



**UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA**

**“LECHUGA DE 4ª GAMA  
ENRIQUECIDA EN CALCIO.  
EVALUACIÓN DE ALGUNOS  
PARÁMETROS DE CALIDAD”**

**MASTER EN GESTIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIA**

Fresia Alejandra Vásquez Forttes

Dra. María Luisa Gras Romero

Dr. Daniel Vidal Brotóns

Instituto universitario de ingeniería en alimentos para el desarrollo

# LECHUGA DE 4ª GAMA ENRIQUECIDA EN CALCIO. EVALUACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS DE CALIDAD.

Fresia A. Vázquez Forttes, María L. Gras Romero<sup>1</sup>, Daniel Vidal Brotons<sup>1</sup>.

## RESUMEN

Los objetivos del trabajo fueron: (i) comprobar si es posible conseguir que una ración de 250 g de lechuga Iceberg (*Lactuca sativa*) impregnada llegue a aportar la misma cantidad de calcio (300 mg) que un vaso de leche de 250 mL, esto es, el 37,5% de la Cantidad Diaria Recomendada (800 mg/día), y (ii) analizar los efectos de la operación de IV y del enriquecimiento en calcio sobre algunos parámetros de calidad de la lechuga.

La impregnación se realizó diferenciando tres “zonas” en la hoja, en función de la diferente distribución del sistema vascular a lo largo de su eje longitudinal: punta, media y base. La disolución de impregnación contenía 62,5 g de lactogluconato de calcio por litro de agua. La etapa de vacío de la operación de IV se realizó a 500 mbar de presión.

Se ha conseguido elaborar lechuga tipo Iceberg con un contenido global de 154 mg de Ca en 250 g de producto impregnado (200, 156 y 106 mg, para las zonas punta, media y base, respectivamente), lo que corresponde al 19,3% de la Cantidad Diaria Recomendada. Con respecto al color, se obtiene un producto más “fresco” y brillante, y sin diferencias de color debidas al tratamiento. El enriquecimiento en calcio de la lechuga no afecta a sus propiedades mecánicas, aunque se detecta cierto aumento de la fuerza máxima y del trabajo de cizalla en la zona base de las hojas. La operación de IV con lactogluconato de calcio no modifica ni las tasas respiratorias ni el coeficiente respiratorio de la zona punta de las hojas.

**PALABRAS CLAVE:** Impregnación vacío, *Lactuca sativa*, propiedades mecánicas, propiedades fisicoquímicas, respiración.

## RESUM

Els objectius del treball van ser: (i) comprovar si és possible aconseguir que una ració de 250 g d'encisam Iceberg (*Lactuca sativa*) impregnada arribe a aportar la mateixa quantitat de calci (300 mg) que un got de llet de 250 mL, açò és, el 37,5% de la Quantitat Diària Recomanada (800 mg/día), i (ii) analitzar els efectes de l'operació de IV i de l'enriquiment en calci sobre alguns paràmetres de qualitat de l'encisam.

La impregnació es va realitzar diferenciant tres 'zonas' en la fulla, en funció de la diferent distribució del sistema vascular al llarg del seu eix

<sup>1</sup>Instituto universitario de ingeniería en alimentos para el desarrollo. Universidad Politécnica de Valencia. C/ Camino de Vera s/n. 46022 – Valencia (España)

longitudinal: punta, mitja i base. La dissolució d'impregnació contenia 62,5 g de lactogluconato de calci per litre d'aigua. L'etapa de buit de l'operació de IV es va realitzar a 500 mbar de pressió.

S'ha aconseguit elaborar encisam tipus Iceberg amb un contingut global de 154 mg de Ca en 250 g de producte impregnat (200, 156 i 106 mg, per a les zones punta, mitja i base, respectivament), la qual cosa correspon al 19,3% de la Quantitat Diària Recomanada. Respecte al color, s'obté un producte més 'fresco' i brillant, i sense diferències de color degudes al tractament. L'enriquiment en calci de l'encisam no afecta les seues propietats mecàniques, encara que es detecta un cert augment de la força màxima i del treball de cisalla en la zona base dels fulls. L'operació de IV amb lactogluconato de calci no modifica ni les taxes respiratòries ni el coeficient respiratori de la zona punta dels fulls.

**PARAULES CLAU:** Impregnació buit, *Lactuca sativa*, propietats mecàniques, propietats fisicoquímiques, respiració.

## **ABSTRACT**

The objectives of this work were (i) to verify if it is possible that a 250 g portion of impregnated Iceberg lettuce (*Lactuca sativa*) provides the same quantity of calcium (300 mg) as a 250 mL glass of milk, which is the 37.5% of the Recommended Daily Intake (RDI) (800 mg/day), and (ii) to analyze the effects of VI and of the enrichment with calcium on some quality parameters of the lettuce.

In the impregnation of the lettuce, three areas of the leaf were differentiated depending on the different distribution of the vascular system on a longitudinal axis: tip, middle and bottom. The solution of impregnation contained 62.5 g of calcium lactogluconate per liter of water. The vacuum period of the VI process was performed at 500 mbar.

Following what was said before, you obtain an Iceberg lettuce with a global content of 154 mg of Ca in 250 g of impregnated product (200, 156 and 106 mg, for tip, middle and bottom, respectively), that is to say the 21% of the RDI. A fresher, shinier product is obtained without presenting differences in color. Ca enrichment of the vegetable doesn't affect significantly its mechanical behavior, though a light increase of the maximum strength and of the shear work was detected in the bottom area of the leaf, probably due to the interaction of Ca with the wall pectins and cellular membranes that causes a bigger adhesion between the cells. The operation of VI with Ca lactogluconate doesn't modify the respiration rates nor the respiratory quotient of the lettuce sample's tip area.

**KEYWORDS:** Vacuum impregnation, *Lactuca sativa*, mechanics properties, phisyochemistry properties, respiration.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La impregnación al vacío es una técnica que está siendo frecuentemente utilizada para el desarrollo de alimentos funcionales (Fito et al., 2001), con la incorporación distintos nutrientes o compuestos fisiológicamente activos (PAC). Los alimentos desarrollados corresponden principalmente a los de tipo vegetal, como manzanas, mangos, lechugas, etc. Esto debido a la matriz porosa que poseen, ya que es la cualidad más importante, pues es aquí donde tiene lugar la interacción entre la matriz celular y los PAC a diferentes niveles, y es por ello que se requiere el análisis de estas interacciones para optimizar las condiciones del proceso y las propiedades del producto.

Los alimentos funcionales han ido ocupando un lugar muy significativo en las mentes de los consumidores debido a los fines que se persiguen con ellos, como por ejemplo, adquirir nutrientes de fuentes distinta a las comunes y ayudar a su salud.

FUFOSE considera que un alimento funcional debería presentarse en forma de alimentos normales, y que se deben demostrar sus efectos en las cantidades que normalmente se consumirían en la dieta. Un alimento funcional puede ser un alimento natural, un alimento al que se ha añadido un componente, o un alimento al que se le ha quitado un componente mediante medios tecnológicos o biológicos. También puede tratarse de un alimento en el que se ha modificado la naturaleza de uno o más de sus componentes, o en el que se ha modificado la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes, o cualquier combinación de estas posibilidades.

Uno de los nutrientes que las personas tienen más presente a la hora de alimentarse es el calcio, lo que lo convierte en un PAC muy importante para este trabajo. El calcio es un mineral cuya presencia en la dieta es muy importante debido a que se encuentra en gran cantidad en nuestro organismo, principalmente huesos y dientes y pertenece al grupo de los macro elementos. Las principales funciones del calcio son: estructural, forma parte del tejido óseo en un 90%; coagulación sanguínea, activando la protrombina y transformando fibrinógeno soluble en fibrina; contracción muscular y en la síntesis de prostaglandinas y de enzimas hormonales entre otras (Gras, 2001). Sin embargo, adquirir este mineral tiene algunos problemas, ya que las principales fuentes son los productos lácteos que contienen otros nutrientes como la lactosa y algunas proteínas de origen animal causantes de intolerancias y alergias. Por ello se hace imprescindible la obtención de éste en la misma cantidad que aporta un lácteo, pero a través de otros alimentos y a su vez eliminando el problema comentado.

En este trabajo se ha analizado el efecto de la operación IV y del enriquecimiento con calcio en la lechuga tipo iceberg, tanto sus propiedades mecánicas, color, tasa de respiración y propiedades fisicoquímicas.

### **1.1 Objetivos**

#### **1.1.1 OBJETIVO GENERAL**

➤ Desarrollo de una lechuga enriquecida en calcio a través de la técnica de impregnación al vacío y que 250 g de ella pueda aportar este mineral en la misma cantidad que un vaso de leche.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

➤ Realizar la evaluación de propiedades mecánicas, color, tasa de respiración y propiedades fisicoquímicas de lechuga tipo Iceberg (*Lactuca sativa*) antes y después de impregnarla al vacío con lactogluconato de calcio.

➤ Determinar la cantidad de calcio impregnada en este tipo de lechuga para alcanzar un aporte parecido al de un vaso de leche.

## 1.2 Hipótesis

La lechuga tipo iceberg impregnada al vacío con lactogluconato de calcio resulta ser un poco más crujiente, con una variación muy pequeña en su tasa de respiración y su color.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Materias Primas y preparación de las muestras

Los experimentos realizados fueron llevados a cabo con una variedad de lechuga tipo iceberg suministrada por una empresa del sector, procurando homogeneidad en forma, color y grado de frescura aparente.

Con el fin de analizar las posibles diferencias en cuanto a su aptitud para la impregnación a vacío, se han diferenciado tres zonas en la hoja, justificadas por la diferente distribución del sistema vascular a lo largo de su eje longitudinal: punta (P), media (M) y base (B).

Para ello se trabajó con lechugas tipo iceberg enteras y frescas, eliminándose las hojas más externas (alrededor de las 2 primeras capas de hoja), debido a que presentan daño por estar en contacto directo con el medio, además de golpes por transporte. Las hojas seleccionadas como muestras para los ensayos se cortaron en rectángulos de 4x5 cm<sup>2</sup> aproximadamente, por las diferentes zonas establecidas.

### 2.2 Disoluciones de impregnación

En los ensayos llevados a cabo con el propósito de caracterizar el comportamiento de las hojas de lechuga durante la operación de impregnación a vacío se emplearon disoluciones acuosas de sacarosa, de igual actividad de agua respecto a la disolución de calcio establecida.

En los ensayos llevados a cabo con el propósito de enriquecer en calcio las hojas de lechuga se emplearon disoluciones acuosas de lactogluconato de calcio (Puracal XPRO. Product code: 72541. PURAC.), seleccionado por su contenido en calcio ( $\approx 13\%$ ), su elevada solubilidad, sus buenas propiedades sensoriales (sabor neutro) y biodisponibilidad similar al calcio

que proviene de la leche. La concentración de sal presente en la disolución de impregnación fue siempre de 62,5 g/L para la realización de la impregnación en este tipo de lechugas y así conseguir la concentración de calcio que se deseaba finalmente en el producto impregnado. La densidad de la disolución de lactogluconato de calcio empleada en este estudio es de 1,0317 g/cm<sup>3</sup>.

En todos los ensayos la relación entre la masa inicial de material vegetal y la masa de la disolución exterior fue de 1/20 por igual para todas las zonas.

### 2.3 Impregnación al vacío y el enriquecimiento en calcio

Todas las experiencias de impregnación a vacío se llevaron a cabo en un equipo de planta piloto en el Instituto de ingeniería de alimentos para el desarrollo de la Universidad Politécnica de Valencia (Fito et al., 1996).

La presión de vacío con la que se trabajó para todas las impregnaciones fue de 500 mbar.

En las experiencias llevadas a cabo con el objeto de enriquecer con calcio las hojas de lechuga se tuvo la precaución de mantener agitada la disolución de impregnación con ayuda de un agitador magnético (IKA LABORTECHNICK mod. RH basic). Lo anterior se hizo para evitar que la salida de líquido nativo durante la etapa de vacío dificultase la entrada de la disolución de impregnación. Con ayuda de una rejilla de plástico, las muestras de mantuvieron sumergidas en la disolución de impregnación. Con el fin de eliminar el exceso de disolución que pudiera quedar adherido en su superficie, el producto fue centrifugado con ayuda de una centrífuga manual antes de ser analizado.

### 2.4 Determinaciones analíticas

Todas las determinaciones analíticas se realizaron por triplicado y a temperatura ambiente, salvo especificación contraria.

Las propiedades fisicoquímicas y la porosidad fueron medidas con las siguientes determinaciones:

- ✓ La actividad de agua se determinó con un higrómetro de punto de rocío (DECAGÓN modelo FA-st lab GBX, Instrumentation Scientifique, Francia) con una sensibilidad de 0,003.
- ✓ El contenido en agua de las muestras de lechuga se determinó siguiendo el método oficial AOAC nº 20.013 (1980), en una estufa de vacío (P-SELECTA mod. Vaciotem-T) a unos 213 mbar y 75 °C.
- ✓ Para determinar la densidad real ( $\rho_r$ ) de las disoluciones de impregnación se utilizó el método del picnómetro. Mientras que la densidad real de las muestras de lechuga fueron predichas con la ecuación 3 a través de la fracción másica de agua,  $X_w$ , (Lewis, 1993), esto debido a las dificultades que existen a la hora de desgasificar la muestras para utilizar el método anterior.

$$\rho_{SL} = 1590 * \left( + 0,590 * X_w \right)^{-1} \quad (1)$$

donde:

$\rho_{SL}$  : densidad real solido liquido (Kg/m<sup>3</sup>).

$X_w$  : fracción másica de agua (g/g).

- ✓ La densidad aparente de las muestras de lechuga se determinó por el método de desplazamiento volumétrico utilizando un picnómetro para sólidos y como líquido de referencia, agua.
- ✓ La porosidad fue calculada con los valores de las densidades obtenidas anteriormente según la ecuación 2:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{SL}} \quad (2)$$

donde:

$\varepsilon$  : porosidad de la muestra.

$\rho_{SL}$  : densidad real solido liquido calculada (Kg/m<sup>3</sup>).

$\rho_{ap}$  : densidad aparente de la muestra (Kg/ m<sup>3</sup>).

- ✓ El pH se determinó con un multímetro (CRISON MM40).
- ✓ El color se midió con un Colorímetro visible de CIEL\*a\*b\* (MINOLTA CM3600D), con el cual se obtuvieron las coordenadas de color y con  $\Delta E$  se calcularán las diferencias para cada zona y cada tratamiento.

## 2.1 Propiedades mecánicas

Para medir las propiedades mecánicas de las muestras de lechuga se seleccionó el método de punción para las zonas punta y media, cuyo diámetro de punta fue de 6 mm, mientras que para la zona base el método fue el de rotura por cizalla. El equipo que se utilizó fue un analizador de textura Aname TAXT Plus (Stable Micro Systems, London) equipado con una célula de carga de 50 Kg. La velocidad del ensayo fue de 3 mm/s para las zonas punta y media, mientras que para la zona base fue de 5 mm/s. La textura en lechuga es difícil de medir debido a la alta heterogeneidad de las muestras, por ello se realizaron análisis de 30 muestras por tratamiento.

## 2.2 Tasa respiratoria

La tasa respiratoria de las muestras de lechuga frescas y tratadas se determinó a 4 °C mediante un sistema estático. Por medio de una aguja conectada a un analizador de gases (PBI Dansensor-CheckMate II O<sub>2</sub>/ CO<sub>2</sub>, Ringsted, Denmark) se determinó la concentración de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> cada 20-30 minutos durante aproximadamente 4 horas. Las medidas se realizaron por triplicado para cada una de las diferentes zonas, aireando los recipientes para evitar condiciones de anaerobiosis.

Eligiendo como puntos experimentales aquellos que presentaron una buena relación lineal entre la concentración del gas y el tiempo (lo que indica que durante ese periodo de tiempo no ocurrieron cambios en la pauta

respiratoria de las muestras), la tasa respiratoria (TR, mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) en términos de generación de CO<sub>2</sub> y consumo de O<sub>2</sub> se determinó a partir de la pendiente de una ecuación lineal que representa la relación entre la concentración del gas (%) y el tiempo (min).

Una vez conocida la pendiente de la recta, se calculó la tasa respiratoria (3):

$$TR = \alpha \frac{V}{M} \cdot \frac{1000 \cdot 60}{100} \quad (3)$$

donde:

M : masa de producto presente en cada tarro (g).

V : volumen del espacio de cabeza (mL)

Una vez calculadas las tasas respiratorias (TR) se obtuvo el coeficiente de respiración (CR).

### **2.3 Contenido en calcio**

El contenido en calcio de las muestras de lechuga frescas y procesadas se determinó mediante un cromatógrafo líquido de intercambio iónico para la detección de aniones y cationes por supresión química y diálisis (METROHM Ltd. mod. MIC-7 Compact).

Se siguió la misma metodología que aparece en la tesis “Estudio de la viabilidad tecnológica de la fabricación de lechuga romana (var. Ivernia) de cuarta gama enriquecida en calcio”, (Ahmad Qasem, 2009) con los mismo equipos.

Las determinaciones se realizaron por duplicado en cada una de las tres repeticiones de la operación de IV de cada zona.

### **2.4 Análisis estadísticos**

Para el estudio de los resultados obtenidos se utilizó el paquete estadístico Statgraphics 5.1.

## **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1 Determinaciones analíticas**

#### **3.1.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA POR ZONAS DE LA LECHUGA TIPO ICEBERG Y EL EFECTO DE LA IMPREGNACIÓN AL VACÍO EN ELLAS.**

A continuación se presentan los valores medios de las propiedades físico-químicas analizadas para cada una de las zonas identificadas (punta, media, base) y para cada tratamiento aplicado (sin impregnar, impregnación

con sacarosa e impregnación con lactogluconato de calcio) en la lechuga tipo iceberg empleada en este estudio.

Para analizar las diferencias entre distintas zonas de la hoja y el procesado se realizó un análisis múltiple de la varianza.

**TABLA III.1.** Caracterización fisicoquímica de lechuga tipo iceberg sin impregnar.

	<b>Lechuga sin impregnar</b>		
	Punta	Media	Base
$x_w$	0,950 $\pm$ 0,004 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	0,952 $\pm$ 0,002 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	0,953 $\pm$ 0,003 <sub>a</sub> <sup>b</sup>
$a_w$	0,992 $\pm$ 0,003 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	0,992 $\pm$ 0,003 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	0,992 $\pm$ 0,003 <sub>a</sub> <sup>b</sup>
pH	6,35 $\pm$ 0,02 <sub>a</sub> <sup>d</sup>	6,11 $\pm$ 0,02 <sub>b</sub> <sup>d</sup>	5,76 $\pm$ 0,02 <sub>c</sub> <sup>d</sup>
$\rho_{ap}$ (g/cm <sup>3</sup> )	0,954 $\pm$ 0,003 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	0,956 $\pm$ 0,001 <sub>ab</sub> <sup>c</sup>	0,957 $\pm$ 0,003 <sub>b</sub> <sup>c</sup>
$\rho_{SL}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,019 $\pm$ 0,001 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	1,018 $\pm$ 0,008 <sub>ab</sub> <sup>c</sup>	1,018 $\pm$ 0,001 <sub>b</sub> <sup>c</sup>
$\epsilon$ (%)	6,4 $\pm$ 0,4 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	6,1 $\pm$ 0,8 <sub>ab</sub> <sup>c</sup>	5,9 $\pm$ 0,2 <sub>b</sub> <sup>c</sup>

**TABLA III.2.** Caracterización fisicoquímica de lechuga tipo iceberg impregnada con sacarosa.

	<b>Lechuga impregnada con sacarosa</b>		
	Punta	Media	Base
$x_w$	0,913 $\pm$ 0,014 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	0,942 $\pm$ 0,002 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	0,945 $\pm$ 0,003 <sub>a</sub> <sup>b</sup>
$a_w$	0,992 $\pm$ 0,003 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	0,986 $\pm$ 0,003 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	0,992 $\pm$ 0,003 <sub>a</sub> <sup>b</sup>
pH	6,26 $\pm$ 0,02 <sub>a</sub> <sup>d</sup>	5,89 $\pm$ 0,02 <sub>b</sub> <sup>d</sup>	5,73 $\pm$ 0,02 <sub>c</sub> <sup>d</sup>
$\rho_{ap}$ (g/cm <sup>3</sup> )	0,955 $\pm$ 0,001 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	0,956 $\pm$ 0,001 <sub>ab</sub> <sup>c</sup>	0,956 $\pm$ 0,001 <sub>b</sub> <sup>c</sup>
$\rho_{SL}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,033 $\pm$ 0,006 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	1,022 $\pm$ 0,001 <sub>ab</sub> <sup>c</sup>	1,021 $\pm$ 0,001 <sub>b</sub> <sup>c</sup>
$\epsilon$ (%)	7,6 $\pm$ 0,5 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	6,4 $\pm$ 0,1 <sub>ab</sub> <sup>c</sup>	6,3 $\pm$ 0,1 <sub>b</sub> <sup>c</sup>

**TABLA III.3.** Caracterización fisicoquímica de lechuga tipo iceberg impregnada en LG de calcio.

	<b>Lechuga impregnada con LG de calcio</b>		
	Punta	Media	Base
$x_w$	0,939 $\pm$ 0,004 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	0,945 $\pm$ 0,003 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	0,953 $\pm$ 0,003 <sub>a</sub> <sup>b</sup>
$a_w$	0,996 $\pm$ 0,003 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	0,991 $\pm$ 0,003 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	0,991 $\pm$ 0,003 <sub>a</sub> <sup>b</sup>
pH	6,13 $\pm$ 0,02 <sub>a</sub> <sup>d</sup>	5,88 $\pm$ 0,02 <sub>b</sub> <sup>d</sup>	5,75 $\pm$ 0,02 <sub>c</sub> <sup>d</sup>
$\rho_{ap}$ (g/cm <sup>3</sup> )	0,954 $\pm$ 0,001 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	0,955 $\pm$ 0,001 <sub>ab</sub> <sup>c</sup>	0,956 $\pm$ 0,001 <sub>b</sub> <sup>c</sup>
$\rho_{SL}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,023 $\pm$ 0,002 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	1,021 $\pm$ 0,001 <sub>ab</sub> <sup>c</sup>	1,018 $\pm$ 0,001 <sub>b</sub> <sup>c</sup>

$\epsilon$ (%)	6,7 $\pm$ 0,2 <sub>a<sup>c</sup></sub>	6,4 $\pm$ 0,1 <sub>ab<sup>c</sup></sub>	6,1 $\pm$ 0,1 <sub>b<sup>c</sup></sub>
----------------	--	---	--

X<sub>w</sub>: Contenido de agua (g/g).

a<sub>w</sub>: Actividad de agua.

- El superíndice indica, para una zona, si existen diferencias entre los tratamientos.

- El subíndice compara, en un tratamiento, las diferencias entre las tres zonas.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de la a<sub>w</sub> entre las zonas para un nivel de confianza del 95%, tampoco para los tratamientos (Sin impregnar, impregnado con sacarosa e impregnado con LG de calcio) ni para la interacción de las dos variables consideradas. Sucede exactamente lo mismo para el contenido de agua, X<sub>w</sub>. Lo anterior se puede explicar debido a que la hoja de la lechuga tipo iceberg si bien presenta diferencias entre las zonas por la vascularidad a simple vista, pero eso no sería suficiente como para establecer que sus vasos tengan una cantidad de agua diferente entre ellas. Según esto, y de acuerdo a los tratamientos aplicados, tampoco ocasionarían grandes cambios. Todo resulta ser muy concordante, ya que se da para ambos datos, contenido de agua y actividad de agua, a pesar de que no es una regla general.

Hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de la D<sub>ap</sub> y de D<sub>r</sub> para un 95,0% de nivel de confianza para las distintas zonas evaluadas y al comparar por zonas se especifica que existen diferencias con la Base respecto a la Punta. De acuerdo a los tratamientos aplicados no existen diferencias significativas entre las medias de la D<sub>ap</sub> y D<sub>r</sub>, tampoco hay diferencias para la interacción entre los dos factores (Tratamientos y zonas). Lo mismo sucede con la porosidad. Esto se explica por la distribución heterogénea del sistema vascular de la hoja de lechuga, y justifica la necesidad de tener en cuenta este factor en el estudio de la capacidad de impregnación del material vegetal. Hay que tener en cuenta que, en la evaluación de esta porosidad, los haces vasculares que se encuentren llenos de savia se contabilizan evidentemente como parte del tejido no poroso, pero en el transcurso de la operación de IV juegan un papel decisivo, ya que son susceptibles de vaciarse de savia y llenarse después de solución externa (Gras et al., 2002a). Por lo que la porosidad "natural" no es un buen estimador de la capacidad de impregnación a vacío en este tipo de tejidos. Así, por ejemplo, las puntas presentan mayor porosidad que la zona de la base, pero esto puede deberse tanto a diferencias en el "nivel de llenado" de los vasos como a diferencias anatómicas de los tejidos.

Para las medias de pH si hay diferencias significativas por zonas, mientras que no lo hay según el tratamiento aplicado ni tampoco para la interacción de estos dos factores. Al comparar cada zona de acuerdo al análisis estadístico realizado existen diferencias significativas de las medias de los pH entre todas las zonas, es decir, hay diferencias entre Punta Media, Media Base y Punta Base. Esto se podría deber a que la composición y vascularidad de la lechuga por zonas puede ser diferente.

Con respecto al color, abajo se presenta la tabla que contiene las medias de cada parámetro y anexada a ella los valores de  $\Delta E$  para cada zona.

**TABLA III.4.** Coordenadas CIEL\*a\*b\* para la lechuga tipo iceberg impregnada en calcio y sin impregnar.

ZONA	SIN IMPREGNAR			IMPREGNADA		
	PUNTA	MEDIA	BASE	PUNTA	MEDIA	BASE
L*	68,1 ± 4,9 <sub>a</sub> <sup>d</sup>	79,5 ± 6,0 <sub>b</sub> <sup>d</sup>	56,1 ± 3,8 <sub>c</sub> <sup>d</sup>	65,7 ± 3,3 <sub>a</sub> <sup>d</sup>	82,9 ± 4,1 <sub>b</sub> <sup>d</sup>	55,8 ± 4,2 <sub>c</sub> <sup>d</sup>
a*	-11,2 ± 1,4 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	-10,1 ± 2,1 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	-1,8 ± 0,4 <sub>b</sub> <sup>c</sup>	-11,4 ± 1,7 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	-12,6 ± 3,1 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	-1,3 ± 0,4 <sub>b</sub> <sup>c</sup>
b*	35,2 ± 4,3 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	29,7 ± 5,8 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	7,1 ± 1,6 <sub>b</sub> <sup>c</sup>	37,1 ± 4,8 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	50,3 ± 4,1 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	4,9 ± 1,1 <sub>b</sub> <sup>c</sup>
h*	108,1 ± 5,9 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	109,8 ± 10,2 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	105,0 ± 8,6 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	107,6 ± 6,4 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	104,4 ± 6,2 <sub>a</sub> <sup>b</sup>	105,5 ± 10,1 <sub>a</sub> <sup>b</sup>
C*	37 ± 5,2 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	31,6 ± 6,7 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	7,4 ± 2,0 <sub>b</sub> <sup>c</sup>	38,9 ± 5,8 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	52,0 ± 4,5 <sub>a</sub> <sup>c</sup>	5,2 ± 1,4 <sub>b</sub> <sup>c</sup>

**TABLA III.5.** Diferencial del color entre las correspondientes zonas impregnadas y sin impregnar para la lechuga tipo iceberg.

	Entre Punta	Entre Media	Entre Base
$\Delta E$	3,1 ± 2,0	21 ± 3,0	2,3 ± 0,5

- El superíndice indica, para una zona, si existen diferencias entre los tratamientos.
- El subíndice compara, en un tratamiento, las diferencias entre las tres zonas.

De acuerdo a lo anterior, la a\* presenta una diferencia estadísticamente significativa según las zonas con un nivel de confianza del 95%, en donde la punta y media son distintas a la base, pero con respecto al tratamiento no hay diferencias ni tampoco en la interacción de ambos factores. Esto se puede explicar debido a que a simple vista el color verde de la lechuga se concentra de más en las zonas punta y media que en la base.

Luego la b\* presenta una diferencia estadísticamente significativa según las zonas, en donde la punta y media son distintas a la base, pero con respecto al tratamiento no hay diferencias ni tampoco en la interacción de ambos factores. Aquí pasa algo parecido a lo explicado anteriormente puesto que el color amarillo se puede apreciar mejor en esas zonas que en la base. En el C\* paso igual y obedece a la misma explicación, mientras que para la h\* no hay diferencias ni de zonas ni de tratamiento ni su interacción.

Con respecto a la L\* o luminosidad de la muestra hay diferencias sólo por zonas no por tratamiento ni su interacción. El análisis arroja que cada zona es distinta a la otra en luminosidad, esto se debe a la misma vascularización que posee cada zona, ya que es distinta, la cual provoca una cierta transparencia en la hoja de lechuga más pronunciada en la zona base y hace que la luminosidad sea menor.

Según la tabla III.5 que muestra las diferencias de color por zona para la muestra impregnada y sin impregnar se puede decir que la zona que mayor diferencia presento fue la zona media y en especial la b\* que indica el color amarillo más pronunciado en la impregnada que en la otra muestra y esto puede deberse a lo recién explicado, ya que la impregnación disminuye la transparencia lo que puede intensificar el amarillo de la hoja.

### 3.1.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS DISOLUCIONES DE SACAROSA Y LACTOGLUCONATO DE CALCIO ANTES Y DESPUÉS DE IMPREGNAR.

A continuación se presentan los valores medios de las propiedades físico-químicas analizadas para las disoluciones de impregnación antes y después de ésta. Como al inicio la disolución es igual para todas las zonas sólo se analiza por zonas el líquido después de impregnar.

Para analizar las diferencias antes y después de impregnar y luego entre distintas zonas, se realizó un análisis múltiple de la varianza.

Este análisis se realiza principalmente para ver la posibilidad de ocupar nuevamente la misma solución de impregnación una segunda vez, sin embargo falta evaluar si la concentración de calcio sigue siendo buena como para lograr el objetivo de llegar a una concentración de éste en la lechuga igual a un vaso de leche de 250 mL.

**TABLA III.6.** Caracterización de las disoluciones de impregnación.

<b>Solución LG de calcio</b>				
	Antes de la impregnación	Después de la impregnación		
		Solución Punta	Solución Media	Solución Base
Brix	6,5±0,5 <sub>b</sub>	6,4±0,5 <sub>b</sub>	6,4±0,5 <sub>b</sub>	6,4±0,5 <sub>b</sub>
aw	0,985±0,003 <sub>b</sub>	0,984±0,003 <sub>b</sub>	0,985±0,003 <sub>b</sub>	0,984±0,003 <sub>b</sub>
pH	7,33±0,02 <sub>b</sub>	6,53±0,02 <sub>b</sub>	7,14±0,02 <sub>b</sub>	7,22±0,02 <sub>b</sub>
<b>Solución sacarosa</b>				
	Antes de la impregnación	Después de la impregnación		
		Solución Punta	Solución Media	Solución Base
Brix	14±0,5 <sub>b</sub>	14±0,5 <sub>b</sub>	14±0,5 <sub>b</sub>	14±0,5 <sub>b</sub>
aw	0,985±0,003 <sub>b</sub>	0,984±0,003 <sub>b</sub>	0,984±0,003 <sub>b</sub>	0,983±0,003 <sub>b</sub>
pH	6,58±0,02 <sub>b</sub>	6,43±0,04 <sub>b</sub>	6,38±0,02 <sub>b</sub>	6,21±0,02 <sub>b</sub>

aw: Actividad de agua.

Como se puede apreciar a simple vista en la tabla III.6 para las medias del aw no hay diferencias estadísticamente significativas a pesar de haber utilizado la solución para la impregnación. Lo mismo sucede con los grados Brix y con el pH. Hay que considerar que esto se realizó a nivel laboratorio, por lo que las cantidades de solución utilizadas no serán las mismas que se utilicen en la industria. Según lo anterior, para una industria sería fundamental analizarlo in situ y además se recomienda también un análisis de tipo microbiológico para la seguridad alimentaria, además del calcio como ya se dijo.

### 3.2 Enriquecimiento con lactogluconato de calcio

En este apartado se presentan las concentraciones de calcio alcanzados en las distintas zonas de la hoja de lechuga tipo iceberg. Para ver si existen diferencias entre las zonas de la lechuga impregnada se realiza un análisis de varianza simple.

Las características fisico-químicas de la disolución de calcio utilizada se presentaron en el apartado anterior y es con esa disolución con la cual se va a trabajar para todas las impregnaciones en calcio.

Las determinaciones se realizaron por duplicado en cada una de las tres repeticiones de la operación de IV de cada zona. Los resultados del análisis del contenido en calcio se muestran en la tabla III.7.

**TABLA III.7.** Contenido de calcio de las distintas zonas impregnadas.

Zonas	Contenido en calcio (mg en 250 g de lechuga)
Punta	200±58 <sup>a</sup>
Media	156±15 <sup>a</sup>
Base	106±24 <sup>a</sup>
Promedio	154±48

De acuerdo al análisis estadístico, resultó no tener diferencias significativas, entre las zonas, las medias de contenido de calcio con un nivel de confianza del 95%.

Esto puede deberse por lo comentado en los análisis fisicoquímicos, que la vascularidad de las zonas es diferente y también la porosidad, pero no es significativa al momento de realizar la impregnación.

### 3.3 Efecto de la operación de impregnación al vacío y del contenido en calcio sobre la respiración y las propiedades mecánicas de la lechuga tipo iceberg

A continuación se presentan los resultados obtenidos al evaluar en las tres zonas (punta, media y base) de la hoja de lechuga tipo iceberg la respiración y las propiedades mecánicas.

#### 3.3.1 EFECTO SOBRE LA RESPIRACIÓN

Para evaluar el efecto de la impregnación a vacío y del enriquecimiento con calcio sobre la tasa respiratoria de la lechuga tipo iceberg se trabajó con muestras de lechuga de las tres zonas. En todo el intervalo de medida, la evolución de la concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en el espacio de cabeza de las cámaras empleadas siguió una tendencia lineal, lo que pone de manifiesto que la modificación de la atmósfera provocada por el propio consumo y generación de gases por parte del tejido vegetal no supuso un cambio en su tendencia respiratoria. Dado que los tratamientos de impregnación a vacío

con las soluciones ensayadas implicaron cambios en la masa de las muestras pero no en el número de células, las tasas respiratorias se han expresado por kg de muestra sin impregnar para hacer comparables los valores. Los resultados se ven reflejados en la tabla III.8.

**TABLA III.8.** Resultados de los parámetros de respiración por zonas y tratamiento.

Zona	Tratamiento	Parámetros de respiración		
		TRO <sub>2</sub> (mL O <sub>2</sub> /kg h)	TRCO <sub>2</sub> (mL CO <sub>2</sub> /kg h)	CR (mL CO <sub>2</sub> / mL O <sub>2</sub> )
Punta	Sin IV	54±1 <sup>a</sup>	54±1 <sup>a</sup>	1,00±0,00 <sup>a</sup>
Punta	IV sacarosa	53±1 <sup>a</sup>	53±1 <sup>a</sup>	1,00±0,00 <sup>a</sup>
Punta	IV LG calcio	54±1 <sup>a</sup>	54±1 <sup>a</sup>	1,00±0,00 <sup>a</sup>
Media	Sin IV	56±0 <sup>a</sup>	56±0 <sup>a</sup>	1,00±0,00 <sup>a</sup>
Media	IV sacarosa	55±0 <sup>a</sup>	55±0 <sup>a</sup>	1,00±0,00 <sup>a</sup>
Media	IV LG calcio	61±7 <sup>a</sup>	56±0 <sup>a</sup>	0,92±0,12 <sup>a</sup>
Base	Sin IV	50±0 <sup>a</sup>	50±0 <sup>a</sup>	1,00±0,00 <sup>a</sup>
Base	IV sacarosa	49±0 <sup>a</sup>	49±0 <sup>a</sup>	1,00±0,00 <sup>a</sup>
Base	IV LG calcio	106±2 <sup>a</sup>	71±1 <sup>a</sup>	0,67±0,00 <sup>a</sup>

Según el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias los valores de la tasa de respiración para el dióxido de carbono son del orden de 20-40 mL CO<sub>2</sub>/kg h. Esta diferencia con respecto a la tasa respiratoria demuestra que todas las operaciones repercuten de manera importante en el metabolismo de los productos.

De acuerdo al análisis estadístico aplicado a los valores anteriores se observa que ni el tratamiento ni la zona provocan diferencias significativas entre el consumo de oxígeno ni en la generación de dióxido de carbono ni tampoco para el coeficiente de respiración. Sin embargo cabe mencionar que la impregnación a vacío con lactogluconato de calcio resultó que las muestras de lechuga de la zona punta y media, mantuvieron el valor de la tasa respiratoria, tanto en términos de consumo de oxígeno (TRO<sub>2</sub>) como en términos de generación de dióxido de carbono (TRCO<sub>2</sub>) a excepción del oxígeno en la zona media. Mientras que, en la zona base aumenta la tasa considerablemente. Además, el aumento en la tasa respiratoria de O<sub>2</sub> resultó más acusado que el aumento en la tasa respiratoria de dióxido de carbono en la zona media y base, lo que tuvo como consecuencia un descenso en el valor del cociente respiratorio (CR). Estos últimos resultados indican que, como consecuencia de la impregnación a vacío, los sustratos utilizados mayoritariamente en el proceso respiratorio dejaron de ser ácidos orgánicos y pasaron a ser hidratos de carbono, es decir, la impregnación a vacío previene el desarrollo de rutas anaerobias fermentativas. En otros trabajos, en donde se trato con frutas con una elevada proporción de tejido parenquimático (Ceballos et al., 2004; Torres et al., 2004; Moraga et al.,

2004; Castelló, 2007), reportaron un acusado descenso en la tasa respiratoria, especialmente en el consumo de oxígeno, como consecuencia de la menor difusividad de este gas en la fase líquida (disolución de impregnación) emplazada en los espacios intercelulares de las muestras impregnadas. Esto último puede verse en la impregnación con sacarosa en todas las zonas con un descenso muy pequeño tanto en TRO<sub>2</sub> como en TRCO<sub>2</sub>. Como ya se ha dicho anteriormente, las hojas de lechuga poseen una proporción elevada de tejido vascular, por lo que la entrada de esta disolución externa pudo no ser tan relevante como la pérdida de líquido nativo experimentada por las mismas durante la etapa de vacío.

Como ya se comentó al inicio, la presencia de calcio en la disolución de impregnación no afectó de forma significativa a la tasa respiratoria de las muestras analizadas. Estos resultados difieren de los reportados en estudios previos (Castelló, 2007), en los que se observa un descenso en la tasa respiratoria, tanto para O<sub>2</sub> como para CO<sub>2</sub>, conforme aumenta la concentración de calcio presente en la disolución de impregnación.

### 3.3.2 EFECTO SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS

De las curvas Fuerza-Desplazamiento obtenidas se determinó: la fuerza máxima, la distancia a la que se alcanza la fuerza máxima, o deformación a rotura, el módulo elástico, el trabajo de cizalla hasta la fuerza máxima y el número de picos hasta la fuerza máxima. Estos dos últimos ensayos sólo interesaban en la base, por lo que sólo en ella se realizó.

Los resultados obtenidos para cada parámetro se muestran en la tabla III.9

**TABLA III.9.** Parámetros de textura para las tres zonas analizadas y los distintos tratamientos aplicados.

Zona	Tratamiento	Parámetros estudiados				
		DFmáxima (mm)	Fmáxima (N)	Módulo elástico (N/mm)	AFmáxima (N.mm)	Nº de picos
Punta	sin IV	2,3±0,4 <sup>a</sup> <sub>c</sub>	3,4±0,8 <sup>a</sup> <sub>c</sub>	1,6±0,3 <sup>a</sup> <sub>c</sub>		
Punta	IV sacarosa	3,0±0,7 <sup>a</sup> <sub>c</sub>	3,1±0,4 <sup>a</sup> <sub>c</sub>	1,5±0,2 <sup>a</sup> <sub>c</sub>		
Punta	IV LG de calcio (80 mg calcio/ 100 g producto)	2,2±0,5 <sup>a</sup> <sub>c</sub>	3,2±0,5 <sup>a</sup> <sub>c</sub>	1,6±0,2 <sup>a</sup> <sub>c</sub>		
Media	sin IV	2,6±0,7 <sup>a</sup> <sub>c</sub>	4,3±0,9 <sup>a</sup> <sub>c</sub>	1,8±0,4 <sup>a</sup> <sub>c</sub>		
Media	IV sacarosa	2,4±0,5 <sup>a</sup> <sub>c</sub>	4,3±0,8 <sup>a</sup> <sub>c</sub>	1,8±0,4 <sup>a</sup> <sub>c</sub>		
Media	IV LG de calcio (62 mg calcio/ 100 g producto)	2,3±0,4 <sup>a</sup> <sub>c</sub>	4,2±0,9 <sup>a</sup> <sub>c</sub>	2,0±0,6 <sup>a</sup> <sub>c</sub>		
Base	sin IV	9,0±1,3 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	28,3±6,2 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	3,7±2,0 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	99±17 <sup>c</sup>	8±2 <sup>c</sup>
Base	IV sacarosa	7,3±1,6 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	32,5±3,1 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	4,9±2,0 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	100±25 <sup>c</sup>	4±2 <sup>c</sup>
Base	IV LG de calcio (35 mg calcio/ 100 g producto)	8,0±0,9 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	35,4±3,7 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	4,4±1,5 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	126±17 <sup>c</sup>	6±2 <sup>c</sup>

- El superíndice indica, para una zona, si existen diferencias entre los tratamientos.

- El subíndice compara, en un tratamiento, las diferencias entre las tres zonas.

De acuerdo a la deformación máxima no existen diferencias estadísticas significativas con un nivel de confianza del 95% entre las medias para los tratamientos ni para las interacciones de los factores. Sin embargo, si existen diferencias a nivel de zonas, en donde la base es diferente respecto a las zonas punta y media. Esto también sucede para la fuerza máxima y para el modulo elástico.

Al analizar el trabajo de deformación máximo y los picos de las curvas hasta la fuerza máxima que se calculó sólo para la zona base se obtiene que no hay diferencias significativas para las medias de trabajo de deformación máximo entre los distintos tratamientos y tampoco la hay para el número de picos.

Estas diferencias de comportamiento, entre y sólo en las zonas estudiadas, pueden deberse a los distintos tamaños de las células y también a diferencias en el grosor y proporción de las paredes celulares de las diferentes zonas, ya que cuanto mayores son las células y más gruesas son las paredes celulares más crujiente es el material.

En algunos productos vegetales que se consumen en fresco, la característica textural más valorada por los consumidores es la sensación de crujiente, que en gran medida depende de la disposición de las células, de la adherencia entre ellas y de su turgencia (Rojo y Vincent, 2005). El calcio, con su papel estabilizador en las membranas y paredes vegetales al poder interactuar con las pectinas, puede contribuir a la adherencia entre ellas y formar una estructura firme. Al observar la tabla anterior se puede apreciar que la lechuga impregnada con sacarosa presenta menor sensación de crujiente al ser algo más deformable, mientras que la impregnada con calcio "restaura" las características "iniciales".

Si la disolución de IV no contiene calcio, el calcio perdido en la etapa de vacío no se recupera en la etapa a presión atmosférica, de forma que nos encontramos al final con un tejido más pobre en calcio y es por eso su comportamiento textural.

#### **IV. CONCLUSIONES**

Según lo visto en la caracterización fisicoquímica de la lechuga tipo iceberg los tratamientos no afectarían a la hoja por lo que facilita y corrobora que se podría proceder sin problemas a la realización del producto enriquecido según lo planteado en los objetivos.

El aspecto visual de las muestras enriquecidas es el de un producto más fresco, más brillante, sin embargo no existen diferencias de color respecto a las muestras sin enriquecer, lo que estuvo demostrado en el análisis estadístico de los valores experimentales.

Las soluciones a ocupar estarían aptas para su reutilización de acuerdo a los análisis realizados, lo cual sería muy conveniente para la aplicación

industrial y en vista de la gestión medio ambiental, sin embargo se recomienda la vigilancia tanto del contenido de calcio para que sea este el suficiente para lograr el objetivo principal, además de analizar a nivel microbiológico la solución para que se resguarde la seguridad alimentaria del producto.

De acuerdo al análisis estadístico de las medias de la tasa de respiración respecto a las zonas y a los tratamientos indica que ninguno resulta ser significativo, por lo que se afirma la posibilidad de cumplir con el objetivo principal del desarrollo de un producto sin ocasionar mayores cambios en la lechuga tipo iceberg. La zona que sufrió cambios a simple vista en su tasa a pesar de tampoco tener diferencias significativas según los factores mencionados es la zona base, por lo que es esta la que habría que mantener bajo análisis rigurosos para que ese cambio no pase a ser significativo. Además esto tuvo como consecuencia que en la zona base hubiera un descenso en el valor del cociente respiratorio (CR) también no significativo, por lo que se puede decir que la IV previene el desarrollo de rutas anaerobias fermentativas.

Las concentraciones de calcio logradas por zonas y globalmente no fueron las requeridas como objetivo principal, ya que según el dato global recién con aproximadamente 500 g de lechuga tipo Iceberg se logran los 300 mg de calcio aportados por un vaso de 250 mL de leche. En próximas experiencias se utilizará una mayor concentración de calcio en la disolución de impregnación.

Según lo visto con las propiedades mecánicas se puede decir finalmente que no hay diferencias significativas entre una lechuga sin impregnar que una impregnada, lo que ratifica la factibilidad de la operación para el desarrollo de este nuevo producto "lácteo".

## **V. AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo forma parte del proyecto PAID-06-08-3255 "Desarrollo del método de fabricación de hortalizas de hoja enriquecidas con ingredientes naturales para la obtención de productos de cuarta gama", financiado por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Politécnica de Valencia.

El desarrollo de este trabajo ha sido también posible gracias a la colaboración de la empresa PRIMAFLOR, líder en el sector hortofrutícola, que ha facilitado todo el material vegetal necesario para la experimentación, y a PURAC, empresa perteneciente al grupo CSM, multinacional holandesa especializada en ingredientes alimentarios, que ha proporcionado el lactogluconato de calcio.

## **VI. REFERENCIAS**

Ahmad Qasem, M. (2009). Estudio de la viabilidad tecnológica de la fabricación de lechuga romana (var. Ivernía) de cuarta gama enriquecida en calcio. Trabajo final de carrera Ingeniero agrónomo. UPV.

- Castelló, M.L. (2007). Efecto de las condiciones de operación en los cambios fisicoquímicos y fisiológicos de frutas mínimamente procesadas por deshidratación osmótica. Tesis doctoral. UPV.
- Ceballos, G., Talens, P., Chiralt, A. (2004). Influencia de los tratamientos osmóticos en la tasa de respiración de papaya mínimamente procesada. III Congreso Español de Ingeniería de Alimentos. Pamplona. Pág. 810-818. CD-Rom. ISBN: 84-688-7989-4.
- Cervera, P., Clapés, J., Rigolpas, R. Alimentación y dietoterapia (4ª Ed.).(2004).México. Ed.McGraw-Hill.
- Fito, P., Andrés, A., Chiralt, A., Pardo, P. (1996). Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems. *Journal of Food Engineering*, 27, 229-240.
- Fito P., Chiralt A., Betoret N., Gras M., Cháfer M., Martínez-Monzó J., Vidal D., (2001). "Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering. Application in functional fresh food development". *J. Food Eng.* 49, 175-183.
- Gras M.L., (2001). "Aplicación de la ingeniería de matrices para obtención de hortalizas enriquecidas en calcio". Tesis doctoral.UPV.
- Gras, M.L, Vidal, D., Betoret, N., Chiralt, A., Fito, P. (2002a). The response of some vegetables to vacuum impregnation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 3, 263-269.
- Moraga, M.J., Bort, P., Castelló, M.L., Fito, P.J., Moraga, G., Chiralt, A., Martínez-Navarrete, N. (2004). Efecto de la deshidratación osmótica con pulso de vacío y calcio en la vida útil y la respiración de mitades de pomelo. IV Jornadas de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Alimentos. UPV.
- Rojo, F.J., Vincent, J.F.V. (2005). Ensayos mecánicos en patatas fritas. *Anales de mecánica de la fractura* Vol.22, 231-236.
- Torres, J.D., Castelló, M.L., Escriche, I., Chiralt, A. (2004). Efecto de la deshidratación osmótica y el calcio en la tasa respiratoria de mango durante el almacenamiento. III Congreso Español de Ingeniería de Alimentos. Pamplona. Pág. 523-532. CD-Rom. ISBN: 84-688-7989-4.