro, 1975). El pimentón a partir de pimiento secado al Sol tiene un color rojo brillante característico frente a otros obtenidos en secaderos de aire caliente (Lomas et al., 1995; Mínguez-Mosquera et al., 1996; Zapata et al., 1992). La normativa impide superar la temperatura crítica de 65-75 °C en esta operación, lo que supone tiempos de 8-10 h de secado. A la salida del producto del secado la temperatura del aire debería estar alrededor de 40 °C. En Australia, Klieber (2000) recomienda para obtener una calidad óptima y evitar el riesgo de desarrollo fúngico y la producción de aflatoxinas el corte del pimiento en segmentos, y el secado a 45-50 °C y 20% HR, o menos, sin superar la capacidad del equipo.

2.2. Desrabado y cortado o troceado

Previamente al desrabado se eliminan partículas metálicas mediante un separador magnético. Tanto el desrabado del pimiento entero, para eliminar el pedúnculo, como la presentación parcialmente troceado, pero con semilla y seco, son opcionales. El desrabado con despezonadora o desrabadora puede ser manual (en fresco) o mecanizado (tras el secado, en seco). Tras ello el pimiento es cortado en tiras de 1 cm de espesor aproximadamente, mediante sierras circulares de acero inoxidable y diente fino.

2.3. Procesado del pimiento cáscara seco

2.3.1. Limpiado y desbinzado

La cáscara seca descargada en una tolva es llevada mediante un tornillo sin fin a un detector de metales. Un separador (limpiadora desbinzadora rotativa) separa las cáscaras del resto (semillas o

binzas y demás restos de hojas y pedúnculos o pezón), eliminándose sólo el 10-30% de la binza. Al mismo tiempo, un ventilador extrae el polvo existente en la mezcla y un ciclón lo separa de la misma. Este polvo es un residuo utilizado para compostaje o abonado.

La eliminación total de las semillas disminuiría la capacidad antioxidante del pimentón al eliminar el g- γ -tocoferol de las semillas y dejar sólo α -tocoferol –vitamina E– de la cáscara (Biacs et al., 1992; Daood et al., 1996) y ácido ascórbico, además de ácido cítrico, cefalina y lecitina. Estos últimos compuestos tienen efectos sinérgicos por su poder secuestrante de metales con otros antioxidantes (Szanto-Nemeth, 1980) y mantienen la estabilidad del color (Klieber & Bagnato, 1999; Pérez-Gálvez et al., 1999).

La separación de la binza o/y el pedúnculo mejora en parte la calidad (color y aroma) del pimentón, eliminando el aspecto aserrinado y amarillento del mismo. La harina de las semillas aporta P, K, Mg, Mn, y Ca, lisina y otros aminoácidos esenciales (la leucina como primer aminoácido limitante), triglicéridos de ácido linoleico y oleico, ácido palmítico, esteárico, y principios antinutricionales como estaquiosa, rafinosa, verbascosa, ácido fítico, taninos e inhibidores de la tripsina (El-Adawy & Taha, 2001).

2.3.2. Trituración, molturación y enfriamiento

Bajo la desbinzadora se sitúa un triturador de martillos de cáscaras o/y semillas que finaliza el producto en dos o tres etapas, o a diferentes velocidades en una sola. El pimiento triturado pasa mediante transporte neumático a unas tolvas de doble compartimento (carga y descarga) que alimentan los molinos de molturación en serie (unos 6 por serie). La temperatura de 45 °C es la máxima permitida en esta operación (CARM, 1999) para lo que la separación entre piedras de los molinos es de unas 40 μ m (Salmerón, 1973). Tras diferentes pasadas de molino (4 a 6) se garbilla el pimentón por un tamiz de 16 alambres por 27.7 mm o pulgada francesa, y el producto se enfría en ciclones (20-35 °C), y luego en sacos de rafia abiertos a temperatura ambiente (2-3 días). Al pimiento seco se le hacen controles de calidad, sobre todo el color según la American Spice Trade Association –ASTA– (Nieto-Sandoval et al., 1999; Pérez-Gálvez et al., 2004), dando lugar a partidas con diferentes coloraciones clasificadas. Las categorías extra y la primera de pimentón requieren 120 ó 90 unidades ASTA, respectivamente (CARM, 1999).

2.3.3. Mezclado y tamizado (cribado, garbillado). Transmisión. Esterilización. Conservación y envasado

Según clientes pasaremos pimentón con diferentes colores por mezcladoras, a las que pueden adicionarse antioxidantes (ácido ascórbico, vitamina E) u oleorresina o extracto de la semilla (Biacs et al., 1992). La mezcla se tamiza (Salmerón, 1973) y luego se almacena en recipientes herméticos a

2-5 °C y una 50-70% HR máximo (óptimo 50% HR para evitar el apelmazamiento del producto). La refrigeración reduce a 1/2 o 1/3 la degradación del color tras 5 meses según se adicione o no antioxidantes o semillas (Biacs et al., 1992).

En algunos casos el pimentón puede transmitirse, en un molino similar al anterior, y luego se garbilla (Salmerón, 1973). Se adiciona aceite de girasol para abrillantar el pimentón y homogeneizar el producto, reducir la oxidación del mismo al disminuir la superficie expuesta al aire, y en su caso permitir la adición de aditivos. Entre ellos oleorresinas u otros compuestos antioxidantes o incluso semillas (Pérez et al., 2002). En el pimentón al agua puede adicionarse 1‰ ácido ascórbico más 0.5 ‰ ácido cítrico con acción sinergizante por secuestrar metales pesados) (Salmerón, 1973). La transmisión suele hacerse para hojillas (cáscara triturada), que se utilizan para el adobado de la carne.

Ciertos clientes demandan la esterilización del pimentón por vapor saturado a 7 bar y unos 160 °C durante unos 20-30 minutos, lo que supone pérdida de color y aromas. Gómez et al. (2003a) recomiendan como tratamiento 150 °C durante 6-8 s, ya que a temperatura inferior (120 °C) el mismo dura 4-8 minutos y los carotenoides sufren termogradación (Pérez-Gálvez & Garrido-Fernández, 1997). La adición de antioxidantes antes de la esterilización aumentan la estabilidad del color durante la conservación del pimentón (Gómez et al., 2003a).

Tras la esterilización el pimentón se seca a 70 °C hasta un contenido en humedad inferior al 14%, y luego se enfría, se tamiza y se envasa en sacos. La expedición del producto a granel se hace paletizado en sacos o bidones aislados de la humedad ambiental. También se envasa en latas o en polímeros plásticos como aluminio/polietileno laminado de 60-90 µm ó polietileno de 80-150 µm. Los envases del pimentón deben evitar el paso de la luz, ya que promueve la degradación de los carotenoides (Morais et al., 2002). Para evitar la pérdida de color por radiación UV, las mezclas de α -tocoferol con extracto de romero (que contiene ácido rosmarínico) se han probado efectivas en oleorresina, así como extracto de té u otros flavonoides antioxidantes como la quercetina o la epigallocatequina galato (Cuvelier & Berset, 2005). La humedad ambiental parece reducir la pérdida de color del pimentón frente a un ambiente seco (Gómez-Ladrón de Guevara et al., 2002).

3. SEGURIDAD Y CALIDAD. PELIGROS Y PUNTOS CRÍTICOS DEL PROCESO. POSIBLES INNOVACIONES TECNOLÓGICAS

Los principales rasgos de calidad del pimentón dulce son su color, sabor (dulzor y ausencia de capsaicinoides responsables de pungencia, rancidez y sabor mustio principalmente), aroma, contenido nutricional (fundamentalmente carotenoides rojo-anaranjados con actividad provitamina A β -caroteno y β -criptoxanteno-, vitaminas -C, E, B6-, y ácidos

grasos insaturados como el linoleico y el oleico esterificados que son origen de aromas como el hexanal por acción de enzimas como la lipoxigenasa (Klieber, 2000; Mínguez-Mosquera et al., 1996; Vidal-Aragón et al., 1998). También son rasgos de calidad su humedad y la finura de su molienda, la ausencia de impurezas y residuos (pesticidas, metales pesados, nitratos y nitritos, de tratamientos de irradiación), micotoxinas y aflatoxinas. El contenido de flavonoides y derivados ácidos fenólicos como el hidroxicinámico con actividad antioxidante o de interés para la salud en el pimiento fresco (Marín et al., 2004) debería también ser controlado, así como sus, al menos, cinco clases de glicolípidos (Yamauchi et al., 2001) y su valor de peróxido (Hornero-Méndez et al., 2001).

Para elaborar embutidos de producción integrada es importante un reducido contenido en nitritos (E-250) y nitratos (E-252) del pimentón, pues las dosis máximas residuales del embutido final son 50 y 250 ppm, respectivamente.

Los principales carotenoides del pimiento fresco son el capsanteno (60%), zeaxanteno (13%), β -caroteno y capsorrubeno (6% ambos), la mayoría esterificados con ácidos grasos (Mínguez-Mosquera et al., 1996). Un punto crítico del proceso es la reducción de la concentración en pimiento secado al Sol de los carotenoides rojos (incluyendo capsorrubeno) y amarillos (violaxantina, capsoluteína, zeaxantina, α -criptoxantina, y α -caroteno), (Topuz & Ozdemir, 2003). Mínguez-Mosquera et al. (1994a) han constatado la pérdida del 54% de carotenoides desde pimiento fresco al pimentón, siendo el 25% debidos al proceso de secado y 43-55% debido a la trituración y molturación. Esta pérdida se debe al efecto dilución por aporte de semillas y a la oxidación en el procesado (Biacs et al., 1992).

Los hongos micotoxigénicos más importantes, aislados de pimiento de La Vera (Martín et al., 2005), fueron *Penicillium expansum*, *P. citrinum* y *Penicillium raistricki*. Del pimentón se aíslan preferentemente hongos como *Aspergillus glaucus* y *A. restrictus*, pero también se encuentran con frecuencia *A. flavus*, *A. ochraceus*, *A. nomius* y *A. parasiticus*, algunas de cuyas cepas forman aflatoxina (Schweiggert et al., 2005a). Las aflatoxinas de pimentón son de tipo B₁, B₂, G₁, G₂- y los niveles totales normales están en torno a 1.7-7.1 ng:g⁻¹ determinadas según la norma europea prEN14132 o de la AOAC (Gilbert & Anklan, 2002), o la UNE EN 14123:2004. Ocasionalmente puede encontrarse ocratoxina A producida por *A. ochraceus* o *A. carbonarius* (Klieber, 2000). Se aconseja secado con baja HR y a 45-50 °C para evitar la proliferación de micotoxinas (Klieber, 2000). No se encuentran normalmente fumonisinas de *Fusarium* spp., y la toxicidad de las micotoxinas del hongo *Alternaria alternata* es baja.

Entre las contaminaciones microbiológicas la mayoría de origen natural no patógeno destacan enterobacterias gram+ de origen fecal, especialmente *Escherichia coli*. También son serios problemas *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* y es-

pecies de *Salmonella* y microorganismos sulfitorreductores esporulados anaerobios (*Clostridium perfringens* sobre todo), aunque prácticamente están ausentes al esterilizarse las muestras (Osa et al., 1987; Salmerón et al., 1990; Schweiggert et al., 2005a). Otras bacterias esporuladas anaerobias y levaduras también pueden encontrarse en el pimentón (Schweiggert et al., 2005a). Además de las esporas de los géneros *Bacillus* y *Clostridium*, las especias pueden contener bacterias no esporuladas de los géneros *Streptococcus*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Klebsiella*, *Serratia* y otros. Igualmente pueden contener otros géneros fúngicos como *Rhizopus* y *Cladosporium*. También es necesaria una desinfección periódica contra plagas.

En cuanto a elementos minerales, el cociente $K/(Na+Ca+Mg)$ permite identificar los tipos y calidades de pimentón. El potasio y calcio (no el sodio y el magnesio), son los cationes más diferenciadores de la tipología y la calidad del pimentón, que además permiten detectar adulteraciones o incorporaciones fraudulentas. Los elementos aniónicos nitrógeno y fósforo, en cambio, no son útiles para clasificación de calidades (Martínez-Sánchez et al., 1991).

El tratamiento térmico en pimentón persigue también inactivar actividades enzimáticas (peroxidasa, polifenoloxidasas y lipoxigenasa), que catalizan reacciones que deterioran el sabor, la pungencia, y la intensidad y la estabilidad del color (Schweiggert et al., 2005b).

Los compuestos carotenoides mayoritarios del pimentón (capsanteno, capsanteno 3-0-éster y capsanteno 3,3'-0-diéster), así como el diéster de capsanteno o capsorrubeno del pimiento fresco, muestran potente actividad contra tumores cancerígenos de piel en vivo en ratones (Maoka et al., 2002). Igualmente Antcheva et al. (1996) han descubierto inhibidores de serina proteasas de importancia contra ataques fúngicos, y Matsufuji et al. (1998) han demostrado su actividad antioxidante. De los once principales clases de volátiles aislados del pimentón, contribuyen principalmente a su aroma ésteres como el etil acetato, los aldehídos metilados ramificados (1,3- y 2,2-butanodiol, 2- y 3-metilbutanal, 2-metilpropanal), ácidos como el acético, fenoles (dimetoxifenol) y carbonilos. Otros como cetonas, aldehídos cíclicos y aromáticos, alcoholes, compuestos nitrogenados, hidrocarburos aromáticos, y alquenos y alcanos están también presentes. La 2-metoxi-3-isobutilpirazina, característica del pimiento fresco, no es detectable (Mateo et al., 1997; Vidal et al., 2001; Vidal-Aragón et al., 1998 & 2005). El estado de madurez y el tipo de procesado (por ejemplo el secado al humo de La Vera (Cáceres, España-), o procesos de oxidativos, originan fracciones aromáticas características (alrededor del 40% del potencial total), no presentes en el pimentón de Murcia (derivados del furano, el 1,2-dimetoxibenceno, cetonas cíclicas, e hidrocarburos de peso molecular superior al 1-H indeno) (Vidal et al., 2001; Vidal-Aragón et al., 1998 y 2005).

Las mejoras del proceso y el producto se han de basar en conservar estos parámetros de calidad

nutritiva y sensorial sin comprometer la salud, reduciendo en lo posible riesgos para el consumidor como la presencia de micotoxinas, o la anafilaxia por ingestión y rinoconjuntivitis. Estos problemas asociados al polvo son más frecuentes durante la fase de su producción, por lo que esta industria está dentro considerada una actividad sometida a calificación ambiental. Los riesgos para los trabajadores además del polvo son el manejo de las piedras de los molinos y en proteger debidamente los elementos móviles de granuladora o de la tamizadora. Debe existir una planificación de limpieza sistemática de molinos de molturación (cada 150 Tm), tamices, transportadores, el equipo de esterilización y los suelos de la instalación. También es importante para evitar contaminaciones cruzadas elegir convenientemente el emplazamiento de la instalación, evitar la presencia de tolvas a ras de suelo, así como diseñar un flujo de aire en régimen laminar en el interior de la misma. Igualmente ha de vigilarse el desgaste de la piedra de molinos y de los martillos del triturador, así como engrasar y revisar periódicamente los elementos móviles de la misma.

En cuanto a los puntos mínimos de control en el proceso en sí estaría el de materia prima a la entrada, calidad de agua potable, limpieza y controles microbiológicos (producto, manipuladores y superficies); instalación eléctrica de fuerza y de alumbrado, aire comprimido y gases, la temperatura del pimentón y la cáscara en trituración, molturación y transmisión; el consumo eléctrico de molinos, trituradores y esterilización; la temperatura y HR durante la conservación del pimentón. Es también preceptivo tener un control de trazabilidad y diferentes registros que garanticen la correcta aplicación del APPCC (Álvarez et al., 2003).

3.1. Mejora varietal y recolección mecanizada

La mejora varietal pasa por nuevas variedades de pimiento de Bola con resistencia a los ataques del virus del bronceado (TSWV), menores costes de recolección (i.e. agrupando la maduración), y mayor rendimiento y contenido en carotenoides –hasta unos 140 ASTA–.

Se han desarrollado prototipos de cosechadoras para recolección mecanizada del pimiento, que en condiciones favorables tuvieron unas pérdidas inferiores al 15% del total de producción (incluyendo destrío) en algunas variedades. Esta tecnología no se aplica comercialmente en Murcia para la variedad Bola (Palau & Torregrosa, 1997). La recolección mecanizada requiere utilizar variedades diseñadas para ello con manejo del cultivo específico, junto con mejoras en el diseño del equipo para limpieza del producto (Wall et al., 2003).

3.2. Innovaciones y mejoras del proceso

La mejora del color y de la calidad del producto puede también lograrse automatizando procesos para minimizar errores humanos, o mejorando el

proceso de secado actual y del flujo de producto en el interior de la fábrica para reducir las necesidades de esterilización.

De las pérdidas de color posibles, las de pigmentos amarillo anaranjados (β -caroteno) y ácido ascórbico son las más destacables frente a pigmentos rojos. En el balance global, la adición de semillas reduce la coloración frente a la degradación que promueve su separación (Biacs et al., 1992; Mínguez-Mosquera et al., 1994b). La estabilidad del color mejora en la molienda en conjunto del pericarpio y las semillas, debido a la alta temperatura de la molienda con salida de aceite de las mismas, que cubre las partículas coloreadas (Markus et al., 1999).

Una posibilidad de proceso alternativo al actual es almacenar la cáscara parcialmente deshidratada y con una trituración grosera y con sus semillas para mejorar la retención de los carotenoides y reducir el pardeamiento (actividad de agua inferior a 0,3 y en una atmósfera de nitrógeno) hasta su procesamiento, por lo que retendrá mejor los carotenoides (Lee et al., 1992).

Scheweiggert et al. (2005 a, b) han propuesto un par de alternativas para producir especias consistentes en: a) Molienda hasta una pasta \rightarrow Pasteurización y esterilización \rightarrow Liofilización \rightarrow Molienda fina. b) Cortado del pimiento y molienda hasta \varnothing 1 mm \rightarrow Blanqueado en agua caliente o vapor (80-100 °C durante 5-10 min) \rightarrow Molienda fina \rightarrow Liofilización. Los pretratamientos térmicos redujeron el deterioro microbiano o las actividades enzimáticas residuales, mejorando el color y previniendo degradación de pigmentos y pardeamiento respecto al procesamiento convencional.

Pérez-Gálvez et al. (2000) han obtenido mayor estabilidad de los carotenoides (y mayor vida comercial) del pimentón mediante molienda del pimiento seco con aceite de semilla de girasol altooleico, así como adición de propia semilla de pimiento (Pérez-Gálvez et al., 1999).

3.2.1. Innovaciones en el secado

Los frutos que sufren deshidratación previa muestran mejor color de pimentón en unidades ASTA (Krajayklang et al., 2000). La mejora del color de la variedad Bola durante su secado se debe a que durante el mismo, y a diferencias de otras variedades, se estimula la maduración del fruto con síntesis de nuevos carotenoides rojos a partir de otros carotenoides precursores más amarillos, lo que es un proceso característico de la maduración favorecido por la luz (Ibrahim et al., 1997; Mínguez-Mosquera & Hornero-Méndez, 1994; Mínguez-Mosquera et al., 1994a). En precosecha no siempre es posible utilizar con algunas variedades etefón para homogeneizar el estado de madurez pues, a pesar de resultados positivos en pimiento Bola y Negral (Zapata et al., 1992), se pueden producir daños en la piel y pérdidas de producción (Klieber, 2000; Wall et al., 2003). El secado al humo que refleja la luz parece acelerar la biosíntesis de carotenoides

(Mínguez-Mosquera et al., 1994c), pero no se han realizado estudios postcosecha de desverdización con etileno o etefón con diferentes tipos e intensidades de iluminación previamente a su procesamiento. Gómez et al. (2003b) han mostrado que es posible desverdizar pimiento aplicando 50 ppm de etileno durante 2 días a diferente temperatura (18 o 24 °C) según el grado inicial de viraje (85 ó 65%, respectivamente).

Se han propuesto pretratamientos que aumentan un 88% la permeabilidad de la célula para mejorar la velocidad de secado por lecho fluidificado (aire a 60 °C durante 6 h a 1 m·s⁻¹) debido a un aumento de los coeficientes de transferencia de calor y de materia (Ade-Omowaye et al., 2001). Entre ellos la aplicación de altas presiones hidrostáticas (400 MPa durante 10 min a 25 °C) o pulsos eléctricos de alta intensidad (2.4 kV·cm⁻¹, con duración de cada pulso de 300 s, 10 pulsos en total, frecuencia de pulso 1 Hz). Ambos son mejores que pretratamientos convencionales, que no se realizan en Murcia, como el blanqueado con agua caliente (100 °C durante 3 min). Los pretratamientos de la cáscara en medio ácido (5% HCl) o básico (5% NaOH) a temperatura de 25 ó 35 °C aumentan la velocidad de secado pero sólo afectan a la permeabilidad de la piel (Ade-Omowaye et al., 2001) y no se realizan en España.

Klieber (2000) propone el troceado del pimiento que reduce el tiempo de secado en 1/6. Un baño en 10% aceite de ésteres etílicos de ácidos grasos (C₁₄/C₁₆/C₁₈) y carbonato potásico para secado a 27 °C de los trozos también acelera este proceso. La liofilización como alternativa requirió un 50% de tiempo adicional de secado y rindió un color rojo claro.

La mejora de la competitividad del proceso de secado industrial podría conseguirse mediante aumento de su rendimiento y disminución de las emisiones de gases de combustión con quemadores vena de aire o de baja emisión (Pocurrul & Gracia, 1998). También se reduce el tiempo de secado con aire a 60 °C con baja humedad relativa (10±2%) y altas velocidades (1.25 m/s), con mejores ratios (velocidad de secado, coeficiente de difusión, coeficiente de transferencia de materia y convección) especialmente en el secado en atmósfera inerte (Ramesh et al., 2001). Estas variables se mantienen constantes pues no influyen en las condiciones de secado, ya que la resistencia interna al secado es mucho mayor que en la superficie de la cáscara. El secado a 40-50 °C reduce el desarrollo de pardeamiento y favorece los procesos de biosíntesis de carotenoides (Ibrahim et al., 1997; Pérez-Gálvez et al., 2001). Se estima por tanto que en el secado al humo tradicional del pimentón de la Vera (a 50 °C de temperatura) se produce la biosíntesis de carotenoides de algunas variedades. Ello ocurrirá siempre que la humedad de la cáscara sea superior al 83% (mejor igual o superior al 86%), ya que por debajo del 83% no hay biosíntesis de carotenoides.

Ade-Omowaye et al. (2002) han propuesto también el secado del pimiento mediante deshidratación osmótica (21.86 g de sacarosa y 2.02 g de

NaCl por 100 g pimiento), lo que reduciría su oxidación y calentamiento. La reducción de la difusión de solutos en el pimiento aplicando solutos combinados ayudará a mejorar su calidad sensorial.

Otro punto a actuar es minimizando la oxidación derivada del flujo de aire que mueve el pimentón en la instalación o durante su conservación. Se ha propuesto almacenar en atmósfera de nitrógeno en las etapas críticas del proceso previas al secado o durante el propio secado (Ramesh et al., 1999; 2001) pues su efecto en la calidad global es fundamentalmente la reducción de la pérdida de vitamina C (Ramesh et al., 2001).

3.2.2. *Innovaciones en el flujo en el interior de la fábrica*

Además de lo resaltado anteriormente, es necesario también minimizar el calentamiento resultado de la molturación de la cáscara, aunque la utilización de molinos para molturar pimiento previamente congelado con nitrógeno líquido para reducir su temperatura no desarrolla el mismo aroma que el pimiento tradicional de Murcia (García, com., personal). López (2003) ha propuesto utilizar flujos del producto en atmósfera inerte, minimizando tanto oxidaciones como contaminaciones, lo que puede también lograrse con diseño higiénico de nuevos equipos y procesos (EHDEG, 2003).

3.2.3. *Innovaciones en la esterilización*

La contaminación microbiológica del pimentón y de las especias en general oscila entre 10^4 y 10^7 ufc·g⁻¹ (van Calenberg et al., 1998; Schweiggert et al., 2005a). Para la prevención de la contaminación se pueden utilizar técnicas de diseño higiénico de la fábrica (EHEDG 2003 & 2005; Holah, 2000). Tras el procesado se ha propuesto el uso de esterilización por vapor e irradiación para la reducción de esta carga.

El proceso de esterilización más interesante es el de temperatura alta y tiempos cortos (HTST), de eficacia contrastada (Almela et al., 2002), que también podría optimizarse gracias a recientes desarrollos basados en la utilización de microorganismos indicadores encapsulados en una matriz (Ocio et al., 1997 a, b). Almela et al. (2002) han propuesto como óptimo de tratamiento a 145 °C durante 6 s con vapor sobrecalentado a 147.1 kPa (1.5 kg·cm⁻² de presión adicional a la atmosférica). Esto supone unos 34 °C de sobrecalentamiento ya que a esta presión el vapor condensa a unos 111 °C. El producto ha de enfriarse rápidamente a 40 °C (con nitrógeno) y mantenerse refrigerado posteriormente para evitar pérdida de color y peroxidación de lípidos, aunque pierde calidad tras el proceso HTST. El vapor saturado al condensar en la esterilización origina granzas de pimentón, que son disgregables mediante vibrotamización.

También ha sido propuesta como método de esterilización el óxido de etileno (Llorente et al., 1986). Otro proceso de esterilización, la irradiación

del pimentón, se ha efectuado con rayos X ó β (con ⁶⁰Co) a dosis bajas inferiores a 10 kGy (Nieto-Sandoval et al., 2000; Fekete-Halász & Kispéter, 1995), radiaciones γ (Llorente et al., 1986; Topuz & Ozdemir, 2003), con efectos similares entre rayos X y electrones acelerados (van Calenberg et al., 1998). La irradiación puede destruir hasta el 5% del color extraíble del pimentón (Almela et al., 1999). Una dosis de 10 kGy con radiación γ causa un máximo de 11% de reducción de capsanteno, pero no afecta a la capsorrubeno. Dicha reducción es significativamente menor que la pérdida del 42% de capsanteno y de pigmentos amarillos tras la conservación del pimentón 10 meses a temperatura ambiente (Topuz & Ozdemir, 2003). Una dosis de 5 kGy es detectable por termoluminiscencia (TL) hasta 3 meses tras el tratamiento, y una dosis de 10 kGy hasta 10 meses. Si se aíslan los silicatos que contaminan el pimentón (ver UNE-EN 1788:2002) los efectos residuales del tratamiento son detectables hasta al menos los 9 meses (Kispéter et al., 1995). Un equipo de TL está ya instalado en Valencia para este análisis. La dosis de radiación gamma utilizada en el tratamiento puede estimarse a posteriori por un método que implica el blanqueamiento óptico parcial de muestras polimineraleas para datación mediante TL, evaluando el efecto residual que queda principalmente en la calcita (Urbina et al., 2002). La Directiva 1999/3/CE y el RD RD348/2001 autorizan la irradiación con electrones acelerados para especias en la UE, aunque el porcentaje de producto irradiado no es considerable todavía en España. En el pimentón irradiado se encuentran peróxidos de vida corta o larga dependiendo de su grado de molienda y de la radiación gamma absorbida, así como de su tiempo de conservación (Kispéter et al., 1999).

La irradiación γ a 6 kGy/h produce muy bajos niveles de tres radicales carbohidrato y una semiquinona que no son tan útiles para el control de alimentos irradiados (Kormaz & Polat, 2001). Una precaución a tener en cuenta, en la optimización de la irradiación, es determinar si existe 1,3-di-terbutilbenceno u otros compuestos que migran del envase al material, o controlar la posible desaparición de volátiles como tetrametilpirazina o ácido hexanoico (Lee et al., 2004).

3.2.4. *Innovaciones en granulado, mezclado y envasado*

Varias patentes utilizan la extrusión en caliente para elaborar productos efervescentes (Robinson & McGinity, 2002), o con diferentes tipos de polímeros (Marsden, 2004), o recubrimientos aplicados en equipo de lecho fluidificado y mejoras en el mezclado para evitar la segregación de partículas (Gyenis, 2002).

El pimentón debería envasarse en atmósfera modificada activa con un polímero de una permeabilidad baja al O₂ de 1 a 60 cm³·m⁻²·d⁻¹ (medida a 23 °C y 50% RH a presión atmosférica) y baja per-

meabilidad al vapor de H₂O, de 1 a 6 cm³·m⁻²·d⁻¹ (medida a 38 °C y 90% RH a presión atmosférica), lo que además permitiría una conservación a temperatura de 10 °C (Sigge et al., 2001). La descomposición de los pigmentos depende más del tiempo de conservación que de la presencia de oxígeno o luz, pero en la selectividad de la misma es más importante el factor tiempo de conservación y en menor medida el oxígeno (Morais et al., 2001). Otros autores recomiendan conservar en recintos herméticos o poco permeables a los gases bajo gas inerte como N₂ (Ramesh et al., 1999), aunque parecen asumir nulo desarrollo de microorganismos anaerobios a esta baja HR del pimentón. También hay que realizar un estudio de las condiciones de humedad relativa óptimas para la conservación del pimentón a temperatura ambiente, y su interacción con la atmósfera modificada. Diversos autores han señalado una menor pérdida de color en conservación a temperatura ambiente a HR alta (15-18%) frente a HR baja (6-9%) (Gómez et al., 1998; Osuna-García & Wall, 1998), aunque lógicamente pudiesen existir alteraciones microbiológicas en este primer caso. En este sentido, es esencial el optimizar las condiciones de procesado y conservación del pimentón junto con las condiciones relativas a su calidad nutritiva y sensorial, y su seguridad. También es preciso desarrollar nuevas formulaciones con pimentón para mejorar y aumentar su consumo (Downham & Collins, 2000).

En resumen, numerosas innovaciones pueden servir de referencia para innovar en el proceso de producción o diseñar nuevos productos con el pimentón de Murcia. La DOPM no debe ser un freno a este proceso, sino más bien dinamizar y liderar el mismo.

AGRADECIMIENTOS

A D. José García y D. José Luis Hernández (cooperativa COATO, Totana, Murcia) y D. Francisco y D. Jesús Alcantud (Jesús Alcantud S.A., Espinardo, Murcia) por su ayuda.

BIBLIOGRAFÍA

- Ade-Omowaye, B. I. O., Rastogi, N. K., Angersbach, A. y Knorr, D. (2002). Osmotic dehydration behavior of red paprika (*Capsicum annuum* L.). *J. Food Sci.*, **67**, 1790-1796.
- Ade-Omowaye, B. I. O., Rastogi, N. K., Angersbach, A. y Knorr, D. (2001). Effects of high hydrostatic pressure or high intensity electrical field pulse pre-treatment on dehydration characteristics of red paprika. *Innovative Food Sci. Emerging Technol.*, **2**, 1-7.
- Almela, L., Nieto-Sandoval, J. A. y Fernández-López, J. A. (2002). Microbial inactivation of paprika by a high-temperature short-X time treatment. Influence on color properties. *J. Agric. Food Chem.*, **50**, 1435-1440.
- Álvarez, J. A., Candela, E., Cascallana, F. J., Domínguez, J. C., Estévez, M. A., García, G., Gómez, M. A., Hernán, A., Plaza, M. y Pulido, M. V. (2003). Inspección y control sanitario de industrias de pimentón. En: Cartera de servicios de salud pública. Control Alimentario
- 2-. http://www.sanidaddigital.org/archivos%20pdf/control_alimentario_2.pdf
- ANON (2000) <http://www.comarcadelavera.com/Pimenton/default.htm>
- Antcheva, N. Patthy, A., Athanasiadis, A., Tchorbanov, B., Zakhariiev, S. y Pongor, S. (1996). Primary structure and specificity of a serine proteinase inhibitor from paprika (*Capsicum annuum*) seeds, *Bioch. Biophys. Acta (BBA) - Protein Structure and Molecular Enzymol.*, **1298**, 95-101.
- Biacs, P. A., Czinkotai, B. y Hoschke, A. (1992). Factors affecting stability of colored substances in paprika powders. *J. Agric. Food Chem.*, **40**, 363-367.
- CARM –Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia–. (1999). Legislación sobre la denominación de origen provisional del pimiento para pimentón y condiciones que ha de cumplir el proceso. <http://www.carm.es/borm/docs/LE000002495819991224.HTML>
- CARM (2005). D.O. Pimentón de Murcia. [http://www.carm.es/neweb2/servlet/integra.servlets.ControlPublico?IDCONTENIDO=1204&IDTIPO=100&RASTRO=c215\\$m1185](http://www.carm.es/neweb2/servlet/integra.servlets.ControlPublico?IDCONTENIDO=1204&IDTIPO=100&RASTRO=c215$m1185)
- COATO (2005). Pimentón. Proceso de transformación de productos: Pimiento. <http://www.coato.com/pimenton.asp>
- Costa, J. (2002). El pimiento con destino a la industria en España. *Hortic. Intern.* **163**, 24-38.
- Cuvelier, M. E. y Berset, C. (2005). Phenolic compounds and plant extracts protect paprika against UV-induced discoloration. *Int. J. Food Sci. Technol.*, **40**, 67-73.
- Daood, H. G., Vinkler, M., Markus, F., Hebshi, E. A. y Biacs, P. A. (1996). Antioxidant vitamin content of spice red pepper (paprika) as affected by technological and varietal factors. *Food Chem.*, **55**, 365-72.
- Directiva 1999/3/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de febrero de 1999 relativa al establecimiento de una lista comunitaria de alimentos e ingredientes alimentarios tratados con radiaciones ionizantes. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31999L0003:ES:HTML>
- Downham, A. y Collins, P. (2000). Colouring our foods in the last and next millennium *Int. J. Food Sci. Technol.*, **35**, 5-22.
- EHEDG (2005). General hygienic design criteria for the safe processing of dry particulate materials. *Trends Food Sci. Technol.*, **12**, 296-301.
- EHEDG –Subgroup Dry Materials Handling– (2003). Hygienic engineering of plants for the processing of dry particulate materials. Gloucester, UK
- Ei-Adawy, T. A. y Taha, K. M. (2001). Characteristics and composition of watermelon, pumpkin, and paprika seed oils and flours. *J. Agric. Food Chem.*, **49**, 1253-1259.
- Escarabajal Henarejos, D. (2002). Planta industrial para elaboración de pimentón, con capacidad máxima de producción de 30 Tn/día. Proyecto Fin de Carrera ITA. ETSIA-UPCT. Cartagena.
- Fekete-Halász M. y Kispéter J. (1995): Effect of irradiation on colour of ground red paprika. *Acta Aliment.*, **25**, 189-193.
- García, J. (2002). Comunicación personal sobre el proceso de elaboración del pimentón en COATO. Totana, Murcia.
- Gyenis, J. (2002). Food Research in Hungary –Part 2. Powder Mixing, granulation and coating. Food Powders workshop. 27-28 Nov. Brussels, Belgium. <http://www.foodpowders.net/workshop.htm>
- Gilbert, J. y Anklan, E. (2002). Validation of analytical methods for determining mycotoxins in foodstuffs. *Trends. Anal. Chem.*, **21**, 468-486.

- Gómez, P. A., Conesa, A., Artés-Hernández, F., Aguayo, E. y Artés, F. (2003 b). Influencia de la desverdización en la calidad de pimiento recolectado en dos estados de madurez en C. Merodio, M. I. Escribano, (Eds.) *Maduración y Post-Recolección de Frutos y Hortalizas*. Bib. Cienc., **12**, 369-372. Ed. CSIC, Madrid.
- Gómez, R., González, M., Picazo, M. y Varón, R. (2003 a). Efecto de la adición de un antioxidante natural sobre la pérdida de color del pimentón sometido a tratamiento térmico higienizante. *Actas de Horticultura*, **39**, 229-230.
- Gómez, R., Varón, R. y Pardo, J.E. (1998). Color loss in paprika from variety NuMex Conquistador peppers grown in field and greenhouse. *J. Food Qual.*, **21**, 411-419.
- Gómez-Espín, J. M. y Gil-Meseguer, E. (1990). Tradición y cambio en la industrialización del pimentón en España. *Pap. Geog.*, **16**, 173-190.
- Gómez-Ladrón de Guevara, R., González, M., García-Meseguer, M., Nieto, J. M., Amo, M., y Varón, R., (2002). Effect of adding natural antioxidants on colour stability of paprika. *J. Sci Food Agric.*, **82**, 1061-1069.
- Holah, J. (2000). Food processing equipment design and cleanability. Flair-Flow Europe Technol. Man. F-FE 377A/00.
- Hornero-Méndez, D., Pérez-Gálvez, A. y Mínguez-Mosquera, M. I. (2001). A rapid spectrophotometric method for the determination of peroxide value in food lipids with high carotenoid content. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, **78**, 1151-1155.
- Ibrahim, H. M. A., Ragab, G. H. y Moharram, H. A. (1997). Paprika color quality: Effect of air and natural drying treatments. *Grasas Aceites*, **48**, 200-206.
- Kerget, M. y Knez, Z. (2001). Modelling high pressure extraction processes. *Computers Chem. Engin.*, **25**, 879-886.
- Kispéter, J., Kiss, L. I. y Delincée, H. (1996). Is it possible to detect the irradiation treatment of Hungarian paprika after long-term storage? *Rad. Phys. Chem.*, **48**, 384.
- Kispéter, J., Horváth, L. J. y Szabó, I. (1999). The occurrence of free radicals in milled and irradiated paprika as detected by ESR. *Rad. Phys. Chem.*, **55**, 757-760.
- Klieber, A. (2000). Chilli Spice Production in Australia. RIRDC Pub. No 00/33. Australia. <http://www.rirdc.gov.au/reports/AFO/00-33.pdf>
- Klieber, A. y Bagnato, A. (1999). Colour stability of paprika and chilli powder. *Food Australia*, **51**, 592-596.
- Krajayklang, M., Klieber, A. y Dry, P. R. (2000). Colour at harvest and post-harvest behaviour influence paprika and chilli spice quality. *Postharvest Biol. Technol.*, **20**, 269-278.
- Kormaz, M., Polat, M. (2001). Radical kinetics and characterization of the free radicals in gamma irradiated red pepper. *Rad Phys. Chem.*, **62**, 411-421.
- Lee, D. S., Chung, S. K. y Yam, K. L. (1992). Carotenoid loss in dried red-pepper products. *Int. J. Food Sci. Technol.*, **27**, 179-185.
- Lee, J. H., Sung, T. H., Lee, K. T. y Kim, M. R. (2004). Effect of gamma-irradiation on color, pungency, and volatiles of Korean red pepper powder. *J. Food Sci.*, **69**, C585-C592.
- Lomas, M. C., Del Pueyo, J. C. y Sanz, S. (1995). El secado del pimiento en la Rioja. De la tradición a la industrialización. *Alim. Equip. Tecnol.*, **XIV**, 55-59.
- López, A. 2003. Diseño higiénico de una fábrica de pimentón. Foro tecnológico del pimentón. Fund. Univ. Empresa. Murcia. Inéd.
- Lozano, M. y Montero de Espinosa, V. (1999). El pimentón de la Vera (Cáceres): Aproximación al secado del pimiento y evaluación de algunos parámetros físico-químicos del pimentón. *Alimentaria*, **300**, 91-96.
- Llorente-Franco, S., Jiménez, J. L., Martínez-Sánchez, F. y Romojaro, F. (1986). Effectiveness of ethylene oxide and gamma irradiation on the microbiological population of three types of paprika. *J. Food Sci.*, **51**, 1571-1574.
- Maoka, T., Mochida, K., Kozuka, M., Ito, Y., Fujiwara, Y., Hashimoto, K., Enjo, F., Ogata, M., Nobukuni Y., Tokuda, H. y Nishino, H. (2001). Cancer chemopreventive activity of carotenoids in the fruits of red paprika *Capsicum annuum* L. *Cancer Letters*, **172**, 103-109.
- Markus, F., Daood, H. G., Kapitany, J. y Biacs, P. A. (1999). Change in the carotenoid and antioxidant content of spice red pepper (paprika) as a function of ripening and some technological factors. *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 100-107.
- Marín, A., Ferreres, F., Tomás-Barberán, F. A. y Gil, M. I. (2004). Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Agric. Food Chem.*, **52**, 3861-3869.
- Marsden, L. I. W. Polymeric stabilization composition and method. U.S. Patent N° 20040208709 (3.12.2002).
- Martínez Sanchez, F., Giménez, J. L., Carvajal, M. y Alcaraz, C. F. (1991). Tipificación del pimentón. Influencia del tipo y de la calidad sobre la composición mineral en macroelementos. *Alimentaria*, **28**, 53-56.
- Mateo, J., Aguirrezábal, M., Domínguez, C. y Zumalacáregui, J. M. (1997). Volatile compounds in Spanish paprika. *J. Food Comp. Anal.*, **10**, 225-232.
- Matsufuji, H., Nakamura, H., Chino, M. y Takeda, M. (1998). Antioxidant activity of capsanthin and the fatty acid esters in paprika (*Capsicum annuum*). *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 3468-3472.
- Mínguez-Mosquera, M. I., Jaren-Galán, M., Garrido-Fernández, Hornero-Méndez, D. (1996). Carotenoides en el pimentón. Factores responsables de su degradación. Ed. CSIC, Madrid.
- Mínguez-Mosquera, M. I. y Hornero-Méndez, D. (1994). Comparative study of the effect of paprika processing on the carotenoids in peppers (*Capsicum annuum*) of the Bola and Agridulce varieties. *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 1555-1560.
- Mínguez-Mosquera, M. I., Jaren-Galán, M. y Garrido-Fernández, J. (1994 a). Competition between the processes of biosynthesis and degradation of carotenoids during the drying of peppers. *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 645-648.
- Mínguez-Mosquera, M. I., Jaren-Galán, M. y Garrido-Fernández, J. (1994 b). Influence of the industrial drying processes of pepper fruits (*Capsicum annuum* cv Bola) for paprika on the carotenoid content. *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 1190-1193.
- Mínguez-Mosquera, M. I., Jaren-Galán, M. y Garrido-Fernández, J. (1994 c). Carotenoid metabolism during the slow drying of pepper fruits of the Agridulce variety. *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 2260-2264.
- Morais, H., Rodríguez, P., Ramos, C., Forgács, E., Cserhāti, T. y Oliveira, J. (2002). Effect of ascorbic acid on the stability of *b*-carotene and capsanthin in paprika (*Capsicum annuum*) powder. *Nahrung/Food*, **46**, 308-310.
- Morais, H., Ramos, A. C., Cserhāti, T. y Forgács, E. (2001). Effects of fluorescent light and vacuum packaging on the rate of decomposition of pigments in paprika (*Capsicum annuum*) powder determined by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *J. Chromat. A*, **936**, 139-144.
- Nieto-Sandoval, J. M., Almela, L., Fernández-López, J. A. y Muñoz, J. A. (2000). Effect of electron beam irradiation on color and microbial bioburden of red paprika. *J. Food Prot.*, **63**, 633-637.

- Nieto-Sandoval, J. M., Fernández-López, J. A., Almela, L. y Muñoz, J. A. (1999). Dependence between apparent color and extractable color in paprika. *Color Res. Appl.*, **24**, 93-97.
- Ocio M. J., Fiszman, S. M., Gasque, F., Rodrigo, M. y Martínez, A. (1997a). Development of a restructured alginate food particle suitable for high temperature short time process validation. *Food Hydrocolloids*, **11**, 423-427.
- Ocio M. J., Fernández P. S., Rodrigo M., Periago P. M. y Martínez A. (1997b). A time temperature integrator for particulated foods: thermal process evaluation. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A*, **205**, 325-328.
- Osa, J. M., Benezet, A., Botas, M., Olmo, N. y Pérez Flórez, F. (1987). Contaminación microbiana en pimentones comerciales. *Alimentaria*, **182**, 63-70.
- Osuna-García, J. A. y Wall, M. M. (1998). Prestorage moisture content affects color loss of ground paprika (*Capsicum annuum* L.) under storage. *J. Food Qual.*, **21**, 251-259.
- Palau, E. y Torregrosa, A. (1997). Mechanical harvesting of paprika peppers in Spain. *J. Agric. Engin. Res.*, **66**, 195-201.
- Pérez, A., Sayas, M. E. y Fernández, J. (2002). Las especias en la dieta mediterránea: un nuevo enfoque en *Fundamentos tecnológicos y nutritivos de la dieta mediterránea*, 97-114. Ed. Univ. Miguel Hernández, Orihuela (Alicante).
- Pérez-Gálvez, A. y Garrido-Fernández, J. (1997). Termodegradación de carotenoides en el pimentón. *Grasas Aceites*, **48**, 290-296.
- Pérez-Gálvez, A., Garrido-Fernández, J. y Mínguez-Mosquera, M. I. (1999). Participation of pepper seed in the stability of paprika carotenoids. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **76**, 1449-1454.
- Pérez-Gálvez, A., Garrido-Fernández, J., Lozano-Ruiz, M., de Espinosa, V. M. y Mínguez-Mosquera, M. I. (2001). Influence of the slow drying at low-temperature in the carotenoid content of two pepper varieties (*Capsicum annuum* L.). Biosynthetic and/or degradative balance as a function of the processing conditions. *Grasas Aceites*, **52**, 311-316.
- Pérez-Gálvez, A., Garrido-Fernández, J. y Mínguez-Mosquera, M. I. (2000). Effect of high-oleic sunflower seed on the carotenoid stability of ground pepper. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **77**, 79-83.
- Pérez-Gálvez, A., Mínguez-Mosquera, M. I., Garrido-Fernández, J., Lozano-Ruiz, M. M. y Montero de Espinosa, V. (2004). Correlación entre unidades asta-concentración carotenoide en pimentones. Predicción de la estabilidad del color durante el almacenamiento. *Grasas Aceites*, **55**, 213-218.
- Pocurrul, R. y Gracia, A. (1998). Nuevas tecnologías de calentamiento de líquidos y secadero en la industria agroalimentaria. *Alim. Equip. Tecnol.*, **XVII**, 151-154.
- Ramesh, M. N., Wolf, W., Tevini, D., y Jung, G. (1999). Studies on inert gas processing of vegetables. *J. Food Eng.*, **40**, 199-205.
- Ramesh, M. N., Wolf, W., Tevini, D. y Jung, G. (2001). Influence of processing parameters on the drying of spice paprika. *J. Food Eng.*, **49**, 63-72.
- RD 348/2001, de 4 de abril, por el que se regula la elaboración, comercialización e importación de productos alimenticios e ingredientes alimentarios tratados con radiaciones ionizantes. BOE, **82**, (05.04.2001), 12825-12830.
- Robinson, J.R. y McGinity, J. W. Effervescent granules and methods for their preparation. U.S. Patent No 6,488,961 (21.10.2004).
- Rodrigues, P., Morais, H., Mota, T., Olivera, S., Forgács, E. y Cserhati, T. (1999). Effect of storage conditions on the stability of pigments of paprika (*Capsicum annuum*) studied by HPLC and multivariate methods. *Acta Aliment.*, **28**, 29-38.
- Salmerón, P. (1973). El color en los procesos de elaboración del pimentón. Ed. CEBAS-CSIC. Murcia.
- Salmerón, P. y Romojaro, F. (1975). Estudio sobre la obtención de oleoresina de pimentón. *Rev. Agroq. Tecnol. Alim.*, **15**, 560-572.
- Salmerón, J., Jordano, R. y Pozo, R. (1990). Influencia del pimentón (*Capsicum annuum*, L.) en el crecimiento y producción de aflatoxinas de *Aspergillus parasiticus* y *Aspergillus flavus*. *Aliment.*, **27**, 43-46.
- Sánchez, M. y Carrasco, A. (2005). Ensayo de variedades de pimiento para pimentón en el Valle del Guadalentín. Ser. Prog. Innov. Tecnol., Hortic. nº 18. Ed. Cons. Agríc. Agua. CARM, Murcia.
- Schweiggert, U., Mix, A., Schieber, A. y Carle, R. (2005a). An innovative process for the production of spices through immediate thermal treatment of the plant material. *Innov. Food Sci. Emerging Technol.*, **6**, 143-153.
- Schweiggert, U., Schieber, A. y Carle, R. (2005b). Inactivation of peroxidase, polyphenoloxidase, and lipoxygenase in paprika and chili powder after immediate thermal treatment of the plant material. *Innov. Food Sci. Emerging Technol.*, **6**, 403-411.
- Sigge, G. O., Hansmann, C. F. y Joubert, E. (2001). Effect of storage conditions, packaging material and metabisulphite treatment on the color of dehydrated green bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *J. Food Qual.*, **24**, 205-218.
- Szanto-Nemeth, E. (1980). Inhibition of rancidity of fats by paprika and tomato seeds. *Acta Aliment.*, **9**, 173-187.
- UNE-EN 1788:2002. (2002). Termoluminiscencia. Detección de alimentos irradiados de los que se pueden extraer silicatos minerales mediante termoluminiscencia.
- Urbina, M., Beneitez, P., Millán, A., Álvarez, M. A. y Calderón, T. (2002). Dosimetría retrospectiva en alimentos irradiados. *Alimentaria*, **39**, 95-98.
- Van Calenberg, S., Vanhaelewyn, G., van Cleemput, O., Callens, F., Mondelaers, W. y Huyghebaert, A. (1998). Comparison of the effect of X-ray and electron beam irradiation on some selected spices. *Leb. Wiss u Technol.*, **31**, 252-258.
- Vidal, M.C., Cabanillas, J., Lozano, M., Montero de Espinosa, V. y Valdés, E. (2001). Evolución de la fracción aromática de pimientos de las variedades Jaranda y Jariza durante la maduración. *Alim. Equip. Tecnol.*, **20**, 115-121.
- Vidal-Aragón, M.C., Sabio, E., Lozano, M. y Montero de Espinosa, V. (1998). Identificación de la fracción volátil del pimentón de La Vera mediante espacio de cabeza dinámico y CG/EM. *Alimentaria*, **293**, 27-32.
- Vidal-Aragón, M.C., Lozano, M. y Montero de Espinosa, V. (2005). Evolution of the aromatic fraction in red pepper for paprika during La Vera Region traditional drying process. *J. Food Qual.*, **28**, 211-221.
- Wall, M. M., Walker, S., Wall, A. D., Hughs, E. y Phillips, R. (2003). Yield and quality of machine harvested red chile peppers. *Hort. Technol.*, **13**, 296-302.
- Yamauchi, R., Aizawa, K., Inakuma, T. y Kato, K. (2001). Analysis of molecular species of glycolipids in fruit pastes of red bell pepper (*Capsicum annuum* L.) by high-performance liquid chromatography-mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.*, **49**, 622-627.
- Zapata, M., Bañón, S. y Cabrera, P. (1992). El pimiento para pimentón. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

Recibido: Enero 2006
Aceptado: Julio 2006