



**ESTUDIO DEL PROCESO DE  
COCCIÓN EN PATATA “VIOLETTE”  
(*Solanum tuberosum* var. Blue)**

**MASTER EN CIENCIA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

Nombre alumno Gloria M<sup>a</sup> Crespo Relucio

Directores Purificación García Segovia  
Javier Martínez Monzó

# ESTUDIO DEL PROCESO DE COCCIÓN EN PATATA “VIOLETTE” (*Solanum tuberosum* var. Blue).

Gloria M<sup>a</sup> Crespo Relucio<sup>1</sup>, Purificación García Segovia<sup>2</sup>, Javier Martínez Monzó<sup>2</sup>

## RESUMEN

La patata (*Solanum tuberosum*) es uno de los principales cultivos agrícolas que consumen a diario millones personas de diversos orígenes culturales (Chiavaro et al. 2006). La variedad de patata violette (*Solanum tuberosum* var. Blue) que se originó en América del Sur, contiene además antocianinas. La importancia de estos compuestos para la salud hace que resulte interesante conocer los cambios que se producen sobre las mismas durante los procesos de cocción.

Tradicionalmente se realiza una cocción de la patata a 100°C y a presión atmosférica, una de las alternativas a este método es la cocción a vacío, que permite trabajar a una menor temperatura produciendo menos pérdida de las características organolépticas y nutricionales de la patata.

En este trabajo se han estudiado los efectos de diferentes temperaturas y tiempos de cocción a vacío sobre las pérdidas de color, textura, humedad y antocianinas en patatas violette (*Solanum tuberosum* var. Blue). La cocción se realizó a presión atmosférica (PA), en cook-vidé (CV) y sous-vidé (SV) a temperaturas de 100, 90 y 80°C y a tiempos entre 15 y 40 minutos.

El análisis de los tratamientos muestra diferencias entre la cocción a PA y la cocción a vacío, no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos CV y SV, excepto en el contenido de antocianinas de las muestras que resultó ser mayor en las muestras cocidas en cook-vidé, recomendándose por ello la cocción por este método.

Palabras Clave: patata violeta, cocción a vacío, textura, color, antocianinas.

## RESUM

La creïlla (*Solanum tuberosum*) és un dels principals cultius agrícoles que consumeixen diàriament milions persones de diversos orígens culturals (Chiavaro et al. 2006). La varietat de creïlla (*Solanum tuberosum* var. Blue) que es va originar a Amèrica del Sud, conté a més antocianinas. La importància d'estos compostos per a la salut fa que siga interessant conèixer

---

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, s/n 46022. Valencia. España

<sup>2</sup> Grupo de Investigación CUINA. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, s/n 46022. Valencia. España

els canvis que es produeixen sobre les mateixes durant els processos de cocció.

Tradicionalment es realitza una cocció de la creïlla a 100°C i a pressió atmosfèrica, una de les alternatives a aquest mètode és la cocció a buit, que permet treballar a menys temperatura produint menys pèrdua de les característiques organolèptiques i nutricionals de la creïlla.

En aquest treball s'han estudiat els efectes de diferents temperatures i temps de cocció a buit sobre les pèrdues de color, textura, humitat i antocianinas en creïlles de varietat (*Solanum tuberosum* var. *Blue*). La cocció es va coure a pressió atmosfèrica (PA), en cook-vidre (CV) i sous-vidre (SV) a temperatures de 100, 90 i 80°C i a temps entre 15 i 40 minuts.

L'anàlisi dels tractaments mostra diferències entre la cocció a pressió atmosfèrica i entre la cocció a buit, no existint diferències entre els tractaments CV i SV, excepte en el contingut d'antocianinas de la mostra, recomanant-se la cocció pel mètode cook-vidre.

Paraules Clau: creïlla violeta, cocció a buit, textura, color, antocianinas.

## ABSTRACT

The potato (*Solanum tuberosum*) is a major agricultural crops consumed daily by millions people from diverse cultural backgrounds (Chiavaro et al. 2006). The variety of potato (*Solanum tuberosum* var. *Blue*) that originated in South America also contains anthocyanins. The importance of these compounds to health makes it interesting to know the changes that occur on them during the cooking processes.

Traditionally process to cook potatoes is at 100 ° C and atmospheric pressure, vacuum cooking is one alternative to cook it.

In this paper we have studied the effects of different temperatures and cooking times to vacuum over the loss of color, texture, moisture and variety anthocyanins in potato (*Solanum tuberosum* var. *Blue*). Potato cylinders was cooking at atmospheric pressure (PA), cook-vidre (CV) and sous-vidre (SV) at temperatures of 100, 90 and 80 °C and times between 15 and 40 minutes.

Statistical analysis showed differences between cooking process at PA and vacuum systems, there were not differences between CV and SV treatments, except in the anthocyanin content, than cook-vidre method is recommended.

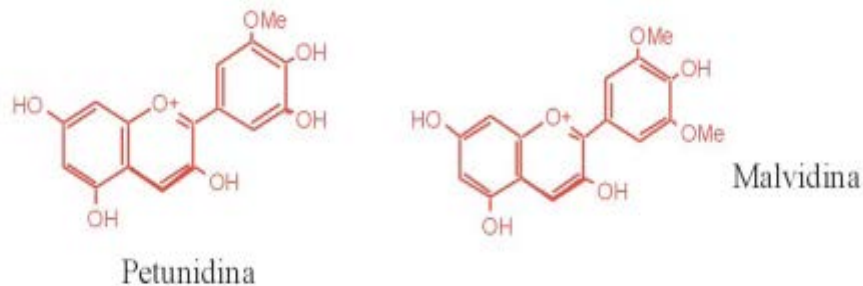
Key Words: Purple potato, vacuum cooking, texture, colour, anthocyanins.

## INTRODUCCIÓN

La patata (*Solanum tuberosum*) es uno de los principales cultivos agrícolas que consumen a diario millones personas de diversos orígenes culturales (Chiavaro et al. 2006). En España en 2007, la producción total fue de 2,5 millones de toneladas (FAOSTAT data, 2009). La demanda de

consumo de patata se debe a que es un alimento saludable, económico, y proporciona un elevado porcentaje de hidratos de carbono (18-30%), proteínas (2%), vitamina C, potasio y baja cantidad de grasa. (Eichhorn and Winterhalter, 2005).

La variedad de patata violette (*Solanum tuberosum* var. *Blue*) que se originó en América del Sur, contiene además antocianinas, que son glucósidos solubles en agua de antocianidinas, son parte de los compuestos fenólicos conocidos como flavonoides y son los responsables del color azul oscuro hasta lavanda característico de esta variedad. Las antocianinas presentes en esta variedad de patata son más estables que las que se pueden encontrar en otras variedades de patata y en otros vegetales, considerándose ésta como una buena fuente y muy estable (Zheng, 2008). Entre las antocianinas presentes figuran la petunidina-3-(p-coumaroyl-rutinoside)-5-glucósido además de pequeñas cantidades de malvidina-3-(p-coumaroyl-rutinoside)-5-glucósido (Figura 1). También contiene ácido clorogénico y otros ácidos fenólicos (Lewis et al. 1998).



**FIGURA 1.** Estructura química de las antocianinas más significativas de *S. tuberosum*.var.*Blue*.

Las antocianinas son compuestos antioxidantes, su consumo resulta beneficioso para el organismo, pero además tienen propiedades antiinflamatorias, antitumorales y reducen el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares. (Zheng, 2008).

La importancia de estos compuestos para la salud hace que resulte interesante conocer los cambios que se producen sobre las mismas durante los procesos de cocción. La cocción es considerada como aquella operación capaz de transformar de modo físico y/o químico el aspecto, la textura, la composición y el valor nutritivo de un alimento mediante la acción del calor, con el fin de convertirlo en algo más digerible, apetecible y sanitariamente seguro (Bello, 1999).

Una de las maneras más habituales del cocinado de patata es la cocción en un fluido acuoso como medio de transferencia de calor para el tratamiento térmico del alimento. Para ello, el alimento toma contacto con el agua, partiendo tanto de un medio acuoso líquido más o menos frío, como de un líquido en ebullición o de vapor de agua (Bello, 1999).

Asimismo, según sean las condiciones bajo las que se realice el proceso de cocción, se tendrá una mayor o menor facilidad para la difusión de las sustancias hidrosolubles desde el alimento hacia el medio que le rodea y viceversa. De este modo, el medio líquido gana en nutrientes y sustancias

sápidas, mientras que el alimento también puede enriquecerse con otras sustancias aportadas por el medio.

Muchas tecnologías experimentales son empleadas para la cocción de patata por las ventajas que estos sistemas pueden ofrecer (García et al. 2008). Tradicionalmente se realiza una cocción de la patata a 100°C y a presión atmosférica, una de las alternativas a este método es la cocción a vacío, que permite trabajar a menos temperatura produciendo menos pérdida de las características organolépticas y nutricionales de la patata.

El primer proceso de cocción a vacío fue el sous-vide, introducido en 1974 por un chef francés, George Pralus y se define como productos frescos en condiciones de temperatura y tiempo controlados dentro de envases termorresistentes a vacío. En esta técnica se utilizan bajas temperaturas y tiempos más largos de cocción que en los procesos tradicionales. El envase impide las pérdidas por evaporación de los aromas volátiles y la humedad durante la cocción y al bajar presión parcial de oxígeno en el interior de la bolsa se inhiben los cambios oxidativos responsables del desarrollo de sabores extraños.

Otro tipo de tratamiento de cocción a vacío es el cook-vide, un tratamiento en condiciones de vacío continuo, que consiste en cocinar la patata a presión subatmosférica, en contacto directo con el líquido de cocción.

Al trabajar a menor presión se consigue reducir el punto de ebullición del líquido de cocción y del agua de constitución del producto, lo que permite deshidrataciones a menor temperatura y cocciones a baja temperatura con lo beneficios que ello representa para las características texturales y nutricionales. El fenómeno más interesante que se puede analizar es el de la impregnación del producto con el medio de cocción ya que durante el cocinado a vacío, se produce una expansión y liberación del gas retenido en la estructura porosa del alimento, tras la ruptura del vacío, se produce la impregnación del alimento con el medio de cocción debido al efecto de compresión del gas residual.

En lo referente a calidad nutricional y sensorial, al trabajar a bajas temperaturas, se produce un menor deterioro de los compuestos que son susceptibles a elevadas temperaturas y se reducen oxidaciones al trabajar en condiciones de baja presión de oxígeno.

La textura es uno de los atributos principales de calidad para los consumidores. Es un factor esencial en la percepción de los consumidores en los productos agroalimentarios en general y específico en la patata. (Dijk van et al., 2002).

La textura de la patata cocida está asociada con el contenido en sólidos secos, amilasa, azúcares, almidón, materias pécticas, proteínas y contenido en nitrógeno total del tubérculo (Kaur et al 2002). Siendo el almidón la sustancia predominante en la patata, las variaciones de textura durante la cocción se deben principalmente a los cambios producidos en él y en las materias pécticas. Se produce la gelatinización y retrogradación de almidón y una degradación enzimática y no enzimática de las pectinas que constituyen la pared celular.

El objetivo de este trabajo ha sido estudiar los efectos de diferentes temperaturas y tiempos de cocción a vacío sobre las pérdidas de color, textura, humedad y antocianinas en patatas de variedad (*Solanum tuberosum* var. Blue).

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Material**

Las patatas (*Solanum tuberosum* var. blue) se compraron un mercado local. Se mantuvieron almacenadas en oscuridad en refrigeración a 4-5°C hasta el momento de preparación de las muestras, para evitar podredumbre y deterioro durante la fase experimental.

Las muestras fueron peladas y cortadas manualmente en cilindros de 15 mm de altura por 10 mm de diámetro, antes de cada tratamiento. Una vez cortados los cilindros identificaron con un código de colores y se pesaron para poder evaluar posteriormente la variación de peso experimentada por los mismos durante los tratamientos de cocción. Las muestras que debían ser sometidas a tratamiento sous-vide fueron envasadas a vacío tras la identificación y pesado.

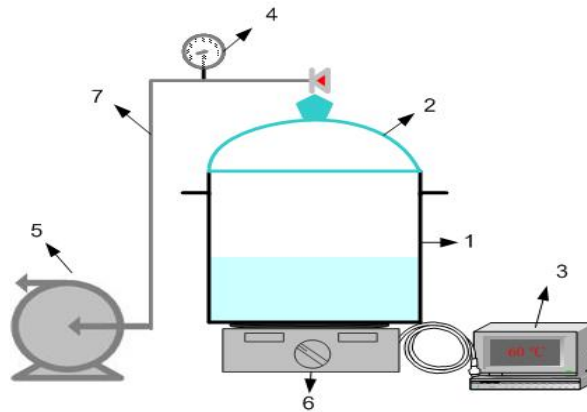
Tras cada tratamiento las muestras fueron atemperadas a temperatura ambiente durante 15 minutos antes de proceder a su análisis.

### **Tratamientos de cocción**

Se realizaron tres tipos de cocción: cocción a presión atmosférica, cook-vide (cocción en vacío continuo) y sous-vide (cocción de los cilindros envasados a vacío en bolsas termoresistentes).

### **Descripción del equipo**

El equipo de cocción a vacío utilizado para realizar los diferentes tratamientos (Figura 2.) incorpora una base calefactora y todos los elementos necesarios para permitir la cocción de alimentos al vapor o por inmersión en un medio líquido. Dada su gran versatilidad es apto asimismo para cocer alimentos a presión atmosférica, a presión elevada o al vacío (Martínez-Monzó et al, 2004).



**FIGURA 2.** Esquema del equipo de cocción a vacío (Gastrovac®)

Para las experiencias de tratamiento cook-*vide*, se rellenó el vaso de la olla con tres litros de agua destilada y se introdujeron las muestras.

Mediante el selector de temperatura se estableció la temperatura del medio de cocción y, utilizando la bomba de vacío, se disminuyó la presión atmosférica hasta alcanzar el equilibrio correspondiente a la presión de evaporación del líquido a la temperatura seleccionada. Transcurrido el tiempo estimado para cada ensayo, se apagó la bomba de vacío y se restableció la presión atmosférica.

Para el tratamiento de cocción tradicional, se llenó la olla con el mismo volumen antes citado. El tratamiento *sous-*vide** se realizó en similares condiciones a la cocción tradicional, pero con las muestras envasadas a vacío.

### Diseño experimental

La tabla 1 muestra el diseño experimental establecido en el presente trabajo. Las experiencias se realizaron por triplicado.

**TABLA 1.** Diseño experimental

<i>Tratamiento</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Tiempo (min)</i>
Presión atmosférica (P <sub>Atm</sub> )	100	15
		20
		25
		30
Cook- <i>vide</i>	90	20
		25
		30
		35
	80	25
		30
35		
40		
<i>Sous-<i>vide</i></i>	90	20
		25
		30
		35
	80	25
		30
		35
		40

## **Determinación de las propiedades físico-químicas**

### **VARIACIÓN DE PESO**

La pérdida de peso se determinó como la diferencia porcentual de peso entre el cilindro crudo y el cilindro cocido en relación con el peso del cilindro crudo.

$$\Delta P = ((p_0 - p_f) / (p_0)) * 100. \quad (1)$$

El peso del cilindro crudo se midió inmediatamente antes de la cocción y el cocido al alcanzar la temperatura ambiente tras la cocción. Se pesaron todos los cilindros en todos los tiempos y temperaturas.

### **HUMEDAD**

El contenido de humedad se determinó mediante una estufa de secado a vacío (60°C) hasta peso constante de la muestra de acuerdo con el método AOAC. Los diferentes ensayos los controles de peso se realizaron con una balanza Metler modelo AE 100 con una sensibilidad de  $\pm 0,001g$ .

Se realizaron tres determinaciones por cada tratamiento y tiempo de cocción.

### **PROPIEDADES MECÁNICAS**

Para medir las propiedades mecánicas relacionadas con la textura de la patata se utilizó un ensayo de punción, con una sonda P/2 cilíndrica de acero inoxidable de 2 mm de diámetro y con célula de carga de 50 kg. Para este ensayo se utilizó el analizador de textura TA-XT2 de Stable Micro Systems (Texture Technologies Corp. Scarsdale, NY, USA). Los ensayos se realizaron a temperatura ambiente (25° C). La velocidad de ensayo utilizada fue 0,83 mm/s, el valor de la sensibilidad 0.5 N y la distancia recorrida 200 mm. Las curvas fuerza-distancia obtenidas fueron caracterizadas a través del parámetro fuerza en el punto de corte máximo (Fmáx). Se realizaron tres determinaciones por cada tratamiento y tiempo de cocción.

### **MEDIDA DE COLOR**

Para estudiar el efecto de cada uno de los tratamientos empleados sobre los pigmentos vegetales que caracterizan a esta variedad de patata, se evaluó la variación de color.

Se midió el color en dos puntos (centro y lateral del cilindro) y tres muestras por tratamiento. En total fueron seis las medidas de color por tratamiento.

Las medidas del color de las muestras se realizaron por reflexión de la superficie cubierta con vidrio óptico, con un espectrofotómetro Minolta modelo CM-3600d.



Se obtuvieron las coordenadas de color CIE-L\*a\*b\* a partir del espectro de reflexión de las muestras, utilizando como referencia el iluminante D65 y el observador 10°.

A partir de las coordenadas L\*, a\*, b\* se estimaron las coordenadas psicométricas tono (h\*ab) y croma (C\*ab).

Se registraron los espectros de reflexión de cada una de las muestras.

## ANTOCIANINAS

El contenido total de antocianinas se determinó según el método pH-diferencial (Giustini y Wrolstad, 2001) ya que las antocianinas sufren una transformación estructural en función del pH que puede ser medido por estructura óptica.

Para ello, se pesaron 10 g de muestra de patata se añadió 1 mL de HCl 6N y 100 mL de metanol, se dejó 4°C durante toda la noche. Pasado este tiempo, la muestra se centrifugó a 4°C y 10000 rpm durante 10 minutos y se filtró a vacío.

Se prepararon dos diluciones de la muestra, una con tampón a pH 1 y otra con tampón a pH 4,5 y se midieron las absorbancias a  $\lambda_{\text{vis máx}}$  y a 700nm con un espectrofotómetro Helios Zeta UV-VIS Thermo Scientific V8.00.

La absorbancia de la dilución de muestra se calculó como:

$$A = (A_{\lambda_{\text{vis-max}} - A_{700}})_{\text{pH } 1} - (A_{\lambda_{\text{vis-max}} - A_{700}})_{\text{pH } 4,5} \quad (2)$$

Calculándose, a continuación la concentración del pigmento en la muestra original:

$$(\text{mg /L}) = (A * \text{MW} * \text{DF} * 1000) / (e * 1)$$

MW= peso molecular

DF= Factor de dilución.

$\epsilon$ = Absortividad molar

## Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos estudiados en el presente proyecto se realizó con el paquete informático STATGRAPHICS Plus 5.1. (Statistical Graphics Corporation). Los análisis para evaluar la posible existencia de diferencias significativas se realizaron mediante el análisis de la varianza (ANOVA) y Fisher's least-significant-difference (LSD), con un nivel de confianza  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS

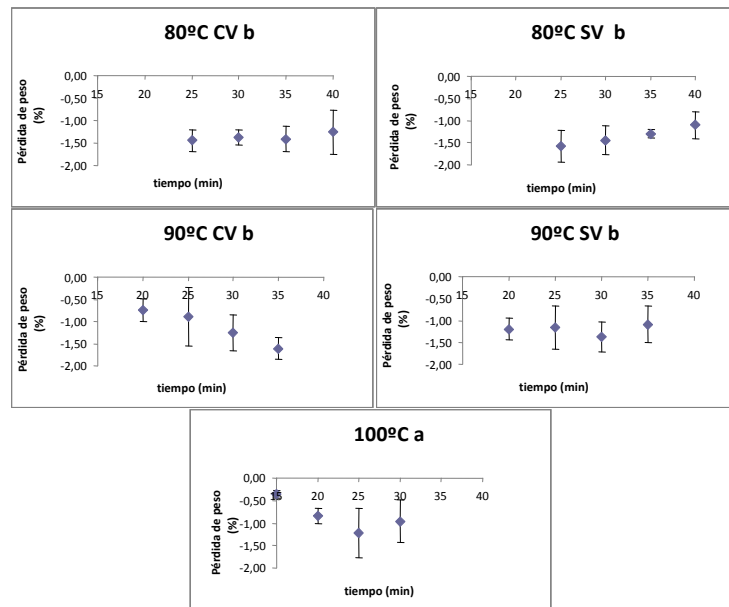
En este apartado se analizan los resultados obtenidos a partir de diferentes métodos de cocción y con diferentes condiciones de presión, tiempo y temperatura, medidos a través de cambios de peso, humedad, textura, color y variación en el contenido de antocianinas.

## Variación de peso y evolución de humedad

Se evaluó la pérdida de peso y la variación de humedad para todos los cilindros de patata en todas las condiciones de tratamiento.

La pérdida de peso se determinó como la diferencia porcentual de peso entre el cilindro crudo y el cilindro cocido en relación con el peso del cilindro crudo y la humedad se determinó mediante una estufa de vacío a 60°C hasta peso constante.

La figura 3 muestra las variaciones de peso en todos los tratamientos: Cook-vidé (CV), Sous-vidé (SV) y presión atmosférica (100°C).



**FIGURA 3.** Variaciones de peso en cilindros de patata cocidos mediante Cook-vidé (CV), Sous-vidé (SV) y presión atmosférica (100°C). Letras diferentes en los títulos de cada gráfica denotan diferencias estadísticamente significativas.

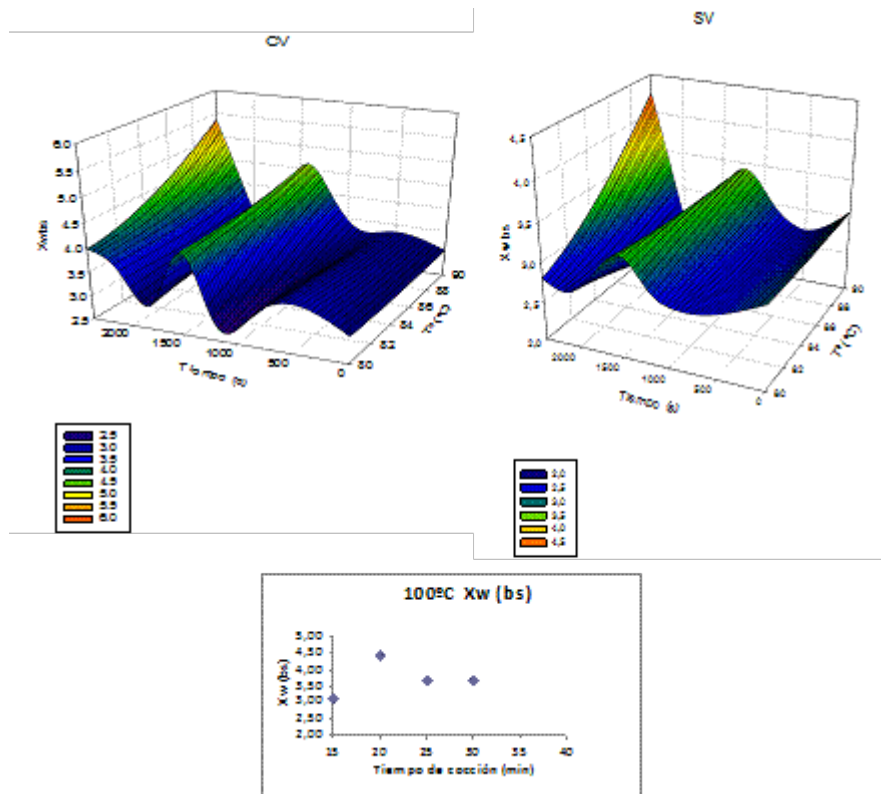
El efecto de los diferentes tratamientos en la pérdida de peso, fue estadísticamente significativa. El tratamiento con presión atmosférica muestra una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) (pérdida de peso del 0,85%) con los tratamientos CV (1,25%) y SV (1,28%).

Cuanto mayor tiempo de cocción de la muestra la pérdida de peso aumenta. En cuanto a temperatura, se produce una mayor pérdida de peso a 80°C, luego a 90°C y por último a 100°C.

Como se puede observar en la figura todos los tratamientos estudiados implican pérdidas de peso reducidas que en ningún caso superan el 2%. Hay que tener en cuenta que las patatas cocidas deben su distintiva textura cocinada a los gránulos de almidón. En las hortalizas crudas, los gránulos de almidón son aglomeraciones microscópicas, duras y apretadas, de moléculas de almidón, y producen una sensación terrosa cuando se mastican y se sacan de las células. Empiezan a blandarse aproximadamente a la misma temperatura a la que se desnaturalizan las proteínas de las membranas (McGee, 2007). En las patatas la gama de gelificación está

entre 62 y 68°C, en esta franja los gránulos de almidón empiezan a absorber moléculas de agua, que desbaratan su estructura compacta, y se hinchan hasta un volumen muchas veces mayor que el original, formando un gel blando, una red esponjosa de cadenas largas con bolsas de agua entre las cadenas. El resultado general es una estructura tierna, pero algo seca, porque la humedad del tejido se ha empapado en el almidón. Este hecho justifica las escasas pérdidas de peso durante la cocción ya que el agua del tejido de la patata se utiliza en la hidratación del almidón durante el proceso de gelificación. En los tratamientos realizados en todos los casos se ha trabajado con temperaturas superiores a las de gelificación.

La figura 4 muestra la variación de humedad en base seca de todos los tratamientos. Como puede observarse, aparece para todos los tratamientos un pico de máxima humedad con el tiempo de tratamiento. Este pico puede estar relacionado con la máxima capacidad de retención de agua de la patata durante el proceso de gelificación. Cuando el agua se calienta, la energía de sus moléculas es suficiente para romper las zonas más débiles del gránulo de almidón. Entonces los gránulos absorben más agua y se hinchan, aplicando cada vez más presión a las zonas más organizadas y fuertes del gránulo. Entre los 62 y 68°C los gránulos pierden de golpe su estructura organizada, absorben una gran cantidad de agua y se convierten en marañas amorfas de almidón y agua entremezcladas. Los gránulos se transforman en geles individuales, mallas de largas moléculas que contienen agua. Por efecto del tiempo y la temperatura los gránulos se hinchan más y se empieza a producir la ruptura gradual de las moléculas de almidón en pequeños fragmentos. En los tratamientos realizados ese pico de máxima retención de agua se ve influenciado por el tratamiento y la temperatura de trabajo. Se observa que a mayor temperatura, mayor pico de humedad aparece. Cuando se comparan los dos tratamientos a vacío en el CV se presenta un mayor pico en los valores de humedad. Esto puede ser debido a que en el tratamiento en este proceso el producto se encuentra sumergido en el líquido de cocción mientras que en el de SV al estar el producto embolsado el producto puede utilizar únicamente su agua de constitución en los procesos de hidratación del almidón. En los tratamientos a presión atmosférica también se observan picos de valores de humedad mayores que en los tratamientos de SV.



**FIGURA 4.** Variaciones de humedad en base seca ( $g_{\text{agua}}/g_{\text{muestra seca}}$ ) en cilindros de patata cocidos mediante Cook-vide (CV), Sous-vide (SV) y presión atmosférica ( $100^{\circ}\text{C}$ ).

El efecto de los diferentes tratamientos en la evolución de la humedad, fue estadísticamente significativa. El tratamiento con presión atmosférica muestra una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ), (contenido en humedad de  $3,71 \text{ g de agua / g de producto seco}$ ) con los tratamientos CV ( $3,78$ ) y SV ( $2,93$ ). Existen también diferencias entre CV y SV y a  $90^{\circ}\text{C}$  entre 25 minutos en CV y en SV, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos a vacío.

### Evaluación de la textura

Se determinó la fuerza máxima ( $F_{\text{máx}}$ ) en la patata tanto fresca como cocida mediante un ensayo de punción, realizándose tres determinaciones por cada tratamiento y tiempo de cocción.

La tabla 2 muestra los valores de la media de fuerza máxima y su desviación estándar, obtenidos para los diferentes tratamientos (tiempo-temperatura y presión).

**TABLA 2.** Fuerza máxima  $\pm$  desviación estándar.

Tto	Tª (°C)	Tpo (min)	Fmáx (N)
P atm.	100	15	0,79 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>
		20	0,53 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>
		25	0,55 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>
		30	0,39 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>
CV	90	20	1,46 $\pm$ 0,70 <sup>b</sup>
		25	0,54 $\pm$ 0,13 <sup>b</sup>
		30	0,63 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>
		35	0,55 $\pm$ 0,24 <sup>b</sup>
SV	90	25	1,43 $\pm$ 0,94 <sup>ab</sup>
		30	0,87 $\pm$ 0,15 <sup>ab</sup>
		35	0,74 $\pm$ 0,25 <sup>ab</sup>
		40	0,56 $\pm$ 0,05 <sup>ab</sup>
CV	80	20	3,93 $\pm$ 0,80 <sup>b</sup>
		25	3,25 $\pm$ 1,14 <sup>b</sup>
		30	2,33 $\pm$ 1,61 <sup>b</sup>
		35	1,64 $\pm$ 0,34 <sup>b</sup>
SV	80	25	3,97 $\pm$ 0,28 <sup>ab</sup>
		30	1,83 $\pm$ 0,28 <sup>ab</sup>
		35	1,64 $\pm$ 0,44 <sup>ab</sup>
		40	1,28 $\pm$ 0,32 <sup>ab</sup>
Fresca		0	12,45 $\pm$ 1,74 <sup>c</sup>

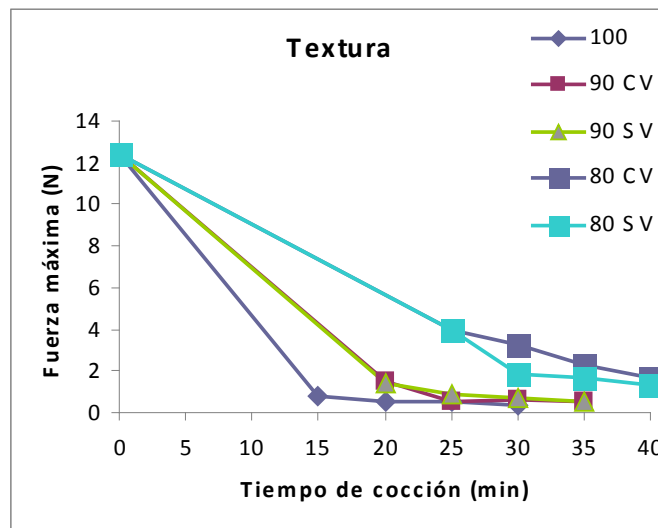
En la misma columna, letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas.

El análisis estadístico muestra que no hay diferencias significativas en la fuerza máxima si la cocción se realiza mediante cualquiera de los tratamientos a vacío. Sin embargo si aparecen diferencias estadísticamente significativas entre la cocción a presión atmosférica y el sistema cook-vidé.

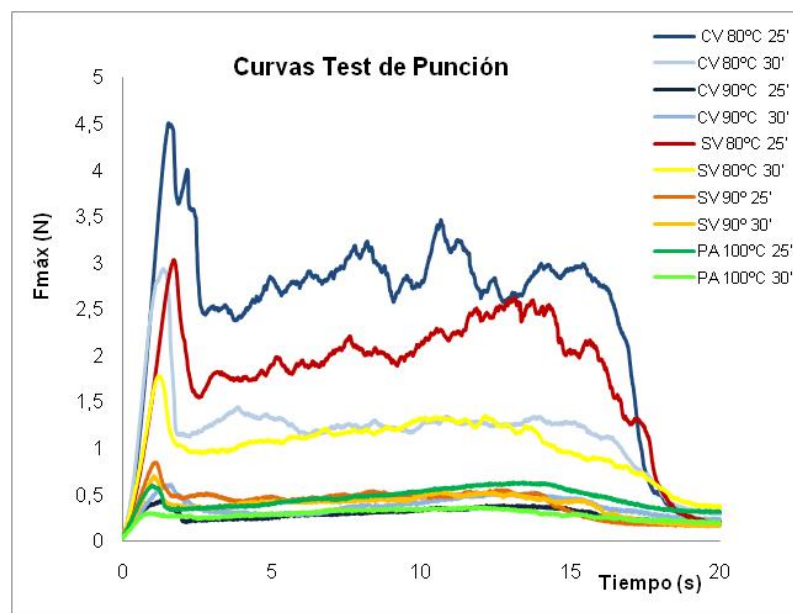
En la figura 5 se muestran los valores medios de fuerza máxima de las muestras de patata fresca y cocidas a distintos tiempos usando tratamientos diferentes y en la figura 6 las curvas del test de punción en los tiempos 25 y 30 minutos de todos los tratamientos.

Como puede observarse en esta figura la cocción a presión atmosférica es la que produce un ablandamiento mayor y en menos tiempo. Esta representación también nos permite observar como la textura del producto obtenido tras la cocción es dependiente de la temperatura a la cual se trabaje más que del tipo de tratamiento empleado.

Los cambios texturales durante la cocción de patata se relacionan con las transformaciones en las propiedades del almidón. El almidón, a partir de los 50°C, comienza su espesamiento (gelatinización), que se hace efectivo para la patata aproximadamente entre 62-68°C y retrogradación posterior tras su enfriamiento. Así pues, podemos suponer que en todos los tratamientos se ha producido en mayor o menor medida este fenómeno con lo que desde un punto de vista culinario o digestivo esos almidones estarían en una situación adecuada para su consumo.



**FIGURA 5.** Evolución de la fuerza máxima en función del tiempo y tratamiento de cocción.



**FIGURA 6.** Comparación de las diferentes curvas de punción de muestras cocidas durante 25 y 30 minutos.

En las curvas del test de punción el número de picos que aparecen durante el test se relaciona directamente con la crujencia del producto. De este modo en la figura 6 queda patente que la cocción 80 °C deja las muestras todavía muy crujientes, presentan numerosos picos de fuerza. La cocción a 90 °C y 100 °C presenta curvas más suavizadas, relacionado con un mayor ablandamiento de las muestras.

## Cambios de color

En este apartado se muestran los cambios de color producidos en los diferentes tratamientos para evaluar su efecto sobre la degradación de las antocianinas que son las responsables del color característico de esta variedad de patata.

Las características de color se determinaron con un colorímetro (según se describe en materiales y métodos) y se determinaron los valores de L\*, a\* y b\* y los espectros de reflexión.

Las tablas 3 y 4 muestran las coordenadas Cie L\*, a\* y b\* del frente y lateral del cilindro.

**TABLA 3.**Coordenadas Cie L a b frente del cilindro

Tto	Tª (°C)	Tiempo (min)	Frente		
			L*	a*	b*
P atm.	100	15	35,46 ± 7,94 <sup>a</sup>	3,69 ± 0,37 <sup>a</sup>	-6,80 ± 3,72 <sup>ab</sup>
		20	40,73 ± 5,99 <sup>a</sup>	3,16 ± 0,74 <sup>a</sup>	-6,78 ± 4,06 <sup>ab</sup>
		25	34,82 ± 3,86 <sup>a</sup>	4,16 ± 0,56 <sup>a</sup>	-9,11 ± 0,81 <sup>ab</sup>
		30	39,65 ± 5,63 <sup>a</sup>	2,76 ± 1,46 <sup>a</sup>	-6,86 ± 1,86 <sup>ab</sup>
CV	90	20	43,87 ± 7,05 <sup>a</sup>	3,29 ± 3,76 <sup>a</sup>	-8,26 ± 5,82 <sup>b</sup>
		25	43,82 ± 4,30 <sup>a</sup>	2,93 ± 1,03 <sup>aA</sup>	-8,55 ± 0,83 <sup>b</sup>
		30	39,04 ± 0,43 <sup>a</sup>	3,16 ± 0,84 <sup>a</sup>	-8,24 ± 0,05 <sup>b</sup>
		35	39,25 ± 9,55 <sup>a</sup>	1,87 ± 1,60 <sup>a</sup>	-6,47 ± 2,23 <sup>b</sup>
SV	90	25	27,35 ± 6,22 <sup>b</sup>	8,67 ± 2,67 <sup>bB</sup>	-12,23 ± 3,88 <sup>a</sup>
		30	26,77 ± 4,33 <sup>b</sup>	8,49 ± 1,83 <sup>b</sup>	-12,25 ± 2,22 <sup>a</sup>
		35	34,37 ± 2,10 <sup>b</sup>	10,47 ± 1,24 <sup>b</sup>	-14,39 ± 2,45 <sup>a</sup>
		40	26,69 ± 3,59 <sup>b</sup>	4,06 ± 1,99 <sup>b</sup>	-5,56 ± 2,35 <sup>a</sup>
CV	80	20	47,50 ± 1,73 <sup>a</sup>	2,99 ± 0,66 <sup>a</sup>	-7,19 ± 1,62 <sup>b</sup>
		25	34,79 ± 6,52 <sup>a</sup>	2,98 ± 0,24 <sup>aC</sup>	-4,84 ± 1,68 <sup>bA</sup>
		30	36,94 ± 4,88 <sup>a</sup>	5,44 ± 0,86 <sup>a</sup>	-8,57 ± 1,99 <sup>bB</sup>
		35	34,26 ± 1,30 <sup>a</sup>	3,37 ± 0,07 <sup>a</sup>	-6,81 ± 1,92 <sup>b</sup>
SV	80	25	30,91 ± 3,32 <sup>b</sup>	8,29 ± 0,06 <sup>bD</sup>	-12,32 ± 1,97 <sup>aC</sup>
		30	29,55 ± 3,24 <sup>b</sup>	6,99 ± 1,08 <sup>b</sup>	-10,80 ± 1,62 <sup>aD</sup>
		35	24,30 ± 0,28 <sup>b</sup>	2,54 ± 5,32 <sup>b</sup>	-3,51 ± 6,30 <sup>a</sup>
		40	26,45 ± 4,50 <sup>b</sup>	6,80 ± 2,71 <sup>b</sup>	-9,09 ± 3,88 <sup>a</sup>
FRESCO		0	24,11 ± 0,97 <sup>b</sup>	9,23 ± 0,42 <sup>b</sup>	-6,18 ± 0,64 <sup>ab</sup>

En la misma columna, letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas

**TABLA 4.** Coordenadas Cie L a b lateral del cilindro.

Tto	T <sup>a</sup> (°C)	Tiempo (min)	Lateral		
			L*	a*	b*
P atm.	100	15	43,59 ± 11,36 <sup>a</sup>	0,74 ± 2,17 <sup>a</sup>	0,12 ± 2,27 <sup>a</sup>
		20	39,97 ± 7,04 <sup>a</sup>	0,70 ± 0,43 <sup>a</sup>	-0,09 ± 3,81 <sup>a</sup>
		25	40,67 ± 3,42 <sup>a</sup>	-0,33 ± 0,02 <sup>a</sup>	-3,01 ± 2,60 <sup>a</sup>
		30	43,45 ± 6,14 <sup>a</sup>	1,72 ± 0,86 <sup>a</sup>	0,18 ± 3,83 <sup>a</sup>
CV	90	20	40,85 ± 4,11 <sup>a</sup>	1,36 ± 0,56 <sup>a</sup>	-3,05 ± 2,30 <sup>a</sup>
		25	46,19 ± 1,80 <sup>a</sup>	2,09 ± 0,55 <sup>aA</sup>	-5,04 ± 0,52 <sup>a</sup>
		30	40,19 ± 0,21 <sup>aB</sup>	1,95 ± 0,34 <sup>aB</sup>	0,12 ± 1,88 <sup>aA</sup>
		35	37,56 ± 8,50 <sup>a</sup>	1,63 ± 1,61 <sup>a</sup>	1,62 ± 0,77 <sup>a</sup>
SV	90	25	25,40 ± 1,58 <sup>bC</sup>	4,23 ± 0,18 <sup>bC</sup>	-2,32 ± 3,95 <sup>b</sup>
		30	26,66 ± 2,97 <sup>bD</sup>	7,66 ± 0,28 <sup>bD</sup>	-3,71 ± 2,12 <sup>bB</sup>
		35	35,27 ± 1,59 <sup>b</sup>	4,30 ± 2,64 <sup>b</sup>	-10,13 ± 0,75 <sup>b</sup>
		40	26,25 ± 3,88 <sup>b</sup>	2,56 ± 0,63 <sup>b</sup>	-3,88 ± 3,73 <sup>b</sup>
CV	80	20	42,63 ± 2,82 <sup>a</sup>	2,56 ± 0,63 <sup>aE</sup>	-2,68 ± 0,49 <sup>a</sup>
		25	33,49 ± 5,11 <sup>a</sup>	2,38 ± 0,05 <sup>aF</sup>	3,57 ± 2,005 <sup>a</sup>
		30	48,36 ± 12,68 <sup>a</sup>	-0,54 ± 3,81 <sup>a</sup>	0,60 ± 3,22 <sup>aC</sup>
		35	33,59 ± 4,63 <sup>a</sup>	2,12 ± 0,17 <sup>a</sup>	0,06 ± 2,36 <sup>a</sup>
SV	80	25	38,27 ± 4,24 <sup>b</sup>	5,81 ± 1,40 <sup>bG</sup>	-6,15 ± 0,37 <sup>b</sup>
		30	25,21 ± 3,07 <sup>b</sup>	3,61 ± 0,24 <sup>bH</sup>	-7,17 ± 4,52 <sup>bD</sup>
		35	36,88 ± 8,87 <sup>b</sup>	3,83 ± 3,90 <sup>b</sup>	-2,91 ± 7,45 <sup>b</sup>
		40	26,44 ± 1,95 <sup>b</sup>	3,85 ± 1,35 <sup>b</sup>	-3,06 ± 2,03 <sup>b</sup>
FRESCO		0	25,35 ± 1,08 <sup>b</sup>	10,04 ± 0,83 <sup>c</sup>	-5,90 ± 0,70 <sup>b</sup>

En la misma columna, letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas.

Los valores de L\*, a\* y b\* muestran diferencias estadísticamente significativas (p < 0,05) entre el tratamiento de presión atmosférica y el tratamiento SV y el fresco tanto de los valores tomados del frente y del lado de las muestras.

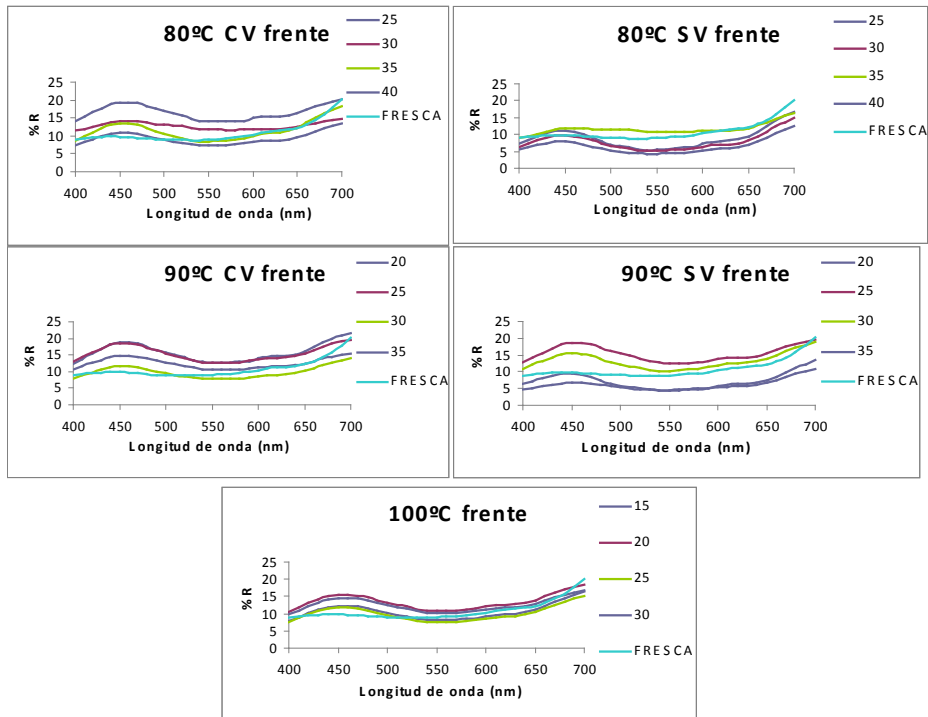
Para SV, tanto en el centro como en el lateral de la muestra, se observa un descenso significativo de la luminosidad.

Con respecto a los parámetros a\* y b\*, los colores rojo y azul son significativamente mayores que para la cocción a presión atmosférica o CV independientemente de la temperatura.

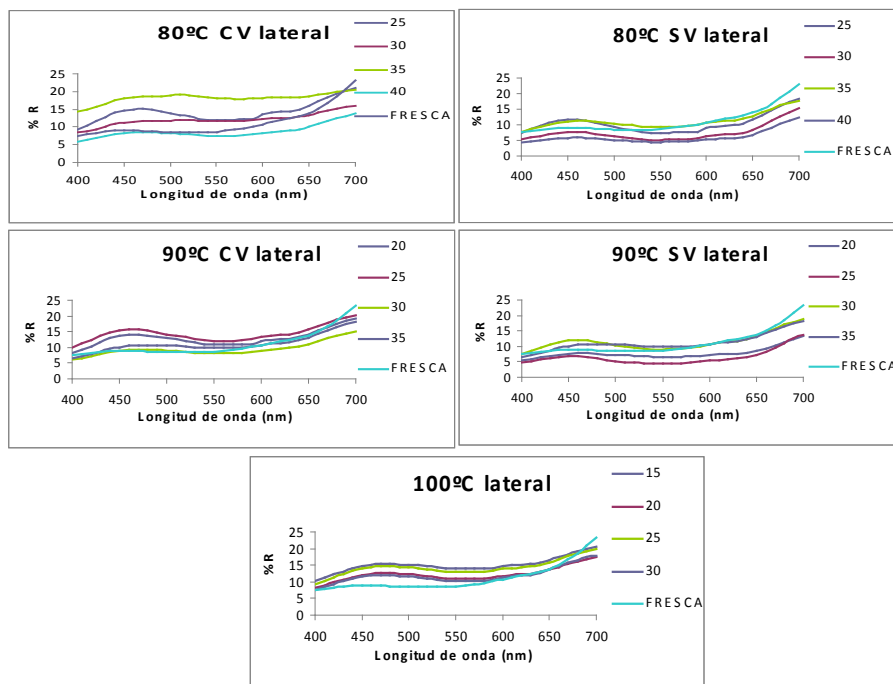
Las figuras 7 y 8 muestran los espectros de reflexión del centro y lateral de las muestras de patata cocida frente a la muestra fresca.

Los espectros de reflexión caracterizan el color de los vegetales. Como se puede observar, todas las muestras presentan espectros característicos correspondientes al color púrpura (máxima reflectancia entorno a 450 y 700 nm). Lo que diferencia a las muestras es el porcentaje de reflectancia.





**FIGURA 7.** Espectros de reflexión del centro de las muestras de patata cocida vs fresca.



**FIGURA 8.** Espectros de reflexión del lateral de las muestras de patata cocida vs fresca.

## Evolución del contenido en antocianinas

El contenido total de antocianinas se midió por el método de pH-diferencial (Giustini y Wrolstad, 2001) ya que las antocianinas sufren una transformación estructural en función del pH que puede ser medido por estructura óptica.

La tabla 5 muestra la concentración de antocianinas en cada muestra de patata a diferentes tratamientos, temperaturas y tiempos de cocción y las pérdidas de este compuestos con cada tratamiento.

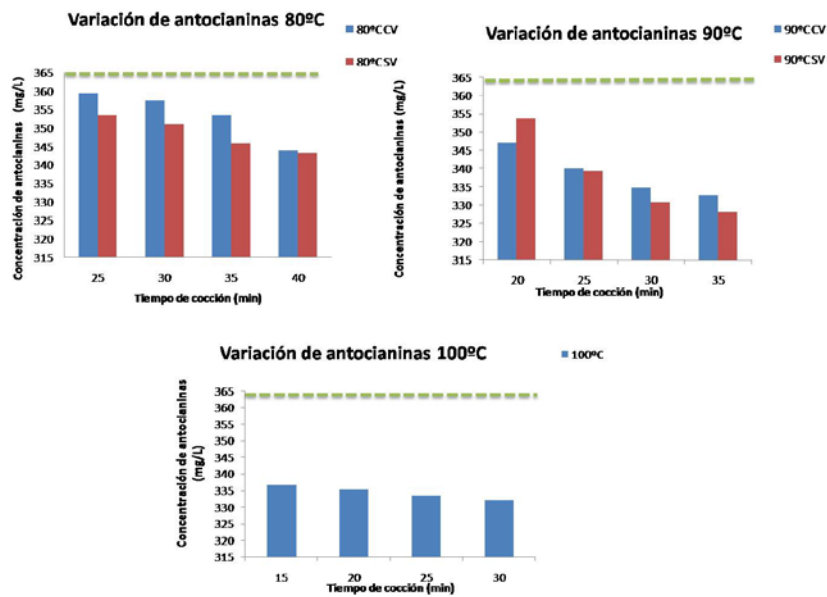
La duración del tiempo y temperatura de cocción son factores importantes que afectan a la estabilidad de las antocianinas produciendo una pérdida de color y variando sus propiedades funcionales y nutricionales (Moreira, 2008).

A altas temperaturas y presencia de oxígeno se contribuye a una mayor degradación del compuesto, tal y como se puede observar en la tabla. el mayor porcentaje de pérdidas se produce a 100°C y presión atmosférica y el menor porcentaje se produce a 80°C para cocciones cook-vidé.

**TABLA 5.** Concentración y porcentaje de pérdida de antocianinas.

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración(mg/L)	% Pérdidas
100°C	15	336,700	-7,513
	20	335,397	-7,871
	25	333,443	-8,408
	30	332,141	-8,766
90°C CV	20	347,120	-4,651
	25	339,956	-6,619
	30	334,746	-8,050
	35	332,792	-8,587
90°C SV	20	353,632	-2,862
	25	339,305	-6,798
	30	330,838	-9,123
	35	328,233	-9,839
80°C CV	25	359,494	-1,252
	30	357,540	-1,789
	35	353,632	-2,862
	40	343,863	-5,546
80°C SV	25	353,632	-2,862
	30	351,027	-3,578
	35	345,817	-5,009
	40	343,212	-5,724
FRESCO	0	364,052	

La figura 9 muestra la variación del contenido de antocianinas con los diferentes métodos de cocción, se observa en todos los tratamientos a medida que va aumentando el tiempo de cocción de la muestra se va produciendo una pérdida del compuesto.



**FIGURA 9.** Variación de antocianinas con los diferentes tratamientos de cocción frente al fresco.

Comparando los diferentes tratamientos, las mayores pérdidas se produciría a presión atmosférica y entre CV y SV habría mayor porcentaje de pérdidas del compuesto en el tratamiento SV.

## CONCLUSIONES

El análisis de los tratamientos (presión atmosférica, cook-vide y sous-vide) con los parámetros pérdida de peso, humedad, color, textura y antocianinas muestra diferencias entre la cocción a presión atmosférica y entre la cocción a vacío, no existiendo diferencias entre los tratamientos CV y SV, excepto en el contenido de antocianinas de la muestras que resulto ser superior en las muestras cocidas en CV, recomendándose por tanto la cocción por este procedimiento.

## REFERENCIAS

- Bello, J. (1999). Ciencia y tecnología culinaria. Ed. Díaz de Santos. Madrid, España.
- Chiavaro, E., Barbanti, D., Vittadini, E., Massini, R. (2006). "The effect of different cooking methods on the instrumental quality of potatoes (cv Agata)". *Journal of Food Engineering* 77, 169-178.
- Dijk van, C., Fischer, M., Holm J., Beekhuizen, J.G., Stolle-Smits, T and Boeriu, C. (2002). Texture of cooked potatoes (*Solanum tuberosum*). 1. Relationships between Dry Matter Content, Sensory-Perceived texture, and Near-Infrared Spectroscopy. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50, 5082-5088.
- Eichhorn, S., Winterhalter, P. (2005). Anthocyanins from pigmented potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties. *Food Research International*, 38, 943-948.
- García Segovia, P., Andrés Bello, A. and Martínez Monzó, J. (2008). Textural properties of potatoes (*Solanum tuberosum*, L., c.v. *Monalisa*) as affected by different cooking processes. *Journal of Food Engineering*, 88, 28-35.
- García-Segovia, P. Estudio y mejora de procesos culinarios empleados en la preparación y regeneración de platos "listos para comer". (2007). Primeros Proyectos de Investigación. Convocatoria 2007- PAID -06-07.
- Giustini, M., and Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. F1.2.1-F1.2.13.
- Han KH, Sekikawa M, Shimada K, Hashimoto M, Hashimoto N, Noda T, Tanaka H, Fukushima M. (2006). Anthocyanin-rich purple potato flake extract has antioxidant capacity and improves antioxidant potential in rats. *British Journal of Nutrition*, 96, 1125-1133.
- Kaur L., Singh N., Singh Sodhi N., Singh Gujral, H. (2002). Some properties of potatoes and their starches i. Cooking, textural and rheological properties of potatoes. *Food Chemistry*, 79, 177-181.
- Lewis, C. E., Walker, J.R.L., Lancaster, J.E., Sutton, K.H. (1998). Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes. I: Coloured cultivars of *Solanum tuberosum*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77 (1): 45-57.
- McGee, H. (2007). La cocina y los alimentos. Ed. Debate. Barcelona, España.
- Martínez-Monzó J., Andrés, J., Torres, S., Sanjuán, N., García-Segovia, P. System for vacuum cooking of food. (2004). ES 1057342U. (A47J27/04), 10 August 2004. U200400864, 1 April 2004. 8p.
- Nourian F.; Ramaswamy H.S.1; Kushalappa A.C. (2003). Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. *Lebensm-Wiss. U-Technol*, 36. 49-65.
- Silva, P. F. da, Moreira, R.G. (2008). Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable – based snacks. *Food Science and Technology*, 41, 1758-1767.
- Wachtel-Galor, S., Wong, K.W., Benzie, I.F.F. (2008). The effect of cooking on *Brassica* vegetables. *Food Chemistry*, 110, 706-710.
- Zhang ZF, Fan SH, Zheng YL, Lu J, Wu DM, Shan Q, Hu B. (2009). Purple sweet potato color attenuates oxidative stress and inflammatory response induced by D-galactose in mouse liver. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 496-501.