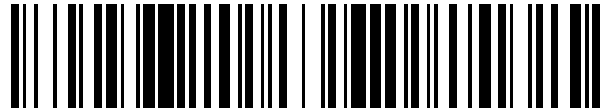


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 563 679**

21 Número de solicitud: 201530815

51 Int. Cl.:

A23L 3/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

10.06.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

15.03.2016

71 Solicitantes:

AUTOMATISMOS TEINCO, S.L. (75.0%)

Crta. Vic, 138 1º 3ª

08243 Manresa (Barcelona) ES y

**INDUSTRIAS FRIGORÍFICAS DEL LOURO, S.A.
(25.0%)**

72 Inventor/es:

BRUNET CAÑADO, José Mª;

BRUNET PUIGBÓ, David;

ALFAYA PÉREZ, Pablo;

SOBRIDO TRONCOSO, Andrés;

MOA LOUREIRO, Carlos;

LOIS BOUZAS, Ruth;

CASALES PORTELA, Borja Iván;

DACAL NIETO, Ángel;

MARTÍNEZ GONÇALVES, Pedro Luis y

ALONSO RAMOS, Víctor

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **Procedimiento y sistema de control de esterilización de alimentos en un autoclave**

ES 2 563 679 A1

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 563 679**

21 Número de solicitud: 201530815

57 Resumen:

Procedimiento y sistema de control de la esterilización de alimentos en un autoclave. El procedimiento comprende:

- obtener periódicamente la temperatura en el punto frío (T_{frio}) del autoclave (1) durante el proceso de esterilización;
- calcular periódicamente la letalidad acumulada y el tiempo restante (t_{rest}) de esterilización para cumplir una determinada letalidad objetivo (F_0);
- calcular, para un conjunto de temperaturas de consigna (T_{con}) del autoclave (1), unos valores de degradación de al menos un compuesto del alimento a esterilizar estimados tras el proceso de esterilización;
- seleccionar, en función de los valores de degradación estimados para las distintas temperaturas de consigna, una temperatura de consigna (T_{con}) con objeto de minimizar la degradación del alimento;
- aplicar al autoclave la temperatura de consigna (T_{con}) seleccionada.

El procedimiento permite realizar un control del proceso de esterilización en función de la letalidad y del deterioro de las propiedades organolépticas y nutricionales del producto, minimizando así la degradación del producto.

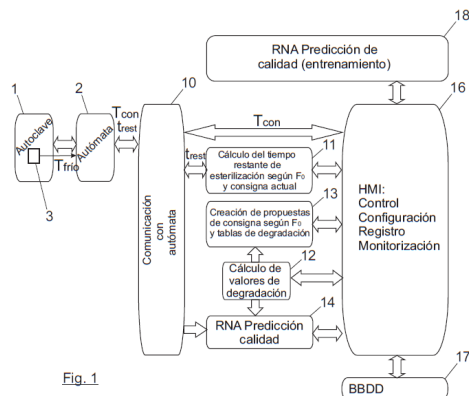


Fig. 1

Procedimiento y sistema de control de esterilización de alimentos en un autoclave

DESCRIPCIÓN

5

Campo de la invención

La presente invención se engloba dentro del campo de los sistemas de control de autoclaves.

10

Antecedentes de la invención

Un autoclave es una cámara estanca en la que se aplican unas condiciones de temperatura y presión sobre una serie de elementos durante un determinado tiempo. Una de las aplicaciones de un autoclave es la esterilización de envases alimentarios (conservas y alimentos enlatados). El proceso de esterilización se puede llevar a cabo de diferentes formas: por vapor directo, por recirculación o por inundación. Así, existen en la actualidad distintos tipos de autoclaves: de inundación, de ducha estáticos y ducha en rotativo.

15

20

25

El proceso de esterilización en un autoclave se suele dividir normalmente en tres fases diferenciadas: fase de calentamiento, fase de esterilizado y fase de enfriado. En la fase de calentamiento el autoclave se calienta hasta alcanzar la temperatura de consigna. En la fase de esterilizado se mantiene la temperatura de consigna durante un tiempo de esterilizado suficiente para asegurar la eliminación de los posibles microorganismos patógenos existentes en las conservas y alimentos enlatados. En la fase de enfriado se deja de aplicar la temperatura de consigna al autoclave y se comienza a introducir agua fría hasta que se enfría el producto a una temperatura determinada, normalmente ligeramente superior a la temperatura ambiente, entre 37°C y 43°C.

30

Las variables de presión y temperatura son controladas durante todo el ciclo por el sistema de control del autoclave, dependiendo de un programa de trabajo del autoclave. El control del proceso suele llevarse por un PLC que ejecuta un algoritmo de control para que el autoclave alcance unas determinadas condiciones teóricas conocidas y controladas de presión y temperatura, por medio del ajuste y utilización de las entradas y salidas del autoclave.

El proceso de esterilización se basa principalmente en tres parámetros interrelacionados: tiempo, temperatura y letalidad:

- Durante un tiempo determinado, y alcanzando una cierta temperatura, se alcanza una determinada letalidad.
- 5
- Durante un tiempo determinado, para una letalidad deseada, se necesita alcanzar una determinada temperatura.
 - Para una temperatura determinada a alcanzar, y una letalidad deseada, se necesita un cierto tiempo de proceso.
- 10
- Esto significa que:
- Para una temperatura, existen infinitas combinaciones tiempo-letalidad.
 - Para un tiempo, existen infinitas combinaciones temperatura-letalidad.
 - Para una letalidad, existen infinitas combinaciones tiempo-temperatura.

15 El proceso suele definirse con una temperatura alcanzable o conocida del autoclave y una letalidad F_0 objetivo, que garantice la seguridad alimentaria a un determinado nivel normalmente legislado y, con ello, la destrucción de todos los microorganismos nocivos para el ser humano al término de la esterilización del producto. Con estas variables, solo queda el tiempo como parámetro a calcular de manera teórica y a aplicar en el proceso. Los cálculos

20 de letalidad se realizan teniendo en cuenta normalmente la bacteria Clostridium Botulinum, por ser la más resistente. La temperatura de referencia empleada para el Clostridium Botulinum es de 121,1°C. Durante la esterilización el programa de control calcula la letalidad acumulada, y en función de la misma amplía o disminuye el tiempo restante de esterilización para cumplir con el objetivo de letalidad F_0 marcado.

25 Sin embargo, los autoclaves son dispositivos complejos, con multitud de entradas y salidas tanto físicas como lógicas, y subsistemas independientes, que conjuntamente permiten realizar una operación tan crítica como una esterilización. Esta complejidad origina una serie de errores en los que las condiciones de esterilización no pueden ser predichas de una

30 manera estática, lo que causa que se pierda el control del proceso. Un ejemplo es que la caldera que aporta agua a una cierta temperatura no sea capaz de proporcionar la temperatura deseada en un determinado momento del proceso.

En estos casos, a pesar de que el control de proceso utiliza algoritmos PID que ajustan las

35 entradas y salidas del autoclave para alcanzar la temperatura deseada ante una gran

variabilidad de parámetros, los cálculos teóricos del tiempo de esterilización dejan de tener utilidad, al no ser mantenidas las condiciones teóricas. En este punto, la ejecución de la esterilización utilizando el tiempo teórico inicial causaría la obtención de una letalidad diferente debido a la variación de las condiciones teóricas.

5

Así pues, en caso de que la temperatura del proceso sea diferente a la teórica, aunque sea ligeramente, y el tiempo teórico no se modifique, la letalidad a obtener en el proceso variará inexorablemente. Esto es, en caso de una variación inesperada de la temperatura, será necesario modificar el tiempo de esterilización para obtener la letalidad inicialmente planificada. Este tiempo debe ser comunicado al control del proceso, de modo que el proceso se ajuste dinámicamente.

El autoclave realiza cálculos estáticos y dinámicos del tiempo de esterilización. El cálculo estático supone que el proceso se desarrolla ejecutando un calentamiento estándar, de modo que se supone que la carga pasa por una serie de temperaturas conocidas. En cierto modo, se realiza una predicción de que el proceso se producirá de dicho modo. El cálculo dinámico, por su parte, no realiza una predicción, sino que simplemente suma el acumulado de letalidad alcanzado en cada momento del proceso. Por ello, este método es potente ante variaciones de temperatura, que es precisamente el escenario de errores de calentamiento. Un autoclave tiene por tanto la capacidad de predecir de manera teórica las variables de un proceso de esterilización, pero también puede adaptarse ante variaciones de las condiciones mediante un contador de letalidad proporcionada, entre otras cosas, por el análisis de la sensorización del autoclave.

También hay que tener en cuenta que el autoclave es un dispositivo de gran tamaño donde se esterilizan grandes cargas en cada proceso de esterilización. Las cargas son normalmente envases herméticos esterilizables, envases plásticos, bolsas alumínicas o envases metálicos que se distribuyen en jaulas, intentando aprovechar la máxima cantidad de espacio, de modo que cada proceso sea lo más rentable posible. Sin embargo, no todos los envases reciben la misma cantidad de temperatura, ni alcanzan las mismas temperaturas al mismo tiempo. Es importante recalcar que la predicción teórica tampoco es plenamente efectiva con respecto a la composición y densidad de los productos a esterilizar, ya que muchos no son totalmente homogéneos (por ejemplo, una sopa o salsa), con lo que esterilizará de diferente forma.

35

Esto ocasiona que, para una configuración de carga determinada, siempre existirá un punto en el que la temperatura sea más baja que en el resto del autoclave, el cual se denomina punto frío. Para cualquier cálculo referente a la letalidad de la esterilización, y por consiguiente al tiempo de la misma, siempre se toma este punto frío como la referencia, ya que se considera el peor caso dentro del autoclave.

No obstante, si bien el punto frío tendrá una determinada letalidad, el resto de puntos del autoclave siempre acumularán más letalidad, debido a que su temperatura es mayor. Esta sobre-esterilización es una medida más de seguridad en un proceso destinado a garantizar la salubridad de los productos alimentarios.

Con respecto al sistema de control automático de autoclaves, el documento de patente WO0027227-A1 divulga un controlador para un esterilizador rotativo que permite manejar en tiempo real las desviaciones de temperatura producidas durante el proceso de esterilización. El controlador emplea un modelo de simulación por diferencias finitas para simular las variaciones temporales de la temperatura del punto frío cuando ocurre una desviación de la temperatura.

Sin embargo, los procesos de esterilización en autoclaves conllevan una pérdida de las cualidades nutricionales del producto a esterilizar. En primer lugar, esa pérdida se origina por la sobre-esterilización en el resto de puntos del autoclave distintos al punto frío. Además hay que tener en cuenta que en los procesos actuales de esterilización en autoclaves, a pesar de paliar los contratiempos del proceso mediante un cálculo dinámico de las variables tiempo-temperatura-letalidad, no todas las combinaciones tiempo-temperatura para alcanzar una letalidad son iguales, ya que cada una tiene un efecto diferente sobre la calidad del producto, y sobre la degradación de los compuestos presentes en la carga a esterilizar.

Por tanto, en los autoclaves actuales no se tiene en cuenta en ningún momento durante el proceso de esterilización las degradaciones nutricionales del producto alimentario derivadas de la propia esterilización, pudiendo ocurrir por ejemplo que para alcanzar la letalidad objetivo el producto se haya deteriorado al final del proceso de esterilización hasta un límite inaceptable.

La presente invención resuelve este problema, permitiendo realizar un control en el proceso de esterilización del autoclave en función no sólo de la letalidad objetiva marcada, sino

también en función del deterioro de las propiedades organolépticas y nutricionales del producto previstas antes y/o durante el proceso de esterilización, de forma que no se compromete la seguridad alimentaria del producto al final de la esterilización, minimizando de esta forma la degradación de los productos en el proceso de esterilización.

5

Referencias bibliográficas:

Ball, C. O. and Olson, F. C. W., 1957, "Sterilization in Food Technology", McGraw-Hill, London

10

Berteli, M.N., Berto, M.I., Vitali, A.A.: Aplicabilidade do método de Ball para o cálculo da letalidade de processos de esterilização em autoclaves a vapor desaeeradas por água. Brazilian Journal of Food Technology vol. 16 (3), p. 243-252 (2013).

15

Bigelow, W. D., 1921. Logarithmic nature of thermal death time curves. Journal of Infectious Diseases 29, 528.

20

Cameron, M. S., Leonard, S. J. and Barrett, E. L., 1980. Effect of moderately acidic pH on heat resistance of Clostridium sporogenes spores in phosphate buffer and in buffered pea puree. Appl. Environ. Microbiol., 39, 043-949

25

Casolari, A., 1988. 'Microbial Death', in Physiological Models in Microbiology, Vol. II, p. 1-44; M.J. Basin and J.I. Prosser, Ed., CRC Press Inc., Boca Raton FL.

Casolari, A., 1994. About basic parameters of food sterilization technology. Food Microbiology 11, 75-84

30

Esty, J. R. & Meyer, K. F., 1922. The heat resistance of the spores of B. Botulinus and allied anaerobes. XI. J. Infestious Diseases 31, 650-663

Federal Register, 1979. Part 113. Thermally processed low-acid foods packaged in hermetically sealed containers. Federal Register 44, No. 53, 16215-16238. U.S. Gov. Printing Office

Greenberg, R. A., Tompkin, R. B., Bladel, B. O., Kittaka, R. S. and Anellis, A., 1966. Incidence of mesophilic spores in raw pork, beef and chicken in processing plant in the United States and Canada. *Appl. Microbiol.*, 14, 789-793

5 Holdsworth, S.D.: Optimisation of Thermal Processing – A review. *Journal of Food Engineering* 4, p. 89-116 (1985).

Padrón, J.A., Reyes, M.E., Gandolf, C.E.: Validación de ciclos de esterilización en autoclaves. *Memorias V Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería*, Habana, Cuba
10 (2003).

Pflug, I. J., 1987a. Factors important in determining the heat process value, FT, for low-acid canned foods. *Journal Food Protection* 50(6), 528-533

15 Pflug, I. J., 1987b. Calculating FT-values for heat preservation of shelf-stable, low-acid canned foods using the straight-line semilogarithmic model. *J. Food Protection* 50(7), 608-620

Pflug, I. J. & Odlaug, T. E., 1978. A review of z and F values used to ensure the safety of
20 low-acid canned foods. *Food Technology* 32, 63-70

Stumbo, C. R., 1973, "Thermobacteriology in Food Processing", Academic Press, London

Stumbo, C. R., Purohit, K. S. and Ramakrishnan, T. V., 1975. Thermal process lethality
25 guide for low-acid foods in metal containers. *J. Food Science*, 40, 1316-1323

Townsend, C. T., Esty, J. R. & Baselt, F. C., 1938. Heat resistance studies on spores of putrefactive anaerobes in relation to determination of safe processes for canned foods. *Food Research* 3, 323-346
30

Tucker, G., Featherstone, S.: *Essentials of Thermal Processing*. Wiley-Blackwell (2011).

Descripción de la invención

La presente invención se refiere a un autoclave inteligente que utiliza algoritmos para
35 controlar el ciclo de esterilización de los productos. Integra en su sistema de control el

método de Ball para el control del ciclo de esterilizado. Además, utiliza algoritmos para conocer las degradaciones sensoriales y nutricionales derivadas de la esterilización (en cuanto a degradación de vitaminas, y atributos organolépticos: textura, color, sabor, olor, etc.).

5

La presente invención permite un control de la esterilidad del producto sin comprometer la calidad del producto ante la caída de las variable del sistema (P, T), al tener en cuenta durante la esterilización las propiedades nutricionales y organolépticas del producto, de forma que no se compromete su seguridad alimentaria. El autoclave dispone de un sistema de control basado en redes neuronales que permite responder de forma eficiente ante desviaciones en el ciclo térmico y controlar el deterioro de propiedades organolépticas y nutricionales durante el proceso de esterilización. De esta forma en el autoclave se realiza una gestión del tiempo de proceso de esterilización en base por una parte a una configuración deseada, y por otra parte en base a la actividad real del proceso.

15

Un autómatas es el elemento encargado de llevar el control activo del autoclave, mientras que un sistema de control informático registra datos recogidos en el autoclave y los procesa usando algoritmos inteligentes que se encargan de:

20 - Estimación del tiempo restante de proceso, teniendo en cuenta la letalidad acumulada y la temperatura instantánea.

- Estimación de cómo se están degradando diversos compuestos durante la esterilización, y cómo quedarán a término si se aplica el tiempo restante estimado.

25 - Estimación de cómo será la calidad del producto al término del proceso mediante red neuronal, teniendo en cuenta el tiempo estimado y la estimación de degradación realizada.

30 Para la realización de estas estimaciones, y a pesar de que el autómatas recoge decenas de datos del autoclave, el único parámetro recogido del autoclave que se utiliza es la temperatura en el punto frío. El resto de datos necesarios para la estimación se encuentran almacenados en el sistema de control informático tras haber sido configurados previamente (datos relativos a productos, alimentos, degradación de compuestos, parámetros específicos de programa, autoclave, sensores, etc.).

35

Para que el sistema de control informático cambie el comportamiento del autoclave debe modificar algún registro del autómatas. El sistema de control informático escribe en un registro del autómatas la estimación de tiempo restante del proceso. De este modo, dicha estimación se emplearía para alargar o acortar el proceso. El resto de información generada con los algoritmos inteligentes puede ser utilizada como apoyo a la toma de decisiones por parte de un técnico, es decir, serviría como información para valorar si el proceso debe o no modificarse. Así, el técnico podría variar también la temperatura de consigna del autoclave para minimizar la degradación de ciertos compuestos.

5

10

También se contempla que el sistema de control informático modifique de manera automática otros parámetros del autoclave, como por ejemplo la temperatura de consigna del autoclave, teniendo en cuenta las estimaciones relativas a la degradación y la calidad del producto. Así por ejemplo, el sistema de control informático puede determinar unos umbrales de degradación de compuestos a partir de los cuales escribiría cierta información en el autómatas para modificar el proceso con el objetivo de conservar los compuestos en la cantidad deseada. Por ello, el sistema de control puede modificar no solo el tiempo de proceso, sino también la temperatura o los pasos a seguir en el ciclo de esterilización. De igual modo se puede realizar con la estimación de la calidad, en caso de que la red neuronal prediga en algún momento que la calidad a alcanzar no sea la deseada.

15

20

Un primer aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento de control de la esterilización de alimentos en un autoclave. El procedimiento comprende:

- Obtener periódicamente la temperatura en el punto frío del autoclave durante el proceso de esterilización.

25

- Calcular periódicamente la letalidad acumulada y el tiempo restante de esterilización para cumplir una determinada letalidad objetivo.

- Calcular, para un conjunto de temperaturas de consigna del autoclave, unos valores de degradación de al menos un compuesto del alimento a esterilizar estimados tras el proceso de esterilización.

30

- Seleccionar, en función de los valores de degradación estimados para las distintas temperaturas de consigna, una temperatura de consigna con objeto de minimizar la degradación del alimento.

- Aplicar al autoclave la temperatura de consigna seleccionada.

35

En una realización preferente el procedimiento comprende obtener diferentes propuestas de

consigna según la degradación, dichas propuestas de consigna incluyendo distintas temperaturas de consigna; mostrar en un interfaz de usuario las propuestas de consigna; y seleccionar a través del interfaz de usuario la temperatura de consigna adecuada.

- 5 En otra realización preferente el procedimiento comprende iterar diferentes propuestas de temperatura de consigna y seleccionar de forma automática la temperatura de consigna que minimiza la degradación del alimento.

10 El procedimiento puede además comprender predecir, mediante un algoritmo de predicción basado en inteligencia artificial y para un conjunto de temperaturas de consigna del autoclave, la calidad del alimento tras el proceso de esterilización, donde los valores de degradación estimados son variables de entrada del algoritmo de predicción; donde la selección de la temperatura de consigna del autoclave se realiza también en función de la predicción de calidad estimada para las distintas temperaturas de consigna. La predicción
15 de la calidad se puede en este caso realizar al iniciar el proceso de esterilización, empleando el método de Ball para la predicción del tiempo empleado en dicho proceso de esterilización, o durante el proceso de esterilización, utilizando la temperatura en el punto frío.

20 De manera similar, el cálculo de los valores de degradación se puede realizar antes de iniciar el proceso de esterilización, empleando el método de Ball para la predicción del tiempo empleado en dicho proceso de esterilización, o durante el proceso de esterilización, utilizando la temperatura en el punto frío.

25 Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un sistema de control de la esterilización de alimentos en un autoclave. El sistema comprende:

- Una sonda de temperatura para obtener periódicamente la temperatura en el punto frío del autoclave durante el proceso de esterilización.
- Un primer módulo encargado de calcular periódicamente la letalidad acumulada y el
30 tiempo restante de esterilización para cumplir una determinada letalidad objetivo.
- Un segundo módulo encargado de calcular, para un conjunto de temperaturas de consigna del autoclave, unos valores de degradación de al menos un compuesto del alimento a esterilizar estimados tras el proceso de esterilización.

35 El sistema está configurado para obtener, en función de los valores de degradación

estimados para las distintas temperaturas de consigna, una temperatura de consigna con objeto de minimizar la degradación del alimento; y aplicar al autoclave la temperatura de consigna seleccionada.

- 5 El sistema puede comprender un tercer módulo encargado de obtener diferentes propuestas de consigna según la degradación, dichas propuestas de consigna incluyendo distintas temperaturas de consigna; y un interfaz de usuario para mostrar las propuestas de consigna y permitir la selección manual de la temperatura de consigna adecuada.
- 10 Alternativamente, el sistema puede comprender un tercer módulo encargado de iterar diferentes propuestas de temperatura de consigna y de seleccionar de forma automática la temperatura de consigna que minimiza la degradación del alimento.

El sistema preferiblemente comprende además un cuarto módulo encargado de predecir, mediante un algoritmo de predicción basado en inteligencia artificial y para un conjunto de temperaturas de consigna del autoclave, la calidad del alimento tras el proceso de esterilización, donde los valores de degradación estimados son variables de entrada del algoritmo de predicción; donde la selección de la temperatura de consigna del autoclave se realiza también en función de la predicción de calidad estimada para las distintas temperaturas de consigna.

15

20

El cuarto módulo puede estar configurado para realizar la predicción de la calidad al iniciar el proceso de esterilización, empleando el método de Ball para la predicción del tiempo empleado en dicho proceso de esterilización, o alternativamente puede estar configurado para realizar la predicción de la calidad durante el proceso de esterilización, utilizando la temperatura en el punto frío. El sistema puede comprender adicionalmente un módulo de entrenamiento de la red neuronal de predicción de la calidad.

25

De manera similar, el segundo módulo puede estar configurado para realizar el cálculo de los valores de degradación antes de iniciar el proceso de esterilización, empleando el método de Ball para la predicción del tiempo empleado en dicho proceso de esterilización; o puede estar configurado para realizar el cálculo de los valores de degradación durante el proceso de esterilización, utilizando la temperatura en el punto frío.

30

El sistema puede comprender un autómatas encargado de establecer en el autoclave la

35

temperatura de consigna y el tiempo restante de esterilización; y un interfaz de comunicación con el autómata.

Breve descripción de los dibujos

5 A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

10 La Figura 1 representa un diagrama del sistema de control del proceso de esterilización en un autoclave de acuerdo a una primera realización preferente de la presente invención.

La Figura 2 muestra una recta de aproximación de temperaturas para la predicción de tiempo restante realizada con el método de Ball.

15 La Figura 3 muestra una tabla con valores teóricos de degradación de compuestos.

La Figura 4 muestra una tabla con las cantidades de compuesto por alimento.

20 Las Figuras 5A-5E muestran diferentes gráficas de predicción de degradación de compuestos para una primera referencia.

Las Figuras 6A-6E muestran diferentes gráficas de predicción de degradación de compuestos para una segunda referencia.

25 Las Figuras 7A y 7B muestran, respectivamente, la conservación de compuestos para la primera y segunda referencia, en porcentaje.

30 La Figura 8 muestra, a modo de ejemplo, diferentes instancias de una base de conocimiento de la red neuronal de predicción de la calidad del producto.

La Figura 9 representa un diagrama del sistema de control del proceso de esterilización en un autoclave de acuerdo a una segunda realización.

Descripción detallada de la invención

35 La **Figura 1** muestra un diagrama esquemático del sistema de control del proceso de

esterilización realizado en un autoclave 1, de acuerdo a una realización preferida de la presente invención. El autoclave 1 es controlado por un autómatas 2, el cual se encarga de establecer, entre otras variables, la temperatura de consigna T_{con} del autoclave y el tiempo restante t_{rest} de esterilización.

5

El sistema de control dispone de un primer módulo 11 encargado del cálculo del tiempo esterilización, un segundo módulo 12 encargado del cálculo de la degradación de compuestos durante la esterilización, un tercer módulo 13 encargado de obtener las propuestas de consigna según la degradación y un cuarto módulo 14 de predicción de la calidad del producto mediante red neuronal.

10

Además, el sistema de control dispone de una interfaz de comunicación 10 con el autómatas 2, para configurar al menos los parámetros de temperatura de consigna T_{con} del autoclave y tiempo restante t_{rest} de esterilización, y una interfaz de usuario 16 a través de la cual el usuario puede interactuar con el sistema de control para, por ejemplo, monitorizar el proceso de esterilización, configurar diferentes parámetros del proceso de esterilización (definición del autoclave y autómatas utilizados, definición del producto a esterilizar, etc.) e incluso realizar un control manual del proceso de esterilización (e.g. cambio de la temperatura de consigna T_{con} o del tiempo de esterilización t_{rest}).

15

20

El sistema de control tiene acceso a una base de datos 17 para obtener información relevante del autoclave 1, del producto a esterilizar y de sus compuestos, información que será empleada por los distintos módulos. El sistema de control dispone de un módulo 18 de entrenamiento de la red neuronal de predicción de la calidad (para el entrenamiento del cuarto módulo 14).

25

El primer módulo 11 del sistema de control realiza un cálculo del tiempo de esterilización, lo cual incluye el cálculo estático y el cálculo dinámico del tiempo. La gestión del tiempo de proceso de esterilización se realiza en base, por una parte, a una configuración deseada, y por otra parte, en base a la actividad real del proceso. La gestión en base a una configuración es una gestión estática del tiempo de proceso, ya que supone únicamente una predicción inicial en base a unos cálculos teóricos, mientras que la gestión en base a la actividad del proceso es una gestión dinámica, ya que supone una actualización continua y en tiempo real del tiempo restante de esterilización, y se adapta a cada caso específico de esterilización en base a datos captados por sensores instalados en el autoclave 1.

30

35

La gestión del tiempo de esterilización incluye un conjunto de cálculos que llevan al sistema a conocer en todo momento el tiempo necesario para llegar a un determinado nivel de letalidad deseado dentro de unas condiciones previamente configuradas. Es decir, la sensorización del autoclave se analiza durante el proceso y los resultados se utilizan para la toma de decisiones, que redundan en la modificación del proceso para llegar al resultado de letalidad deseado.

En la gestión estática del tiempo de esterilización se realiza una predicción del tiempo asumiendo unas condiciones teóricas, utilizando el método de Ball. El método de Ball supone una simulación de lo que será la esterilización, en base a un gran conjunto de parámetros que modelan el comportamiento del autoclave y la carga durante el proceso. La simulación calcula cómo se incrementa la temperatura en la carga mientras se llega a la letalidad objetivo, y con ello el tiempo que haría falta para conseguirlo.

Para el cálculo del tiempo según el método de Ball son precisos una serie de datos:

- f_h : Se corresponde con la velocidad de calentamiento. Es el tiempo en minutos para que la recta de penetración de calor atraviese un ciclo logarítmico. Está expresado en minutos, y es un valor que difiere para cada referencia.
- j_h : Es el factor lag de calentamiento, o tiempo de inducción térmica para una referencia en concreto.
- CUT: Es el tiempo (en minutos) para que el autoclave llegue a la temperatura para la que se ha programado. Según el enunciado original del método de Ball, para los cálculos solamente se suma el 42% del CUT. Esta es la principal causa de divergencias entre el método de Ball y el método general, que comienza a sumar el acumulado de letalidad desde el primer instante (y no desde el 58% del CUT, como hace el método de Ball).
- Temperatura inicial del producto: Expresada tanto en °C como en °F, dependiendo del sistema, es la temperatura a la que se encuentra el producto antes de comenzar la esterilización.

- F_0 : Es el valor de letalidad objetivo a alcanzar al término de la esterilización.
- Z : Valor z para el Clostridium Botulinum, que en este caso es 18°F o 10°C. Los cálculos de letalidad se realizan teniendo en cuenta esta bacteria, por ser la más resistente.
- Temperatura de referencia para el Clostridium Botulinum: Se utiliza 250°F o bien 121,1°C (su equivalencia en °C).

5

10 Con estos datos se realizan una serie de operaciones que desembocan en el tiempo necesario para la esterilización a una temperatura de referencia dada, para alcanzar una letalidad F_0 objetivo: $U = F_0 * 10^{(T_{ref} - T_{prod})/z}$ es el tiempo requerido para que, a la temperatura del dispositivo de tratamiento, se lleve a cabo la misma cantidad de destrucción microbiana, equivalente al valor F del proceso.

15

Posteriormente se realiza la operación $\text{Log}(f_h/U)$. Si el resultado de f_h/U es inferior a 0,6 se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(g) = (0,71 * (f_h/U) - 1) / (f_h/U)$$

20 En caso contrario habría que realizar la siguiente operación:

$$\text{Log}(g) = 0,042808 * \log(f_h/U)^5 - 0,35709 * \log(f_h/U)^4 + 1,1929 * \log(f_h/U)^3 - 2,1296 * \log(f_h/U)^2 + 2,4847 * \log(f_h/U) - 0,28274$$

25 Con el resultado de $\text{Log}(g)$ se puede obtener la diferencia de temperatura que debería haber entre el autoclave y el punto frío de la siguiente manera: $g = 10^{\text{Log}(g)}$. Este resultado será en °F, que se transforma a °C dividiendo entre 1,8.

30 El siguiente cálculo es $\text{Log}(jh(T_1 - T_0))$, donde T_1 es la temperatura de funcionamiento del autoclave y T_0 es la temperatura de inicio del producto.

Para acabar con la ecuación final, la que indica el tiempo de proceso, es necesario realizar la siguiente operación:

$$\text{Tiempo de Ball} = f_h * ((\text{Log}(jh(T_1 - T_0)) - \text{Log}(g)))$$

35

Con esto se obtiene el tiempo del proceso según Ball, a lo que hay que sumarle el 42% del CUT.

5 Por otro lado, en la gestión dinámica del tiempo de esterilización se realiza una suma del acumulado de letalidad, utilizando lo que se denomina tradicionalmente como método general. En el método general se emplean una serie de definiciones previas:

10 - Temperatura en el punto frío ($T_{\text{frío}}$): Se obtiene mediante una sonda de temperatura 3 específica ubicada en dicho punto frío, el cual depende de cada configuración de carga. Aunque no es una práctica frecuente disponer de dicha sonda por la complejidad de su utilización e instalación, es un requisito imprescindible para proporcionar la capacidad de cálculo necesaria para este método general.

15 - Temperatura de trabajo del autoclave: La temperatura de trabajo del autoclave durante la esterilización.

20 - Z: El parámetro Z se corresponde con el número de grados necesarios para reducir el parámetro D del compuesto en cuestión en un ciclo logarítmico, lo cual significa dejar el parámetro D en una décima parte. Generalmente se utiliza el parámetro D de la bacteria *Clostridium Botulinum*, que es el causante del botulismo en las conservas y es el objetivo de la esterilización. En base a esto se utiliza como parámetro $Z=18^{\circ}\text{F}$ o $Z=10^{\circ}\text{C}$ (siendo la transformación entre las escalas Celsius y Fahrenheit de 1.8).

25 Una vez se dispone de estos datos, se procede a calcular la letalidad instantánea con la siguiente fórmula:

$$L=10^{(T - T_{\text{ref}})/z}$$

30 Este cálculo permite obtener la letalidad para un instante de 1 minuto, la cual se acumulará a la conseguida en las sensorizaciones anteriores, sabiendo así cuánto se ha esterilizado un producto. Visto de otro modo, la letalidad restante es la objetivo menos la acumulada:

$$F_{\text{RESTANTE}}=F_{\text{OBJ}} - L_{\text{ACUMULADA}}$$

35 Sabiendo este datos se obtiene la F restante, que se corresponde con los minutos que hacen falta para alcanzar el objetivo deseado a la temperatura de referencia para el

Clostridium Botulinum, que en este caso es de 250°F o 121,1 °C, en la que se genera una letalidad de 1.

5 Para la letalidad que se está generando actualmente en este instante a la temperatura que se registró en la sonda de temperatura 3, hay que dividir la F resultante entre la letalidad, obteniendo el resultado en minutos del tiempo que haría falta para que, con la letalidad actual, y sabiendo la L acumulada, se pueda llegar al F objetivo:

$$t = F_{\text{RESTANTE}}/L_{\text{ACTUAL}}$$

10 Con ello se obtiene el tiempo teórico necesario para poder alcanzar la F objetivo y así completar la esterilización. En caso que las condiciones teóricas se mantengan en el autoclave, los métodos dinámico y estático darán un resultado muy parejo, casi equivalente.

15 Los algoritmos estático y dinámico de cálculo del tiempo de esterilización permiten conocer, desde ambos puntos de vista, el tiempo necesario para llegar a una determinada letalidad.

20 Una esterilización puede verse como un triángulo tiempo-temperatura-letalidad, donde fijando una de las variables (por ejemplo, marcar una letalidad objetivo) existen infinitas posibles combinaciones de las otras variables, tiempo y temperatura, para llegar a la letalidad objetivo. Pero no todas las combinaciones tiempo-temperatura para alcanzar una cierta letalidad son iguales, ya que cada combinación tiene un efecto diferente sobre la calidad del producto y sobre la degradación de los compuestos presentes en la carga a esterilizar.

25 La esterilización de un alimento en un autoclave, a pesar de realizarse en un envase estanco, tiene consecuencias irreparables en el alimento a nivel bioquímico. La temperatura y presión a la que se ve sometido provoca que los distintos compuestos que lo forman se degraden, convirtiéndose en nuevos compuestos que modifican las propiedades
30 nutricionales, físicas y químicas.

La presente invención permite predecir y medir la degradación para diseñar el mejor programa de esterilización. Para ello, la bibliografía científica (de manera teórica) y los análisis desarrollados por los productores (de manera práctica) proporcionan índices de
35 degradación de una serie de compuestos para una serie de alimentos, para unas

temperaturas determinadas. Estas fórmulas de degradación se utilizan para permitir un mejor conocimiento del proceso de esterilización, ya no desde el punto de vista del tiempo de esterilización, sino desde el punto de vista de la degradación de compuestos.

5 El objetivo es disponer de:

- un predictor de degradación previo a la esterilización.
- un contador de degradación al término de la esterilización.
- un híbrido de contador + predictor durante la esterilización.

10 De este modo se conoce mejor el proceso, permitiendo la toma de decisiones en situaciones extremas. Un ejemplo es una pérdida de temperatura en la caldera durante la esterilización. El tiempo de esterilización extra para llegar a la letalidad objetivo puede conocerse, pero actualmente se desconoce, en tiempo real, qué efectos causará dicho tiempo extra en cuanto a degradación de los alimentos. Los algoritmos descritos a continuación lo
15 permitirán.

Para el cálculo de la degradación de los compuestos orgánicos del producto durante una esterilización, deben conocerse las temperaturas por las que ha pasado el envase, o predecir las temperaturas por las que pasará, en función de si se requiere un cálculo a priori
20 o a posteriori de la degradación.

En el caso del cálculo a priori, el tiempo se predice mediante el método de Ball. Este método, a diferencia del general, predice un tiempo en función de un calentamiento hipotético. Ya que el método de Ball no proporciona una medida por cada unidad de tiempo
25 (lo cual es necesario para el cálculo de la degradación), es necesario, mediante la recta de calentamiento de temperatura, calcular qué temperatura tiene el envase (en el punto frío) para una serie de puntos intermedios que permiten calcular la degradación.

Sabiendo la temperatura inicial del producto (T^a producto) y la temperatura de funcionamiento del autoclave, con ello se obtiene que la temperatura del envase (T^a) es:
30

$$T^a = ((T^a \text{ autoclave} - T^a \text{ producto}) / \text{tiempo total}) \times \text{tiempo} + T^a \text{ producto}$$

Con esta ecuación de primer grado se obtiene una línea que simula bastante bien la trayectoria de la curva de calentamiento (ver ejemplo de la **Figura 2**), haciendo que el
35

resultado entre la medición de cada punto y la teoría no difieran mucho. Se ha comprobado una diferencia aproximada de entre el 1% y el 3%, lo que hace a la ecuación de primer grado ideal para una predicción de cara a la degradación sin una carga excesiva de procesamiento.

5

Para el cálculo de la degradación, al igual que en los cálculos del tiempo de esterilización, el cálculo se realiza mediante la toma de valores por unidad de tiempo, aplicándose un factor de corrección en caso de que se quisiera realizar mediciones en una escala mayor o menor que la que se usa normalmente, establecida en 1 minuto.

10

La fórmula utilizada para la supervivencia puntual de un compuesto es:

$$N_t = N_0 \times 10^{-t/D}$$

15 En la que N_t es la cantidad del componente que sobrevive a un periodo de tiempo t , N_0 es la cantidad inicial del componente antes del tratamiento térmico y D es el tiempo de reducción decimal para una T^a , el cual se ha de recalcular para adaptarlo a las diferentes temperaturas por la que pasa el producto, ya que no se comporta igual un componente a 55° como a 120° .

20 Para recalcular D a una cierta temperatura T se emplea la siguiente fórmula:

$$D_t = D_{\text{ref}} \times 10^{(T_{\text{ref}} - T)/Z_c}$$

25 En la cual, D_{ref} es el tiempo de reducción decimal que se tiene como referencia para ese componente en ese alimento, T_{ref} es la temperatura a la que se calcula D_{ref} , T es la nueva Temperatura para la que se quiere calcular D_t y Z_c es el número de grados [$^\circ \text{C}$, $^\circ \text{F}$] necesarios para lograr un cambio de diez veces de los valores de D_t .

30 Sumando las diferentes unidades supervivientes para cada minuto, se obtiene una cantidad degradada para toda la esterilización. Conociendo la cantidad inicial del componente en el alimento, se puede calcular el porcentaje degradado y, por consiguiente, el porcentaje salvado.

35 La diferencia entre la degradación tomando como datos de temperatura los proporcionados por el método de Ball y el método general radica en la validez de las medidas obtenidas.

Mientras el método de Ball (cálculo a priori) proporciona una estimación, el método general (cálculo a posteriori) aporta las medidas reales, siendo cada método útil para momentos diferentes de la esterilización:

- 5 - Al inicio, utilizando Ball, se obtiene una degradación teórica con las temperaturas esperadas por Ball, y el tiempo restante de Ball.
- Durante la esterilización, y habiendo sumado la degradación real, puede estimarse la degradación restante mediante el tiempo estimado por el método general para alcanzar la letalidad objetivo, a la temperatura actual.
- 10 - Al término de la esterilización puede calcularse la degradación real por medio de la sensorización recogida durante todo el proceso de esterilización.

La **Figura 3** muestra a modo de ejemplo una tabla con valores teóricos de degradación de compuestos (vitamina A, vitamina B1, vitamina C, catalasa y clorofila) por alimento (zanahoria, espinacas y guisantes) [Tucker et al].

15 Para obtener las proporciones de las vitaminas por alimento se utilizan tablas de composición por alimento (www.nutriguia.com/alimentos/) en las que se indica la cantidad de cada compuesto por alimento en escala de mg/100g, resultados que se han pasado a mg/g y posteriormente se ha multiplicado por la cantidad inicial de cada alimento para saber la
20 cantidad inicial de cada componente. La **Figura 4** muestra una tabla con las cantidades de compuesto (vitaminas A, B1, C) por alimentos del ejemplo de la Figura 3.

A continuación se presenta un ejemplo de predicción de degradación de compuestos utilizando el método de Ball para un rango de temperaturas del autoclave y para una primera
25 referencia. Para las pruebas con esta primera referencia se han usado los siguientes datos:

- $f_h = 149,94887 \text{ min.}$
- $j_h = 1,94059$
- $F_0 = 6,5$
- $T^a_{\text{autoclave}} = \text{Es la temperatura del rango, entre } 105^\circ\text{C y } 130^\circ\text{C}$
- 30 $\text{CUT} = 23 \text{ min.}$
- $Z = 10^\circ\text{C}$
- $T^a_{\text{inicialProducto}} = 55.64^\circ\text{C}$

Los alimentos que se han usado son la zanahoria y los guisantes, que existen en una proporción de un 5% en una lata de albóndigas tomada como referencia, lo que hace que haya 21,5 g por lata.

5 Las concentraciones de los compuestos para este supuesto son los siguientes:

- Vitamina B1 en Guisantes = 0.074375mg
- Vitamina B1 en Zanahoria = 0.01.625mg
- Vitamina C en guisantes = 5.7375mg
- Vitamina A en Zanahoria = 0.1581 mg

10

Teniendo estos valores y realizando los cálculos anteriormente detallados, se obtuvieron las siguientes gráficas para la primera referencia:

- Gráfica tiempo-temperatura (**Figura 5A**): En esta gráfica se comprueba que cuanto más temperatura se introduce, menos tiempo es necesario para alcanzar la letalidad objetivo de 6.5.

15

- Gráfica de la cantidad resultante de vitamina B1 dependiendo de la temperatura del autoclave (**Figura 5B**): En esta gráfica se presenta, para una serie de programas simulados de los cuales simplemente se indica su temperatura en el eje x, el valor de vitamina B1 restante para cada uno de los programas (eje y, en mg). Se aprecia que existe un óptimo alrededor de 112°C en el que se maximiza la cantidad de B1 conservada. A temperaturas muy altas el compuesto se degrada en exceso.

20

- Gráficas de la cantidad resultante de vitamina A (**Figura 5C**), vitamina C (**Figura 5D**) y de la clorofila en % (**Figura 5E**) dependiendo de la temperatura: En estas tres gráficas se indica el mismo comportamiento para vitamina A, vitamina C y clorofila para los mismos programas, comprobándose que para cada uno de ellos se reproduce una degradación diferente debido a los índices propios de cada componente, su presencia en los alimentos de la referencia, y las cantidades de los alimentos en dicha referencia.

25

30 Para verificar el éxito del uso de la recta en la predicción de las temperaturas por las que posteriormente pasa el programa, los resultados finales se verifican con una temperatura determinada utilizada en los datos conocidos de una prueba real en un autoclave:

- La vitamina B1 en los guisantes se mantiene en un 57.73% en el cálculo del método general, mientras que en la recta teórica el resultado es de un 56,252%.

- La vitamina A en la zanahoria se mantiene un 42.44% con el método general, mientras que la recta teórica indica un 39.759%.
- La vitamina B1 en la zanahoria se mantiene un 81,15% en el método general, mientras que en la recta teórica se mantiene un 79,279%
- 5 • La vitamina C en los guisantes se mantiene en un 94,78% en el método general, mientras que en la recta teórica se mantiene en un 93,83%

10 A continuación se realiza otro ejemplo de predicción de degradación de compuestos utilizando el método de Ball para un rango de temperaturas del autoclave y para una segunda referencia. Para las pruebas con esta segunda referencia se han usado los siguientes datos:

$$f_h = 166,6666667 \text{ min.}$$

$$j_h = 1,978206679$$

$$F_0 = 6,5$$

15 $T_{\text{autoclave}}^a =$ Es la temperatura del rango, entre 105°C y 130°C

$$\text{CUT} = 23 \text{ min.}$$

$$Z = 10^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{inicialProducto}}^a = 55.64^\circ\text{C}$$

20 Los alimentos que se han utilizado son la zanahoria, espinacas y guisantes que existen en una proporción ficticia en una lata de comida, lo que hace que haya 35,0 g por lata de espinacas y zanahorias y 27,0 g de guisantes.

Las concentraciones de los compuestos para este supuesto son los siguientes:

- 25
- Vitamina B1 en Guisantes = 0,0945 mg
 - Vitamina B1 en Zanahoria = 0,0175 mg
 - Vitamina B1 en Espinaca = 0,028 mg
 - Vitamina C en Guisantes = 7,29 mg
 - Vitamina C en Espinacas = 10,5 mg
 - 30 • Vitamina A en Zanahoria = 0,259 mg

Con estos valores se obtuvieron las siguientes gráficas para la segunda referencia:

- Gráfica tiempo-temperatura (**Figura 6A**).

- Gráficas de la cantidad resultante de vitamina B1 (**Figura 6B**), A (**Figura 6C**), vitamina C (**Figura 6D**) y de la clorofila en % (**Figura 6E**) dependiendo de la temperatura. En estos resultados se ha obviado la catalasa porque su valor siempre da 0, ya que es muy poco resistente a la temperatura.

5

Para ambas referencias se han generado gráficas globales de degradación (**Figura 7A** para la primera referencia y **Figura 7B** para la segunda referencia), que permitan visualizar todos los compuestos al mismo tiempo, de modo que sea más sencillo escoger el programa más adecuado (esto es, la temperatura de autoclave) en función de los compuestos objetivo a maximizar. En este caso, y para permitir unos resultados coherentes, todos los compuestos se indican en porcentaje conservado, el lugar de mg. conservados. En dichas figuras se aprecia que la degradación de compuestos global para la segunda referencia es más caótica que en la primera referencia.

15 Antes de iniciar el proceso de esterilización, el técnico encargado de seleccionar el programa del autoclave es capaz de obtener la predicción de degradación de los compuestos del producto o referencia a esterilizar para distintos programas y, una vez obtenida, evaluar cuál es el programa del autoclave óptimo para minimizar la degradación de los compuestos. Para ello el usuario debe seleccionar, mediante el interfaz de usuario 16:

20 - Una referencia concreta precargada en el sistema. La referencia consta de alimentos, dichos alimentos de compuestos, y dichos compuestos de un índice de degradación a ciertas temperaturas. Toda esta información (referencias disponibles, alimentos incluidos en cada referencia, compuestos incluidos en cada alimento, índice de degradación de los compuestos a ciertas temperaturas) se puede obtener accediendo a la base de datos 17, donde está almacenada.

25

- Un F_0 objetivo en la esterilización.
- Un rango de temperaturas a simular (temperatura inicial, final e intervalo).

Para cada combinación F_0 -Temperatura, el primer módulo 11 calcula el tiempo de Ball correspondiente. Teniendo en cuenta dicho tiempo, y los compuestos presentes en la referencia seleccionada, el segundo módulo 12 calcula cuánto se degradarán, para cada programa, cada uno de los compuestos.

El tercer módulo 13 obtiene las propuestas de consigna según la degradación. Para facilitar al usuario la visualización de las diferentes propuestas de consigna, el tercer módulo 13

35

5 presenta en el interfaz de usuario 16 una tabla ordenable por columnas, presentable por porcentaje conservado o por miligramos conservados, indicando el máximo y el mínimo de cada compuesto, y resaltando aquel programa que más ha conservado dicho compuesto. Por otra parte también se habilita la visualización en el interfaz de usuario 16 de una serie de gráficas globales y por compuesto para facilitar al técnico el análisis de los datos, de modo que sea fácilmente observable determinar qué programa es el más adecuado para maximizar un determinado compuesto.

10 El técnico encargado de seleccionar el programa del autoclave (bien antes de empezar la esterilización o durante el propio proceso de esterilización), es capaz de evaluar toda la información visualizada en el interfaz de usuario 16 para determinar el programa del autoclave óptimo (por ejemplo, fijar la temperatura de consigna T_{con} del autoclave) que produzca una degradación menos agresiva en los alimentos de la referencia a esterilizar. Así, el técnico puede seleccionar un programa concreto al inicio de la esterilización, en base a las predicciones de degradación mostradas. Pero también puede modificar el programa del autoclave durante el proceso de esterilización, en función de la evolución de la degradación de compuestos que se haya producido (lo cual se evaluará en función de los registros de la temperatura en el punto de frío $T_{frío}$) y de la degradación estimada para el tiempo restante.

20 Por otro lado, el cuarto módulo 14 permite obtener una predicción de la calidad del producto utilizando una red neuronal. Este módulo aporta información valiosa que da soporte al técnico durante la esterilización para la toma de decisiones de selección del programa del autoclave.

25 Durante la esterilización se registra periódicamente la sensorización del autoclave (temperatura en el punto frío $T_{frío}$ según las medidas de la sonda de temperatura 3), y los módulos realizan diferentes tareas cada vez que se recibe dichos datos:

30 - En cuanto al tiempo restante de esterilización, se conoce el F_0 objetivo a alcanzar, por lo que es posible calcular el F_0 acumulado por medio de la lectura de la temperatura en el punto frío $T_{frío}$. Por tanto, el primer módulo 11 calcula el F_0 restante y estima, en función de la temperatura instantánea, el tiempo restante recomendado para finalizar el proceso.

35 - En cuanto a la degradación, se conoce una degradación objetivo para varios compuestos (esto es, la degradación esperada para un determinado compuesto como

5 resultado de la simulación del programa a priori) y cómo éstos se degradan en función de la temperatura (valores almacenados en la base de datos 17). Por ello, el segundo módulo 12 calcula el acumulado de degradación, y teniendo en cuenta el tiempo restante recién recomendado se predice cómo se degradarían a la temperatura instantánea durante dicho tiempo recomendado, es decir, su estado final tras la esterilización.

10 - En cuanto a la calidad del producto, se define calidad como un único índice de calidad organoléptica obtenido mediante una media ponderada de las distintas valoraciones realizadas en catas organolépticas, puntuando (por ejemplo, de 1 a 10, de 1 a 5, de muy malo a muy bueno, etc.) distintos atributos como color, aroma, sabor y textura. En cada caso, y dependiendo del tipo de producto se le dará más peso/valor a un determinado atributo (por ejemplo en un paté 30% a la textura, 20% al color y 50% al sabor). El cuarto módulo 14 predice periódicamente tras cada lectura de temperatura en el punto frío $T_{\text{frío}}$ qué calidad se obtendrá al término de la esterilización, por medio de una predicción basada en reconocimiento de patrones supervisado por inteligencia artificial, cuya entrada son los valores de degradación finales calculados en cada momento.

20 Con estos datos, el técnico del proceso tiene datos durante el proceso para valorar las acciones a realizar, especialmente el cómo reaccionar a una desviación de proceso, por medio de la variación en los parámetros de esterilización, o valorar que merece la pena descartar la carga, en caso de que no cumple un determinado nivel mínimo de calidad.

25 Un sistema de predicción basado en reconocimiento de patrones permite, a partir de una base de conocimiento formada por datos representativos, realizar predicciones sobre nuevos casos, mediante la comparación con los datos de la base de conocimiento.

30 El objetivo que se persigue con la creación de una base de conocimiento es la realización de minería de datos sobre un conjunto de datos conocido para extraer información, y finalmente alimentar a algoritmos de inteligencia artificial (clasificador / predictor), por ejemplo una red neuronal. Para ello, la base de conocimiento recoge conocimiento representativo mediante un conjunto de características. Las ocurrencias o instancias se encuentran etiquetadas, de modo que se conoce la "clase" o tipo de cada una. Esto se conoce como reconocimiento de patrones supervisado.

Posteriormente el cuarto módulo 14 emplea algoritmos de predicción que, mediante procedimientos de validación cruzada sobre la base de conocimiento, maximizan el porcentaje de acierto y correlación con la base de conocimiento.

- 5 Una vez desarrollado, el predictor recibe una ocurrencia desconocida, representada por las mismas características que las ocurrencias de la base de conocimiento (o un subconjunto de las mismas), de modo que el predictor predice la clase o tipo en la que mejor se encuadra.

En el sistema de predicción se definen los siguientes parámetros:

- 10 - La base de conocimiento. Se construye a partir de datos conocidos, en los cuales se conocen datos de entrada y de salida. Para ello se realizan diversos ensayos en los cuales se esteriliza el mismo producto a diferentes temperaturas, alcanzando distintos F_0 . Para cada caso, y tras la esterilización, se analiza el índice de degradación de una serie de compuestos, y un experto etiqueta la calidad de cada
- 15 muestra utilizando un índice de calidad organoléptica.
- La instancia. Una instancia es cada uno de los casos de la base de conocimiento. La instancia la forman un vector de características, que definen los datos de entrada, y una clase, que es el dato de salida. En este sistema, el vector de características lo
- 20 forman el resultado de degradación de una serie de compuestos, así como la temperatura T alcanzada durante la esterilización, el tiempo t de proceso y el F_0 alcanzado.
- La clase, es decir, el resultado de la predicción. La clase es el índice de calidad organoléptica, el cual es un valor discreto que puede ser numérico (cuantitativo de 1 a 10) o textual (cualitativo: “me gusta”-“no me gusta”; “bueno”-“malo”)
- 25
- El algoritmo de clasificación. Es una red neuronal artificial (RNA), que es uno de los predictores más adecuados para representar conocimiento experto cuya abstracción es difícil de representar en reglas. Una red neuronal es un algoritmo que simula el
- 30 comportamiento del cerebro humano, por medio del modelado de una serie de neuronas interconectadas, existiendo un peso en cada interconexión, en el que el conocimiento recae sobre los pesos existentes entre las neuronas.

Por medio de la presentación de casos conocidos (base de conocimiento), la red aprende (modifica los pesos entre las interconexiones), de modo que la neurona o neuronas de salida proporciona el resultado esperado. De este modo, el módulo 18 de entrenamiento de la red neuronal se encarga de entrenar o preparar la red para que, ante nuevas instancias desconocidas, retorne un resultado coherente con los datos de la base de conocimiento.

La base de conocimiento se crea a partir de ensayos con las siguientes características: sobre la misma referencia-producto, sobre el mismo autoclave, utilizando la misma colocación de envases en el autoclave, utilizando la misma técnica de esterilización, y con unas condiciones de tiempo-temperatura que varían lo máximo posible para provocar salidas lo más diferentes posibles de degradación, y por lo tanto de calidad. Esto muestra a la red neuronal artificial los extremos a predecir. Además, la calidad debe ser evaluada para todos los procesos por el mismo experto, bajo las mismas condiciones, conociendo la mínima cantidad de datos del proceso para evitar su influencia. Este experto es representativo, con el criterio que se desea introducir en el predictor del sistema.

A modo de ejemplo, se cuenta con una base de conocimiento formada por casos conocidos con la forma ilustrada en la tabla de la **Figura 8**. Cada fila representa una instancia diferente. A cada instante del proceso, y tras realizar los cálculos de tiempo restante (primer módulo 11) y de degradación (segundo módulo 12), se cuenta con nuevos datos, desconocidos, que es necesario analizar:

Vit A	Vit C	Omega3	Catalasa	T	t	F ₀
66.6	12.8	49.2	91.1	118.8	133.5	7.1

Estos datos se presentan a la red neuronal (cuarto módulo 14), que predice la clase que corresponde:

Clase
<i>Mal</i>

Esta información se presenta al técnico (a través del interfaz de usuario 16) como soporte en la toma de decisiones de selección del programa del autoclave, y es registrada para su posterior análisis. Así, el técnico dispone no sólo de información relativa a la degradación de compuestos obtenida por el segundo módulo 12, sino también información relativa a la

predicción de calidad del producto obtenida por el cuarto módulo 14, que será utilizada para la toma de decisiones.

5 La red neuronal capta conocimiento experto en un algoritmo software, de modo que es posible utilizar dicho conocimiento de manera desatendida y en tiempo real, para proporcionar información durante el proceso de esterilización. Esta información se utiliza:

- antes del proceso, para predecir la calidad de cada programa de esterilización
 - durante el proceso, para predecir la calidad al término del proceso, a cada instante.
 - tras el proceso, para registrar la calidad al término, de modo que sea posible trazar esa información tras la salida del producto.
- 10

Durante el proceso de esterilización el sistema de control mide por tanto letalidad, degradación y calidad. El sistema de control puede modificar en el autoclave 1, a través del autómata 2, no sólo el tiempo restante sino también la temperatura a aplicar. A continuación se explica una posible realización para el cálculo automático del tiempo restante y de la temperatura a aplicar en función de las mediciones de letalidad, degradación y calidad.

15

Para cada concepto a monitorizar se crea una métrica:

$$\text{Métrica} = \text{Predicción} - \text{Objetivo}$$

20

Así, para la letalidad se debe cumplir que el F_0 predicho sea igual que el objetivo. Es decir:

$$\text{Métrica} = F_0 \text{ predicho} - F_0 \text{ objetivo} = 0.$$

Esta métrica se utiliza para diferentes variables o “excesos”:

25 • exceso_degradación = degradación predicha – degradación objetivo (por ejemplo, se desea una degradación de un 90% y se predice una degradación del 92%, con lo que se tiene un 2% de exceso de degradación)

30 • exceso_calidad = calidad objetivo – calidad predicha (por ejemplo, se quiere obtener una calidad de 7 sobre 10 y se estima obtener una calidad de 5,5 sobre 10, con lo que se tiene un 1,5 de exceso; para el caso de calidad se calcula al revés, objetivo – predicción, para que una nota buena sea la negativa).

• exceso_letalidad = F0 predicho – F0 objetivo (por ejemplo, se quiere esterilizar a 6,5 pero se predice esterilizar a 7,2, con lo que se tiene un 0,7 de exceso)

5 Con respecto a la variable *exceso_degradación*, obviamente no hay un único exceso de degradación, sino varios (ya que hay varios compuestos), pero se puede implementar una función similar que aúne los diversos compuestos, de forma que se obtenga un único exceso de degradación. Por ejemplo, en caso de que se monitoricen tres compuestos en un programa (B1, C y catalasa) obtenidos de varios alimentos de la referencia a esterilizar (es indiferente que venga de varios alimentos; finalmente tenemos tres contadores de
10 degradación de los tres compuestos), se dispondría de 3 *exceso_degradacion* de cada uno de los compuestos (*exceso_degradación* = degradación predicha – degradación objetivo) y una función que los aúne del estilo (donde w_i son los pesos que se den a los distintos excesos de degradación para los distintos compuestos):

15
$$\text{exceso_degradacion} = \sum d_i \cdot w_i = \text{exceso_degradacion}_0 \cdot w_0 + \dots + \text{exceso_degradacion}_n \cdot w_n$$

Y, por ejemplo, en ese caso podría ser:

20
$$\text{exceso_degradacion} = \text{exceso_B1} \cdot 0,6 + \text{exceso_C} \cdot 0,3 + \text{exceso_catalasa} \cdot 0,1$$

En este caso se supone que la degradación de la vitamina B1 es mucho más importante que las demás. Cada programa se ejecuta sobre una referencia (producto), que ya utiliza unos compuestos determinados, por lo que cabe esperar que el propio programa defina estos pesos de importancia de cada uno de los compuestos.

25 A la temperatura en cada instante, y para un tiempo de proceso restante determinado, el sistema de control calcula una función (donde w_i son los pesos que se den a los distintos excesos):

30
$$\text{exceso_total} = \sum x_i \cdot w_i = \text{exceso_degradación} \cdot w_1 + \text{exceso_calidad} \cdot w_2$$

El sistema de control se encarga de minimizar esta función, con la condición adicional de que:

$$\text{exceso_letalidad} = 0$$

- El objetivo es iterar diversas temperaturas a aplicar hasta encontrar uno que minimiza la función *exceso_total*. Para cada temperatura a iterar T_i se calcula el tiempo restante t_i que satisface la condición de letalidad (*exceso_letalidad*=0). A partir de dichos valores (T_i , t_i) se pueden estimar las diferentes degradaciones de los productos y la calidad final del producto y, a partir de ellos, el valor de la variable *exceso_total*. La temperatura para la que dicha variable *exceso_total* tenga menor valor será la temperatura de consigna T_{con} seleccionada. El sistema de control escribirá el tiempo restante t_{rest} y la temperatura de consigna T_{con} seleccionada en el autómata 2 del autoclave 1.
- 5
- 10 La **Figura 9** muestra un diagrama esquemático del sistema de control, donde el tercer módulo 13 se encarga de iterar las distintas propuestas de temperatura de consigna T_{con} y de seleccionar aquella que minimiza la variable *exceso_total*. Por tanto, la temperatura de consigna T_{con} puede ser fijada de forma manual por el operario a través del interfaz de usuario 16 (Figura 1) o de forma automática mediante el tercer módulo 13 del sistema de control (Figura 9).
- 15

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de control de la esterilización de alimentos en un autoclave, caracterizado por que comprende:

- 5 - obtener periódicamente la temperatura en el punto frío ($T_{\text{frío}}$) del autoclave (1) durante el proceso de esterilización;
- calcular periódicamente la letalidad acumulada y el tiempo restante (t_{rest}) de esterilización para cumplir una determinada letalidad objetivo (F_0);
- calcular, para un conjunto de temperaturas de consigna (T_{con}) del autoclave (1),
10 unos valores de degradación de al menos un compuesto del alimento a esterilizar estimados tras el proceso de esterilización;
- seleccionar, en función de los valores de degradación estimados para las distintas temperaturas de consigna, una temperatura de consigna (T_{con}) con objeto de minimizar la degradación del alimento;
- 15 - aplicar al autoclave la temperatura de consigna (T_{con}) seleccionada.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende:

- obtener diferentes propuestas de consigna según la degradación, dichas propuestas de consigna incluyendo distintas temperaturas de consigna (T_{con});
- 20 - mostrar en un interfaz de usuario (16) las propuestas de consigna;
- seleccionar a través del interfaz de usuario (16) la temperatura de consigna (T_{con}) adecuada.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende iterar
25 diferentes propuestas de temperatura de consigna (T_{con}) y seleccionar de forma automática la temperatura de consigna (T_{con}) que minimiza la degradación del alimento.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** comprende predecir, mediante un algoritmo de predicción basado en inteligencia
30 artificial y para un conjunto de temperaturas de consigna (T_{con}) del autoclave (1), la calidad del alimento tras el proceso de esterilización, donde los valores de degradación estimados son variables de entrada del algoritmo de predicción;

y por que la selección de la temperatura de consigna (T_{con}) del autoclave se realiza también en función de la predicción de calidad estimada para las distintas temperaturas de consigna.

35

5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado por que** la predicción de la calidad se realiza al iniciar el proceso de esterilización, empleando el método de Ball para la predicción del tiempo empleado en dicho proceso de esterilización.
- 5 6. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado por que** la predicción de la calidad se realiza durante el proceso de esterilización, utilizando la temperatura en el punto frío ($T_{\text{frío}}$).
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por**
10 **que** el cálculo de los valores de degradación se realiza antes de iniciar el proceso de esterilización, empleando el método de Ball para la predicción del tiempo empleado en dicho proceso de esterilización.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** el
15 cálculo de los valores de degradación se realiza durante el proceso de esterilización, utilizando la temperatura en el punto frío ($T_{\text{frío}}$).
9. Sistema de control de la esterilización de alimentos en un autoclave, caracterizado por que comprende:
- 20 - una sonda de temperatura (3) para obtener periódicamente la temperatura en el punto frío ($T_{\text{frío}}$) del autoclave (1) durante el proceso de esterilización;
- un primer módulo (11) encargado de calcular periódicamente la letalidad acumulada y el tiempo restante (t_{rest}) de esterilización para cumplir una determinada letalidad objetivo (F_0);
- 25 - un segundo módulo (12) encargado de calcular, para un conjunto de temperaturas de consigna (T_{con}) del autoclave (1), unos valores de degradación de al menos un compuesto del alimento a esterilizar estimados tras el proceso de esterilización;
- y por que** el sistema está configurado para obtener, en función de los valores de degradación estimados para las distintas temperaturas de consigna, una temperatura de
30 consigna (T_{con}) con objeto de minimizar la degradación del alimento; y aplicar al autoclave la temperatura de consigna (T_{con}) seleccionada.
10. Sistema según la reivindicación 9, caracterizado por que comprende:
- 35 - un tercer módulo (13) encargado de obtener diferentes propuestas de consigna según la degradación, dichas propuestas de consigna incluyendo distintas temperaturas de

consigna (T_{con});

- un interfaz de usuario (16) para mostrar las propuestas de consigna y permitir la selección manual de la temperatura de consigna (T_{con}) adecuada.

5 11 Sistema según la reivindicación 9, **caracterizado por que** comprende un tercer módulo (13) encargado de iterar diferentes propuestas de temperatura de consigna (T_{con}) y de seleccionar de forma automática la temperatura de consigna (T_{con}) que minimiza la degradación del alimento.

10 12. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado por que** el sistema adicionalmente comprende un cuarto módulo (14) encargado de predecir, mediante un algoritmo de predicción basado en inteligencia artificial y para un conjunto de temperaturas de consigna del autoclave (1), la calidad del alimento tras el proceso de esterilización, donde los valores de degradación estimados son variables de entrada del
15 algoritmo de predicción; donde la selección de la temperatura de consigna (T_{con}) del autoclave se realiza también en función de la predicción de calidad estimada para las distintas temperaturas de consigna.

20 13. Sistema según la reivindicación 12, **caracterizado por que** el cuarto módulo (14) está configurado para realizar la predicción de la calidad al iniciar el proceso de esterilización, empleando el método de Ball para la predicción del tiempo empleado en dicho proceso de esterilización.

25 14. Sistema según la reivindicación 12, **caracterizado por que** el cuarto módulo (14) está configurado para realizar la predicción de la calidad durante el proceso de esterilización, utilizando la temperatura en el punto frío (T_{frio}).

30 15. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado por que** el sistema comprende adicionalmente un módulo (18) de entrenamiento de la red neuronal de predicción de la calidad.

35 16. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15, **caracterizado por que** el segundo módulo (12) está configurado para realizar el cálculo de los valores de degradación antes de iniciar el proceso de esterilización, empleando el método de Ball para la predicción del tiempo empleado en dicho proceso de esterilización.

17. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15, **caracterizado por que** el segundo módulo (12) está configurado para realizar el cálculo de los valores de degradación durante el proceso de esterilización, utilizando la temperatura en el punto frío ($T_{\text{frío}}$).

5

18. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 17, **caracterizado por que** comprende un autómata (2) encargado de establecer en el autoclave (1) la temperatura de consigna (T_{con}) y el tiempo restante (t_{rest}) de esterilización; y un interfaz de comunicación (10) con el autómata (2).

10

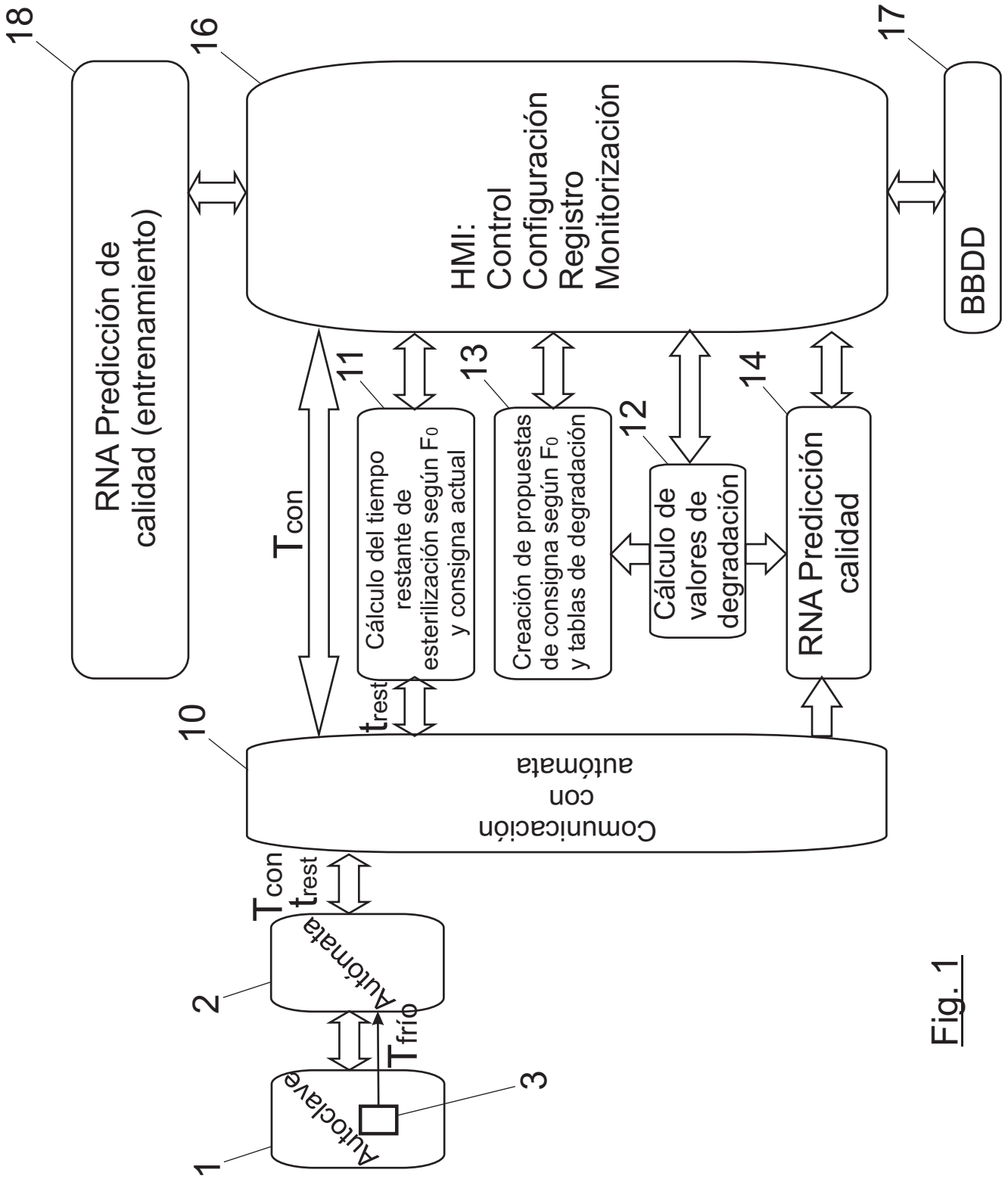


Fig. 1

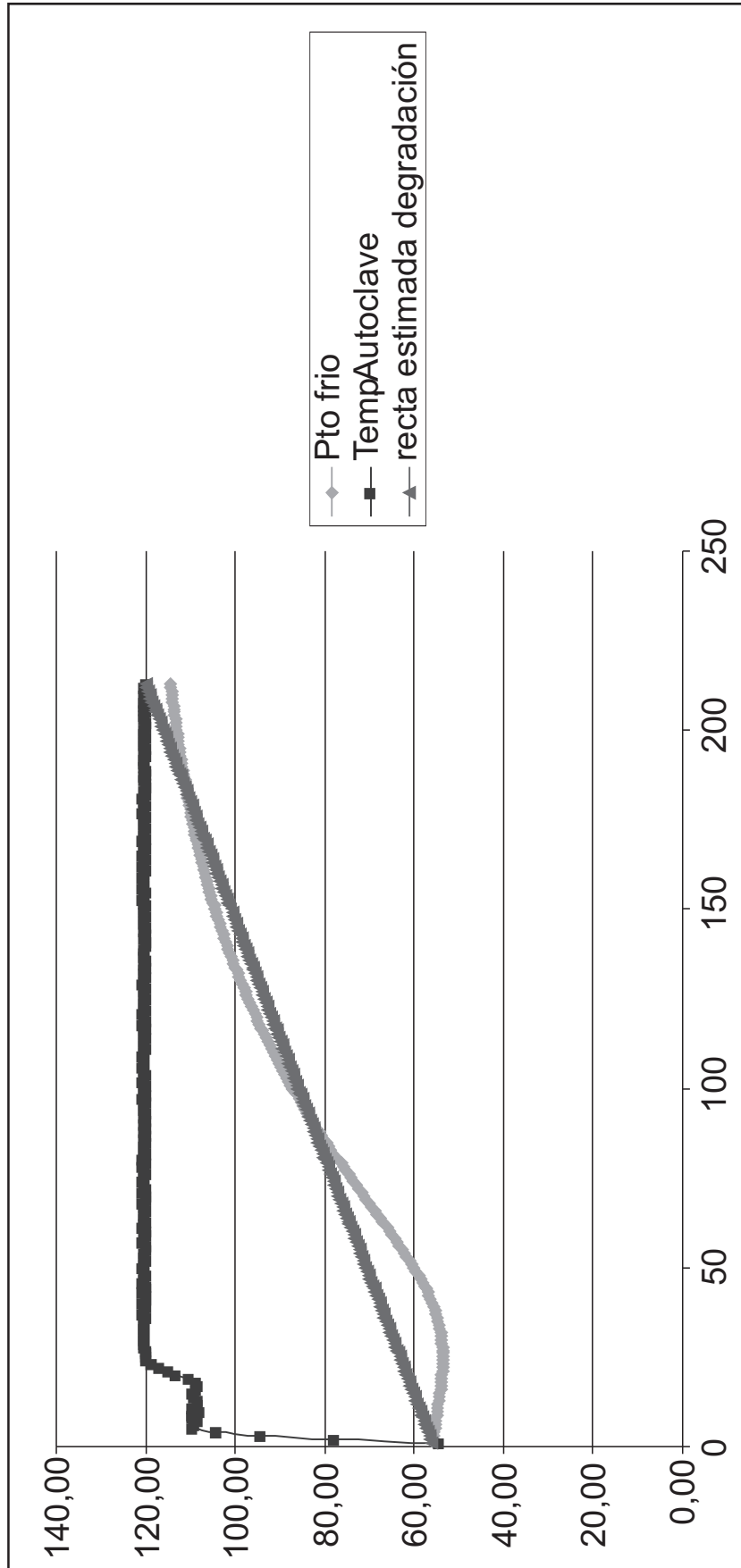


Fig. 2

	Temperatura	Valor D	Valor Z
Vitamina A			
Zanahoria	103-127	D ₁₀₄ =23600	25.5
Vitamina B1			
Zanahoria	109-150	D ₁₅₀ =830	22.0
Espinacas	109-150	D ₁₅₀ =610	22.0
Guisantes	121.1	D _{121.1} =10 000	31.3
Vitamina C			
Guisantes	100-132	D _{121.1} =50 000	18.0
Espinacas	70-100	D ₁₀₀ =25 900	74.4
Catalasa			
Espinacas	60	D ₆₀ =60	8.3
Clorofila			
Guisantes	80-148	D _{121.1} =1500	39.4

Fig. 3

	Cantidad por 100g	Cantidad por gramo
Guisantes		
Vitamina B1	0.30mg	0.0030mg
Vitamina C	23mg	0.23mg
Zanahoria		
Vitamina A	0.744mg	0.00744mg
Vitamina B1	0.05mg	0.0005mg
Espinacas		
Vitamina B1	0.08mg	0.0008mg
Vitamina C	30mg	0.30mg

Fig. 4

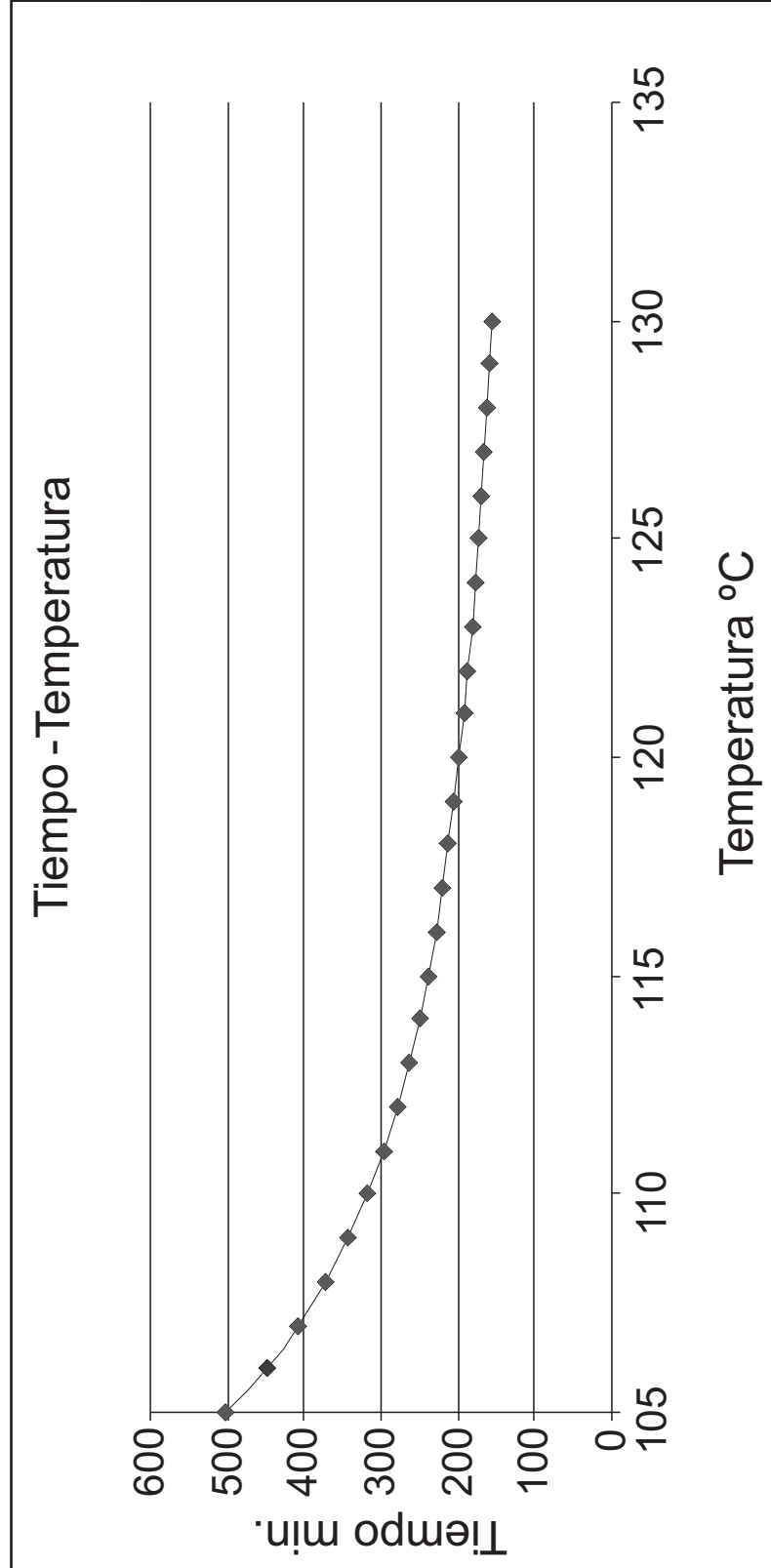


Fig. 5A

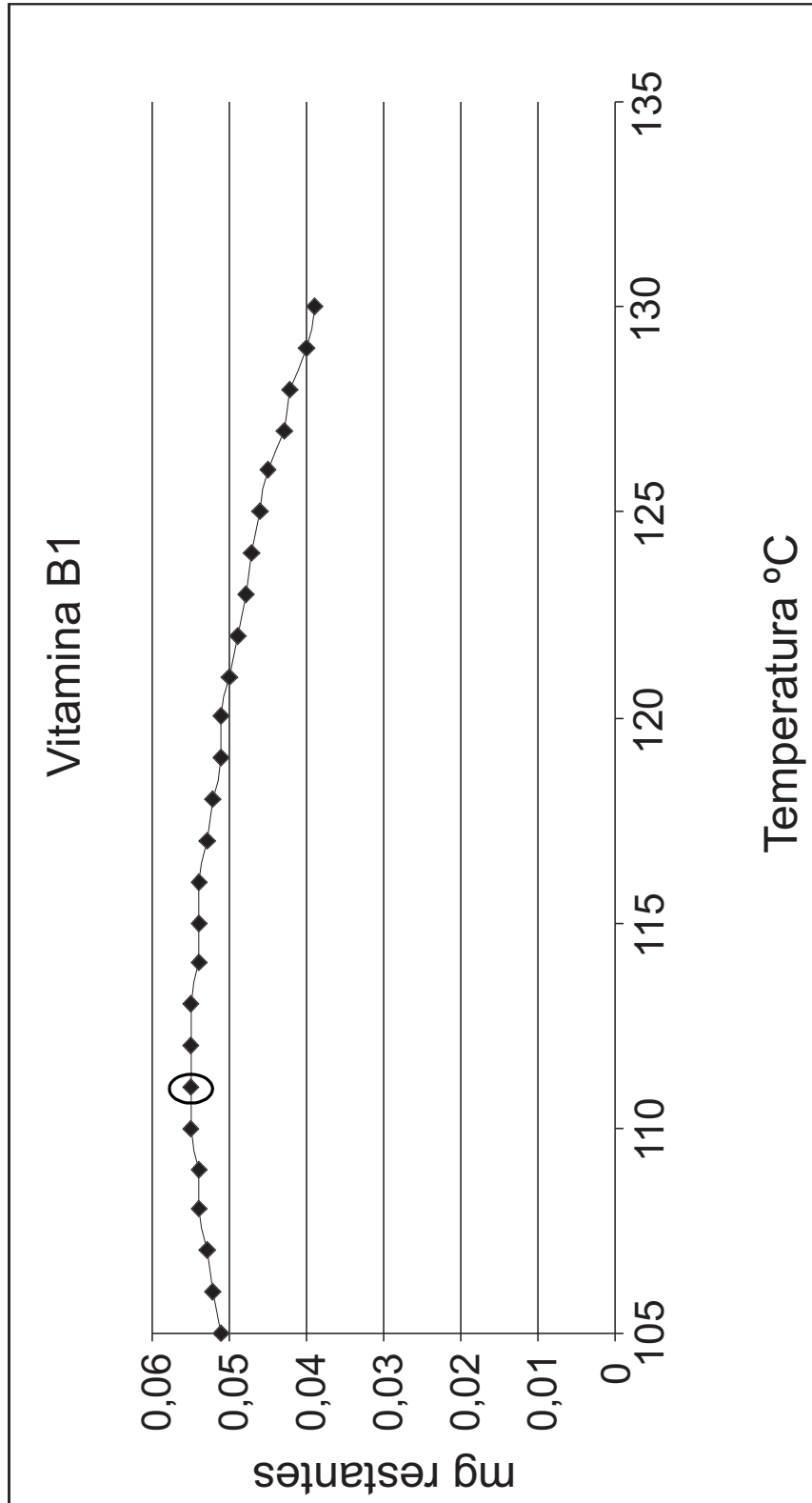


Fig. 5B

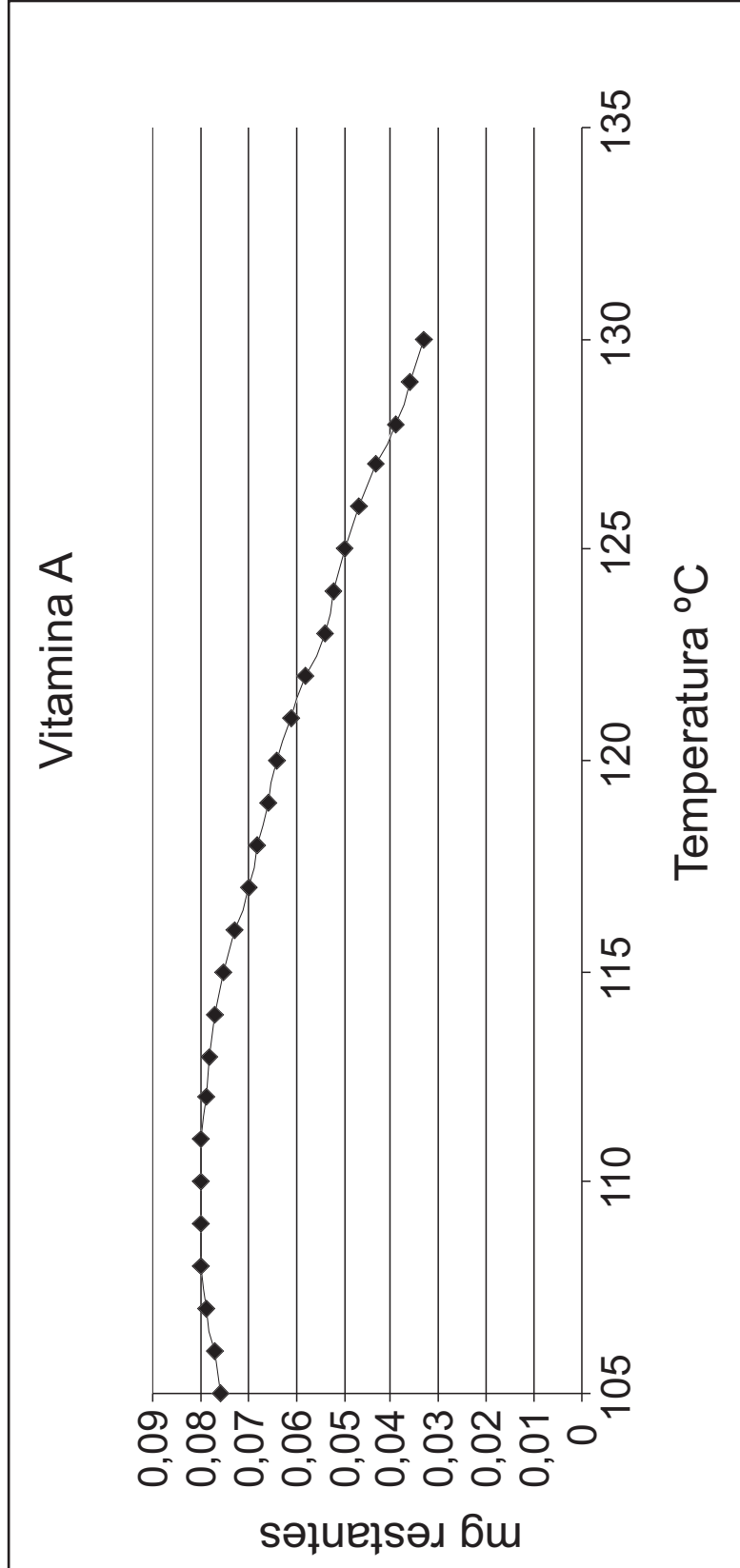


Fig. 5C

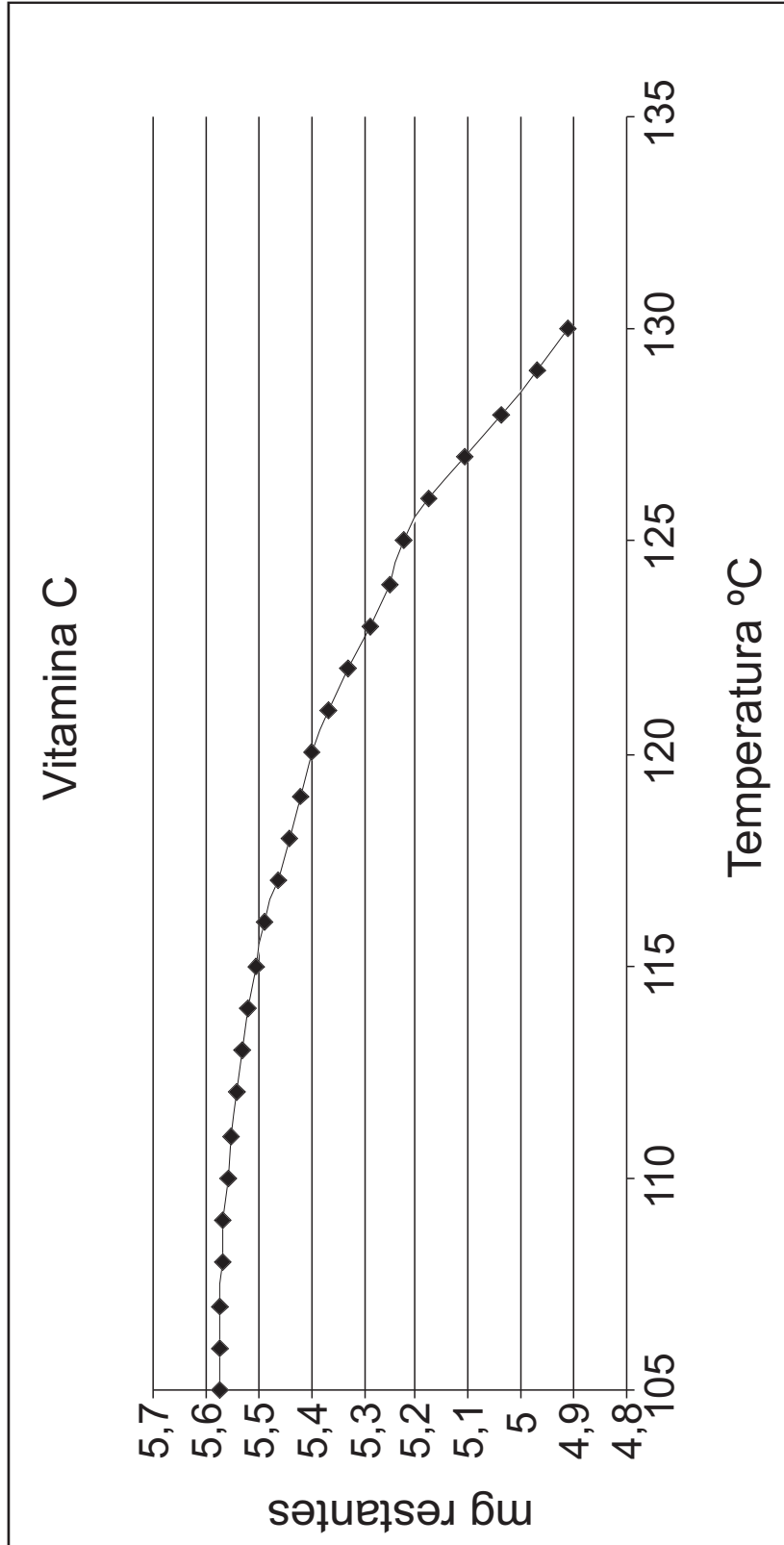


Fig. 5D

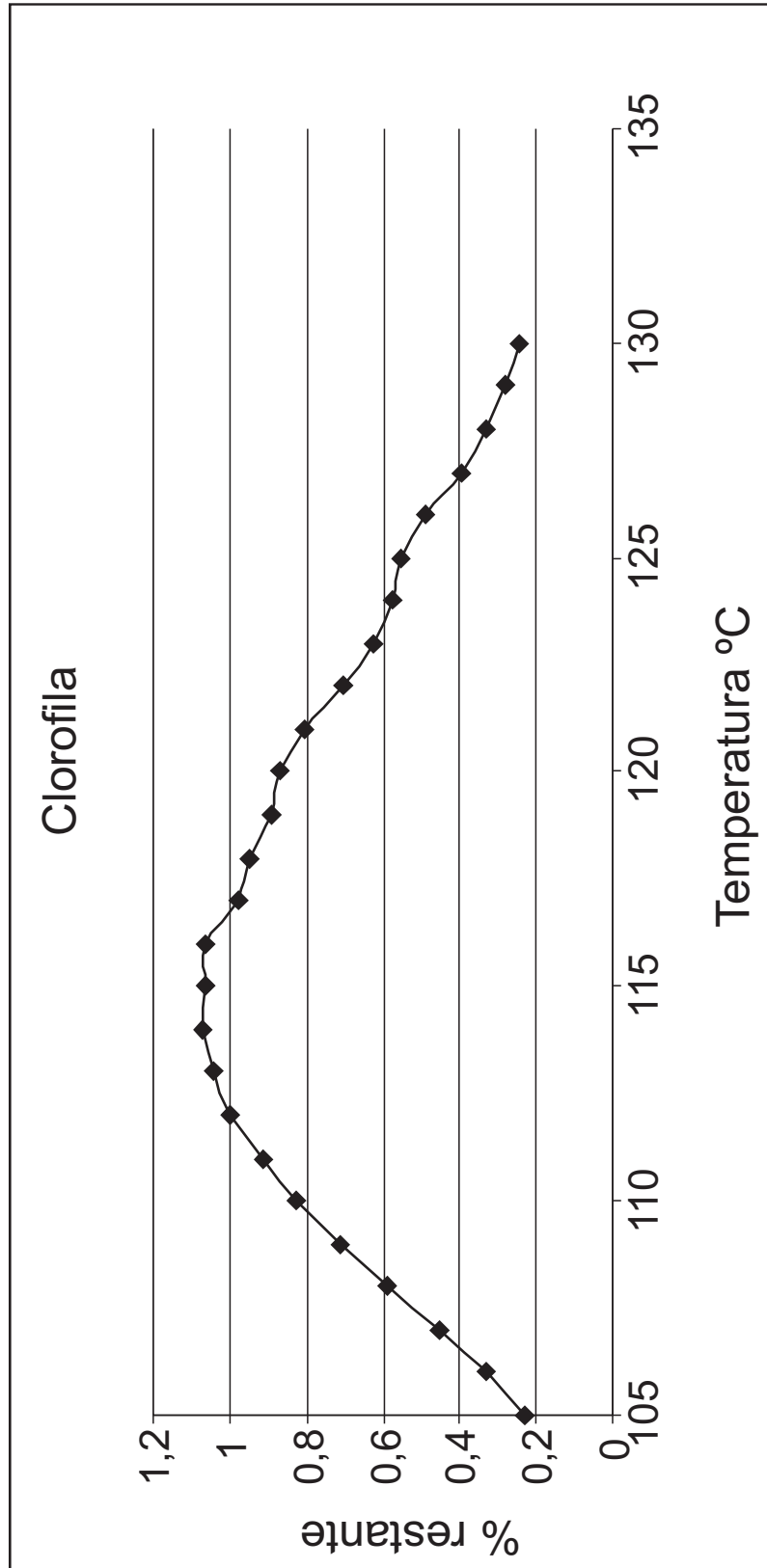


Fig. 5E

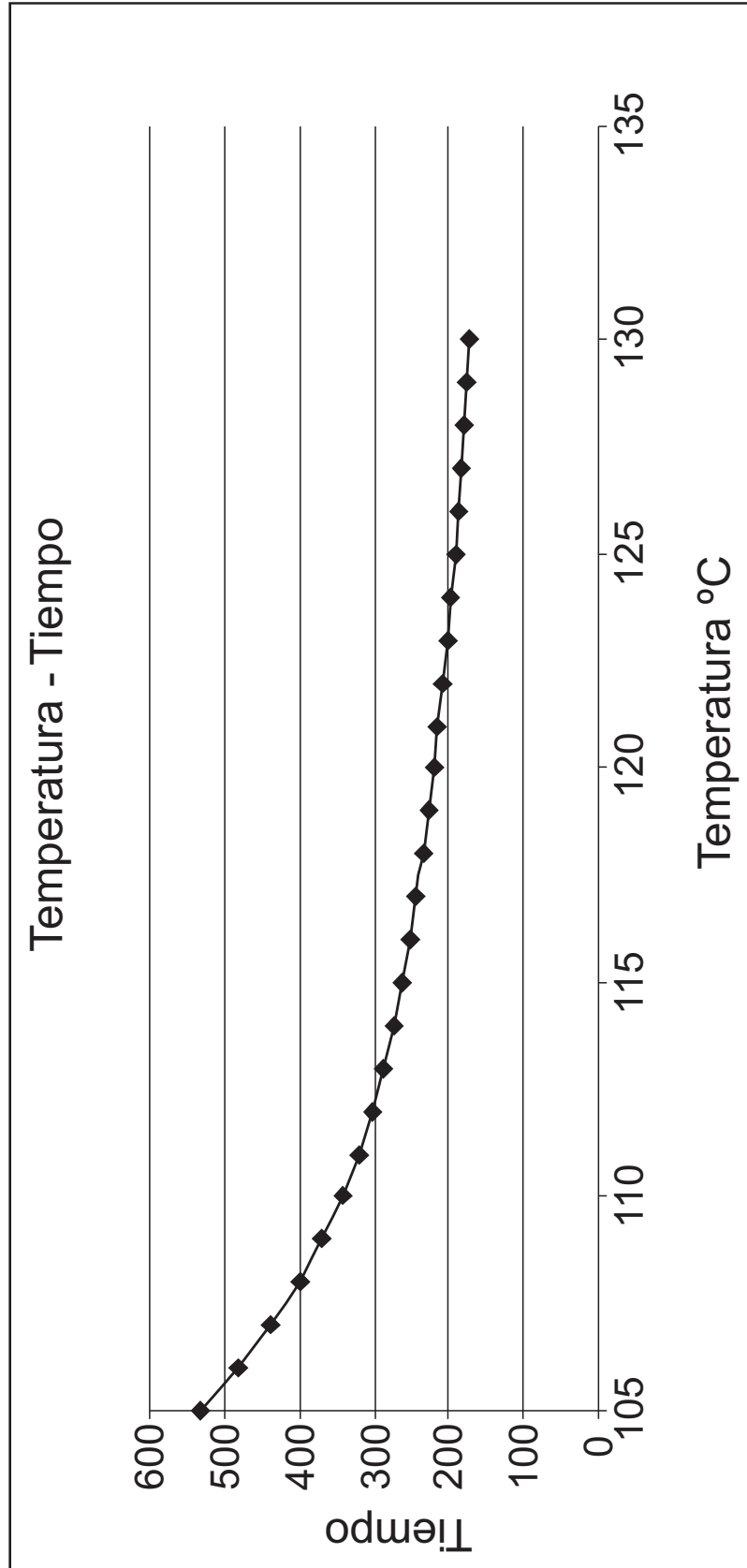


Fig. 6A

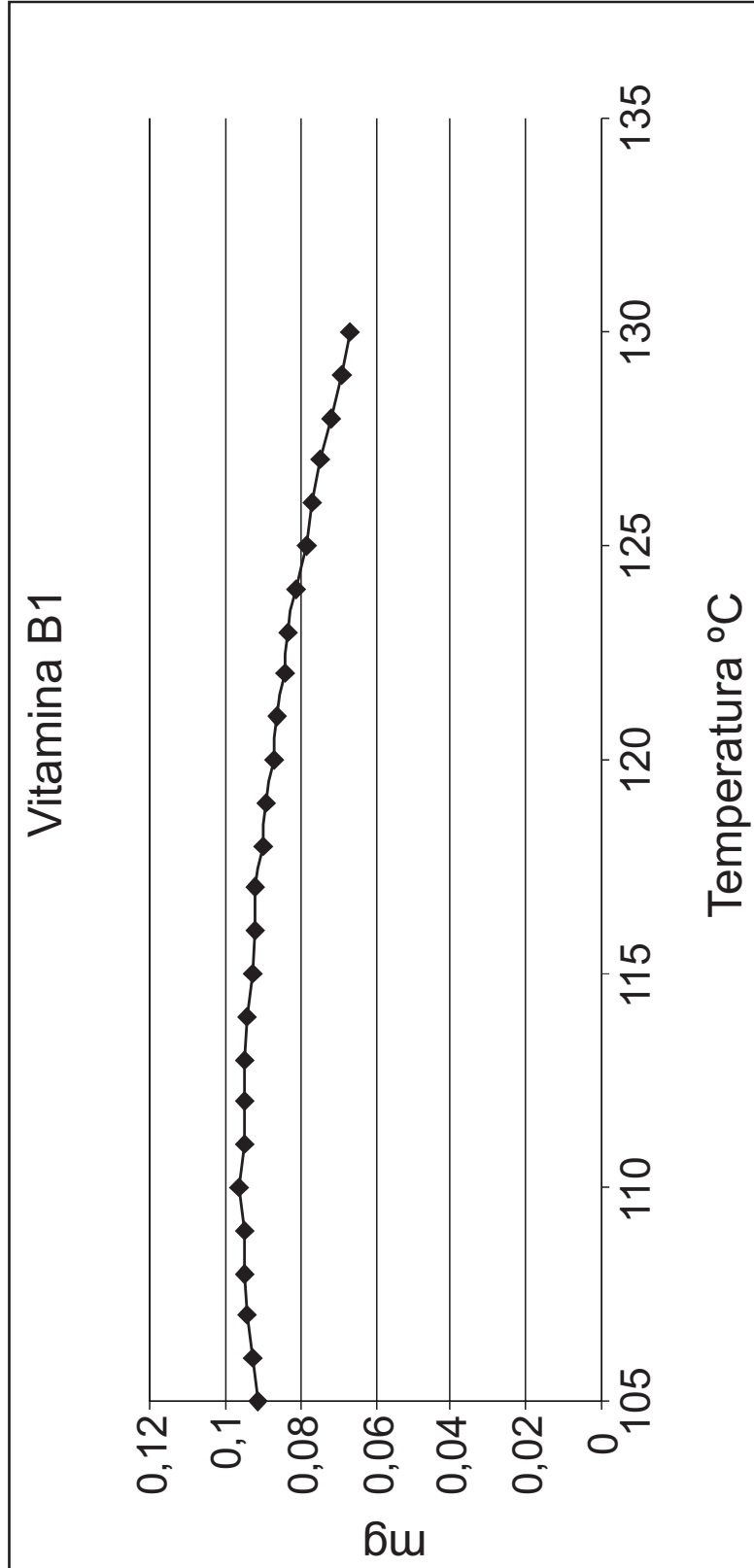


Fig. 6B

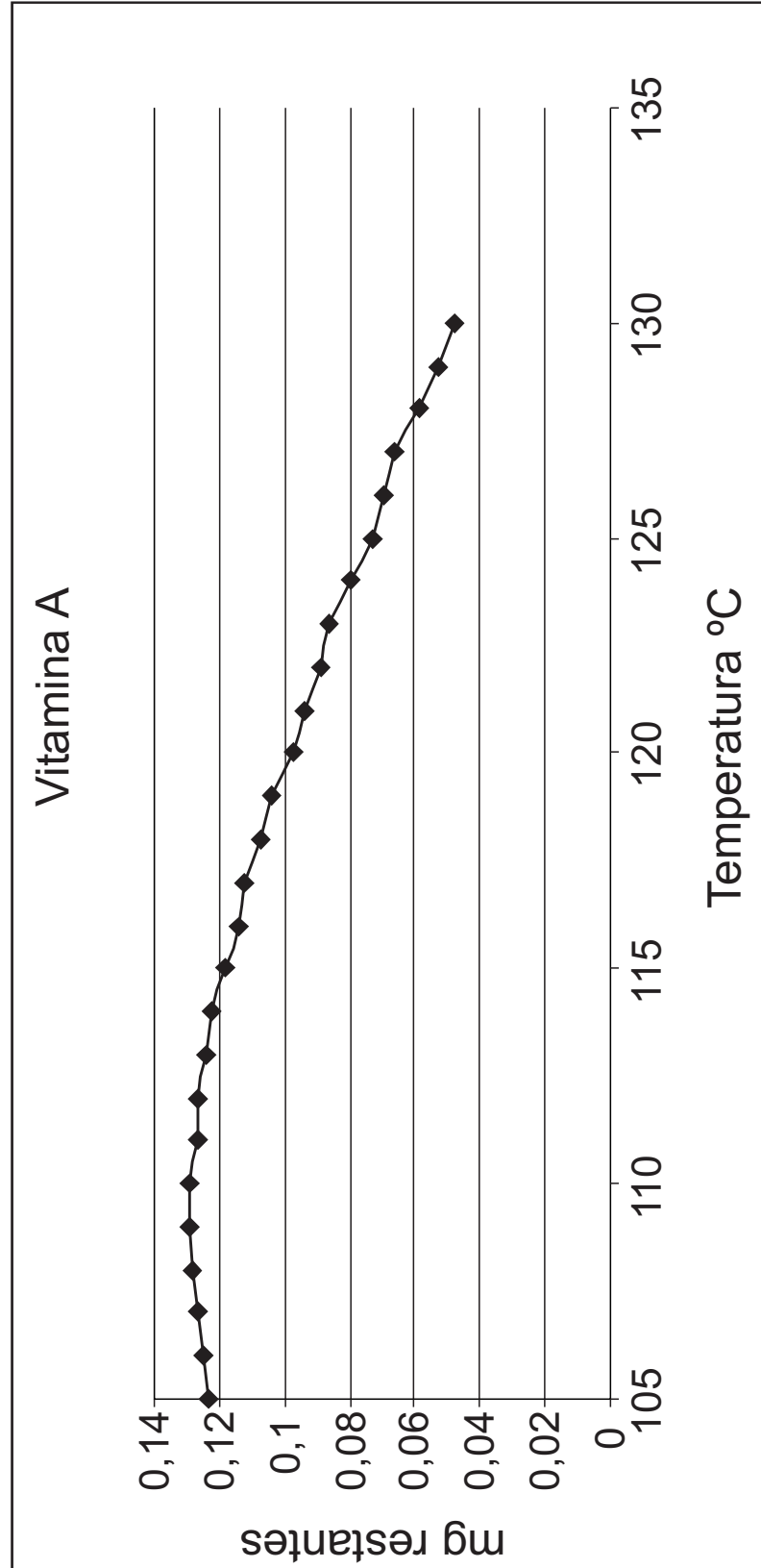


Fig. 6C

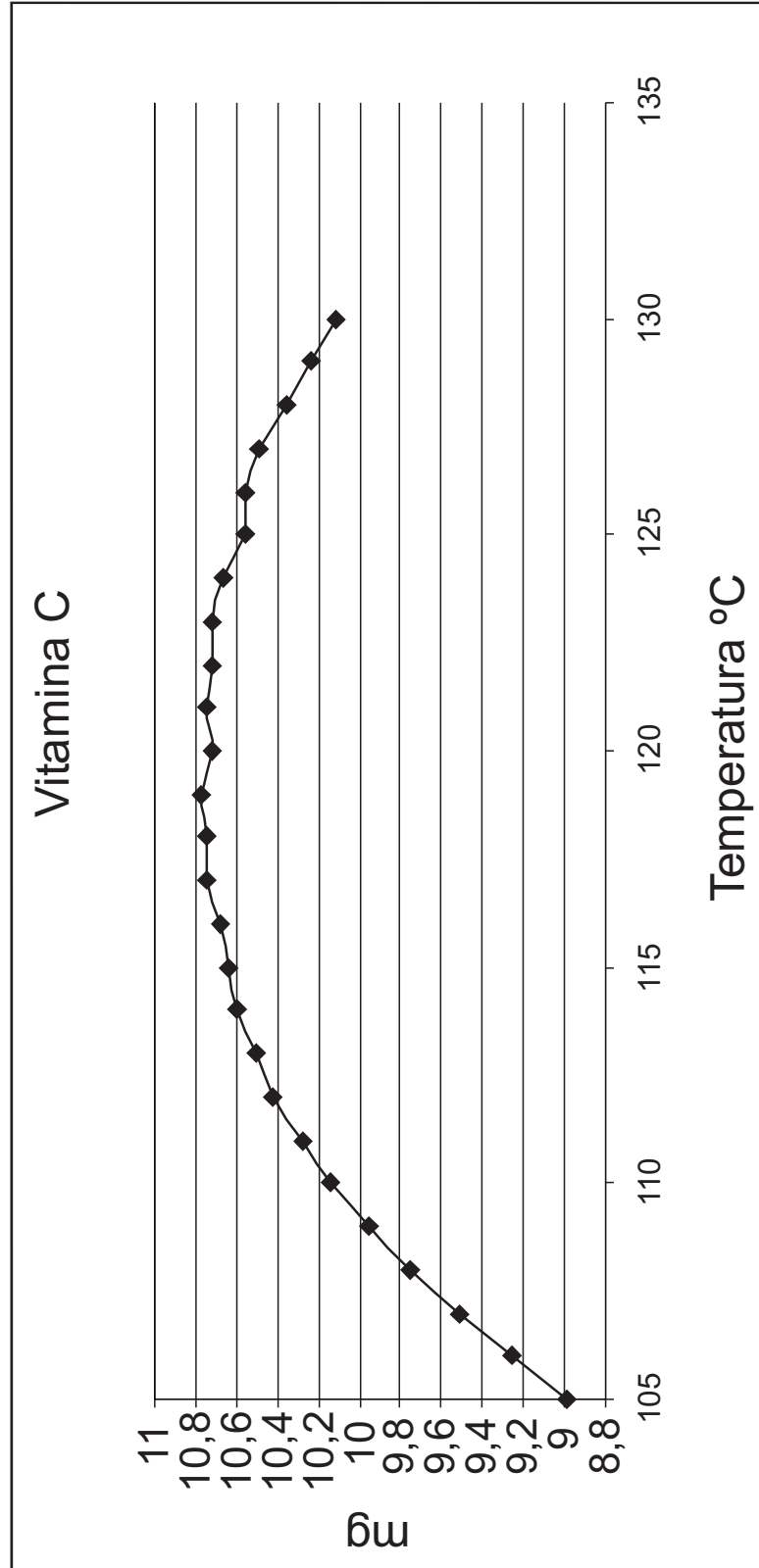


Fig. 6D

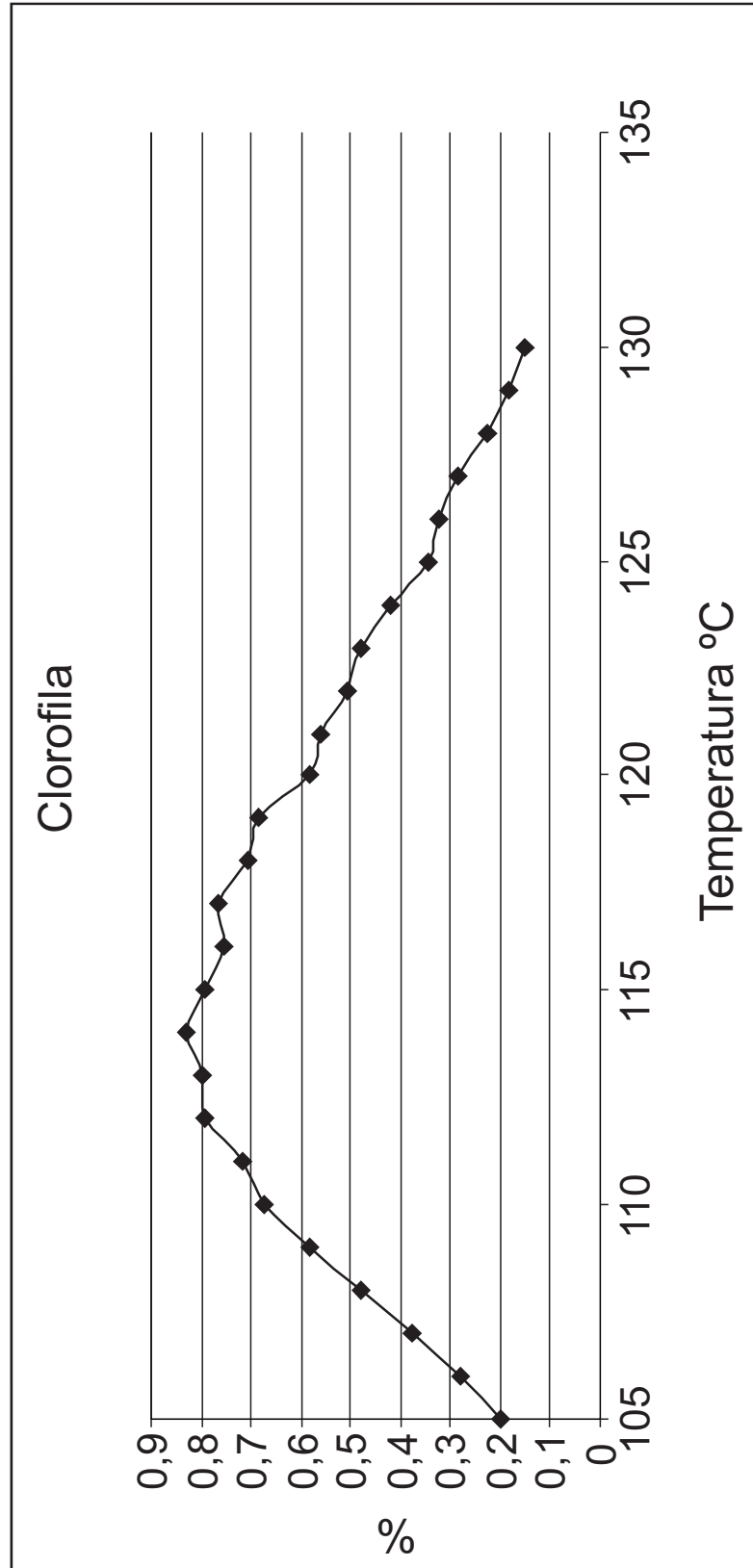


Fig. 6E

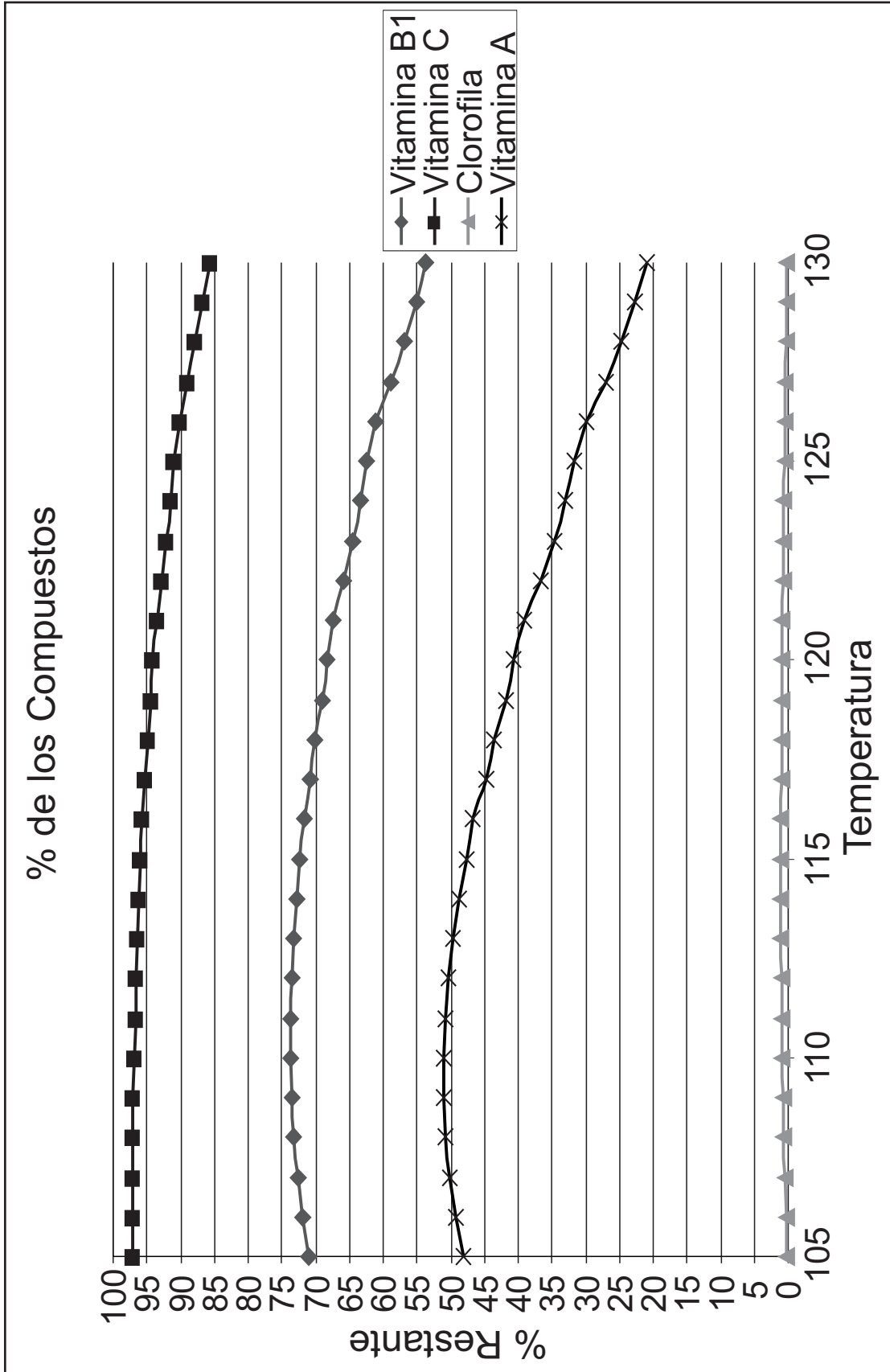


Fig. 7A

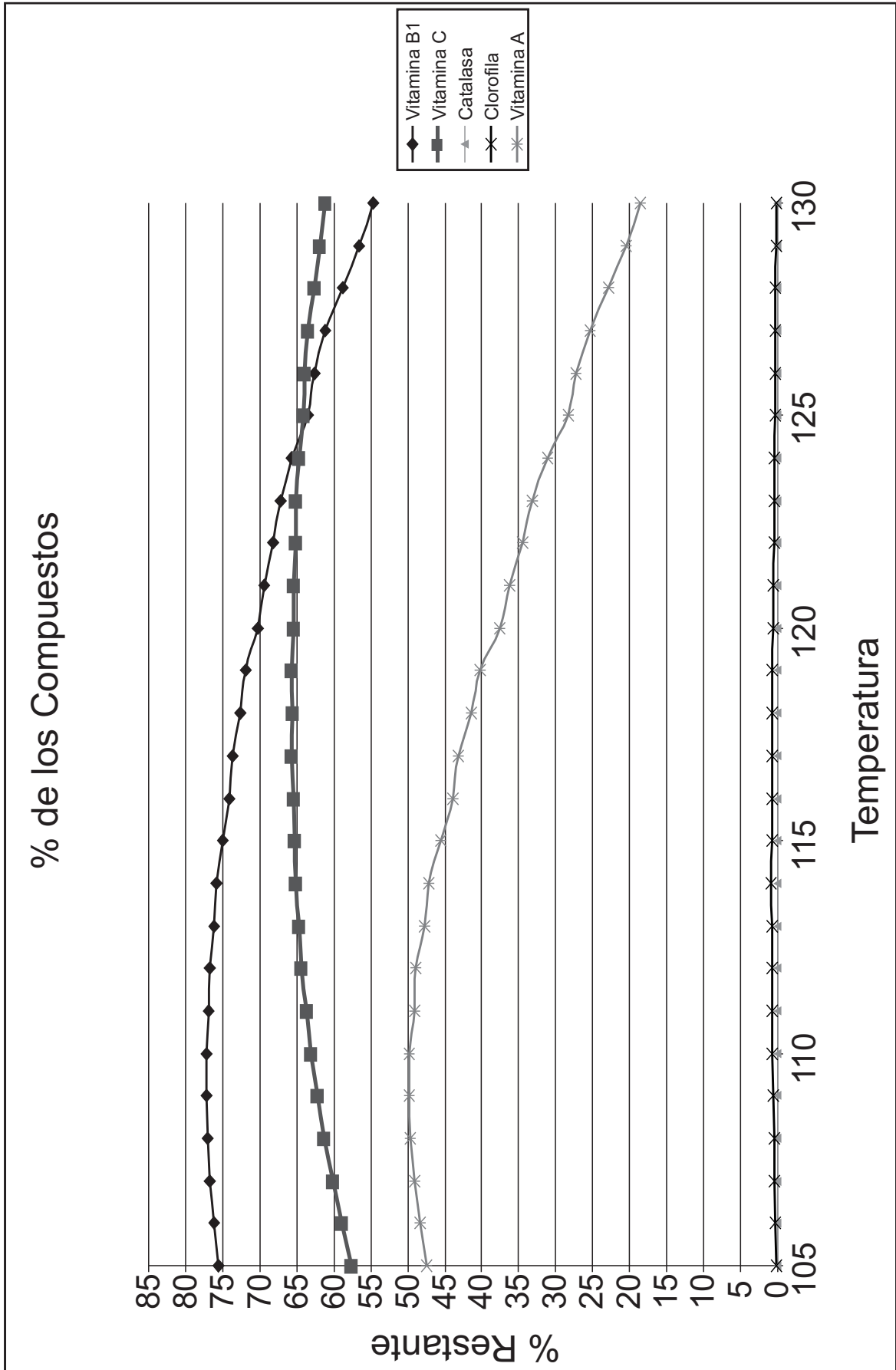


Fig. 7B

Nº	Vit A	Vit C	Omega3	Catalas a	T	t	F ₀	Clase
1	83.6	10.1	54.0	97.9	121.1	123	6	<i>Bien</i>
2	79.3	15.9	72.3	96.7	116.0	177	6.5	<i>Mal</i>
...

Fig. 8

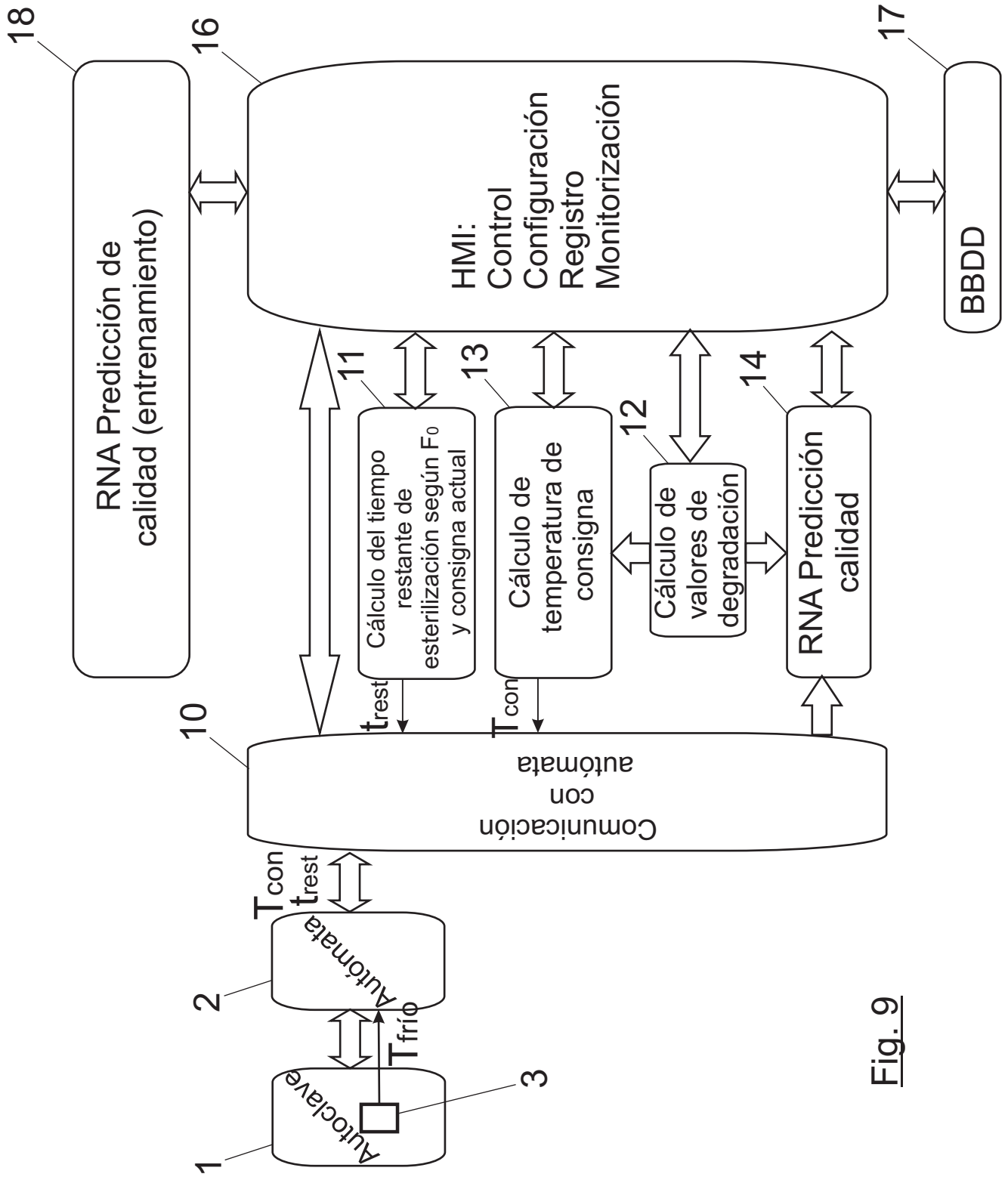


Fig. 9



- ②① N.º solicitud: 201530815
②② Fecha de presentación de la solicitud: 10.06.2015
②③ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **A23L3/00** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	AWUAH <i>et al.</i> Thermal processing and quality: Principles and overview. Chemical Engineering and Processing ELSEVIER SEQUOIA, LAUSANNE, CH 02.03.2007 VOL: 46 No: 6 Págs: 584-602 ISSN 0255-2701 Doi: doi:10.1016/j.cep.2006.08.004 Van Gerven Thomas; Stefanidis Georgios. Ver todo el documento.	1-18
A	KSEIBAT D S <i>et al.</i> Predicting safety and quality of thermally processed canned foods using a neural network. Transactions of the Institute of Measurement and Control. Arnold gb 2004 VOL: 26 No: 1 Págs: 55-68 ISSN 0142-3312 (impreso). Ver todo el documento.	1-18
A	KSEIBAT D <i>et al.</i> An artificial neural network for optimizing safety and quality in thermal food processing. Intelligent Control/Intelligent Systems and Semiotics, 1999. Proceedings of the 1999 IEEE International Symposium on Cambridge, MA, USA 15-17 Sept. 1999, 19990915; 19990915-19990917 Piscataway, NJ, USA, IEEE, US 15.09.1999 VOL: Págs: 393-398 ISBN 978-0-7803-5665-8; ISBN 0-7803-5665-9. Ver todo el documento.	1-18
A	KUMAR M A <i>et al.</i> Retrofitting of a vertical retort for on-line control of the sterilization process. Journal of Food Engineering Febrero 2001 Elsevier Science Ltd Febrero 2001 VOL: 47 No: 2 Págs: 89-96 ISSN 0260-8774 (impreso) Doi: doi:10.1016/S0260-8774(00)00103-5. Ver todo el documento.	1-18
A	WO 0027227 A1 (FMC CORP) 18.05.2000, todo el documento.	1-18

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
07.03.2016

Examinador
B. Pérez Esteban

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

A23L

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

WPIAP EPODOC TXPEA TXPEB TXPEC TXPEE TXPEF TXPEH TXPEI TXPEP TXPEPEA TXPES TXPUSE0A TXPUSE1A
TXPUSEA TXPUSEB TXPW0EA BIOSIS COMPDX EMBASE INSPEC MEDLINE NPL XPESP XPIEE XPI3E.

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 07.03.2016

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-18	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-18	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	AWUAH <i>et al.</i> Engineering and Processing ELSEVIER SEQUOIA, LAUSANNE, CH 02.03.2007 VOL: 46 No: 6 Págs: 584-602 ISSN 0255-2701 Doi: doi:10.1016/j.cep.2006.08.004 Van Gerven Thomas; Stefanidis Georgios.	02.03.2007
D02	KSEIBAT D S <i>et al.</i> Transactions of the Institute of Measurement and Control. Arnold gb 2004 VOL: 26 No: 1 Págs: 55-68 ISSN 0142-3312 (impreso).	2004
D03	KSEIBAT D <i>et al.</i> Intelligent Control/Intelligent Systems and Semiotics, 1999. Proceedings of the 1999 IEEE International Symposium on Cambridge, MA, USA 15-17 Sept. 1999, 19990915; 19990915-19990917 Piscataway, NJ, USA, IEEE, US 15.09.1999 VOL: Págs: 393-398 ISBN 978-0-7803-5665-8; ISBN 0-7803-5665-9.	15.09.1999
D04	KUMAR M A <i>et al.</i> Journal of Food Engineering Febrero 2001 Elsevier Science Ltd Febrero 2001 VOL: 47 No: 2 Págs: 89-96 ISSN 0260-8774 (impreso) Doi: doi:10.1016/S0260-8774(00)00103-5.	Febr 2001
D05	WO 0027227 A1 (FMC CORP)	18.05.2000

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La presente solicitud de patente describe y reivindica un procedimiento y un sistema de control de la esterilización de alimentos en un autoclave, que comprende los pasos de obtener periódicamente la temperatura del punto frío del autoclave durante el proceso, calcular la letalidad acumulada y el tiempo restante para cumplir una letalidad objetivo, calcular los valores de degradación de al menos un compuesto del alimento, seleccionar, a partir de estos valores de degradación, una temperatura de consigna para minimizar la degradación del alimento, y aplicar esa temperatura al autoclave. De este modo, se controla el proceso de esterilización en función de la letalidad y el deterioro de las propiedades organolépticas y nutricionales del alimento.

NOVEDAD Y ACTIVIDAD INVENTIVA

No se ha encontrado en el estado de la técnica ningún documento que divulgue el procedimiento y el sistema de la solicitud tal y como están reivindicados, ni se han encontrado documentos que, solos o en combinación con otros, pudieran conducir de forma evidente al experto en la materia al objeto de la invención, por lo que las reivindicaciones 1 a 18 de la solicitud tienen novedad y actividad inventiva según los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes, respectivamente.

El documento D01 es una revisión de procesamiento térmico industrial de alimentos y calidad de los mismos. En él se hace referencia, entre otras, a las fórmulas de Ball (también empleadas en el método de la solicitud de patente), para predecir el tiempo necesario para alcanzar la letalidad deseada, y se describe la utilidad de las redes neuronales artificiales como una herramienta para computerizar los procesos de esterilización (apartado 2.5 de D01). También en D01 se revisa el efecto de los procesos térmicos en los atributos nutricionales y organolépticos de los alimentos (apartados 3 y 5), indicándose que los procesos con perfiles de temperatura variables tienen mejores efectos en la calidad que los de temperatura constante, los métodos que pueden minimizar la degradación de los nutrientes en los procesos térmicos (apartado 6), y el valor del control *on-line* inteligente del proceso mediante sistemas computerizados (apartado 7). A pesar de todas estas coincidencias con el método y sistema de la presente solicitud, no se entiende que la información divulgada en el documento D01 afecte la novedad ni la actividad inventiva de las reivindicaciones 1 a 18 de la solicitud, según los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes, respectivamente, porque en este documento del estado de la técnica no se describen medios de modificación de la temperatura del procesos a partir de las medidas de degradación del alimento.

En los documentos D02 y D03 se divulga un el uso de redes neuronales artificiales para predecir la calidad de alimentos procesados térmicamente. En ellos, a partir de los datos de 5 variables, el sistema es capaz de obtener información de 3 características del producto (la temperatura óptima de esterilización, el tiempo del proceso y la degradación del alimento). Como en el caso anterior, tampoco en estos documentos el método descrito incluye reajustes de la temperatura de esterilización, por lo que no se considera que ninguno de ellos afecte la novedad ni la actividad inventiva de las reivindicaciones 1 a 18 de la solicitud, según los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes, respectivamente.

Finalmente, los documentos D04 y D05 describen procesos de esterilización de alimentos con control computacional *on-line* en los que se mide la temperatura del punto frío del autoclave a lo largo del proceso, y, si ésta cambia, el sistema la reajusta para conseguir la letalidad objetivo, aun teniendo que alargar el tiempo de esterilización. Ambos documentos se diferencian de la solicitud en que el sistema no tiene en cuenta los valores de degradación del producto, por lo que los documentos D04 y D05 no afectan la novedad ni la actividad inventiva de las reivindicaciones 1 a 18 de la solicitud, según los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes, respectivamente.