



Microorganismos de importancia en el tratamiento térmico de alimentos ácidos y de alta acidez

A. I. Gómez - Sánchez

Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas – Puebla. San Andrés Cholula, Pue., México.

Resumen

La presente revisión reporta y comenta la presencia de microorganismos contaminantes en alimentos de alta acidez procesados térmicamente, así como los efectos de daño causados por éstos. Se realiza inicialmente una revisión acerca de los valores de pH en alimentos de alta acidez; se reportan los principales microorganismos contaminantes de estos alimentos (características, daños ocasionados y principales alimentos en los cuales se presentan), así como parámetros de termorresistencia de los microorganismos (valores D, z, Fo y F). Finalmente, se comentan detalladamente casos reportados de incidencia de contaminación por microorganismos en alimentos enlatados de alta acidez.

Palabras clave: microorganismo, alta acidez, resistencia térmica, valor D, valor z.

Abstract

This review was realized in order to discuss the presence and effect of spoilage microorganisms in canned acid and high acid foods. A brief analysis about the values of pH in acid and high acid foods, and also the most common spoilage microorganisms and their characteristics are presented. Values D, z, Fo and F of thermal resistance are shown. Specific spoilage cases in canned acid and high acid fruits are commented.

Keywords: microorganism, high acid, thermal resistance, D value, z value.

Introducción

La disminución del pH ayuda básicamente en dos formas a la preservación de alimentos: inhibiendo directamente el crecimiento microbiano, y reduciendo la resistencia térmica microbiana en alimentos que serán posteriormente procesados por calor (ICMSF, 1980).

El uso de temperaturas elevadas para la preservación de alimentos está basado en su efecto destructor en los microorganismos (Jay, 1992).

En general, la resistencia térmica de los microorganismos está relacionada con su temperatura óptima de crecimiento.

Los microorganismos psicrófilos son los más sensibles al calor, seguidos por los mesófilos y los termófilos. Las bacterias no formadoras de esporas tienen menos resistencia al calor que las formadoras de esporas, y de éstas últimas las termófilas son más termorresistentes que las mesófilas. Los mohos y levaduras son más sensibles al calor, sin embargo las ascosporas de levaduras son ligeramente más resistentes al calor que las células vegetativas. Las esporas asexuales de los mohos son ligeramente más resistentes al calor que sus micelios. La especie *Sclerotia* es la más termorresistente y puede causar problemas en frutas enlatadas (Jay, 1992).

La tecnología de la destrucción térmica de los microorganismos relacionada a la preservación de alimentos por enlatado engloba el conocimiento y la aplicación de los siguientes conceptos (Stumbo, 1973):

- 1) Tiempo de Reducción Decimal (valor D): es el tiempo requerido para destruir el 90% de los microorganismos; es el número de minutos requerido para que la curva de supervivencia atraviese un ciclo logarítmico; matemáticamente, es el recíproco de la pendiente de la curva de supervivencia (número de microorganismos sobrevivientes vs. Tiempo de calentamiento (min)), y es una medida de la velocidad de muerte de un microorganismo. Cuando el valor D se determina a 250 F, se expresa como D_o .
- 2) Valor z: son los grados Fahrenheit requeridos para que la curva del tiempo de destrucción térmica (TDT) atraviese un ciclo logarítmico; matemáticamente, es el recíproco de la

pendiente de la curva TDT (valores D (min) vs. Temperatura (F)).

Mientras el valor D indica la resistencia de un microorganismo a una temperatura específica, el valor z proporciona información de la resistencia relativa de un organismo a diferentes temperaturas; esto permite el cálculo de procesos térmicos equivalentes a diferentes temperaturas.

- 3) Valor F: Es una medida (en tiempo (min)) de la capacidad de un proceso térmico para reducir el número de esporas o células vegetativas de un microorganismo dado.

Revisión bibliográfica

Clasificación de los alimentos de acuerdo al pH

La consideración fundamental en el procesamiento de alimentos enlatados es el control del *Clostridium botulinum*; un valor de pH de 4.6 ó inferior inhibe completamente el crecimiento de esta bacteria. De ahí que los alimentos enlatados sean clasificados en alimentos ácidos (pH 4.6 ó inferior) y alimentos de baja acidez (pH mayor a 4.6) (ICMSF 1980).

Asimismo, otra clasificación ampliamente usada basada también en la acidez de los alimentos los divide en: alimentos de baja acidez ($\text{pH} > 4.6$), alimentos ácidos ($\text{pH } 3.7\text{-- }4.0$ a 4.6) y alimentos de alta acidez ($\text{pH} < 4.0$ – 3.7) (Jay 1992).

En la tabla I se enuncian valores de pH en alimentos enlatados ácidos y de alta acidez.

Microorganismos contaminantes y causantes de daño en alimentos enlatados

Los microorganismos causantes de daño en alimentos enlatados pueden ser clasificados en mesófilos y termófilos. Los microorganismos mesófilos a su vez se clasifican en: putrefactivos

Tabla I. Rangos de pH en alimentos ácidos comercialmente enlatados

Alimento	Rango de pH aproximado ^a
Aceitunas	3.6 – 3.8
Berenjenas	4.5
Betabeles	4.2 – 4.4
Blueberries	3.2 -3.6
Ciruelas	2.8 – 3.0
Coctel de frutas	3.6 – 4.0
Duraznos	3.4 – 4.2
Frambuesas	2.9 – 3.7
Fresas	3.0 – 3.9
Grosellas	2.8 – 3.1
Higos	4.6
Jugo de Arándano	2.5 – 2.7
Jugo de cereza	3.4 – 3.6
Jugo de ciruela	3.7 – 4.3
Jugo de Grosella	3
Jugo de lima	2.2 – 2.4
Jugo de manzana	3.3 – 3.5
Jugo de naranja	3.0 – 4.0
Jugo de tomate	3.9 – 4.4
Jugo de toronja	2.9 – 3.4
Limones	2.2 – 2.4
Manzanas enteras	3.4 – 3.5
Mermelada de fruta	3.5 – 4.0
Pepinillos	2.6 – 3.8
Peras (Bartlett)	3.8 – 4.6
Pimientos	4.3 – 4.9
Piñas	3.2 – 4.0
Pulpa de toronja	3.4
Sauerkraut	3.1 – 3.7
Sidra	2.9 – 3.3
Tomates	4.1 – 4.4
Uvas	3.5 – 4.5
Zarzamoras	3.0 – 4.2

^a U.S. Department of Health, Education and Welfare (1969); Jay (1992)

anaerobios, butíricos anaerobios, acidúricos de flat sour, lactobacilos, levaduras y mohos. Los microorganismos termófilos se clasifican en: esporulados de flat sour, termófilos anaerobios productores de sulfuro y termófilos

anaerobios no productores de sulfuro (Jay 1992).

En alimentos ácidos y de alta acidez, la presencia de esporas de *C. botulinum* es de poca significancia, puesto que no hay crecimiento de esta bacteria a valores de pH inferiores a 4.7. Este hecho, y la relativa baja termorresistencia de las principales bacterias contaminantes de alimentos ácidos, hacen factible usar procesos térmicos considerablemente menos severos para alimentos ácidos enlatados, en comparación con los alimentos de baja acidez. Estos procesos se basan en la inactivación de microorganismos vegetativos y sus esporas, los cuales podrían crecer en el producto final.

En la mayoría de las frutas, las cuales son de naturaleza ácida, los procesos térmicos pueden ser leves y la temperatura puede no exceder 100 C; asimismo, no se requiere el procesamiento a presión (Lund y otros 2000).

En la tabla II se reportan parámetros de resistencia térmica de bacterias en alimentos enlatados.

Microorganismos contaminantes y causantes de daño en alimentos enlatados ácidos y de alta acidez.

Algunas manifestaciones de contaminación y daño por microorganismos en alimentos ácidos y de alta acidez enlatados se presentan en la tabla III.

Tabla II. Comparativo de resistencia térmica de bacterias en alimentos enlatados (Stumbo, 1973).

Tipo de Alimento de acuerdo a su pH / Grupo de Bacterias	Valor D (min)	Valor z (°F)
Alimentos de baja acidez (pH > 4.5)		
Termófilos (esporas)	D ₂₅₀	
Grupo de flat sour		
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	4.0 – 5.0	14 – 22
Grupo de daño por gas		
<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>	3.0 – 4.0	16 – 22
Productores de azufre		
<i>Clostridium nigrificans</i>	2.0 – 3.0	16 – 22
Mesófilos (esporas)		
Putrefactivos anaerobios		
<i>C. botulinum</i> tipos A y B	0.10 – 0.20	14 – 18
Grupo de <i>C. sporogenes</i> (incluye P.A.3679)	0.10 – 1.5	14 – 18
Alimentos ácidos (pH 4.0 – 4.5)		
Termófilos (esporas)		
<i>B.coagulans</i> (mesófilo facultativo)	0.01 – 0.07	14 – 18
Mesófilos (esporas)	D ₂₁₂	
<i>B.polymyxa</i> y <i>B.macerans</i>	0.10 – 0.50	12 – 16
Anaerobios butíricos (<i>C.pasteurianum</i>)	0.10 – 0.50	12 – 16
	D ₁₅₀	
Alimentos de alta acidez (pH < 4.0)		
Bacterias mesofílicas y no formadoras de esporas		
<i>Lactobacillus</i> sp., <i>Leuconostoc</i> sp,	0.50 – 1.00	08 – 10
Mohos y Levaduras		

Tabla III. Características de microorganismos contaminantes en alimentos enlatados de alta acidez (Schmitt, 1966).

TIPO DE MICROORGANISMO	NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	DAÑO PRODUCIDO (EN LATA Y PRODUCTO)	ALIMENTOS
Bacterias formadoras de esporas	<i>Bacillus thermacidurans</i>	Aerobio, termófilo	Flat sour, poco cambio en vacío. Ligero cambio en pH del producto, mal olor y sabor	Jugo de tomate
	<i>C. pasteurianum</i>	Formador de esporas, anaerobio, sacarolítico, productor de gas	Abombamiento de la lata	
Bacterias butíricas anaerobias			Abombamiento de la lata. Producto fermentado con olor butírico	Tomates, jugo de tomate
Bacterias no formadoras de esporas, productoras de ácido láctico.	<i>Lactobacillus</i> sp	Algunas especies son productoras de gas	Abombamiento de la lata	
	<i>Leuconostoc</i> sp	Se desarrollan mejor bajo tensión de oxígeno reducida	Olor ácido del producto	
Levaduras			Por infiltración del agua de enfriamiento en la lata por microruptura de ésta	
Mohos	<i>Byssochlamys fulva</i>	Causa ruptura de pectina; productor de gas. Resistente al calor: 30 min a 190 F, ó 16 min a 212 F. Valores D recomendados: 1 a 12 min a 194 F	En frutas enlatadas causa desintegración de la fruta	Frutas enlatadas

El daño por flat sour (agriado plano) se caracteriza por la producción de ácido, ausencia de gas y presencia de mal olor. Las bacterias responsables son por lo general anaerobios facultativos, aunque también pueden ser termófilos obligados. El rango de temperatura de crecimiento de estas bacterias es de 130 – 140 F (54 – 60 C). Este tipo de daño ocurre frecuentemente cuando los alimentos no son enfriados rápidamente después del enlatado, o se almacenan a elevadas temperaturas. Los micoorganismos causantes de este daño se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, por lo que es muy usual encontrarlos en los alimentos que serán procesados por calor. (Mountney, Gould 1988).

La detección de microorganismos de flat sour en alimentos se puede realizar con un examen microscópico, en el cual se observan bacterias de forma alargada. Las esporas por lo general están presentes, pero la presencia de ácido inhibe su desarrollo. Asimismo, se realiza un análisis en caldo de glucosa incubado a 130 F (54 C), y para las esporas en un medio de cultivo con pH neutro.

El flat sour se puede presentar en betabeles enlatados, y es causado por bacterias mesofílicas, las cuales le imparten sabor medicinal al producto, así como una coloración negra, en caso de encontrarse presente hierro disuelto.

En jugo de tomate enlatado y con daño de flat sour , la bacteria responsable es *Bacillus thermoacidurans* (también conocida como *Bacillus coagulans*). Este caso es excepcional, ya que este tipo de daño no es común en alimentos ácidos. Conforme la bacteria crece en el jugo de tomate, se desarrolla un sabor de tipo

fenólico, y el pH del jugo disminuye de 4.5 a 3.5. Asimismo, no existe formación de esporas. A valores de pH en el rango de 4.5 a 4.8 existe riesgo de contaminación por *Clostridium botulinum*, y se recomienda la adición de ácidos orgánicos para disminuir el pH (CAC 1994; Powers 1976).

La detección del problema se puede llevar a cabo con un examen al microscopio, así como las manifestaciones en el producto de cambio de pH y mal sabor característico. (Mountney, Gould 1988).

Es de suma importancia considerar la temperatura mínima de crecimiento de microorganismos termófilos para diagnosticar el daño de productos enalatados: *B. thermoacidurans* crece lentamente a 25 C, pero crece bien entre 30 y 55 C (Fields 1970). Se le considera como microorganismo termófilo, o mesófilo facultativo (Stumbo 1973), y su rango óptimo de temperatura de crecimiento es 28 a 65 C (Fields 1970). Se le encuentra distribuido ampliamente en el suelo, y puede llegar a encontrarse en cantidades altas en el agua de lavado de los tomates en las plantas procesadoras; el azúcar y almidón son fuentes de la bacteria, por lo que éstos deben ser sometidos a los estándares de calidad (Lund y otros 2000).

Lactobacillus brevis causa una vigorosa fermentación en salsa catsup, salsa worcestershire y productos similares. *Leuconostoc mesenteroides* se ha reportado que causa daño por producción de gas en piñas enlatadas, y daño por fibrosidad en duraznos. El moho *Byssochlamys fulva* ocasiona

daño en frutas enlatadas y embotelladas. Causa desintegración del producto, como resultado de ruptura de pectina. Con respecto al daño de alimentos ácidos y de baja acidez por levaduras y mohos, ciertos organismos se asocian repetidamente con alimentos específico (Jay 1992).

Productos enlatados con pH entre 3.7 a 4.6.

Entre estos productos se encuentran incluidos tomates, peras e higos enlatados. Existen reportes de daño por bacterias formadoras de esporas, incluyendo *Clostridium pasteurianum*, *Clostridium butyricum* y *Bacillus coagulans*. Se ha reportado que las esporas de *B.coagulans* son más termorresistentes que las de *C.pasteurianum* y *C.butyricum*, pero el daño por *Bacillus* se presenta a mayores valores de pH (Lund y otros 2000).

Clostridium pasteurianum y bacterias similares causan daño por bacterias vegetativas a pH 3.6 en jugos de pera y chabacano (Jakobsen, 1975), (Tomlin, 1997), y también en piña enlatada a pH 4.4, provocando abombamiento de las latas (Spiegelberg 1936, 1940). Asimismo, existen reportes de la presencia de *Clostridium pasteurianum* en jugo de mandarina enlatado a valores de pH entre 3.90 y 3.97, y superiores; se recomendó efectuar un ajuste de pH a valores menores de 3.5 (Ikegami y otros, 1970). En jugo de pera enlatado se recomendó ajustar la a_w a valores entre 0.97 y 0.98 (mediante adición de azúcar) para lograr un pH menor a 4.0 y prevenir así el crecimiento de *C.pasteurianum*; se sugirió que la combinación a_w – pH podía reducir los requerimientos del tratamiento térmico para peras enlatadas.

Existen reportados casos de contaminación con producción de gas por *B.macerans* y *B.polymyxa* en frutas enlatadas (Vaughn y otros 1952). El daño se atribuyó a una contaminación post-pasteurización en el agua de enfriamiento; las esporas bacterianas fueron lo suficiente termorresistentes para sobrevivir en los enfriadores rotatorios.

El valor de esterilización recomendado para un proceso de enlatado de tomates enteros en su jugo, calculado contra esporas de microorganismos anaerobios productores de ácido butírico y a pH superior a 4.3 es de 10 minutos a 200 F (93 C), con un valor z de 15 F (8.3 C), y si el pH es menor a 4.3, éste se recomienda de 5 minutos a 200 F (93 C) (NCA 1968; York 1975).

El valor de proceso recomendado (F_0) para destruir esporas de *B.coagulans* a pH de 4.5 es de 0.7 min a 250 F (121 C), con un valor z de 18 F (10 C). A valores de pH iguales o inferiores a 4.3, se recomienda un proceso(F) de 1.56 min a 212 F (100 C), con un valor z de 27 F (15 C) (York y otros 1975).

Productos enlatados con pH inferior a 3.7 y 4.0

Estos alimentos son dañados principalmente por mohos, y en menor grado por levaduras y bacterias ácido lácticas.

Las ascosporas de ciertos mohos, particularmente de los géneros *Byssochlamys*, *Neosartorya*, *Talaromyces* y *Eupenicillium* son

capaces de sobrevivir a tratamientos térmicos comerciales de frutas ácidas enlatadas (Pitt y Hocking 1997; Splittstoesser 1996).

Los principales microorganismos causantes de daño en frutas ácidas enlatadas son *Byssochlamys fulva* y *B.nivea*. En la tabla IV se reportan algunos valores D de ascosporas.

Tabla IV. Valores D reportados para la resistencia térmica de ascosporas en mohos (Beuchat y Rice, 1979; Splittstoesser, 1996).

NOMBRE DEL MICROORGANISMO	PRODUCTO	VALOR D (min)	TEMPERATURA (C)
<i>Byssochlamys fulva</i> y <i>B.nivea</i>	Jugo de uva	4.8 – 11.3	86.0 – 87.8
<i>Talaromyces flavus</i>	Jugo de manzana	2.2	92
<i>Neosartorya fischeri</i>	Jugo de manzana	18	85
<i>Eurotium herbariorum</i>	Jugo de uva	2.5	70

Byssochlamys spp. son aerobios obligados, pero pueden crecer a muy bajas concentraciones de oxígeno (Pitt y Hocking, 1997). Aún su crecimiento limitado puede ser suficiente como para permitir la producción de enzimas degradadoras de pectina que causan el ablandamiento y la consecuente ruptura del tejido en frutas. Asimismo, se ha reportado la producción de micotoxinas (ácido bisoclámico, patulina, bisotoxina y malforminas) de estos mohos en frutas (Beuchat y Rice, 1979; Splittstoesser 1996). Estos mohos provienen de los huertos y campos de cultivo de las frutas. *Byssochlamys fulva* se encontró como el moho predominante en uvas, manzanas, zarzamoras, cerezas, duraznos, framboesas, chabacanos, peras y viñedos (Beuchat y Rice, 1979).

Existe el riesgo de que el daño microbiano en frutas enlatadas pueda ser la causa de un incremento en el pH del producto y permita de esta forma el

crecimiento y producción de toxina de *Clostridium botulinum*. Entre los años de 1899 y 1975, fueron reportados 35 casos de botulismo en los Estados Unidos, los cuales se atribuyeron a “alimentos ácidos”; de éstos, 34 fueron productos procesados en el hogar y sólo uno de ellos fue procesado comercialmente (Odlaug y Pflug, 1978).

Conclusiones

Los microorganismos de importancia en el tratamiento térmico de alimentos ácidos, frutas principalmente con valor de pH entre 3.7 y 4.6, son: *Bacillus coagulans*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus macerans*, *Clostridium pasteurianum* y *Clostridium butyricum*, los cuales tienen la característica de ser bacterias formadoras de esporas, termofílicas o mesofílicas, de las cuales, la más termorresistente es *Bacillus coagulans*.

Respecto a los microorganismos importantes en el tratamiento térmico de alimentos de alta acidez, frutas cuyo valor de pH menor a 4.0, son: *Byssochlamys fulva*, *B.nivea*, *Talaromyces flavus*, *Neosartorya fischeri*, *Eurotium herbariorum*, *Lactobacillus* sp. y *Leuconostoc* sp.; ellos son bacterias ácido lácticas (mesofílicas y no

formadoras de esporas), levaduras o mohos. El microorganismo más termorresistente es el moho *Byssochlamys fulva*.

Se recomienda aplicar un estricto control de calidad en el manejo higiénico de éste tipo de alimentos que serán sometidos a la esterilización comercial , iniciando desde la cosecha, almacenamiento y manejo previo y posterior al enlatado (agua de enfriamiento), ya que estos microorganismos se encuentran presentes en cargas microbianas elevadas en el suelo y en las materias primas de jugos y frutas enlatadas (principalmente azúcar y almidón). Si el agua de enfriamiento de los envases contiene cargas microbianas elevadas, también es un factor de contaminación importante, en caso de presentarse micro-rupturas en los envases.

Es un reto de la tecnología de procesamiento térmico la optimización de procesos de esterilización comercial, de modo que éstos sean seguros, rentables y ofrezcan al consumidor productos de alta calidad.

Referencias.

- Beuchat, L. R.y Rice, S. L. 1979. *Byssochlamys* spp. and their importance in processed fruits. *Advances in Food Research.* 25:238-288.
- Codex Alimentarius. 1994. Codex Standard for canned tomatoes. Codex Standard 13-1981, 3-8.
- Fields, M. L. 1970. The flat sour bacteria. *Advances in Food Research.* 18:163-217.
- Ikegami, Y., Okaya, C., Sawayama, Z., et al.1970. Prevention of gaseous spoilage of butyric acids anaerobes in canned foods. Part I. En J. Canners. Canned mandarin orange. 49: 993-1000.
- International Comision on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). 1988. *Microbial Ecology of Foods. Volume 1:Factors Affecting Life and Death of Microorganisms.* Academic Press, Inc. Nueva York. p. 332.
- Jakobsen, M. y Jebsen, H. C. 1975. The combined effect of water activity and pH on the growth of butyric anaerobes in canned pears. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie.* 8:158-160.
- Jay, J. M. 1992. *Modern Food Microbiology.* 4a Edición. Chapman & Hall. Nueva York.
- Lund,B. M., Baird-Parker, T.C. y Gould, G. W. 2000. *The Microbiological Safety and Quality of Food. Vol.1.* Aspen Publishers, Inc. EE. UU.
- Mountney, G. y Gould, W. A. 1988. *Practical Food Microbiology and Technology.* 3a.Edición. Van Nostrand Reinhold Company. Nueva York. p. 351.
- National Canners Association.1968. *Laboratory Manual for Food Canners and Processors. Volume 1.3a.* Edición.The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
- Odlaug, T. E. y Pflug, I. J. 1978. *Clostridium botulinum* and acid foods. *Journal of Food Protection.* 41:566-573.
- Pitt, J. I. y Hocking, A. D. 1997. *Fungi and Food Spoilage.* 2a Edición. Blackie Academic and Professional. Londres. p. 504.
- Powers, J. J. 1976. Effect of acidification of canned tomatoes on quality and shelf life. *Critical Review of Food Science and Nutrition.* 7:371-393.
- Schmitt, H. P. 1966. Comercial sterility in canned foods, its meaning and determination. *Assoc.Food Drug Off. of U.S. Quart.Bull.* 30:141-51.
- Splitstoesser, D. F. 1996. Microbiology of fruit products. En L. P. Somogyi, H. S. Ramaswamy y Y. H. Hui (Eds.). *Processing Fruits: Science and Technology. Biology. Principles and Applications.* Technomic Publishing Co.Lancaster, PA. pp. 261-292.
- Stumbo, C. R.1973. *Thermobacteriology in Food Processing.*2a Edición. Academic Press. Nueva York. p. 113.
- Spiegelberg, C. H. 1936. Acid and pH variations in *Ananas comosus* Merr. in relation to swells caused by *Clostridium* sp. *Journal of Bacteriology.* 31: 85.
- Spiegelberg, C. H. 1940. *Clostridium pasteurianum* associated with spoilage of

- an acid canned fruit. *Journal of Food Science.* 5(2):115-130.
- Tomlin, C. D. S. 1997. *The pesticide Manual.* 11a Edición. British Crop Protection Council. Bracknell, Reino Unido.
- Vaughn, R. H., Kreulevitch, I. H. y Mercer, W. A. 1952. Spoilage of canned foods caused by *Bacillus macerans-polomyxa* group of bacteria. *Journal of Food Science.* 17(1 - 6):560-570.
- York, G. K., Heil, J. R., Marsh, G. L., Ansar, A. Merson, R. L., Wolcott, T. y Leonard, S. 1975. Thermobacteriology of canned, whole, peeled tomatoes. *Journal of Food Science.* 40:764-769.