

## Estructura del cotiledón de la semilla de almendra (*Prunus amygdalus* L.) cruda, remojada y tostada

### Cotyledon structure of raw, soaked and roasted almond (*Prunus amygdalus* L.)

M. J. Pascual-Albero, I. Pérez-Munuera y M.A. Lluch\*

Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia Camino de Vera, 14. 46071 Valencia, España

Se ha estudiado la microestructura de la almendra dulce mediterránea cruda, variedad Marcona, mediante microscopía electrónica de barrido (MEB), así como los principales cambios microestructurales producidos por el tostado (150 °C, 45 min) y el remojo (H<sub>2</sub>O y NaCl 5%, 24 h). El tejido parenquimático ocupa la mayor parte del cotiledón; sus células, casi isodiamétricas, están rodeadas por una gruesa pared celular; la unión entre las células es estrecha con presencia de láminas medias en uniones célula-célula. El contenido celular, delimitado por la membrana citoplasmática, está constituido básicamente por cuerpos proteicos y cuerpos lipídicos, insertos en el retículo citoplasmático, sistema membranoso estructurado en celdillas de forma hexagonal que ocupa la totalidad del citoplasma. El tejido parenquimático se halla rodeado por una capa de células epidérmicas y por el tegumento. Las principales modificaciones observadas por el efecto del tostado son la desorganización y destrucción parcial del retículo citoplasmático, desintegración de algunas láminas medias en uniones célula-célula, perforación y ligera agregación de los cuerpos proteicos, y rotura de la membrana de los cuerpos lipídicos con liberación de la grasa ocluida, que por coalescencia forman pequeñas gotas que llegan a extruir de las células; se observa así mismo un importante deterioro de la epidermis causado por el escape de vapor de agua y de grasa. El remojo en agua no ocasiona cambios tan drásticos, aunque se observa la alteración tanto de la membrana como del retículo citoplasmático; el remojo en NaCl 5% produce adicionalmente la disolución parcial de algunos cuerpos proteicos.

*Palabras clave:* almendra, *Prunus amygdalus* L., remojo, escaldado, tostado, microestructura, microscopía electrónica

The microstructure of the sweet almond (variety Marcona) and the most important microstructural changes caused after roasting (150 °C, 45 min) and soaking (H<sub>2</sub>O and NaCl 5%, 24 h) were studied by scanning electron microscopy (SEM). The majority of the cotyledon tissue is made up of rather large, nearly isodiametric parenchyma cells with a thick cell wall; the cell-to-cell junctions are characterized by a distinct middle lamella. The cytoplasmic membrane delimits the cellular content, protein bodies and lipid bodies being the major components. A cytoplasmic network consisting of the membranous system structured as hexagonal cells extends throughout each parenchyma cell, and surrounds the major components. The parenchymatic tissue is surrounded by a layer of epidermic cells and tegument. After roasting, the cellular organization is lost and the cytoplasmic network surrounding the lipid bodies and protein bodies is altered; the heat destroys some middle lamellae of cell-to-cell junctions; the cytoplasmic compartmentalization of the oil is lost in most cells and the oil drops coalesce; protein bodies are distended and

---

\*To whom correspondence should be sent.

Received 1 September 1997; revised 10 December 1997.

aggregated; other thermal modifications of roasting included pitting and pock-marking of the epidermis and protein bodies, caused by the escape of steam and oil. Soaking in water did not cause drastic changes in the structure; the most significant modification was an alteration of the cytoplasmic network and membrane; soaking in 5% NaCl also produced a partial dissolution of protein bodies.

*Keywords:* almond, *Prunus amygdalus* L., soaking, blanching, roasting, microstructure, scanning electron microscopy

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del almendro en el sureste español ha experimentado un ritmo creciente de expansión en los últimos años debido a la rentabilidad, fácil almacenamiento de la producción, y sobre todo, por su utilización como materia prima de variados productos industriales. Además de su consumo directo, son numerosas las industrias que emplean la almendra como materia prima en la fabricación de un gran número de productos elaborados (Forestier, 1991; Pouquet, 1991; Lagrange, 1994). Destacan por su importancia las industrias del turrón (Lluch *et al.*, 1992; Marcilla y Martínez, 1994; Blázquez-Abellán *et al.*, 1995) y derivados, y en la fabricación de helados; así mismo, en farmacología y cosmética son también muy estimables algunos de sus derivados, como la leche y el aceite de almendra (Berger *et al.*, 1996).

Como todas las semillas grasas, las almendras maduras y secas son muy nutritivas. Contienen un 54% de grasa, por lo que son un alimento energético excelente (640 calorías/100 g); no contribuyen a la formación de colesterol en sangre, debido fundamentalmente a que en su composición predominan ácidos grasos insaturados (oleico 78% y linoleico, 18%) y son ricas en proteínas (20%). Estas características hacen que, debido a la crisis mundial de recursos proteicos, numerosos países empiecen a utilizar las almendras como complemento en la dieta alimenticia de sus habitantes (Segerstrom, 1990; Spiller, 1991). La almendra constituye también una fuente importante de fibra que fundamentalmente es fibra dietética, con un contenido superior al 14%.

Girard *et al.* (1961) estudiaron el valor nutritivo de las proteínas de las almendras, así como la alteración de las proteínas provocada por el tostado que, aunque no trae consigo variaciones significativas en la composición de los aminoácidos, comprobaron que disminuye sensiblemente su eficacia proteica sobre el crecimiento, así como su coeficiente de utilización digestiva en animales del laboratorio.

Las almendras tostadas adquieren unas características distintas de la cruda en cuanto a color, textura,

aroma, sabor y una apariencia y tacto 'aceitosos'; estos cambios se pueden relacionar con cambios en los rasgos estructurales de la semilla de almendra. Estudios de microscopía electrónica de barrido (MEB) permitieron a Young y Schadel (1984) observar los esferosomas o cuerpos lipídicos del cacahuete, que son unos de los principales componentes de las células parenquimáticas. Jacks *et al.* (1974) utilizaron el microscopio electrónico de transmisión para caracterizar a los esferosomas de semillas oleaginosas como partículas de 1–2  $\mu\text{m}$  de diámetro, rodeadas de una membrana limitante; observadas al MEB estas membranas aparecen también rodeando a los cuerpos proteicos y los gránulos de almidón.

Se ha estudiado la síntesis de las principales proteínas de membrana de los esferosomas en el embrión en desarrollo de la semilla de colza comercial, aunque su función en los cuerpos lipídicos maduros todavía no está clara (Murphy *et al.*, 1989). Neucere y Yatsu (1971), en un estudio sobre embriogénesis de cacahuete, vieron que la principal proteína almacenada en los cacahuets maduros era ya detectada en el embrión en reposo, y que de una manera gradual y a medida que progresa el desarrollo otras proteínas de la semilla madura comienzan a aparecer.

Combinando diversas técnicas de microscopía, Young y Schadel (1984, 1989, 1990 a, b, c y 1991) estudiaron algunos factores que afectan a la microestructura de la semilla de cacahuete como su madurez, muy importante en la industria de alimentos porque influye sobre el tamaño final, el sabor, la textura y el color, y por tanto sobre su calidad; también estudiaron los efectos medioambientales, que pueden afectar a la microestructura de la semilla de cacahuete, y los efectos de numerosos procesos industriales sobre las células de la semilla de cacahuete, como la molienda para el refinado de la manteca de cacahuete, la cocción a 121 °C con gran humedad, el prensado en frío y en caliente (121 °C) a presión de 5000–7000 psi, la fritura (160 °C, 10 min), o el tostado al horno (160 °C a tiempos diferentes). Como resultado del tostado, Young y Schadel apreciaron en el parénquima del cacahuete

una pérdida de la organización celular del retículo citoplasmático que rodea a los cuerpos lipídicos, cuerpos proteicos y gránulos de almidón. La compartimentalización citoplasmática de los cuerpos lipídicos se pierde en la mayoría de las células de modo que al calentarse se convierte en grasa que escapa, y el calor convierte en vapor la pequeña cantidad de agua presente en el interior de las células. El vapor y la grasa liberada durante el tostado provoca en la epidermis de los cotiledones perforaciones y grietas por las que escapa el contenido celular. También se observa agregación de los cuerpos proteicos, con una distensión y perforación de los mismos, así como el deterioro en los gránulos de almidón, haciéndose visible en ellos un 'hilum' central.

Por otra parte, Branch *et al.* (1987), en su trabajo sobre la estabilidad en el almacenamiento de los cacahuetes no refrigerados, propusieron la inmersión en agua caliente (escaldado) a 79 °C durante 90 s; el MEB reveló que este efecto rompe el conjunto estructural de la superficie, da una superficie lisa y causa agregación de cuerpos subcelulares. Esta inmersión en agua caliente disminuye la actividad lipooxigenasa de manera que la estabilidad a la oxidación de los cacahuetes aumenta.

El objetivo del presente trabajo es observar por MEB la microestructura de la almendra dulce, variedad Marcona, y las principales modificaciones microestructurales provocadas por el remojo, escaldado y tostado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Muestras

Se emplearon almendras dulces, variedad Marcona, cultivadas en la zona de L'Alcoià de Alicante (España). Según el tratamiento a que se someten las almendras se distinguen:

#### *Marcona cruda*

Se elimina manualmente la cáscara y se realizan cortes transversales y longitudinales en la zona media del cotiledón.

#### *Marcona cruda remojada en H<sub>2</sub>O*

Remojo en agua destilada (24 h/ 20 °C), escurrido y corte.

#### *Marcona cruda remojada en NaCl 5%*

Remojo en NaCl 5% (24 h/ 20 °C), escurrido y corte.

#### *Marcona escaldada*

Proceso industrial con vapor (105 °C, 1 min), y posterior enfriamiento lento (30 min) en refrigeradores verticales con circulación forzada de aire húmedo a 40 °C, para evitar que las almendras se resequen demasiado; este proceso tiene como finalidad el pelado industrial de las mismas.

#### *Marcona tostada*

La almendra, previamente escaldada, se tuesta según el proceso industrial en un horno de gas esférico giratorio (150 °C, 45 min).

### Microscopía electrónica de barrido

Los cotiledones de la semilla de las distintas muestras de almendra, así como cortes transversales y longitudinales de los mismos (1–2 mm de espesor) realizados con una hoja de acero inoxidable, se prepararon para su observación al MEB de la siguiente manera:

Se introducen las muestras en la disolución fijadora (2% de glutaraldehído en tampón fosfato 0,025 M, pH 6,8) a 4 °C durante 48 h. Se elimina el fijador con lavados sucesivos en disolución de tampón fosfato 0,025 M (pH 6,8) que se renueva cada hora, hasta 5 veces. Las muestras se fijan posteriormente con tetróxido de osmio al 0,25% en agua destilada, a 4 °C durante 6 min. A continuación, las muestras se lavan durante 30 min en tampón fosfato 0,025 M (pH 6,8) y se deshidratan a temperatura ambiente en series graduales de disoluciones acuosas de etanol (10, 20, 40, 60, y 80%) cada 20 min y en etanol al 100% (tres cambios cada 20 min). Finalmente se pasan a acetona (tres cambios sucesivos cada 20 min). La ultra-deshidratación de las muestras se lleva a cabo mediante la técnica del punto crítico (Cámara Polaron E3000) utilizando CO<sub>2</sub> como fluido transitorio; el punto crítico se alcanza a 1100 psi y 31,5 °C. Las muestras se montan sobre soportes cilíndricos adecuados con ayuda de plata coloidal; inmediatamente se recubren de una capa de oro en un metalizador Polaron E6100, trabajando a una presión menor de 10<sup>-2</sup> Pa y a una corriente de ionización de 20 mA durante 60 s; posteriormente se observan en un microscopio electrónico de barrido ISI-DS 130, con un voltaje de 20 kV.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El embrión de una semilla de almendra cruda consta de dos cotiledones y una pequeña radícula y plúmula

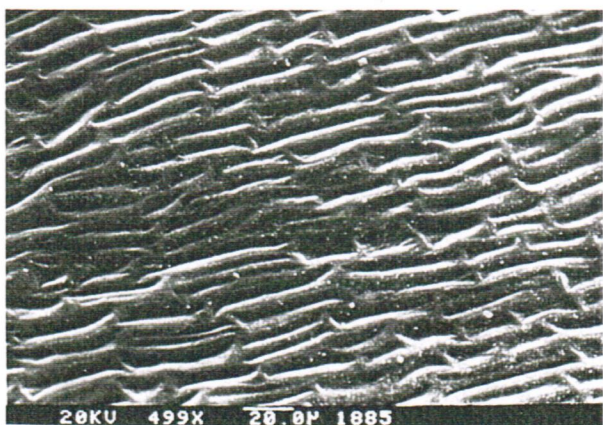
conocida como germen. Los cotiledones constituyen prácticamente el total del peso de la semilla en los que se puede distinguir: (a) tegumento, (b) epidermis, y (c) parénquima (Figura 1). El tegumento de la semilla no tiene una conexión celular con los cotiledones y se observa una gruesa capa de células con presencia de unos salientes en la capa más externa.

La epidermis está formada por una sola capa de células que cubren la superficie del cotiledón; se distingue la epidermis externa, con un tipo de células alargadas de tamaño uniforme (Figura 2), y la epidermis interna con células más redondeadas pero no tan uniformes (Figura 3).



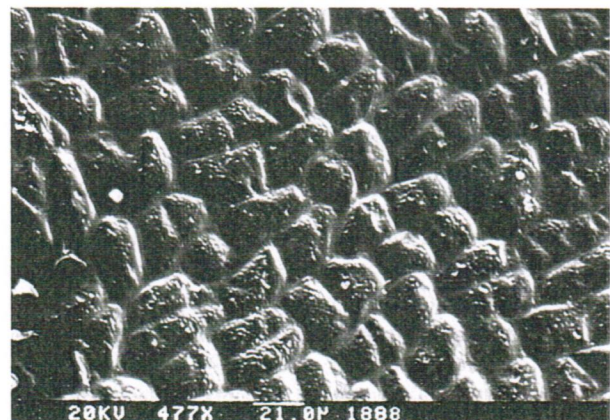
**Figura 1.** Cotiledón de almendra Marcona cruda. Tegumento (a), epidermis (b), parénquima (c).

**Figure 1.** Raw almond cotyledon. Tegument (a), epidermis (b), parenchyma (c).



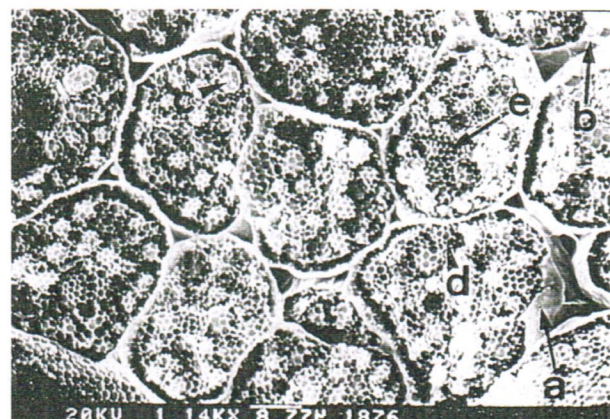
**Figura 2.** Cotiledón de almendra Marcona cruda. Epidermis externa.

**Figure 2.** Raw almond cotyledon. Outer epidermis.



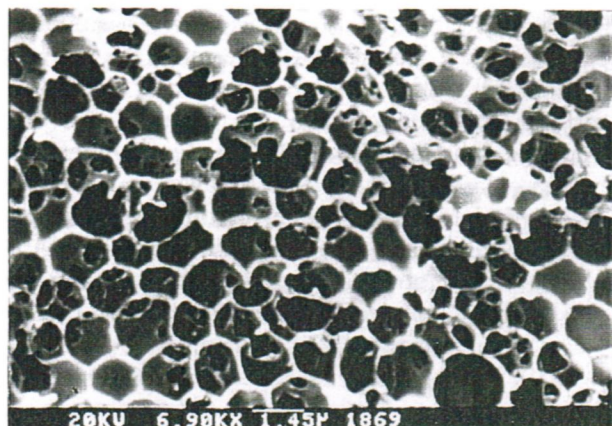
**Figura 3.** Cotiledón de almendra Marcona cruda. Epidermis interna.

**Figure 3.** Raw almond cotyledon. Inner epidermis.



**Figura 4.** Cotiledón de almendra Marcona cruda. Tejido parenquimático: (a) Pared celular. (b) Lámina media. (c) Cuerpo proteico. (d) Cuerpo lipídico. (e) Retículo citoplasmático.

**Figure 4.** Raw almond cotyledon. Parenchymal tissue: (a) Cell wall. (b) Middle lamella. (c) Protein body. (d) Lipid body. (e) Cytoplasmic network.

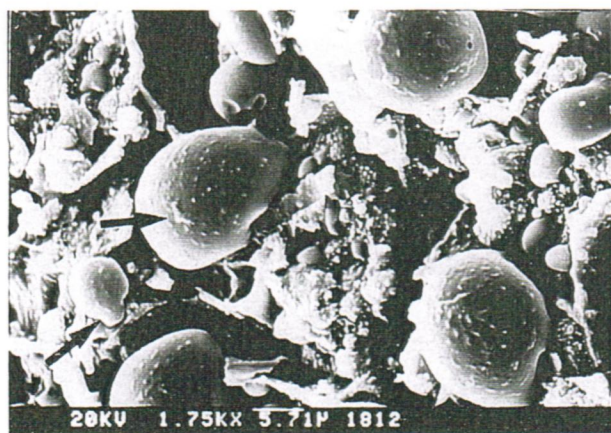


**Figura 5.** Cotiledón de almendra Marcona cruda. Retículo citoplasmático.

**Figure 5.** Raw almond cotyledon. Cytoplasmic network.

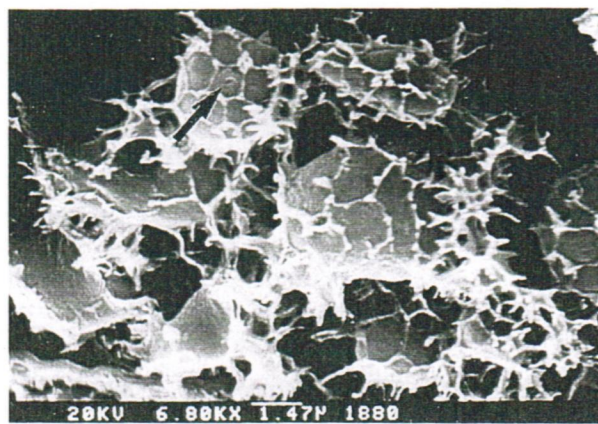
La unión entre las células parenquimáticas es estrecha, con láminas medias visibles, y con un íntimo contacto entre sus paredes celulares (Figura 4).

El tostado industrial de la almendra ejerce un efecto muy drástico y afecta seriamente a la estructura descrita anteriormente; destaca la desorganización sufrida por el retículo citoplasmático y a consecuencia de ello la grasa de los esferosomas se libera y reagrupa para formar grandes gotas; este fenómeno de coalescencia se puede observar en la Figura 6. Los cuerpos proteicos más afectados pierden su forma esférica y en su superficie presentan perforaciones probablemente



**Figura 6.** Cotiledón de almendra Marcona tostada. Células parenquimáticas. Formación de gotas de grasa por coalescencia (flecha).

**Figure 6.** Roasted almond cotyledon. Parenchymal cells. Lipid bodies formed by coalescence (arrow).

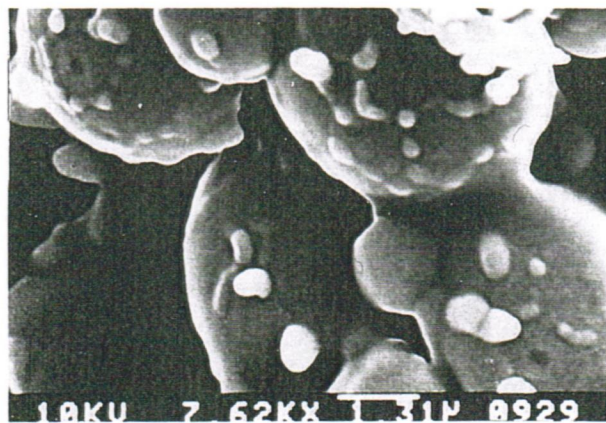


**Figura 7.** Cotiledón de almendra Marcona tostada. Cuerpos proteicos deformados con alguna perforación (flecha).

**Figure 7.** Roasted almond cotyledon. Distension and aggregation of protein bodies with pitting (arrow).

debido al escape de vapor de agua (Figura 7); la red citoplasmática que los rodea se disgrega, y quedan los cuerpos proteicos al descubierto, a veces ligeramente agregados (Figura 8).

Las modificaciones producidas por el calentamiento afectan en mayor grado a las células externas, más expuestas que las internas, con una mayor desorganización en su estructura; así, en la zona más cercana a la superficie externa del cotiledón, se aprecia una mayor destrucción de las paredes celulares y se pierde la estrecha unión entre células; además, esta ruptura de las paredes celulares favorece la salida



**Figura 8.** Cotiledón de almendra Marcona tostada. Cuerpos proteicos agregados.

**Figure 8.** Roasted almond cotyledon. Aggregated protein bodies.

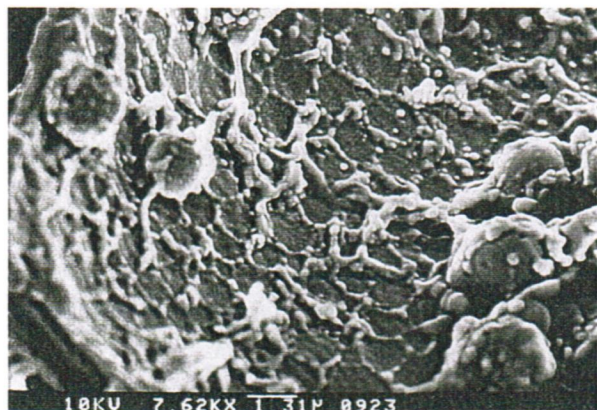
del contenido celular (Figura 9). La membrana citoplasmática resulta afectada, con lo que residuos del retículo citoplasmático quedan directamente adheridos a la pared celular (Figura 10).

El calor convierte en vapor la pequeña cantidad de agua presente en el interior de las células; el escape de vapor junto con la grasa liberada durante el tostado produce un importante deterioro en la epidermis tanto interna como externa de los cotiledones, con aparición de grietas y perforaciones por donde puede escapar el contenido celular (Figura 11). La grasa liberada le confiere a la almendra una apariencia más brillante y un tacto aceitoso.



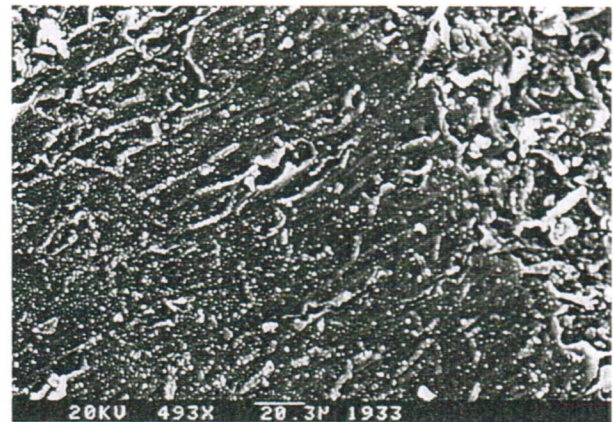
**Figura 9.** Cotiledón de almendra Marcona tostada. Células del tejido parenquimático muy afectadas por el tratamiento térmico.

**Figure 9.** Roasted almond cotyledon. Parenchymal tissue clearly affected by heating.



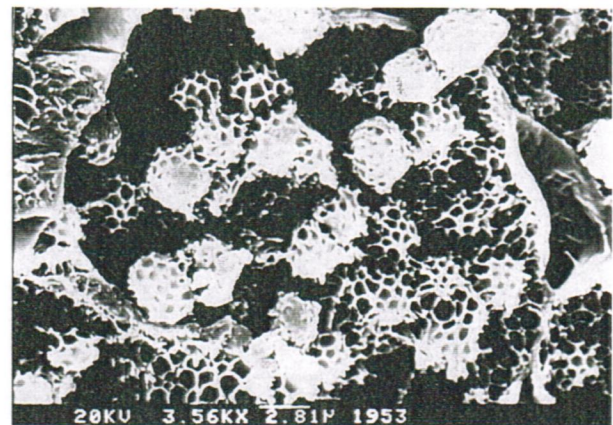
**Figura 10.** Cotiledón de almendra Marcona tostada. Restos celulares adheridos a la pared celular.

**Figure 10.** Roasted almond cotyledon. Cellular debris adhered to the cell wall.



**Figura 11.** Cotiledón de almendra Marcona tostada. Destrucción de las células epidérmicas externas con salida del contenido celular.

**Figure 11.** Roasted almond cotyledon. Outer epidermis cells destroyed, with escape of cellular contents.



**Figura 12.** Cotiledón de almendra Marcona remojada en agua. Disolución del retículo citoplasmático.

**Figure 12.** Almond cotyledon soaked in water. Cytoplasmic network dissolved.

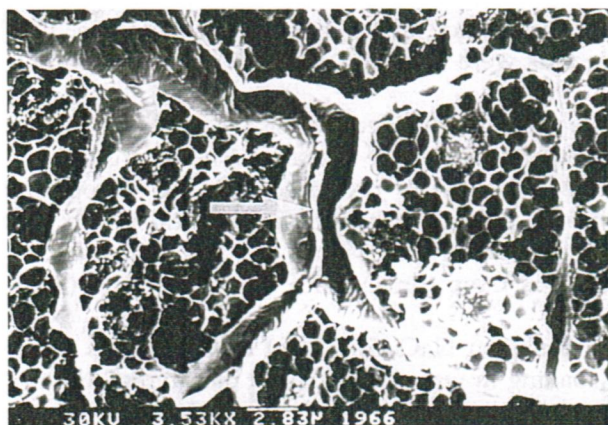
epidérmicas se ha desdibujado, y presenta un aspecto convexo y agrietado debido a la absorción de agua (Figura 13).

En las almendras remojadas en NaCl 5%, el retículo citoplasmático permanece pegado a la pared celular, pero su forma ya no es tan regular como en la almendra cruda. La unión entre las células parenquimáticas ya no es tan estrecha y se puede apreciar mejor la existencia de alguna lámina media en uniones célula-célula (Figura 14). Los cuerpos proteicos se van desintegrando al solubilizarse, formando pequeños residuos granulados que dejan luego huecos del mismo tamaño (Figura 15). Las células



**Figura 13.** Cotiledón de almendra Marcona remojada en agua. Célula agrietada en la epidermis externa.

**Figure 13.** Almond cotyledon soaked in water. Cracked cell in the outer epidermis.

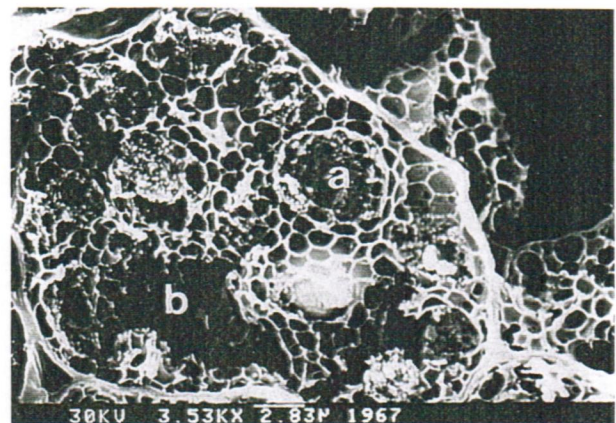


**Figura 14.** Cotiledón de almendra Marcona remojada en NaCl 5%. Lámina media (flecha).

**Figure 14.** Almond cotyledon soaked in 5% NaCl. Middle lamella (arrow).

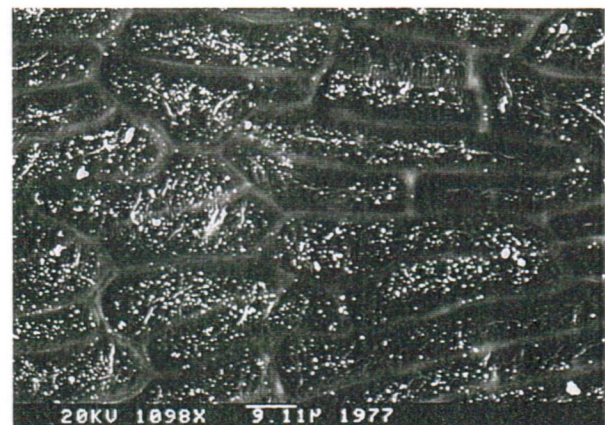
epidérmicas externas tienen los rebordes más marcados, resaltando más la rugosidad de la superficie, que podría ser consecuencia de una deshidratación local a causa del NaCl (Figura 16); en general, las zonas externas están más afectadas al permanecer en contacto con la disolución de remojo.

El pelado industrial supone un tratamiento de escaldado de la almendra con vapor de agua a fin de eliminar el tegumento. Las alteraciones microestructurales



**Figura 15.** Cotiledón de almendra Marcona remojada en NaCl 5%. Disolución de cuerpos proteicos (a) y del retículo citoplasmático (b) en una célula parenquimática.

**Figure 15.** Almond cotyledon soaked in 5% NaCl. Protein bodies (a) and cytoplasmic network (b) dissolved in a parenchymal cell.



**Figura 16.** Cotiledón de almendra Marcona remojada en NaCl 5%. Epidermis externa.

**Figure 16.** Almond cotyledon soaked in 5% NaCl. Outer epidermis.

observadas en la almendra escaldada (Figuras 17 y 18) son del mismo tipo, aunque menos drásticas, que las observadas almendras tostadas.

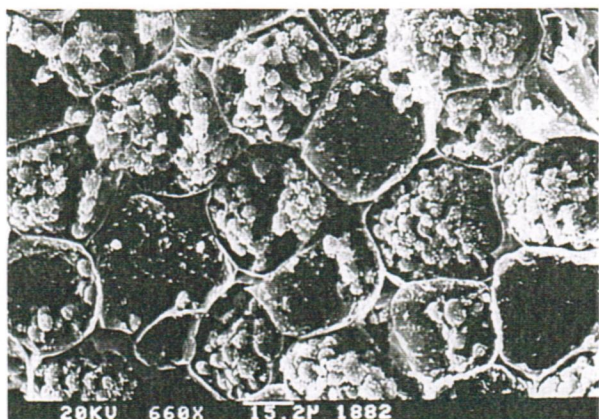
## SYNOPSIS

The microstructure of the sweet almond (variety Marcona) and the most important microstructural changes caused after blanching (steam 105 °C, 45 min), roasting (150 °C, 45 min), and soaking (H<sub>2</sub>O and NaCl 5%, 24 h), were studied by scanning electron microscopy.



**Figura 17.** Cotiledón de almendra Marcona escaldada. Algunas células agrietadas (flecha).

**Figure 17.** Blanched almond cotyledon showing cracked cells (arrow).



**Figura 18.** Cotiledón de almendra Marcona escaldada. Tejido parenquimático.

**Figure 18.** Blanched almond cotyledon. Parenchymal tissue.

The cotyledon of the raw Marcona almond without shell showed (Figure 1): (a) tegument, (b) epidermis, and (c) parenchyma. The tegument is the most external tissue, and has no cellular connection with the rest of the seed; a thick layer of cells is observed, with projecting structures on the most external layer (Figure 1). The outer epidermis (Figure 2) is made up by a layer of long, uniform cells which cover the cotyledon surface, while the inner epidermis cells (Figure 3), which are the contact tissue between the two cotyledons, are rounded and variable in size.

Most of the cotyledon tissue is made up of rather large, nearly isodiametric parenchyma cells with a thick cell wall; the narrow cell-to-cell junctions are characterized by a distinct middle lamella. The cytoplasmic membrane delimits the subcellular organelles, the protein bodies and lipid bodies (spherosomes) being the major components (Figure 4). A cytoplasmic network consisting of a membranous system structured as hexagonal cells extends throughout each parenchyma cell (Figure 5), and surrounds the cellular bodies.

After roasting (150 °C, 45 min), the cellular organization is lost and the cytoplasmic network surrounding the lipid bodies and protein bodies was altered (Figures 9 and 10); heat destroyed the middle lamella of cell-to-cell junctions; the cytoplasmic compartmentalization of the oil was lost in most of the cells, the oil drops coalesced (Figure 6) and escaped from cells through the damaged epidermal tissue (Figure 11); protein bodies were distended and aggregated (Figures 7 and 8). Other thermal modifications in the epidermic included perforations, pitting and pock-marking produced by the escape of steam and oil (Figure 11). Similar modifications were produced, although to a lesser degree, when almonds were blanched at 105 °C, 1 min (Figures 17 and 18).

Soaking in distilled water (24 h) did not cause drastic changes in the structure. The most significant modification was produced in the cytoplasmic network and cytoplasmic membranes, which were partially dissolved (Figure 12). Epidermal cells appeared more convex with blurred outlines (Figure 13).

Soaking in NaCl 5% (24 h) caused effects similar to soaking in water, and caused partial dissolution of protein bodies, which became granular in appearance (Figures 14 and 15). The outer epidermal cells appeared most affected, with more marked borders and a rougher surface, probably caused by the NaCl, which produced local dehydration (Figure 16).



## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) por la financiación del Proyecto ALI96-1126 en el que se incluye este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Berger J., Bravay G. y Berger M. (1996). *Method for preparing almond milk and products obtained*. PCT International Patent Application WO96/04800A1.
- Blázquez-Abellán G., Ortaez-Villanueva M.T. y Díaz-Marquina A. (1995). Turrón de Jijona: artisanal and industrial manufacture. *Alimentación, Equipos y Tecnología* **14**(9): 47-54.
- Branch A.L., Worthington R.E., Roth I.L., Chinnan M.S. y Nakayama Tom (1987). Effect of hot water immersion on storage stability of non-refrigerated peanuts. *Peanut Science* **14** (1): 26-30.
- Forestier D. (1991). Almonds in bakery foods. *European Food & Drink Review* **Spring**: 55, 57,59.
- Girard P. (1961). La valeur nutritive des protéines d'aman-des. *Annales de Nutrition et Alimentation* **14**: 1-10.
- Jacks T.J., Hensarling T.P., Neurece N.J., Barker R.H. y Yatsu L.Y. (1974). Isolation and characterization of spherosomal membranes in oilseeds. *Proceedings of the American Chemical Society* **167**: AGFD 8.
- Lagrange V. (1994). Product innovation with California almonds. *Food Marketing & Technology* **8**(5): 77-80.
- Lluch M.A., Galotto M.J. y Chiralt A. (1992). Scanning electron microscopy studies of a typical Spanish confectionery product: Xixona Turrón. *Food Structure* **11**: 181-186.
- Marcilla A. y Martínez E. (1994). Study of the manufacturing process of Xixona Turrón: Influence of the variables. *Journal of Food Engineering* **21**(1): 61-79.
- Murphy D.J., Cummins Y. y Kang A.S. (1989). Synthesis of the major oil-body membrane protein in developing rapeseed (*Brassica napus*) embryos. Integration with storage-lipid and storage-protein synthesis and implications for the mechanism of oil body formation. *Biochemical Journal* **258**(1): 285-293.
- Neucere N.J. y Yatsu L.Y. (1971). Storage proteins in the developing peanut. *Proceedings of the American Chemical Society* **162**: AGDF 10.
- Pouquet J. (1991). *Almond paste product, its manufacture, and novel patisserie product containing it*. French Patent Application FR 2652993 A1.
- Segerstrom A. (1990). California almonds. World-famous ingredient. *European Food & Drink Review*. **Autumn**: 117,120,125-126,128,130.
- Spiller G. (1991). Recent nutrition research on almonds. *European Food & Drink Review*. **Spring**: 46, 48, 50.
- Young C.T. y Schadel W.E. (1984). Effect of environment on the physical structure of the peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Food Microstructure* **3**: 185-190.
- Young C.T. y Schadel W.E. (1989). A method for light and scanning electron microscopy of drought-induced damage of resting peanut seed tissue. *Food Microstructure* **8** (2): 253- 256.
- Young C.T. y Schadel W.E. (1990a). Light and scanning electron microscopy of the peanut (*Arachis hypogaea* L. cv. Florunner) cotyledon after roasting. *Food Structure* **9**: 69-73.
- Young C.T. y Schadel W.E. (1990b). Transmission and scanning electron microscopy of peanut (*Arachis hypogaea* L. cv. Florigiant) cotyledon after roasting. *Food Structure* **9**: 109-112.
- Young C.T. y Schadel W.E. (1990c). Microstructure of peanut seed: a review. *Food Structure* **9**: 317-328.
- Young C.T. y Schadel W.E. (1991). Microstructure of peanut (*Arachis hypogaea* L. cv. Florigiant) cotyledons after oil cooking. *Journal of Food Science* **56** (1): 76-79.