

# EFFECTO DEL EMPLEO DE AGUA RECIRCULADA SOBRE LA RETENCION DE VITAMINA C DURANTE EL ESCALDADO EN AGUA DE PATATA

López, A.<sup>(2)</sup>, Arroqui, C.<sup>(1)</sup>, Vírseda, P.<sup>(1)</sup>,

<sup>(1)</sup>Tecnología de Alimentos, Universidad Pública de Navarra  
Campus Arrosadía s/n, 31006, Pamplona, Spain

<sup>(2)</sup>Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola  
Universidad Politécnica de Cartagena, Alfonso XIII, 30203, Cartagena, Spain

## RESUMEN

El escaldado por agua es un tratamiento térmico previo a procesos de larga conservación como congelación, esterilización o deshidratación que conlleva un alto consumo de agua y de energía y que determina en gran medida la calidad del producto final.

Para reducir estos consumos, los equipos de escaldado que se emplean actualmente en la industria han incorporado diferentes sistemas de ahorro de agua y energía, entre los que se encuentra la recirculación del agua de escaldado.

Uno de los principales nutrientes en patata es el ácido ascórbico. El escaldado por agua produce importantes pérdidas de esta vitamina, del 15 al 45% según el tratamiento aplicado. Las pérdidas por difusión de ácido ascórbico son empleadas frecuentemente en este producto como indicador de la severidad del tratamiento de escaldado en agua, siendo inferiores si el tratamiento se realiza con agua recirculada que con agua de red.

Además de lo anterior, es interesante el desarrollo de un modelo de simulación de esta operación que permita optimizar la calidad de producto y minimizar los consumos y costes específicos de la misma.

En este trabajo se va a mostrar como la introducción de modelos de difusividad aparente de vitamina C en agua recirculada en un modelo global de escaldado, permite predecir el efecto del empleo de agua recirculada sobre las pérdidas por difusión de vitamina C en el producto escaldado. Así, por ejemplo, los resultados de la simulación del escaldado en agua de patata muestran cómo las pérdidas de esta vitamina ascienden inicialmente, cuando el agua no contiene sólidos solubles, a un 16.4%, reduciéndose a aproximadamente un 5% tras 8 horas de recirculación del agua.

**Palabras clave:** modelo de simulación, escaldado en agua, pérdidas vitamina C, recirculación de agua.

## I.- INTRODUCCION

El escaldado por agua es un tratamiento térmico que se aplica previamente a operaciones de conservación de productos vegetales tales como apertización,

congelación y deshidratación y cuyo principal objetivo es la obtención de un producto de calidad tras el procesado.

En el caso del escaldado de patatas en agua, se producen importantes pérdidas en vitamina C (del 15 al 45% según el tratamiento aplicado), uno de sus principales nutrientes. Una vez asegurada la eficacia del tratamiento de escaldado al inactivarse los enzimas tomados como referencia, las pérdidas por difusión de ácido ascórbico son empleadas frecuentemente como indicador de la severidad del tratamiento de escaldado en agua de patata.

Además de conseguir una buena calidad del producto, es necesario considerar también el impacto medioambiental y coste energético del escaldado en agua, ya que esta operación lleva consigo un alto consumo de agua y energía (Rumsey et al., 1981).

Una forma de reducir estos consumos es la incorporación a los equipos de escaldado de sistemas de ahorro de agua y energía. En este sentido, la recirculación de agua ha sido introducida en la mayoría de los escaldadores empleados actualmente en la industria.

Se han realizado varios estudios que muestran cómo el empleo de agua recirculada durante el escaldado reduce la pérdida de sólidos solubles en el producto escaldado (Swartz, 1981; Kozempel et al., 1981; Arroqui et al., 2001). En el caso de las pérdidas de ácido ascórbico, se observó además que la difusividad aparente,  $D_{app}$  de esta vitamina durante el proceso de escaldado en agua que contiene sólidos solubles es inferior que si se renueva constantemente el agua (Arroqui et al., 2002).

Por otro lado, el desarrollo de un modelo de simulación del escaldado permite optimizar la calidad de producto y minimizar los consumos y costes específicos de esta operación.

En este trabajo se va a mostrar cómo, introduciendo los modelos de difusividad aparente de sólidos solubles y de vitamina C en agua recirculada en un modelo global de escaldado, es posible predecir el efecto del empleo de agua recirculada sobre las pérdidas por difusión de vitamina C en el producto escaldado.

## **II.- MATERIAL Y METODO**

Se ha empleado para las simulaciones un modelo global de escaldado que optimiza la calidad del producto y los costes específicos de esta operación (Arroqui, 2001). Este modelo calcula las pérdidas por difusión de vitamina C en patata escaldada en agua de red o en agua recirculada. Los resultados de la simulación que nos interesan en este caso son la evolución del contenido de vitamina C en el producto escaldado y en el agua de escaldado, así como el contenido en sólidos solubles de la misma.

Las dimensiones y propiedades termofísicas de la patata y los parámetros de los modelos de difusividad de vitamina C y sólidos solubles se muestran en las tablas 1 y 2.

Las características del tratamiento de escaldado y las de diseño del escaldador enfriador integrado aparecen en las tablas 3 y 4.

**Tabla 1.-** Propiedades termofísicas y dimensiones de los cubos de patata.

Longitud característica (m)	0.009
Conductividad térmica ( $W m^{-1}K^{-1}$ )	0.6
Calor específico ( $kJ kg^{-1}K^{-1}$ )	3600
Densidad ( $kg m^{-3}$ )	1080

Fuente: Lamberg &Hamstrong (1986).

**Tabla 2.** Parámetros de los modelos de pérdida de nutrientes e inactivación enzimática durante el escaldado en agua de patata.

**Modelo transferencia de masa<sup>a)</sup>**

Contenido inicial, $C_0$ ( $kg/m^3$ )	0.30
---------------------------------------	------

*Modelo de difusividad aparente de vitamina C*

Medio de escaldado	Agua de red	Agua recirculada
Constante, $D_0$ ( $m^2/s$ )	$8.63 \cdot 10^{-6}$	$5.14 \cdot 10^{-7}$
Energía de activación, $E_a$ (kJ/mol)	24890	17090

*Pérdidas por difusión de sólidos solubles*

Coeficiente difusividad aparente (75-85°C) $D_{app}$ ( $m^2/s$ )	$9.0 \cdot 10^{-9}$
--	---------------------

**Modelos de inactivación enzimática<sup>b)</sup>**

Ratio de inactivación enzimática de peroxidasa, $k_p$ (1/s)	$k_p = \exp(29.24 - 12510/T)$
---	-------------------------------

Fuentes:

<sup>a)</sup> Arroqui et al. (2002)

<sup>b)</sup> Sarikaya & Özilgen, (1991). Calculado para temperaturas superiores a 55°C.

T es la temperatura absoluta en Kelvin.

**Tabla 3.** Características del tratamiento de escaldado aplicado a los cubos de patata.

Temperatura producto a la entrada del escaldador (°C)	20
Temperatura agua de escaldado (°C)	94
Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura agua de red (°C)	15
Número de capas de producto	10
Coeficiente de transferencia de calor superficial, h ( $W/m^2K$ )	1000
Ratio agua/producto en cada sección	1

\* Ratio agua/producto es la relación entre el caudal de agua ( $kg s^{-1}$ ) multiplicado por el calor específico del agua ( $kJ kg^{-1}K^{-1}$ ) y el producto escaldado por unidad de tiempo multiplicado por su correspondiente calor específico

**Tabla 4.** Características de diseño del escaldador enfriador integrado.

Características de diseño	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4	Diseño 5
Número de secciones					
Zona de precalentamiento	3	3	3	4	4
Zona de escaldado	2	3	4	2	2
Zona de mantenimiento	2	2	2	2	2
Zona de preenfriamiento	2	2	2	4	0
Zona de enfriamiento	2	2	2	1	3
Longitud de cada sección (m)	1	1	1	1	1
Máxima velocidad de cinta (m/s)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

### III.- RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla 5 se muestran los resultados de la simulación correspondientes a la retención de ácido ascórbico en el producto escaldado para diferentes tiempos desde el llenado del equipo con agua de red.

Se observan importantes incrementos en cuanto al contenido de ácido ascórbico en el producto escaldado a medida que el agua de escaldado va aumentando su contenido tanto en vitamina C como en sólidos solubles.

**Tabla 5.** Evolución del contenido en sólidos solubles en el agua de escaldado y retención de vitamina C en el producto escaldado en función del tiempo desde el llenado.

Tiempo desde llenado con agua de red (s)	Vitamina C en el agua de escaldado (kg/m <sup>3</sup> )	Sólidos solubles en el agua de escaldado (Kg/m <sup>3</sup> )	Retención de vitamina C en el producto escaldado (%)
0	0	0	83.6
1930	0.028	9.8	85.6
3860	0.051	15.3	87.1
5790	0.072	18.35	88.3
7720	0.091	20.0	89.4
9650	0.107	21.0	90.4
11580	0.121	21.5	91.3
13510	0.133	21.8	92.0
15440	0.144	22.0	92.7
17370	0.154	22.1	93.3
19300	0.162	22.1	93.8
38600	0.208	22.2	96.5
57900	0.219	22.2	97.2
77200	0.222	22.2	97.5
96500	0.223	22.2	97.5
115800	0.224	22.2	97.5

La acumulación de ácido ascórbico en agua recirculada disminuye el gradiente de concentración entre el producto y el agua de escaldado. En consecuencia,

la retención de esta vitamina en el producto escaldado va aumentando a medida que pasa tiempo desde el llenado del tanque con agua de red.

Además de ello, y de acuerdo con el modelo de difusividad obtenido por Arroqui et al., 2002, la difusividad aparente del ácido ascórbico durante el escaldado en agua recirculada es inferior a la existente si se escaldan empleando agua de red debido a la presencia de sólidos solubles en el agua de escaldado.

De este modo, la conjunción de ambos efectos hace que las pérdidas de vitamina C durante el escaldado de patata en agua recirculada sean inferiores a las obtenidas empleando agua de red.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias a una beca FPI predoctoral del Ministerio de Educación y Ciencia.

## REFERENCIAS

- Arroqui, C. (2001). *Modelización del comportamiento térmico y cinético de la operación de escaldado de productos vegetales*. Universidad Pública de Navarra. Tesis Doctoral.
- Arroqui, C.; Rumsey, T.R.; Vírveda, P. & López, A.. (2001). Effect of different soluble solids in the water on the losses of ascorbic acid during water blanching of potato tissue. *Journal of Food Engineering*, 47 (2), 123-126.
- Arroqui, C.; Rumsey, T.R.; Vírveda, P. & López, A.. (2002). Losses by diffusion of Ascorbic Acid during recycled water blanching of potato tissue. *Journal of Food Engineering*, 52 (1), 25-30
- Lamberg, I. & Hallström, B. (1986). Thermal properties of potatoes and a computer simulation model of a blanching process. *Journal Food Technology*, 21, 577-585.
- Kozempel, M. F.; Sullivan, J.F. & Craing, Jr. (1981). Model for blanching potatoes and other vegetables. *Lebensmittel-Wissenschaft &-Technologie*, 14, 331-335.
- Sarikaya, A. & Özilgen, M. (1991). Kinetics of Peroxidase Inactivation during Thermal Processing of Whole Potatoes. *Lebensmittel-Wissenschaft &-Technologie*, 24 (2), 159-163.
- Swartz, J. B. (1981). Development, Modelling, Design and Economic analysis of a blanching cooling system with water recycle. University of California. Davis. Dissertation.
- Rumsey, T.R. Scott, E.P.; Carroad, P.A. (1981). Energy consumption in water blanching. *Journal of Food Science*, 47(1), 295-298.

## ABSTRACT

Blanching is one of the most energy-demanding processes in the preparation of frozen and canned vegetables. This process also determines to a large extent the quality of the product.

The blanching equipment employed now in the food industry incorporates systems to save water and energy, as water recirculation.

In potatoes, blanching causes important losses of ascorbic acid, one of its principal nutrients (from 15% to 45%, depending on the treatment intensity). This vitamin is frequently used as research indicator of the severity of food

processing. The ascorbic acid losses in water containing soluble solids are lower than the produced in tap water.

Beside this, the development of a simulation model of an integrated blancher/cooler machine is a tool to optimize the process.

Introducing the ascorbic acid diffusivity model for recycled water in a global blanching model, the effect of soluble solids in water blanching on ascorbic acid retention in blanched potato could be predicted.

The simulation results show that losses of vitamin C during potato water blanching are initially, when there are no soluble solids in the water, of 16.4%, being of 5% after 8 hours have been passed from the tank filling.

**Keywords:** blanching, simulation model, losses of vitamin C, recycled water.