



LATAFIMP: SIMULADOR DE LA DINÁMICA DE LA ESTERILIZACIÓN DE ALIMENTOS LÍQUIDOS EN LATAS.

J. M. Alvarado-Orozco, G. M. Martínez-González, J.E. Botello-Álvarez, J.L. Navarrete-Bolaños y H. Jiménez-Islas*. Departamento de Ingeniería Química-Bioquímica, Instituto Tecnológico de Celaya.

Ave. Tecnológico y Antonio García Cubas s/n, CP 38010, Celaya, Gto.

Teléfono. (461) 611 75 75 Fax (461) 611 79 79, e-mail: hugo@itc.mx

Palabras clave: Colocación ortogonal, esterilización de alimentos, Navier-Stokes.

Introducción. La esterilización térmica de alimentos envasados, es la técnica de conservación más usada. Su objetivo es procesar alimentos seguros, de alta calidad y a un precio que el consumidor esté dispuesto a erogar. El diseño efectivo de un proceso térmico, requiere del conocimiento de cinéticas de destrucción de microorganismos, además del historial de temperatura de la zona de calentamiento más lenta del envase.

El objetivo del presente trabajo es desarrollar un código computacional para determinar numéricamente la dinámica y la ubicación del punto frío en latas, durante su tratamiento térmico, para alimentos líquidos newtonianos, empleando las ecuaciones de Navier-Stokes y la aproximación de Boussinesq. El simulador permitirá la estimación del tiempo equivalente de esterilización [1].

Metodología. En la modelación, se considera una lata individual de radio R y altura L , con una temperatura inicial de 60°C . Diversos alimentos enlatados tales como crema de maíz, leche evaporada, puré de tomate, entre otros, fueron usados como fluidos de trabajo. La esterilización fue simulada para una autoclave estacionaria con temperatura constante de 121.1°C y con coeficiente de transferencia de calor convectivo conocido de $2000 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ para las paredes y $60 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ para el espacio de cabeza. La viscosidad se consideró como función de la temperatura. Se considera válida la aproximación de Boussinesq. Las correlaciones propuestas por Choi y Okos [1], se usaron para la estimación de las propiedades termodinámicas promedio, basados en la composición proximal del alimento. El modelo matemático se desarrolló a partir de las ecuaciones de Navier-Stokes y el balance de energía para medio homogéneo, considerando un caso axisimétrico. Las ecuaciones gobernantes se discretizaron espacialmente usando colocación ortogonal con mallas de 31×31 a 51×51 , mientras que el tiempo fue discretizado mediante Euler implícito. El sistema algebraico obtenido se resuelve mediante Relajación no Lineal. Con lo anterior, se desarrolló, el código computacional en lenguaje FORTRAN 90 denominado LATAFIMP. Las simulaciones se desarrollaron en una PC Dell con procesador Pentium IV (doble núcleo) de 3.2 GHz y bus de 800 MHz , 2 Gb de memoria RAM con sistema Windows XP^{MR} y compilador Compaq Visual Fortran v. 6.6c^{MR} .

Resultados y discusión. Para el caso del puré de tomate envasado en latas de 400×411 , se predice un tiempo de tratamiento térmico de 37 minutos para obtener una esterilidad comercial equivalente de $F_0 = 10$ minutos. Se requirió una malla de 51×51 puntos de colocación con valores alfa y beta de los polinomios de Jacobi igual a -0.2 . La integración implícita se hizo desde $\tau = 0$ a $\tau = 0.30$ en forma escalonada, ya que el sistema presenta una elevada rigidez. A tiempos pequeños se presentan flujos secundarios en la parte inferior de la lata con sentido contrario, debido al elevado gradiente de temperatura como se puede apreciar en la Fig. 1. A medida que avanza el tiempo, la intensidad del flujo va disminuyendo, tendiendo a formar un flujo unicelular cada vez más lento.

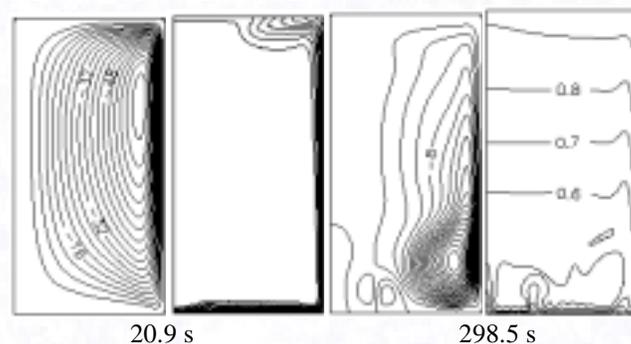


Fig 1. Patrones de flujo e isotermas a tiempos pequeños en la esterilización de jugo de tomate

Conclusiones. Los métodos de colocación ortogonal y de relajación no lineal, resultaron adecuados para la solución numérica de las ecuaciones de transporte, para la ubicación del punto frío, en la esterilización de alimentos enlatados a diferentes condiciones de proceso.

Agradecimientos. Los autores agradecen el apoyo financiero de CONACYT mediante el proyecto SEP-CO1-2004-46230.

Bibliografía

1. Jiménez-Islas, H., L. M. González-Calderón, J. E. Botello-Álvarez y J. L. Navarrete-Bolaños. (2005). Estudio Numérico de la Esterilización Térmica de Alimentos Líquidos Enlatados que Contienen Partículas, Empleando el Enfoque de Medio Poroso. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 4, 1-23