Universidad Simón Bolívar

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE PROCESOS TÉRMICOS DE PRODUCTOS ENLATADOS

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS PRESENTA: MARCO ANTONIO SILVA NAVA

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES, POR TODA LA PACIENCIA Y EL APOYO QUE ME BRINDARON DURANTE LA ELABORACION DE ESTE DOCUMENTO

A MI AMADA ESPOSA QUE SIEMPRE ME IMPULSÓ CON ENTUSIASMO Y CONOCIMIENTO DE MANERA INCONDICIONAL

A ELVIA ISABEL Y ANA EMILIA MIS DOS HERMOSAS MUSAS FUENTE DE INSPIRACIÓN Y SUPERACIÓN.

A MIS HERMANOS AARÓN Y ARTURO POR TODA SU CONFIANZA Y CARIÑO

AL DOCTOR CASTULO BACA POR SU AYUDA DURANTE LA REDACCIÓN DE ESTA TESIS Y POR SU AMISTAD INCONDICIONAL

A NORMAN RODRÍGUES POR DOS DÉCADAS DE GRANDICIMA AMISTAD

MANUAL PARA EVALUACION DE PROCESOS TERMICOS DE PRODUCTOS ENLATADOS

INDICE PAGINA

1.- INTRODUCCION 2

2.- JUSTIFICACION DEL TRABAJO. 7

3.- OBJETIVOS 8

4.- DESARROLLO DEL PROCESO TERMICO DE ALIMENTOS 9

5.- CALCULO DE CURVAS DE MUERTE TERMICA 16

6.- EVALUACIÓN DE CIERRE HERMÉTICO 32

7.- CONCLUSIONES 62

8.- BIBLIOGRAFÍA. 64

9.- INDICE ANALÍTICO 66

10.- INDICE DE TABLAS Y FIGURAS 67

I N T R O D U C C I O N

Uno de los principales métodos de conservación de alimentos es el enlatado y/o enfrascado a vacío, con un proceso térmico de los alimentos que permite obtener una esterilidad " selectiva" la cual preserva por un período relativamente largo, la calidad y cualidades de los alimentos y por lo tanto, incrementa su vida útil. El desarrollo de la técnica del enlatado y/o enfrascado a vacío, se le adjudica al italiano Lázaro Spallanzani en 1865; sin embargo, la paternidad de esta tecnología de conservación de alimentos, como la conocemos actualmente, es del francés Nicolás Appert, quien logró conservar los alimentos por medio de la aplicación de calor en recipientes herméticamente cerrados.[1]

En 1795 cuando Francia se encontraba en una de sus tantas guerras, la población en general fue sujetada, entre otras disposiciones, a un severo racionamiento de alimentos. Los soldados que ganaban batallas en los distintos frentes en Europa, en las trincheras eran diezmados por el escorbuto y otras enfermedades, pues sus dietas consistentes básicamente en carne asada y pan, eran pobres en alimentos frescos, pues los alimentos no podían mantenerse en esas condiciones durante los períodos prolongados de las campañas militares.

[1] Ruiz et al, *El arte de la Appertización ; Revista Manual de Nutrición,Julio 1999, España.Pag. 28-33*

El Gobierno Francés estimó que era indispensable la conservación de los alimentos en buen estado por mayor tiempo, para el sostenimiento de la población en general, pero principalmente de su ejército. Ante esta circunstancia surgió la idea de ofrecer un premio de 12,000 francos al ciudadano que desarrollara un método que tuviera éxito en la preservación de los alimentos, para abastecer a la población y también transportarlos a los campos de batalla durante las campañas militares. Este premio fue ganado por el confitero Nicolás Appert en 1809, quien publicó en 1810 el libro sobre enlatado de alimentos titulado " El libro de todos los hogares. El arte de preservar sustancias vegetales y animales por muchos años". En esta época ni Appert ni nadie conocían a ciencia cierta las causas que generan la descomposición de los alimentos, sin embargo, Appert observó que los alimentos calentados en envases sellados que excluyeran el aire, adquirían la cualidad de preservar las características de los alimentos y evitar, o por lo menos diferir durante un tiempo mucho mayor su descomposición. [2]

Si bien el confitero Nicolás Appert no conocía las causas del deterioro y temprana descomposición de los alimentos, concluyó que la limpieza e higiene en su preparación, manejo, envasado y sellado hermético de los recipientes, era necesaria para su conservación en buen estado durante un largo tiempo.

Inicialmente Appert colocó diversos alimentos en botellas de vidrio, las cuales cerró con tapón de corcho y fueron sometidas al calor usando agua hervida, observando que conservaron la calidad de los alimentos, las cuales fueron distribuidas

[2] Shneider, *Historia del enlatado; Manuales de Nutrición,Julio 1999, España. Pag 17-21*

entre las fuerzas armadas de Francia. El emperador Napoleón apoyó y premió la iniciativa de Appert reconociendo la importancia de sus trabajos, los cuales contribuyeron en gran medida a sus exitosas campañas militares.

Después de la publicación del libro en junio de 1810, los procedimientos de Appert para el envasado de más de 50 tipos distintos de alimentos, fueron difundidos por toda Europa. Dos meses después el 30 de agosto del mismo año, Peter Durand comerciante inglés solicita al rey Jorge patentar lo que llamó "Método para preservar por largo tiempo alimentos de origen animal, vegetal y otros artículos perecederos".

Peter Durand posteriormente vende la patente a los dueños de la fundición de hierro "Dartdort" quienes fabrican latas hechas de hierro cubiertas con estaño, y que en 1813 enviaron pruebas de latas de alimentos al ejército y marina de Gran Bretaña. Las latas conteniendo los alimentos, al ser consumidas por los elementos de sus fuerzas armadas, confirmaron que los alimentos enlatados se encontraban en buenas condiciones para el consumo.

Los alimentos enlatados ganaron rápidamente aceptación entre la gente, debido a que se comprobó que los contenidos de los envases "proporcionaban una gran nutrición en un pequeño volumen", y también conservaban las cualidades organolépticas y nutritivas de los alimentos en fresco.

Se cree que William Underwood estableció una fábrica de envases herméticos en 1819 en América, usando el procedimiento de Appert, y en 1822 envasó frutas, vegetales picados y condimentados en botellas.

Kensett y Dagget obtuvieron en 1825 la primera patente norteamericana de un envase metálico de fabricación manual. Nueve años mas tarde con la aparición de los recubrimentos epóxicos, el envase metálico fue reemplazando el uso del vidrio en

la conservación de alimentos. En 1847, en plena revolución industrial, las máquinas desplazan la fabricación manual empleada hasta el momento en la fabricación de alimentos enlatados.[3]

En 1860 Luís Pasteur, comprueba que el deterioro de los alimentos es causado por el crecimiento y multiplicación de microorganismos. Al realizar investigaciones tendientes a comprobar el origen de dichos microorganismos, demuestra que no existe la generación espontánea y concluye que dichos microorganismo son los encargados de descomponer los alimentos y que se encuentran presentes en todas partes, esperando solo las condiciones favorables para multiplicarse, por lo que se avoca a determinar las condiciones que favorecen o retardan el crecimiento los microorganismo o bacterias, encontrando que una de las condiciones que inactivan su crecimiento microbiano, es la exposición de los objetos a altas temperaturas. [4]

Con este descubrimiento se desarrolla el autoclave, que es el aparato inventado por A.K. Shriver de Baltimore Maryland, USA. en 1874, que permite controlar con precisión las temperaturas durante el proceso de los alimentos envasados herméticamente. Este aparato funciona con un principio similar al de la olla de presión, ya que al incrementar la presión en un sistema cerrado, la temperatura de ebullición del agua se incrementa, elevando la cantidad de calor cedida por el agua, consiguiéndose un mayor efecto "esterilizante" en los objetos sometidos a este proceso, que el obtenido normalmente al hervir los objetos en recipientes abiertos a la presión atmosférica.

[3] Shneider, *Historia del enlatado; Manuales de Nutrición,Julio 1999, España. Pag 17-21*

[4] Kruiff P, Los Cazadores de Microbios; Mc Graw Hill,1986,U.S.A. 336 Pag.

El fundamento del progreso alcanzado en el envasado de alimentos, tal como se practica en la actualidad, lo encontramos en la teoría de Appert quien plantea por primera vez que la limpieza e higiene en el manejo y preparación de los alimentos y su posterior calentamiento en envases sellados sin aire, los mantendrá en excelentes condiciones nutricionales y organolépticas.[5]

[5] Shneider, *Historia del enlatado; Manuales de Nutrición,Julio 1999, España. Pag 17-21*

JUTIFICACION DEL TRABAJO.

Debido a la gran relevancia que hoy en día tiene la conservación de los alimentos, sobre todo los de difícil acceso o producción de determinadas regiones, se recurre al procedimiento de esterilización selectiva o de "enlatado a vacío", lo cual permite el transporte y comercialización para ofrecer dichos productos alimenticios, en buenas condiciones nutricionales y organolépticas, fuera de su lugar de origen o de sus temporadas normales de producción, propiciando el interés de la industria alimentaria en la formación de los recursos humanos capacitados técnicamente para llevar a cabo de manera exitosa este tipo de procesos.

Por lo que este manual pretende servir como guía para conseguir de una manera didáctica y práctica los conocimientos mínimos indispensables para llevar a cabo con éxito el proceso de enlatado y/o envasado de alimentos, considerando los siguientes puntos críticos de control:

- Condiciones de higiene en el proceso de alimentos envasados en recipientes con sello hermético y con vacío.
- Control del proceso térmico de envasado, el cual incluye generación de curvas de muerte térmica, y selección de letalidades de proceso de acuerdo a las características fisicoquímicas de los alimentos.
- Evaluación del cierre hermético.
- Evaluación de la cantidad de vacío generada en el envase.

Este manual abordará el proceso de enseñanza aprendizaje de la tecnología de los enlatados de los alimentos de una manera accesible, que facilite a los estudiantes de la materia, la asimilación de los conocimientos de este tópico técnico, basándose en el supuesto de que cuentan previamente con conocimientos básicos de química y microbiología general y de alimentos, los cuales serán integrados a una serie de actividades pragmáticas y de resolución de casos y problemas específicos, de manera que contribuyan de manera significativa en los estudiantes del tema, para la adquisición del conocimiento de esta técnica.

OBJETIVOS

- Facilitar las actividades cognitivas del estudiante durante el proceso de enseñanza aprendizaje de la evaluación de procesos térmicos y enlatado.
- Servir como elemento bibliográfico de consulta para el profesional de la tecnología de alimentos, durante la resolución de problemas los problemas tecnológicos inherentes a la evaluación de procesos térmicos y enlatado .
- Motivar el interés del público en general en el aprendizaje de los principios básicos del enlatado.

DESARROLLO DEL PROCESO TERMICO

No obstante que el enlatado de alimentos se ha llevado a cabo por más de 200 años, los fundamentos técnicos y científicos que soportan esta tecnología, apenas tiene la mitad de ese tiempo en que son aplicados de manera sistémica al enlatado de alimentos de baja acidez y acidificados. En este capitulo trataremos los factores mas importantes que afectan al enlatado de alimentos, de tal manera que al terminarlo seas capaz de:

- Definir el concepto de Esterilidad comercial.
- Identificar las condiciones y requerimientos para poder establecer de manera correcta un proceso térmico.
- Identificar los puntos críticos de control y los riesgos durante el proceso térmico de alimentos.
- Identificar una desviación de proceso.[6]

Esterilidad comercial: Todo producto enlatado durante su proceso lleva un tratamiento térmico para conferirle una esterilidad selectiva; esta condición de esterilidad selectiva es definida como:

[6] Nacional Canners Association, ***Laboratory Manual for Food Canners and Processors VolI,*** Avi Pub. Co.,1968. U.S.A. 576 Pag.

“ Las características microbiológicas obtenidas en un alimento mediante la aplicación de calor de manera aislada o en combinación con otros ingredientes o tratamientos que le confieren a éste, las condiciones necesarias para evitar el crecimiento bacteriano en los alimentos tratados, aun almacenados a temperaturas mayores a las de refrigeración”.(Manual de Laboratorio de los Enlatadores Americanos 1978.)

Las condición de esterilidad comercial da como resultado productos alimenticios de consumo seguro, debido a que los microorganismos patógenos de referencia son destruidos o inactivados, manteniéndose esta condición mientras se mantengan intactas las condiciones físicas y mecánicas de la lata y el sello, ya que los problemas generados por organismos esporulados que pueden desarrollarse en las condiciones atmosféricas dentro de la lata (pobre en oxígeno), también se ven abatidos por la destrucción e inactivación de dichas esporas durante el mencionado proceso térmico.[7]

La aplicación de calor para llevar a un alimento enlatado a las condiciones de esterilidad selectiva, se lleva a cabo de una manera controlada, a la cual se le ha llamado tradicionalmente la carta de condiciones de proceso térmico. Por regulación sanitaria en nuestro país se requiere que las autoridades de salud validen estas condiciones de proceso mediante la certificación de la carta de procesos térmicos de alimentos por peritos especializados en la materia.

[7] Nacional Canners Association, ***Laboratory Manual for Food Canners and Processors VolI,*** Avi Pub. Co.,1968. U.S.A. 576 Pag.

Dentro de los puntos críticos mínimos que contiene la carta de procesos para un alimento enlatado tenemos:

La temperatura de los alimentos al iniciar e l proceso.

La temperatura de proceso.

El tiempo de levantamiento de la temperatura (comming up time), que es el tiempo que requiere el autoclave para alcanzar temperatura de proceso.

El tiempo de sostenimiento de temperatura.

Las condiciones y tratamientos previos al proceso térmico del envase hermético.

La formulación del producto.

Los peritos llevan a cabo esta certificación basándose en sus amplios conocimientos en termo bacteriología, el comportamiento fisicoquímico de los alimentos al ser sometidos a calentamiento y los sistemas mediante los cuales se consigue este calentamiento. El proceso térmico que lleva a conseguir la esterilidad comercial se controla al monitorear los parámetros principales de proceso como lo son la combinación de tiempo y temperatura de proceso más que la temperatura final de producto.[8]

Para los alimentos enlatados de baja acidez (aquellos cuyo pH es mayor a 4.6), el proceso térmico se debe centrar en la destrucción de las esporas de ciertas

[8] Nacional Canners Association, ***Laboratory Manual for Food Canners and Processors VolI,*** Avi Pub. Co.,1968. U.S.A. 576 Pag.

bacterias patógenas; en concreto, el objetivo del proceso debe ser la destrucción o inactivación de las esporas del Clostridium botulinum.

Cuando las condiciones de proceso no son las suficientes para garantizar esto, se puede provocar la activación de las esporas, el crecimiento de estos microorganismos y la formación de una potente y letal toxina capaz de causar problemas graves de salud e incluso la muerte de quienes consuman estos productos tratados en forma inadecuada. Sin embargo, el solo garantizar la destrucción de estos microorganismos, no garantiza la esterilidad comercial, ni la vida de anaquel de los productos enlatados de baja acidez, ya que la resistencia térmica del C. Botulinum es muy baja y existen otras bacterias esporuladas de características termodúricas que pueden afectar a la calidad final de nuestro producto, por lo cual el objetivo del proceso térmico, para conseguir la esterilidad selectiva, debe de enfocarse a la destrucción del C. sporagenes, que es una bacteria similar al C. botulinum pero cuya resistencia térmica es mucho mayor [9]

En el caso de los alimentos ácidos o acidificados, las características de este tipo de alimentos, al tener una concentración mas alta de iones $H^{+,}$, (pH= - logaritmo de la concentración de iones $H^{+,}$) , dificulta el desarrollo bacteriano, lo cual nos lleva a que las condiciones proceso térmico sean menos severas, debiendo ser el valor de pH de 4.5 o menor, ya que a estas condiciones de acidez el crecimiento del C. botulinum es nulo, debido a que la concentración de iones H^{+} inhibe el desarrollo de

[9] Nacional Canners Association, ***Laboratory Manual for Food Canners and Processors VolI,*** Avi Pub. Co.,1968. U.S.A. 576 Pag.

las células vegetativas del C. botulinum, evitándose así la producción de la toxina botulínica.

El proceso térmico de los alimentos acidificados mantendrá las condiciones de esterilidad comercial del producto en la medida en que las buenas prácticas sanitarias y de manufactura sean observadas. Las variaciones en el control de acidez de un alimento acidificado durante el proceso, puede generar problemas severos, sobre todo si la acidez no es lo suficientemente elevada para evitar el crecimiento del C. botulinum y la formación de su toxina

Para determinar apropiadamente las condiciones del proceso térmico para obtener la esterilidad comercial de un alimento envasado en contenedores herméticamente cerrados, se han realizado importantes estudios de los principales factores que afectan este tipo de proceso. Estos factores son:

- Las propiedades fisicoquímicas y termodinámicas del alimento, ya que esto nos brindará la posibilidad de describir paso a paso el comportamiento del alimento al calentarse.
- Las características químicas, termodinámicas y mecánicas del contenedor en el cual se llevara a cabo el proceso de esterilidad comercial, así como, el cerrado hermético del mismo (material de formación, recubrimientos protectores, dimensiones del empaque etc.)
- Las características de resistencia térmica, velocidad de crecimiento, adaptación a la acidez y adaptación a un ambiente libre de oxígeno de los principales microorganismos patógenos o no que puedan afectar la inocuidad y la calidad de nuestro producto.

Utilizando esta información, el profesional en la conservación de alimentos podrá establecer la combinación adecuada de tiempo de proceso y temperatura requerida para conseguir la esterilidad comercial del producto, garantizando que ese producto no afectará la salud de las personas que lo ingieran y a su vez se pueda conservar en condiciones organolépticas de consumo durante un tiempo de almacenaje prolongado, es decir un periodo de tiempo mínimo de seis meses, siendo factible el extender la vida útil del producto hasta un año.

DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE PROCESO.

De una manera simple podemos decir que, para la determinación de las condiciones de proceso térmico, es necesario conocer:

La cantidad de calor a aplicar para lograr la temperatura a que debe ser sometido el producto durante el proceso.

El tiempo de aplicación de esta cantidad de calor que es necesaria para lograr destruir los microorganismos nocivos presentes en el producto.

Que tan rápidamente se calienta el producto (tiempo que tarda el punto frío del producto en el contenedor, antes de alcanzar la temperatura necesaria en el proceso.)[10]

El flujo del producto en el proceso.

El establecimiento del proceso térmico también dependerá de las condiciones ambientales y tecnológicas aplicables a nuestro alcance durante el desarrollo del proceso.

[10] Nacional Canners Association, ***Laboratory Manual for Food Canners and Processors VolI,*** Avi Pub. Co.,1968. U.S.A. 576 Pag.

En el proceso de enlatado o enfrascado hermético y aséptico, el producto es introducido en un contenedor y el aire restante dentro del mismo es desplazado mediante la inyección de vapor, para luego ser sellado herméticamente, y al enfriarse este vapor y condensar, se obtiene un vacío necesario para lograr la conservación del producto; posteriormente el envase es sometido a proceso térmico a una temperatura y tiempos determinados (dependiendo de las características propias del alimento) para lograr la esterilidad comercial.

Una vez establecidas estas condiciones para un alimento en particular, cualquier cambio en la formulación, proceso de preparación, características del contenedor o equipo de proceso térmico, por más insignificante que parezca, puede dar como resultado un proceso de esterilidad comercial deficiente, por lo que es importante no modificar de manera arbitraria estos parámetros vitales una vez establecidos.[11]

RESISTENCIA TERMICA DE LOS MICROORGANISMOS

La resistencia de los microorganismos cuando se encuentran en forma vegetativa (activa) o esporulada (inactiva esperando las condiciones propicias para el desarrollo), a los procesos térmicos de esterilidad selectiva dependen de los siguientes factores, todos ellos inherentes a la naturaleza de los microorganismos, tales como la información genética propia de los microorganismos, las características

[11] Nacional Canners Association, ***Laboratory Manual for Food Canners and Processors VolI,*** Avi Pub. Co.,1968. U.S.A. 576 Pag.

químicas y bioquímicas de la pared celular, su mecanismo de reproducción, etc., los cuales, pueden ser medidos de manera indirecta tomando en cuenta los siguientes parámetros:

1.- Las características de la curva de crecimiento de los microorganismos.

2.- La naturaleza y características fisicoquímicas del alimento que sirve como medio de transporte y crecimiento a los microorganismos.

3.- El cambio de las características bioquímicas del alimento después de ser calentado, ya que existe el riesgo potencial de un crecimiento bacteriano.

Debido a las condiciones anteriormente mencionadas y a la variabilidad de cualquier ser vivo, la termo bacteriología es una ciencia altamente compleja, y la variación en cualquiera de los parámetros antes mencionados pueden afectar la resistencia térmica de los microorganismos.[12]

PRUEBA DE TIEMPO DE MUERTE TERMICA

La cantidad de calor requerida para destruir los microorganismos presentes en un alimento, puede ser determinada a través de la prueba de tiempo de muerte térmica (TDT). Este tipo de pruebas son realizadas por los termo bacteriólogos en laboratorios especializados, existentes normalmente dentro de las universidades, ya que solo pocos de los grandes procesadores de alimentos tienen la infraestructura necesaria para llevar a buen término estas pruebas dentro de sus instalaciones.

[12] Stumbo, *Thermobacteriology in Food Processing,* Avi Publishing Co. 1997, U.S.A. 356 pag.

químicas y bioquímicas de la pared celular, su mecanismo de reproducción, etc., los cuales, pueden ser medidos de manera indirecta tomando en cuenta los siguientes parámetros:

1.- Las características de la curva de crecimiento de los microorganismos.

2.- La naturaleza y características fisicoquímicas del alimento que sirve como medio de transporte y crecimiento a los microorganismos.

3.- El cambio de las características bioquímicas del alimento después de ser calentado, ya que existe el riesgo potencial de un crecimiento bacteriano.

Debido a las condiciones anteriormente mencionadas y a la variabilidad de cualquier ser vivo, la termo bacteriología es una ciencia altamente compleja, y la variación en cualquiera de los parámetros antes mencionados pueden afectar la resistencia térmica de los microorganismos.[12]

PRUEBA DE TIEMPO DE MUERTE TERMICA

La cantidad de calor requerida para destruir los microorganismos presentes en un alimento, puede ser determinada a través de la prueba de tiempo de muerte térmica (TDT). Este tipo de pruebas son realizadas por los termo bacteriólogos en laboratorios especializados, existentes normalmente dentro de las universidades, ya que solo pocos de los grandes procesadores de alimentos tienen la infraestructura necesaria para llevar a buen término estas pruebas dentro de sus instalaciones.

[12] Stumbo, *Thermobacteriology in Food Processing,* Avi Publishing Co. 1997, U.S.A. 356 pag.

La instrumentación de los métodos de laboratorio, así como el equipo utilizado para realizar estas pruebas incluyen autoclaves especiales, latas para prueba, matraces de tres cuellos, baños térmicos de aceite, tubos capilares, bolsas de plástico con sello hermético, etc., dependiendo del tipo de producto que será sometido a análisis, considerando su acidez, estado de agregación molecular, pH, viscosidad, tipo de microorganismos predominantes de manera natural en el producto, etc.

Para llevar a cabo este tipo de pruebas, se realizan mediante el calentamiento de una pequeña porción del producto (50 gramos aproximadamente) para determinar la cantidad de microorganismos inoculados en una solución de pH controlado o en un alimento, sometiéndolo a diversas temperaturas y por diversos periodos de tiempo. Los resultados de este tipo de pruebas son determinantes para calcular los valores D y Z, y se utilizan para definir la resistencia térmica de los microorganismos contenidos en el producto sujeto a estudio, para determinar las características del proceso a que se sujetará su envasado para conseguir los resultados esperados. [13]

El valor "D" se define como el tiempo requerido a una temperatura específica, para reducir en un 90% mínimo la población previamente determinada de microorganismos, o lo que es lo mismo una reducción de un ciclo logarítmico. A este término, también se le conoce como el tiempo de reducción decimal, debido a que la exposición de los microorganismos a la temperatura y tiempo determinados, disminuye la población microbiana en un 90%. Por ejemplo si tuviéramos una población inicial de 100,000 esporas y estas son expuestas a la acción de una

[13] Stumbo, *Thermobacteriology in Food Processing,* Avi Publishing Co. 1997, U.S.A. 356 pag.

temperatura de 240° F por tres minutos, y en el reconteo después del proceso vemos que se han reducido a 10,000, podemos decir que el valor $D_{240°F}$ será de 3 minutos.

El valor D se reduce a medida que se incrementa la temperatura, ya que se requiere de menos tiempo para destruir a los microorganismos cuando ésta se eleva. Al determinar el valor "D" para varias temperaturas, se puede obtener el valor "z", a partir de la pendiente de la recta que resulta de graficar el logaritmo del valor "D" contra la temperatura. El valor "z", es indicativo del cambio en la tasa de mortalidad de los microorganismos debida al incremento en la temperatura. Esto es, el valor "z" es el indicador en grados entre cada ciclo logarítmico de la resistencia de los microorganismos. Por ejemplo, suponga que z=18 y el valor $D_{232°F}$= 3 minutos, entonces el valor $D_{250°F}$ será de 0.3 minutos debido a que 232°F + 18°F = 250°F y 3 minutos /10 = 0.3 minutos. Estos dos valores "D" y " z" se utilizan indirectamente para establecer la duración del proceso térmico.

Tradicionalmente un proceso de 12D se ha utilizado para asegurar la protección de la salud pública en el consumo de los alimentos de baja acidez conservados en recipientes sellados herméticamente, ya que a partir de datos estadísticos, este tipo de proceso ha demostrado ser confiable para evitar la acción del C.botulinum.

Estos datos históricos indican que una porción de alimento conservado en recipientes herméticamente sellados y con una población muy alta de las esporas de

este microorganismo, tiene un cantidad de 10^{12} esporas; por lo cual una reducción del orden de 12D proporcionaría una probabilidad de sobrevivencia de una espora de este microorganismo igual a 1 en un millón en cada recipiente que contenga este alimento tratado térmicamente de la misma manera.[14]

Para todos los propósitos prácticos la aplicación del proceso 12D es muy conservador, de tal manera que es poco probable que la carga de esporas del C. botilinum alcanzara niveles de concentración de esporas de $1x10^{12}$ esporas / gramo de alimento especialmente en productos cárnicos y avícolas. Un valor D típico para la destrucción de esporas del C.botulinum en la mayoría de los alimentos es de aproximadamente 0.2 minutos a 250ºF, debido a lo anterior, una destrucción 12D estaría aproximadamente en 2.4 (=12x0.2) minutos a 250ºF. aún cuando en la práctica, para incorporar un margen de mayor seguridad en el proceso de envasado, algunas veces se usa un valor de D = 3.0 minutos. Sin embargo en algunos productos como los de origen vegetal (jugos, verduras en salmuera, mermeladas, fruta en almíbar etc.) la composición de un alimento, o los ingredientes de un alimento preparado, puede tener efectos benéficos tales como el incremento en el pH o la acidez o adversos en la destrucción térmica de las esporas, como la alta concentración de proteínas, lo cual, impactará los valores D. Por ejemplo, si para asegurar la salud pública se necesitan 3.0 minutos a 250ºF a un pH de 6.0, 2 minutos pueden bastar si la comida se acidifica a un pH= 5.3. Los expertos en procesos térmicos se refieren a los tiempos y temperaturas necesarios para inactivar al C

[14] Stumbo, *Thermobacteriology in Food Processing,* Avi Publishing Co. 1997, U.S.A. 356 pag.

botulinum como procesos “de salud mínima”, o de garantía indispensable para la protección de la salud pública.

Como ya se había mencionado anteriormente, la esterilidad comercial es una condición que debe ser alcanzada por el producto durante el proceso térmico, para dejar al alimento libre de microorganismos capaces de reproducirse en el producto al ser almacenado a temperaturas superiores a la de refrigeración. Para lograr esta esterilidad comercial se requiere llevar a cabo un proceso térmico más severo, que el requerido para proteger a la salud pública. [15]

Un proceso de esterilidad comercial debe ser capaz de destruir otras esporas además de las del C. botulinum, ya que si estas esporas no son destruidas, se corre el riesgo de tener un crecimiento microbiano durante el almacenamiento y manejo del producto, con la consecuente descomposición, que aún cuando no ponga en riesgo la salud del público consumidor, causaría una pérdida económica importante a la empresa procesadora.

Por lo anterior, en la actualidad, los procesos térmicos tienen como objetivo alcanzar un valor 5D, para lograr la destrucción de las esporas de C. sporogenes, las cuales por ser mas termo resistentes que las de C. botulinum, para su letalidad e inactivación requieren un proceso 12 D.

[15] Stumbo, *Thermobacteriology in Food Processing,* Avi Publishing Co. 1997, U.S.A. 356 pag.

Para poder comparar los resultados de los procesos térmicos realizados a diferentes temperaturas, se asigna un valor de letalidad (F_0) estándar para cada producto. Esta letalidad (F_0) representa el tiempo en minutos a una temperatura de referencia de 250ºF y con un valor z= 18ºF, que da como resultado la destrucción de esporas apropiada para conseguir la esterilidad comercial. Conociendo los valores D y z de nuestro proceso, se puede convertir este valor a cualquier otra temperatura, tomando de referencia la de 250ºF. [16]

Debido a las características fisicoquímicas de las diferentes clases de alimentos que se pretenda procesar para su envasado, cada producto tendrá sus propios valores de F_0 , los cuales han sido establecidos de manera experimental, sin embargo, en el caso de nuevos productos es necesario realizar un estudio TDT para determinar los valores D y z y así poder determinar un valor de F_0 para este producto en específico..

DETERMINACIÓN DE DATOS DE CALENTAMIENTO PARA UN PRODUCTO DURANTE UN PROCESO TERMICO

Estos datos son obtenidos a través de una prueba de penetración de calor. La velocidad con la que se propaga el calor en el producto, puede ser medida utilizando termopares, que sirven para monitorear el cambio de temperatura, que sufre el

[16] Nacional Canners Association, ***Laboratory Manual for Food Canners and Processors VolI,*** Avi Pub. Co.,1968. U.S.A. 576 Pag.

alimento al ser calentado junto con el envase durante el proceso térmico. Para llevar a cabo este tipo de estudios de manera adecuada es necesario colocar el termopar en el punto frío de la lata, que es el punto geométrico del envase donde tarda mas tiempo en calentarse el producto. Este punto frío dependerá de la forma geométrica del envase, de los mecanismos de calentamiento y de las características fisicoquímicas del producto.[17]

Los mecanismos típicos de transferencia de calor en un alimento envasado a vacío son la convección (principalmente en alimentos envasados con salmuera o algún medio líquido de protección) y la conducción (transferencia de calor mediante el contacto molécula – molécula). La cantidad de datos necesarios para garantizar la exactitud y precisión de este tipo de estudios, está determinada por la variabilidad de el producto (Materias primas y proceso de elaboración); a mayor variabilidad, mayor número de pruebas se deberán realizar para garantizar la confiabilidad del proceso térmico.

CALCULO DEL PROCESO TERMICO

Para productos enlatados o enfrascados en la forma convencional (Calentamiento por convección), el proceso térmico debe calcularse utilizando los datos de calentamiento del producto y los datos de resistencia térmica de los microorganismos esporulados de interés comercial o de salud pública presentes en el

[17] Nacional Canners Association, ***Laboratory Manual for Food Canners and Processors VolI,*** Avi Pub. Co.,1968. U.S.A. 576 Pag.

alimento . Estos datos se correlacionan entre sí mediante el uso de diferentes métodos matemáticos, entre los que tenemos el método de la fórmula general, (este método ha caído en desuso en la actualidad), el método de Ball, y el método numeriCal. Para fines de este trabajo desarrollaremos la técnica de Ball para evaluación de procesos térmicos.[18]

METODO DE BALL PARA EVALUACIÓN DE PROCESOS TERMICOS

El cálculo de tiempos de proceso y letalidades del mismo durante las operaciones de pasteurización o esterilización de alimentos enlatados es un aspecto que involucra algunos de los cálculos más tediosos dentro de la Ingeniería de Alimentos. Los cálculos en procesamiento térmico incluyen dos casos principales:

a) Cálculo del tiempo de procesamiento térmico B, conociendo de antemano el valor de F, o sea del equivalente en minutos a una temperatura de referencia dada (250°F para esterilización y 150°F para pasteurización), de todo el calor considerado con respecto a su capacidad para destruir esporas o células vegetativas de un microorganismo en particular. F también se conoce como la letalidad del proceso.

b) Cálculo de F dado B. Este es el caso inverso y generalmente involucra también el cálculo de la concentración final de esporas o de algún factor de calidad

[18] Nacional Canners Association, ***Laboratory Manual for Food Canners and Processors VolI,*** Avi Pub. Co.,1968. U.S.A. 576 Pag.

(vitaminas, color, textura, etc.) que nos interese conservar al máximo durante el proceso.

En este proceso sólo se tocó el caso más sencillo, que es el de alimentos que se calientan y enfrían por convección. Así mismo, se debe disponer de datos de curvas de penetración de calor y de muerte térmica que permitan evaluar algunas constantes del proceso.[19]

Se abordó primeramente el caso del cálculo de F para el proceso. Para esto se tiene la siguiente relación para el cálculo de este parámetro:

$$F = \int_0^t L\,dt \qquad (1)$$

donde t es tiempo y L es la velocidad letal, o sea el recíproco del tiempo, a cualquier temperatura letal (en general se consideran temperaturas por arriba de los 215ºC) equivalente a 1 minuto a 250ºC, y se calcula como sigue:

$$L = 10^{(T-250)/Z} \qquad (2)$$

[19] Nacional Canners Association, ***Laboratory Manual for Food Canners and Processors VolI,*** Avi Pub. Co.,1968. U.S.A. 576 Pag.

donde T es la temperatura del alimento y z es el número de grados requeridos para que la curva de muerte térmica atraviese un ciclo logarítmico.

Ahora, la integral se puede separar para las etapas de calentamiento y enfriamiento, y se tiene:

$$(3) \qquad F = \int_0^{t1} 10^{(T-250)/Z} + \int_{t1}^{t2} 10^{(T-250)/Z}\, dt$$

Sustituyendo a t1 por el tiempo de proceso B y las temperaturas en cada integral de acuerdo a las fórmulas de Ball, o sea:

$$(4) \quad T = j_{ch}\, I_h\, 10^{-t/fh} + 250 \qquad \text{(Calentamiento)}$$

$$(5) \quad T = j_{cc}\, I_c\, 10^{-t/fc} + T_w \qquad \text{(Enfriamiento)}$$

donde j_{ch} es el factor lag o porción no lineal de la curva de calentamiento, j_{cc} es el factor lag de la curva de enfriamiento, I_h es la diferencia entre la temperatura de autoclave T_r y la temperatura inicial de calentamiento del alimento T_{ih} , Ic es la diferencia entre la temperatura máxima alcanzada por el alimento en el centro geométrico g_c y la temperatura del agua de enfriamiento T_w , f_h es el tiempo en minutos requerido para que la porción lineal de la curva de calentamiento

(penetración de calor) atraviese un ciclo logarítmico (se usa f_c si se trata de la curva de enfriamiento) , se tiene lo siguiente:[20]

$$(6) \quad F = \int_0^B 10^{-(j_{ch} I_h 10^{-t/f_h})/z} \, dt + \int_B^{t2} 10^{-(j_{cc} I_c 10^{-t/f_c} + T_w - 250)/z} \, dt$$

El valor de Ic se calcula a partir de g_c , la cual es igual a:

$$(7) \quad g_c = j_{ch} I_h \, 10^{-B/f_h}$$

Por otro lado, debido a que durante la fase de enfriamiento, el calor letal se cede prácticamente sólo durante la fase lag; la segunda integral se puede simplificar y aproximar con buenos resultados por una recta que conecte el punto de inicio del enfriamiento con el inicio de la parte lineal de la curva.

Definido de esta manera F, las integrales se pueden evaluar numéricamente por cualquier método (regla del rectángulo, trapezoide, Simpson, etc.).

Ahora, el cálculo de B dado F se basa en el método anterior, sólo que se suponen valores de B, se obtiene un valor de F calculado y se compara con el valor de

[20] Nacional Canners Association, ***Laboratory Manual for Food Canners and Processors VolI,*** Avi Pub. Co.,1968. U.S.A. 576 Pag.

F real (experimental). Este procedimiento de prueba y error (hi-lo) se repite tanto como sea necesario y hasta que la diferencia entre F_{calc} y F_{real} sea tan pequeña como se desee.

Para llevar a cabo estos cálculos, de manera tradicional se utiliza un método gráfico utilizando papel semilogaritmico para obtener los valores D y z del proceso, así como el cálculo de la letalidad., sin embargo, en la actualidad se han desarrollado una serie de algoritmos computacionales para facilitar estas determinaciones; razón por la cual incluimos en el presente manual un programa de computo para evaluar estos parámetros.[21]

ESTRUCTURA DEL PROGRAMA Y METODOS NUMERICOS

PROGRAMA 1 (CALCF.BAS & CALCF.EXE). Cálculo de la letalidad F y concentración final de microorganismos (o factor de calidad) dado el tiempo de procesamiento B.

Los datos de entrada son: $\mathbf{T_r}$ en º F, **B** en min, **z** del microorganismo o factor de calidad en ºF, valor de $\mathbf{D_{250}}$ (tiempo requerido a 250º F para destruir el 90% de las esporas o células vegetativas de un microorganismo dado o factor de calidad) en min, $\mathbf{f_h}$ en min, $\mathbf{j_{ch}}$, $\mathbf{j_{cc}}$, $\mathbf{T_{ih}}$ en º F, $\mathbf{T_w}$ en º F, $\mathbf{C_0}$ o sea la concentración inicial de

[21] Nacional Canners Association, ***Laboratory Manual for Food Canners and Processors VolI,*** Avi Pub. Co.,1968. U.S.A. 576 Pag.

microorganismos presentes en el alimento, si se trata de un factor de calidad, el programa supone un valor de C_0 igual al 100%.

A continuación, el programa calcula los valores de I_h , g_c , I_c , y t_2 (este último se calcula a partir de la fórmula de Ball para la etapa de enfriamiento antes descrita dando un valor de T, la cuál se indica como TF en el programa, de 215º F). Las integrales de calentamiento y enfriamiento se evalúan por la regla trapezoidal o método de Simpson empleando 200 intervalos, donde la función de la integral se coloca en una subrutina. El valor de F es el resultado de la suma de las dos integrales ya que éstas se evalúan individualmente en diferentes secciones del programa de cálculo para determinar la letalidad.[22]

La concentración final (C_F) de microorganismos o factor de calidad se evalúa en el programa, utilizando la fórmula siguiente:

$$(8) \quad C_F = C_0\, 10^{-F/D250}$$

ya que la destrucción térmica de los microorganismos se lleva a cabo siguiendo una cinética de primer orden.

El listado de salida del programa ofrece el valor de letalidad F del proceso en min a 250º F y la concentración final C_F de esporas sobrevivientes del microorganismo o factor de calidad restante después del proceso.

PROGRAMA 2 (CALCB.BAS & CALCB.EXE). Cálculo del tiempo de procesamiento B dada la letalidad F en min a 250º F.

[22] Henandez Hector,*Cálculo del tiempo de procesamiento y letalidad en alimentos enlatados; Universidad Politécnica de Valencia, España,2001, 12 Paginas.*

Los datos de entrada que pide el programa son: $\mathbf{T_r}$ en º F, $\mathbf{f_h}$ en min, $\mathbf{j_{ch}}$, $\mathbf{j_{cc}}$, **z** del microorganismo en º F, $\mathbf{T_{ih}}$ en º F, $\mathbf{T_w}$ en º F , y $\mathbf{F_{real}}$ (representada como FO en el programa) en min a 250º F.

El programa evalúa I_h , g_c , I_c , t_2 , y asigna el valor de 215º F a TF como en el programa anterior . El programa de cálculo utilizado inicia un sistema de iteración suponiendo un valor de tiempo de proceso. Para esto se escogen límites de valores que sean o demasiado pequeños o demasiado grandes, en este caso B = 0 min y B = 1000 min. El primer valor supuesto es el promedio de estos dos, o sea 500 min. Con este valor se evaluan las dos integrales para el cálculo de F como en el programa anterior (usando la regla trapezoidal para la integración numérica).

El valor de F calculado (F en el programa) se compara con el valor de F_{real} (FO del programa). Si FO es menor que F entonces quiere decir que el tiempo que se supuso inicialmente estaba excedido y se toma ahora como límite superior B= 500 min mientras que B = 0 min sigue siendo el límite inferior. Si FO es mayor que F entonces se tiene el caso contrario y se tomará como límite inferior B = 500 min y el límite superior seguirá siendo el de B = 1000 min. Los nuevos valores supuestos serán entonces de B = 250 min para el primer caso y B = 750 min para el segundo y se iniciará un nuevo ciclo de cálculos hasta que converja el sistema. El criterio de convergencia es el siguiente:

$$(9) \quad (FO - F) / FO \leq 0.01$$

Cuando este criterio se cumple, se considera que FO ≈ F y se detiene la iteración considerándose como válido el último valor supuesto de B. El listado de salida indica el valor calculado de tiempo de proceso B en min para el valor de letalidad F_{real} que se introdujo.[23]

MANUAL DE USUARIO DEL PROGRAMA

Los requerimientos del sistema son:

Procesador 8088 o superior

640 KB mínimos de RAM

Disco duro con 1 MB libre

Cualquier monitor

Los dos programas se tienen en versión ejecutable desde el sistema operativo (DOS 3.3 o superior) o desde MS-Windows®. El programa pide de manera muy explícita los datos que necesita para trabajar y debido a que es un programa de tipo iterativo, CALCB tarda un poco más en dar el resultado que CALCF.

EJEMPLO DE APLICACION RESUELTO

1) Uso de CALCB

Para demostrar la aplicación de este programa se plantea un problema presentado por Stumbo en su libro "Thermobacteriology in Food Processing". Se

[23] Henandez Hector,*Cálculo del tiempo de procesamiento y letalidad en alimentos enlatados; Universidad Politécnica de Valencia, España,2001, 12 Paginas.*

desea procesar un alimento en una autoclave a 250°F. La temperatura inicial del alimento es 170°F y los datos de las curvas de calentamiento y enfriamiento son los siguientes:[24]

$j_{ch} = 2.00$ $j_{cc} = 1.40$ $f_h = 25$ min

La temperatura del agua de enfriamiento es de 70° F y se desea destruir a un microorganismo cuyas esporas tienen un valor de z = 14° F. ¿Qué tiempo de proceso B se debe de aplicar para asegurar una letalidad F = 5.75 min?

Respuesta: B = 40 min

2) Uso de CALCF

Para esto se utiliza el mismo ejemplo y con los mismos datos, sólo que ahora uno de los datos es B = 40 min, se tiene un valor de D_{250} = 1 min para el microorganismo esporulado y se pide el valor de la letalidad F en min y la concentración final de esporas si la concentración inicial es de 1 X 10^6 esporas / lata.

Respuesta: F = 5.77 min

C_F = 1.71 esporas / lata[25]

[24] Henandez Hector,*Cálculo del tiempo de procesamiento y letalidad en alimentos enlatados; Universidad Politécnica de Valencia, España,2001, 12 Paginas.*

[25] Henandez Hector,*Cálculo del tiempo de procesamiento y letalidad en alimentos enlatados; Universidad Politécnica de Valencia, España,2001, 12 Paginas.*

CONCLUSIONES

- El aprendizaje de cuestiones tecnológicas exige siempre una serie de conocimientos básicos, sin los cuales el poder aplicar correctamente esta tecnología representa un alto riesgo para la salud humana.
- El uso de este manual por parte de los alumnos facilitará el aprendizaje de las cuestiones tecnológicas inherentes al envasado de productos alimenticios en condiciones herméticas y con vacío para su conservación, ya que contiene los principios fundamentales de esta tecnología organizados de una manera secuencial y lógica que permite a quien lo utilice en forma adecuada, dar pasos firmes y bien fundamentados para poder comprender y controlar las variables que intervienen en la evaluación de procesos térmicos.
- La incorporación de herramientas electrónicas de cálculo en este manual, facilita al estudiante el poder resolver de una manera más expedita el cálculo de las condiciones de proceso térmico de los alimentos.
- La selección de la técnica de Ball para la evaluación de procesos térmicos se realizó en base a la actualización continua que tiene esta metodología de cálculo, incluyendo el programa de cómputo utilizado en el presente manual.

- En lo referente a la evaluación del cierre hermético, este manual guía de una manera didáctica al estudiante en la comprensión y medición de los diversos parámetros que afectan el cierre hermético de los envases, dando una explicación detallada de las características más importantes de los envases y su uso comercial, para los diferentes procesos de alimentos.

- Se anexan al final herramientas de control estadístico de proceso para complementar la formación del estudiante, no solo en el ámbito de la determinación de las condiciones de proceso, si no también, en el análisis de los diversos puntos críticos de control durante el enlatado y en la evaluación estadística para garantizar resultados óptimos en el control del proceso.
- Una vez desarrolladas las habilidades para la evaluación térmica de procesos, es importante la actualización continua del profesional, debido a la evolución de la tecnología y los consecuentes cambios en los parámetros de evaluación. Para lograr esto se recomienda al estudiante visitar la páginas de Internet de la Asociación de Enlatadores Americanos www.americancannersasoc.com y la página de Internet de la Federal Drug Administration www.fda.gov.

BIBLIOGRAFÍA

- FOOD CANNERS ASSOCIATION, ***LABORATORY MANUAL FOR FOOD CANNERS AND PROCESSORS;*** AVI PUBLISHING CO, U.S.A. 1968 1650 PAG.
- U.S. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, ***LOW ACID CANNED FOODS;*** OFFICE OF REGULATORY AFFAIRS , U.S.A. 2001, 35 PAG.
- U.S.A. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, ***BACTERIOLOGICAL ANALYTICAL MANUAL ON LINE;*** CENTER OF FOOD SAFETY AND APPLIED NUTRITION, USA, JAN. 2001, 40 PAG.
- STUMBO ET AL, ***THERMOBACTERIOLOGY IN FOOD PROCESSING;*** AVI PUBLISHING CO. U.S.A, 1997, 486 PAG.
- KRUIFF PAUL, ***LOS CAZADORES DE MICROBIOS;*** MC GRAW HILL , U.S.A. 2001, 286 PAG.
- REES J.G. ,***PROCESADO TERMICO DE ALIMENTOS;*** EDITORIAL ACRIBIA, ESPAÑA, 1997, 496 PAG.
- BRODY A.L. ***ENVASADO DE LOS ALIMENTOS EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS, MODIFICADAS Y A VACIO;*** ACRIBIA, ESPAÑA, 1998, 256 PAGINAS.
- MANZANO ANA ***, EVALUACION DEL CIERRE HERMETICO DE LOS ENLATADOS;*** INSTITUTO TECNOLOGICO DE ACAPULCO, MEXICO, 1993, 70 PAGINAS.
- DUNCAN, ***CONTROL DE CALIDAD Y ESTADISTICA INDUSTRIAL;*** ALFAOMEGA, MEXICO, 1996, 1084 PAGINAS.
- FOOTITT J.A. ***, ENLATADO DE PESCADO Y CARNE,*** MC GRAW HILL, ESPAÑA, 1988, 357 PAG.
- HERSOM A. C. , ***CONSERVAS ALIMENTICIAS: PROCESADO TERMICO Y MICROBIOLOGÍA,*** ACRIBIA, ESPAÑA , 2000, 698 PAG.

- SCHNEIDER R. , ***HISTORIA DEL ENLATADO;*** MANUALES DE NUTRICION JULIO 1999. ESPAÑA PAG 17- 21.
- HERNANDEZ HECTOR, ***CALCULO DEL TIEMPO DE PROCESAMIENTO Y LETALIDAD EN ALIMENTOS ENLATADOS;*** UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, ESPAÑA,2001, 12 PAGINAS.

INDICE ANALITICO

	PAGINA
Appert Nicolas	3
Ball	22
Bibliografía	69
Cálculo de Curvas de Muerte Térmica	16
Cálculo de las condiciones de proceso térmico	21
Calentamiento de producto	21
Cierre (Medición de Parámetros)	52
Cierre (Definición)	31
Cierre Hermético (Evaluación)	31
Cierre Hermético (Primera y Segunda Operación de formación)	41
Cierre hermético (requerimientos de un buen cierre)	44
Clostridium Botulinum	12
Conclusiones	61
Control estadístico de Procesos	57
Control Estadístico de procesos (Diagrama R)	59
Control estadístico de procesos (Diagrama X)	58
Datos Históricos del enlatado	2
Defectos del cierre	46
Enlatado de alimentos de baja acidez	10
Estabilidad de Proceso	56
Esterilidad Comercial	9
Evaluación del cierre hermético	31
Introducción	2
Justificación	7
Lata (Tamaños de)	38
Lata (elaboración)	34

Lata (Tipos de) 33

Letalidad 23

Muestreo Estadistico (Cantidad de latas) 56

Muestreo Estadístico (Militar Estándar) 56

Objetivos 8

Potencial Hidrógeno 12

Proceso Térmico (Cálculo) 21

Proceso Térmico de Alimentos 13

Proceso Térmico Programa de computo para el cálculo 26

Prueba de tiempo de Muerte Térmica 16

Resistencia Térmica de los Microorganismos 15

Traslape 45

Valor D 17

Valor Z 17

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA 1 ELEMENTOS DE UNA LATA 33

FIGURA 2 CIERRE DE LOS ENVASES DE TRES PIEZAS 34

TABLA 1 TIPOS DE LATAS MAS COMERCIALES 38

FIGURA 3 GANCHO DEL CUERPO 40

FIGURA 4 PARTES DE UN CIERRE HERMÉTICO 40

FIGURA 5 PRIMERA Y SEGUNDA OPERACIÓN DE CEDRRADO 44

FIGURA 6 FORMACION DEL CIERRE HERMÉTICO 45

FIGURA 7 DETERMINACIÓN DE ESPACIO LIBRE 46

FIGURA 8 PICOS 47

FIGURA 9 LABIOS Y FALSO CIERRE 48

FIGURA 10 DEFECTOS POR DESNIVEL EN TAPAS49

FIGURA 11 DEFECTOS DEL DOBLE CIERRE 51

FIGURA 12 PESTAÑA DESENGANCHADA 52

FIGURA 13 PICO EN EL MONTAJE 53

FIGURA 14 MEDICION DE LA PROFUNDIDAD DE LA CUBETA 54

FIGURA 15 MEDICION DE LA LONGITUD DE CIERRE 55

FIGURA 16 CAIDA DE LA UNION 56

FIGURA 17 DIAGRAMA X 60

FIGURA 18 DIAGRAMA R 61