

Estudio de penetración de calor en proceso de esterilización continuo en la elaboración de frejol *Cajanus cajan* enlatado

Andrés Alcívar D. (1), Priscila Castillo S. (2).
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
gproduc@hotmail.com (1), pcastil@espol.edu.ec (2)

Resumen

La tecnología de esterilizado de envases de hojalata en autoclaves con presión, ha experimentado una constante evolución buscando reducir el tiempo de proceso, para disminuir la destrucción de los nutrientes y mantener las características del alimento fresco. Las nuevas tecnologías usan esterilizadores con agitación, mejorando la transferencia de calor. Se pretende establecer los parámetros de operación para un equipo de esterilización rotatoria y la aceptación del producto, comparándolo con un autoclave tradicional. Se calculó el F_0 objetivo, que es el número que indica la eficiencia del proceso térmico o letalidad, para frejol enlatado en salmuera en envases de 15 onzas en un esterilizador continuo. Se definió los parámetros de tiempo y temperatura de operación del nuevo proceso de esterilización y calculo el F_0 obtenido. El nuevo proceso térmico dura 12 minutos a 121 °C y se obtiene un F_0 de 7,2, con menos tiempo se obtiene el mismo nivel de letalidad. A través de pruebas sensoriales con un panel de degustación con jueces entrenados, se evaluó la calidad organoléptica de los dos productos comprobándose diferencias significativas de los dos procesos con nivel de aceptación del 67 % del producto realizado en un esterilizador continuo.

Palabras Claves: Esterilizador rotatorio, frejol, transferencia de calor, evaluación sensorial, convección.

Abstract

The sterilizing technology has undergone a constant evolution seeking to reduce the processing time to slow the destruction of nutrients and maintain the characteristics of fresh food. New technologies use agitated sterilizers, improving heat transfer. We sought to establish operating parameters for a rotary retort and its product acceptance, to compare it with a traditional retort. F_0 Objective was calculated, which is the number that indicates the efficiency of thermal process or lethality to brine canned pigeon peas in 15 ounces containers in a continuous sterilizer. The time and temperature operation parameters were defined for the new sterilization process and the estimate F_0 was obtained. The new thermal process takes 12 minutes at 121 °C and an F_0 of 7.2, with less time to obtain the same level of lethality. Through sensory testing with a panel of trained judges, the sensory quality of the two products was evaluated, verifying significant differences in the two processes with acceptance level of 67% of the product made in a continuous sterilizer..

Keywords: Rotary retort, pigeon peas, heat transfer, sensory testing. convection.

1. Introducción

El propósito de este trabajo de investigación consiste en realizar un estudio para determinar parámetros del proceso térmico de un producto enlatado (frejol) en un esterilizador continuo.

Los guisantes en general específicamente el frejol *Cajanus cajan* es una materia prima de cosecha estacional. El método de conservación más utilizado para este producto es la congelación IQF. También se lo procesa enlatado en salmuera.

El producto enlatado tiene la ventaja que el almacenamiento es más económico que el producto congelado, sin embargo la calidad organoléptica (color y sabor) se ve afectada por el proceso térmico.

El proceso de esterilización generalmente se lo realiza en esterilizador estacionario, en la actualidad existen procesos de esterilización continuo.

Durante el proceso de esterilización, la penetración de calor en el esterilizador estacionario se produce principalmente por conducción; en procesos con esterilizadores rotatorios continuos se logra agitación interna del producto, produciendo una convección forzada dentro del envase, aumentando la velocidad de transferencia de calor.

Con una mayor velocidad de transferencia de calor el tiempo de proceso térmico disminuye, de esta forma los cambios organolépticos son menores pero

el efecto de letalidad de microorganismos se mantiene.

2. Generalidades

2.1. Planteamiento del problema

En un proceso de esterilizado de alimentos, la transferencia de calor es muy importante y depende de varios factores, como son: La naturaleza del producto, el método de calentamiento, el gradiente de temperatura y la agitación del producto. (Stumbo, 1973).

Los esterilizadores para la conservación de alimentos desde su introducción, han experimentado una constante evolución, pudiéndose clasificar los sistemas actuales en: discontinuos y continuos, con o sin agitación. (Coronas, 1970).

En el país solo se realizaba el proceso de esterilización en esterilizadores estacionarios discontinuos, en la actualidad hay un esterilizador continuo rotatorio en el cual se están procesando frejol enlatado en salmuera.

Es necesario establecer los parámetros del proceso térmico en el nuevo equipo, que garanticen la destrucción de bacterias alterantes o tóxicas y conservar al máximo las características organolépticas del alimento fresco.

Gracias a los estudios de Ball, Bigelow y otros investigadores, pueden calcularse con precisión las condiciones de esterilización óptima, de tal forma que los alimentos enlatados no presenten peligro alguno para la salud del consumidor.

Es necesaria una evaluación organoléptica del producto y compararla con el nuevo proceso esterilizado continuo.

2.2. Objetivo

El objetivo de este trabajo de investigación es determinar los parámetros de operación de tiempo y temperatura en el proceso de esterilizado en un autoclave continuo

2.3. Objetivos específicos

Los objetivos específicos son:

Determinar el F_0 objetivo para el proceso de esterilización de frejol en salmuera en lata en un esterilizador continuo rotatorio.

Determinar los factores críticos que afectan a la penetración de calor en el proceso de esterilización en autoclave continuo.

Evaluar organolépticamente el producto resultado del proceso de esterilización continua comparándolo con un producto obtenido con un proceso de esterilización estacionario convencional.

2.4 Determinación F_0 Objetivo

El primer paso para diseñar un proceso térmico es decidir el microorganismo o enzima objetivo sobre cual el proceso deberá ser basado.

El frejol en salmuera tiene un pH de 6,8 por lo tanto es un producto de baja acidez. Para alimentos enlatado de baja acidez el microorganismo objetivo es el *Clostridium botulinum*, porque es altamente resistente al calor, forma esporas y es un patógeno anaeróbico.

Si sus esporas no son destruidas por el tratamiento térmico, estas podrían prosperar y producir la letal toxina botulismo bajo condiciones anaeróbicas en un amplio rango de temperaturas de almacenamiento. Si el pH es inferior a 4.5 no hay posibilidades de crecimiento de *Clostridium botulinum*. (Meng, 2006).

La letalidad mínima F_0 requerida para el proceso debe estar basada en dos consideraciones 1) Destrucción de la población microbiana de alta significancia para la salud pública. 2) Reducción de número de esporas. El proceso deberá ser lo suficientemente severo para reducir la población del *Clostridium botulinum* en 12 reducciones decimales. (Meng, 2006).

Basado en publicaciones realizadas, el valor D, tiempo de reducción decimal para el *Clostridium botulinum* a 121 °C es de 0,21. (Stumbo, 1973). Por lo tanto 12 reducciones decimales equivale a un valor F_0 de $12 \times 0,21 = 2,52$ min. Que representa el mínimo valor de letalidad requerido.

Existen microorganismos formadoras de esporas termo resistentes como *Bacillus stearothermophilus* que no son considerados peligrosos para la salud pública, pero pueden deteriorar el producto. Tienen un valor $D = 1$ min.

Se considera como F_0 objetivo = 7 para el frejol en salmuera enlatado que es un alimento de baja acidez. En resultados microbiológicos obtenidos el mayor conteo encontrado fue de 6,000 unidades formadoras de colonia por mg.

Un valor F_0 de 7 minutos representa un proceso 7D, este proceso puede reducir la población microbiana en 7 reducciones decimales, es decir, capaz de reducir la carga microbiana inicial de 10^4 hasta 10^{-3} .

3. Metodología

3.1 Metodología para adquisición de datos de tiempo y temperatura.

El estudio de penetración de calor realizado siguió la metodología recomendada por una autoridad de procesos. (Brown, 1997). Autoridad de proceso se define a un profesional del área de enlatados reconocido por la FDA.

La distribución de calor en los dos equipos, se lo realiza para determinar el área más fría del esterilizador.

ESTERILIZADORES ESTACIONARIOS.

El esterilizador usado para el ensayo es un autoclave estacionario marca FMC (Ver figura 1), el sistema de control de operación lo realiza un controlador lógico programable conectado a un computador.

ESTERILIZADOR CONTÍNUO.

El esterilizador usado es un equipo rotativo continuo marca FMC. En este equipo los envases pasan de forma continua por dos compartimentos, en el primero se someten a la acción del calor mediante vapor y en el segundo se enfrían con agua y aire comprimido.



Figura 1. Esterilizador continuo.

Dentro de los tambores hay una estructura giratoria que guía a los envases a través de un riel, los envases con movimiento axial van rotando a través del cuerpo del equipo.

3.2. Cálculo de parámetros de proceso

ESTERILIZADOR ESTACIONARIO

El proceso de esterilización de frejol enlatado en autoclave estacionario es de 116°C por 40 minutos.

ESTERILIZADOR CONTINUO

Se realizó, varias pruebas del proceso de esterilización en el esterilizador continuo a 121°C por 12 minutos, proceso recomendado por el fabricante del equipo y se registra la temperatura dentro del envase cada minuto del proceso térmico.

3.3. Diseño del proceso térmico.

Con estos datos tabulados, aplicando la ecuación 1 calculó la letalidad en cada intervalo de tiempo del proceso.

$$L = 10^{\left(\frac{(T - T_{ref})}{z}\right)} \quad (\text{Ecuación 1})$$

La sumatoria acumulada de estos valores representa la letalidad total obtenida, es decir el valor F_0 .

PROCESO ESTACIONARIO

La sumatoria de letalidad o valor F_0 es igual a 7, obtenido en el proceso de esterilizado en el esterilizador estacionario a una temperatura de 116°C durante 40 minutos de calentamiento

PROCESO CONTINUO

La sumatoria de letalidad o valor F_0 es igual a 7,2 obtenido en el proceso de esterilizado en el esterilizador continuo, a una temperatura de $121,8^{\circ}\text{C}$ durante 12 minutos de calentamiento.

Pasados los 12 minutos el producto sale del área de calentamiento y pasa al área de enfriamiento, donde la temperatura comienza a disminuir rápidamente; En esta etapa el efecto de letalidad no se incrementa.

El proceso térmico es capaz de bajar 7,2 reducciones decimales de la carga microbiana inicial presente en el producto.

3.4. Evaluación Sensorial

Obtenido el producto en el esterilizador continuo, se necesita compararlo con el producto obtenido en esterilizador estacionario para evaluar las diferencias organolépticas y determinar el mejor proceso.

Se realizó las pruebas organolépticas con una prueba triangular con un panel de 10 degustadores con experiencia en el consumo del producto. A cada degustador se le entrego tres set de tres muestras; En cada set de muestras hay dos iguales y una diferente, están codificados con números y letras escogidos al azar

Se le pide al evaluador en la hoja de resultados anotar el código de la muestra diferente y que indique la muestra de su preferencia en lo que corresponde a sabor y color.

3.5 Análisis de resultados obtenidos

En las pruebas realizadas se determinó que el proceso de esterilización de frejol en esterilizador continuo es de 12 minutos y 121,8 °C en la zona de calentamiento la temperatura máxima que alcanza el producto es 119,6 °C. Para el proceso estacionario la temperatura máxima alcanzada fue de 115,9°C.

En el proceso continuo como el envase esta en agitación intensa desde el momento que ingresa al esterilizador, la temperatura en el interior del envase sube rápidamente en los primeros minutos, a los 3 minutos llega a 117 °C.

En el proceso continuo luego del proceso térmico el envase pasa inmediatamente a una cámara de enfriamiento con agua, esto toma 12 minutos para lograr una temperatura interna de 40 °C. En el estacionario el enfriamiento tarda 25 minutos y la temperatura alcanzada es 55 °C, luego de esto se sacan los envases del esterilizador y continúa su enfriamiento al ambiente.

En el proceso estacionario, en la etapa de enfriamiento el descenso de temperatura es rápido ocasionando un choque térmico el cual ayuda mucho para la destrucción de microorganismos.

Con el proceso continuo se consigue un F_0 de 7,20, es decir 7,20 reducciones decimales de la población microbiana inicial. El tiempo total del proceso es de 24 minutos. Con el estacionario el valor alcanzado es de 7,0.

En los análisis organolépticos se evidenciaron que 24 veces fue escogida una muestra del proceso realizado en esterilizador continuo. Para un valor de 30 juicios y una probabilidad de 5% es necesario 16 respuestas correctas para rechazar la hipótesis nula, que indicaba que las muestras son iguales.

Es decir que las muestras obtenidas del proceso en esterilizador continuo son significativamente diferentes a las obtenidas en esterilizador estacionario.

Se puede observar que 20 veces fue escogida como preferida las muestras de producto realizado en esterilizador continuo, lo que representa el 67 %. Las observaciones de los panelistas coinciden en que el color y sabor son los parámetros que marcan la diferencia entre los dos productos.

4. Conclusiones

El microorganismo objetivo por su significancia en la salud pública es el *Clostridium Botulinum* para el proceso de frejol en salmuera, considero 12 reducciones decimales con un valor $D=0,21$ nos da un

F_0 de 2,52, suficiente para garantizar un producto seguro.

Para el diseño del proceso se considera la resistencia térmica de bacterias termófilas, formadoras de esporas que no son patógenas pero pueden alterar el producto. Por esto el F_0 objetivo del proceso es igual a 7; lo que significa 7 reducciones decimales de estas bacteria termófilas que tienen un valor $D = 1$.

Los factores críticos que se identificaron para este proceso son: Espacio de cabeza mínimo 8mm; Peso de llenado del envase mínimo 250 gramos y La velocidad de rotación del equipo 8 revoluciones por minuto; Estos parámetros deben ser mantenidos y controlados durante la operación.

Los parámetros de proceso de frejol enlatado en el nuevo equipo son: Temperatura de área de cocción 121 °C y tiempo 12 minutos.

El proceso de esterilización en un esterilizador rotativo continuo tiene menor tiempo de proceso que en un esterilizador estacionario; En el estacionario el proceso es de 65 minutos. En un esterilizador rotatorio continuo el proceso de esterilización es de 24 minutos.

El estacionario es un proceso por batch por esto hay un tiempo de carga y descarga que es de aproximadamente 10 minutos. En el proceso continuo no hay pérdida de tiempo por carga y descarga; el ingreso y salida de los envases es continuo y los envases son colocados en pallets automáticamente a la salida.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante la pruebas y estudio de penetración de calor en los dos procesos de producción se puede determinar que el F_0 obtenido es de 7,2 el mismo nivel de seguridad que en el proceso estacionario; es decir que con los dos procesos se obtienen la misma garantía de obtener un producto inocuo y que ambos son procesos seguros desde el punto de vista microbiológico.

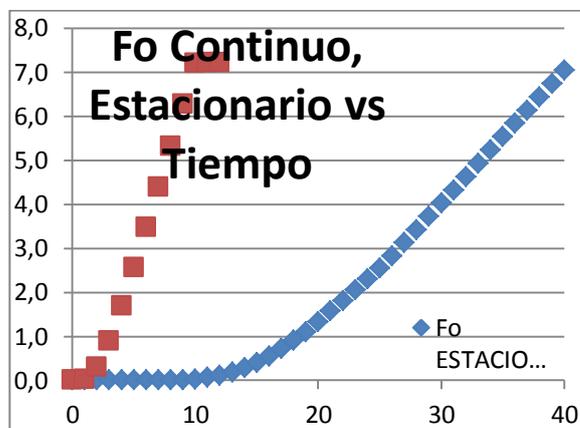


Figura 2. F_0 continuo y estacionario vs tiempo.

Las muestras de los productos obtenidos en los dos procesos (estacionario y continuo) son significativamente diferentes. El 67% de los panelistas prefiere la muestra del proceso continuo, por que presenta mejor color y sabor que el obtenido en el proceso estacionario.

Se recomienda evaluar las características nutricionales del producto obtenido en el proceso continuo, con el objeto de confirmar que un tratamiento térmico más corto disminuye la pérdida de nutrientes en la materia prima.

5. Referencias

- [1] Conley, W. K. (1951). *The application of end-over-end agitation to the heating and cooling of canned food products*. NEW YORK.
- [2] Coronas, J. M. (1970). Sistema de esterilización térmica.
- [3] E.B. Roessler, J. W. (1948). Food Research.
- [4] Elvira Castell, L. D. (1975). ESTERILIZACIÓN DE CONSERVAS. La Habana.
- [5] <http://www.neoalimentos.com.ar>. (2011, Octubre 5). NEOALIMENTOS. Retrieved 2011
- [6] Jay, J. M. (2002). Microbiología moderna de los alimentos. Zaragoza: Acribia.
- [7] Meng, Y. (2006). *Heat transfer studies on canned particulate viscous fluids during end-over-end rotation*. MONTREAL.
- [8] Pennar, E. W. (2001). *Evaluación Sensorial: Una metodología actual para tecnología de alimento*. Guayaquil.
- [9] Ramaswamy, H. A. (1996). THERMAL PROCESSING OF FRUITS. PENNSYLVANIA.
- [10] Reuter, H. (1993). ASEPTIC PROCESSING OF FOOD. LANCASTER.
- [11] Stumbo. (1973). Thermobacteriology in food processing. New york.