



Los tratamientos térmicos en **ALIMENTOS ÁCIDOS EMPACADOS**

RICARDO TALAMÁS ABBUD, RUBÉN MÁRQUEZ MELÉNDEZ, ARMANDO QUINTERO RAMOS,
VÍCTOR SANTANA RODRÍGUEZ y ALEJANDRO CAMACHO DÁVILA

Los alimentos empacados en recipientes sellados –donde se producen condiciones de anaerobiosis (ausencia de oxígeno)–, son susceptibles al deterioro producido por enzimas y microorganismos anaerobios, algunos de los cuales (*C. botulinum*) producen toxinas que arriesgan la salud y en algunos casos la vida de los consumidores, por lo que es necesario aplicar algún método de conservación tal como la refrigeración, congelación, tratamiento térmico (pasteurización o esterilización comercial) o una combinación de estos.

El término “tratamiento térmico” se refiere a la determinación de las condiciones de calentamiento (temperatura y tiempo) requeridas para obtener productos micro-biológicamente seguros de una calidad comestible aceptable.

La esterilización comercial es uno de los tratamientos térmicos más utilizados para conservar alimentos empacados en recipientes sellados almacenados a temperatura ambiente y se utiliza ampliamente en la actualidad. Estos procesos deben cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-130-SSA1-1995 (Secretaría de Salubridad). Este documento trata sobre los objetivos y campo de aplicación, referencias, definiciones, clasificación, disposiciones sanitarias, muestreo, métodos de prueba, etcétera. En el caso de exportar los productos a los Estados Unidos, se debe cumplir con el Code of Federal Regulations: Title 21-part 113 y 114, 1983 (Food and Drug Administration). Dichos documentos tratan sobre las definiciones, las buenas prácticas de manufactura, el establecimiento de la programación de los procesos, las operaciones en la sección de procesamiento térmico, la instrumentación y el control para autoclaves por lotes, agitadas e hidrostáticas, el registro de procesamiento y la producción y las desviaciones del proceso.



MARÍA LEGARRETA: Autorretrato en azúl.

En la tabla 1 se presentan los grupos de microorganismos que se desarrollan en alimentos empacados en recipientes sellados en función de su pH, así como los intervalos de valores de D_T y z que les corresponden, siendo estos una medida de su resistencia al calor.

El valor de D_T (tiempo de reducción decimal) se define como el tiempo necesario, en minutos, para reducir la carga de microorganismos en un 90% a la temperatura especificada T . Esta definición considera que el alimento alcanza la temperatura de proceso de forma instantánea.

El valor de z se define como el cambio de temperatura necesario para que el valor de D cambie en un 90%.

El tratamiento térmico requerido para asegurar una esterilización comercial depende del pH, actividad de agua y estado físico del alimento, así como de la geometría y tamaño del recipiente.

Los microorganismos que se desarrollan en alimentos con un pH mayor de 4.5 (baja acidez) presentan una alta resistencia al calor. Entre los termófilos tenemos al grupo de los ácido-planos representados por el *Bacillus stearothermophilus*. Estos microorganismos deterioran el alimento aportándole un sabor amargo, sin embargo no producen gas por lo que los extremos de las latas o las tapas de los frascos se mantienen planas. Debido al grupo de microorganismos productores de gas representados por el *Clostridium thermosaccharolyticum*, los recipientes se abomban y pueden reventar debido a la producción de CO_2 e H_2 . El alimento sufre una fermentación ácida con olor a ácido butírico. El grupo de los microorganismos productores

de sulfuros representados por el *Clostridium nigrificans* producen H_2S por lo que el alimento presenta una coloración negra y un olor a huevo podrido.

De los mesófilas, los anaerobios putrefactores (proteolíticos) el *Clostridium botulinum* es la bacteria patógena más resistente al calor. Produce una potente neurotoxina que pone en riesgo la salud y en ocasiones la vida de los consumidores. La mayoría de las veces el deterioro evidente del alimento (recipiente abombado por producción de gas y la degradación del producto por proteasas) previene a las personas de su consumo, sin embargo la ausencia de deterioro evidente no asegura que el alimento se encuentre libre de toxina botulínica. Por lo anterior el *Clostridium botulinum* se utiliza como referencia para el tratamiento mínimo obligatorio para los alimentos de baja acidez. El tratamiento mínimo debe alcanzar una probabilidad en donde 1 de 10^{12} recipientes pueda quedar contaminado. Esto requiere calentar a una temperatura de $121.1^\circ C$ por 3 minutos, medida en el punto más lento de calentamiento.

La temperatura de $121.1^\circ C$ se toma como referencia para el cálculo de los procesos de esterilización. Esta es utilizada en conjunto con el valor de z del *Clostridium botulinum*, el cual es tomado como $10^\circ C$ (Jun Weng, 2006).

Los microorganismos que se desarrollan en los alimentos ácidos (pH de 4.0 a 4.5) presentan una menor resistencia al calor. De los termófilos está el *Bacillus coagulans*, el cual produce un deterioro del tipo ácido-plano. Si el pH se ajusta a 4.2 o menor se pueden utilizar temperaturas de proceso de $100^\circ C$ para desactivar sus esporas. De los mesófilas, el

Tabla 1. Microorganismos que se desarrollan en alimentos* empacados en recipientes sellados en función del pH del alimento y su intervalo de valores de D y z .

Grupos bacterianos	Intervalo aproximado de resistencia al calor	
	D (minutos)	z
Alimentos de baja acidez y semi-ácidos (pH arriba de 4.5)		
Termófilos (esporas)	D_{250}	
Grupo de los ácido-planos (<i>B. stearothermophilus</i>)	4.0-5.0	14-22
Grupo de deterioro gaseoso (<i>C. thermosaccharolyticum</i>)	3.0-4.0	16-22
Productores de sulfuros (<i>C. nigrificans</i>)	2.0-3.0	16-22
Mesófilos (esporas)		
Anaerobios putrefactores		
<i>C. botulinum</i> (tipos A y B)	0.1-0.20	14-18
Grupo del <i>C. sporogenes</i> (incluyendo P.A. 3679)	0.1-1.5	14-18
Alimentos ácidos (pH 4.0-4.5)		
Termófilos (esporas)		
<i>B. coagulans</i> (mesofílico facultativo)	0.01-0.07	14-18
Mesófilos (esporas)		
<i>B. polymyxa</i> y <i>B. macerans</i>	D_{212} 0.1-0.50	12-16
Anaerobios butíricos (<i>C. pasteurianum</i>)	0.1-0.50	12-16
Alimentos de alta acidez (pH 4.0 y menor)		
Bacterias mesofílicas no esporuladas		
<i>Lactobacillus spp.</i> , <i>Leuconostoc spp.</i> , y hongos y levaduras	D_{150} 0.5-1.00	8-10

* En alimentos con actividad de agua mayor a 0.85.
Tomado de C.R. Stumbo, 1973.

Bacillus polymyxa y el *Bacillus macerans* producen un deterioro del tipo ácido-plano, mientras que el *Clostridium pasteurianum* incrementa la acidez, produce un fuerte olor butírico y produce gas. La temperatura mínima de proceso recomendada para estos últimos es de 100°C.

Los microorganismos que se desarrollan en los alimentos de alta-acidez (pH menor de 4.0) son mesofílicos no esporulados como *Lactobacillus spp.*, *Leuconostoc spp.*, hongos y levaduras. La temperatura mínima de proceso recomendada para estos microorganismos es de 65°C (Lucke 2003). Los tiempos que se deben mantener las temperaturas de proceso dependen de factores como el tipo y la carga inicial de microorganismos, el estado físico del alimento, el tamaño del recipiente, el tipo de autoclave, etcétera.

La acidificación (disminución del pH del alimento) es por lo tanto un método utilizado para reducir la severidad del tratamiento térmico requerido para alcanzar la esterilización comercial del producto. Es posible utilizar la acidificación siempre y cuando las características organolépticas del producto así obtenido sean aceptables. En la acidificación es esencial que el ácido penetre el producto completamente antes de sellar el recipiente o de lo contrario habrá riesgo de sub-esterilización en las regiones en donde el ácido no haya penetrado.

Los ácidos más utilizados con este fin son el acético, cítrico, láctico y fosfórico.

En el caso de los vegetales utilizados para elaboración de encurtidos y salsas, los cuales tienen valores de pH mayores a 4.5, la naturaleza del producto permite desde el punto de vista organoléptico acidificarlas hasta un pH de 3.7 o menor. De esta manera, para obtener la esterilización comercial es posible aplicar un procedimiento denominado llenado en caliente. Lo anterior permite realizar un gasto mínimo en infraestructura, además de que no es necesaria la utilización de conservadores químicos, lo que da como resultado un producto seguro y estable.

La técnica de llenado en caliente consiste en calentar el producto cerca de o a la temperatura de ebullición, llenar el recipiente precalentado (latas o frascos), sellar el recipiente y voltearlo para calentar la tapa o la zona de sellado y dejar enfriar al aire. Se recomienda que la temperatura mínima del alimento, una vez sellado el recipiente, nunca sea menor de 85°C. El valor de pausterización (medida de la probabilidad de sobrevivencia de los micro-organismos.) alcanzado dependerá del tipo y cantidad de microorganismos presentes en el alimento (Holdsworth, 2007).

Los recipientes recomendados para aplicar la técnica de llenado en caliente a los vegetales encurtidos y salsas son las latas, frascos de vidrio, recipientes de plástico rígido y semirrígido elaborados en forma de cubetas y de bolsas. Los recipientes de plástico PET elaborados en forma de frascos no son adecuados debido a que se deforman considerablemente por la temperatura requerida de llenado y el vacío formado dentro del recipiente al enfriarse el producto.

Entre los investigadores que han realizado estudios sobre llenado en caliente de productos ácidos y de alta acidez

están los de: Sandoval y col. (1994), quienes desarrollaron un modelo matemático para la predicción de la transferencia de calor y los valores de esterilización de un proceso de llenado en caliente de puré de tomate en frascos de vidrio; Silva y col. (1997), quienes implementaron un modelo matemático para describir un proceso de pasteurización por llenado en caliente para purés de frutas variando las temperaturas de llenado y las características de los recipientes; Silva y col. (2003) trabajaron con el diseño y la optimización de las condiciones de pasteurización por llenado en caliente de pulpa de Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*); Silva y col. (2004) seleccionaron enzimas y microorganismos objetivo para el diseño de procesos de pasteurización para productos de frutas de alta acidez.

Bibliografía

- JUN WENG, Z.: "Thermal processing of canned foods", en DA-WEN SUN (ed.): *Thermal Food Processing-New Technologies and Quality Issues*, Boca Raton, FL, CRC Press, 2006, pp. 335-362.
- HOLDSWORTH, D. y R. SIMPSON: "Sterilization, Pasteurization and Cooking Criteria", en BARBOSA-CANOVAS, G.V. (ed.): *Thermal Processing of Packed Foods*, Nueva York, Springer, 2007, pp. 123-141.
- LUCKE, F.K.: "The control of pH", en ZEUTHEN, P. y BOGH-SORENSEN, L. (eds.): *Food Preservation Techniques*, Boca Raton, FL, CRC Press, 2003, pp. 123-139.
- SANDOVAL, A.J.; J.A. BARREIRO y S. MENDOZA: "Prediction of hot-fill-air-cool sterilization processes for tomato paste in jars", *J. Food Eng.*, 23, 1 (1994), pp. 33-50.
- SILVA, F.V.M. y C.L. SILVA: "Quality optimization of hot-filled pasteurized fruit purées: container characteristics and filling temperatures", *J. Food Eng.*, 32, 4 (1997), pp. 351-364.
- SILVA, F.V. y P. GIBBS: "Target selection in designing pasteurization processes for shelf-stable high-acid fruit products", *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 44, 5 (2004), pp. 353-360.
- SILVA, F.V., R.C. MARTINS y C.L. SILVA: "Design and optimization of hot-filling pasteurization conditions: Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) fruit pulp case study", 2003.
- SECRETARÍA DE SALUD: www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/130ssa15.html (10/01/2010).
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION: accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRsearch.cfm (10/01/2010).
- STUMBO, C.R.: *Thermobacteriology in food processing*, Nueva York, Academic Press, 2a. ed., 1973. ©



MARTHA LEGARRETA: *Miranda pasar al río, cada quien encontró su noche.*