



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

Diferentes Métodos para el Cálculo
del Tiempo de Esterilización por
Calor para Alimentos Procesados

TRABAJO MONOGRAFICO
DE ACTUALIZACION

Que para obtener el Título de:

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P r e s e n t a :

Martha Patricia Muñoz Mercado

México, D. F.

1989





Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

O B J E T I V O S

El principal objetivo del presente trabajo, es el de presentar diferentes métodos de cálculo para el tiempo de esterilización por calor; algunos equipos existentes en lo que respecta a su versatilidad, envases (hojalata, bolsas esterilizables); así como los factores que intervienen en el proceso de esterilización tales como acidez del alimento, la cinética de degradación térmica de las enzimas y microorganismos, caracteres organolépticos y valor nutritivo de los alimentos.

-2-
INTRODUCCION

El ser humano para la preservación de sus alimentos a ocupado y continuará ocupando tiempo, esfuerzo y mano de obra.

Antiguamente el hombre tratando de conservar sus alimentos por largo tiempo en buen estado, suplía y aplicaba diferentes métodos de preservación, utilizando de su medio ambiente los recursos de que disponía tales como: el Secado al sol, el salado, la fermentación (encurtidos), el ahumado, la cocción, etc. procurando proveer alimentos cuando no se encontrarán frescos.

En el transcurso de los años se han venido desarrollando nuevos métodos y depurando los existentes, lo que implica que se realice un mejor procesamiento de los alimentos para obtener una mejor calidad del producto. Por consecuencia y debido al incremento de población y a la consecuente demanda de alimento se ha venido desarrollando la preservación de estos cuyos objetivos es proveer alimentos económicos, nutritivos y de buena calidad. El proceso térmico constituye parte de estos métodos de preservación; y el principal objetivo de este, es la transferencia de calor a los alimentos en el cual cada partícula de este (dentro del envase) reciba el requerido para obtener un producto sano y organolépticamente aceptable.

En los productos alimenticios enlatados surgen cierto número de problemas que dan origen a pérdidas considerables. Algunos de estos problemas son el resultado de la naturaleza de las materias alimenticias enlatadas y de los métodos de esterilización es la operación clave de la que depende en gran medida la estabilidad del producto, aunque el llenado de latas y la producción de vacío también tienen gran importancia en relación con el comportamiento del producto

C A P I T U L O I

CAPITULO I

I GENERALIDADES

- 1. Alimentos
 - 1.1. Composición química de los Alimentos.
 - 1.1.1. Carbohidratos
 - 1.1.2. Grasas o Lípidos
 - 1.1.3. Protidos o Proteínas
 - 1.1.4. Vitaminas
 - 1.1.5. Minerales
 - 1.2. Clasificación de los Alimentos de acuerdo a su contenido de nutrimentos.
 - 1.3. Clasificación de los Alimentos de acuerdo a su acidez.
- 2. Microbiología
 - 2.1. Microbiología y Fisiología
 - 2.1.1. Ramas y Campos de la Microbiología
 - 2.1.2. Características generales de la Microflora en los Alimentos.
 - 2.2.1. Mohos
 - 2.2.2. Levaduras
 - 2.2.3. bacterias
 - 2.2. Microflora general de alimentos ácidos
 - 2.3. Microflora general de alimentos de baja acidez.
 - 2.3.1. Estulismo

1. Alimentos.

Un alimento se define como: Sustancia que se consume por vía oral, que se utiliza para obtener la energía necesaria para nuestra vida vegetativa y de relación; que provea las sustancias químicas para el desarrollo y recambio celular, nos mantenga sanos y permita la reproducción de la especie.

1.1 Composición Química de los Alimentos.

La constitución química de los Alimentos se divide en cinco grupos: (10, 41E, 101).

Carbohidratos ó Glúcidos

Grasas ó Lípidos

Proteínas ó Prótidos

Minerales.

Vitaminas.

Los tres primeros constituyen los macrocomponentes de los alimentos.

Es necesario mencionar la importancia de esta clasificación, con la consideración de que se tratará brevemente de manera general en este capítulo de cada grupo de alimentos, mencionado posteriormente su vinculación con los efectos del tratamiento térmico en cada uno de ellos.

1.1.1 Carbohidratos ó Glúcidos.

Son los más abundantes en la naturaleza, por lo tanto constituye los nutrimentos, más económicos.

Los carbohidratos pueden definirse como polihidroxialdehídos o cetonas. Tienen la fórmula empírica $(CH_2O)_n$. Se clasifican en tres grupos: monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos. (41E, 101).

En los monosacáridos si el grupo funcional es un aldehído se le denomina (aldosa) y si en su isómero, la dihidroxiacetona será entonces, una (cetosa). Los monosacáridos se pueden

estudiar también según el número de átomos de carbono que posean: triosas (tres), tetrosas (cuatro), hexosas (seis) etc.

Los oligosacáridos son polímeros hidrolizables de los monosacáridos que contienen de dos a seis moléculas de estos azúcares simples. Los disacáridos son oligosacáridos que por hidrólisis rinden dos moléculas de monosacáridos. Los monosacáridos y oligosacáridos son compuestos cristalinos, solubles en agua, con frecuencia de sabor dulce.

Los polisacáridos son cadenas muy largas, o polímeros de los monosacáridos, que pueden exhibir una estructura lineal o ramificada. Si el polímero está constituido con unidades de un mismo monosacárido se le denomina homopolisacárido ejem.- almidones, glucógeno, celulosa. Si se encuentran diferentes monosacáridos en un mismo polímero, se le conoce como heteropolisacáridos. En general son compuestos insípidos, insolubles y de peso molecular elevado.

Todos los azúcares se caracterizan por tener un carbón asimétrico por lo menos. El átomo de carbono tiene forma de un tetraédro, en el cual el núcleo del carbono se encuentra en el centro de las cuatro ligaduras covalentes orientadas hacia el vértice del mismo, cuando estas valencias se unen a cuatro diferentes grupos, se dice que el átomo de carbono central de la molécula es un átomo de carbono asimétrico.

Desde el punto de vista nutricional necesitamos hexosas las cuales el organismo se encarga de asimilarlos, mediante los procesos metabólicos que requiera. (41B, 101).

Los disacáridos más importantes desde el punto de vista nutricional y que se encuentran distribuidos en la naturaleza son:

Sacrosas.- glucosa - fructosa

Lactosa glucosa - galactosa

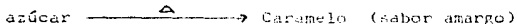
Maltosa.- glucosa - glucosa enlaces α 1 - 4

Celobiosa.- glucosa - glucosa enlaces β 1 - 4

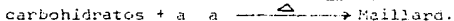
Reacciones de Importancia en Carbohidratos.

Los carbohidratos en presencia de calor se oscurecen a estos derivados se les denomina Caramelanos. (9, 10)

Carbohidratos



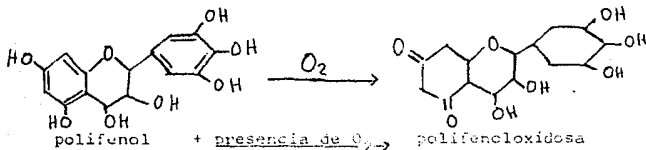
Cuando además de carbohidratos se tienen aminoácidos entonces se les conoce como melancidos. (10, 33)



Cuando los aminoácidos contienen grupos NH_2 (amino) la reacción se facilita y se produce la reacción de Maillard. Los productos en esta reacción en ocasiones presentan un aspecto deseable (color tostado) y un aspecto indeseable (color quemado), lo cual dependerá

de la temperatura a la cual se lleve la reacción.

Obscurecimiento Enzimático.- Es una oxidación en frío (sin presencia de calor), a temperatura ambiente, producido sobre polifenoles que suelen tener este aspecto.



Esta reacción se puede controlar; controlando el oxígeno, ó controlando la enzima (esta puede ser destruída por calor).

1.1.2 Grasas ó Lípidos.

Son moléculas orgánicas de ac.grasos, generalmente inco-

lubles en agua y muy solubles en solventes orgánicos. (41B, 101).

Un Ac.graso es una sustancia de cadena abierta no ramificada formada de CH exclusivamente y que contiene un hidrocarburo que tiene el último grupo oxidado hasta COOH. Es conveniente recordar que algunas hormonas y vitaminas pertenecen al grupo de los lípidos (41B).

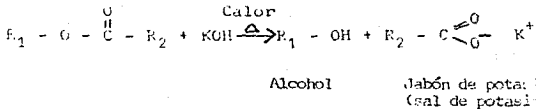
En el cuadro 1.2 se muestra la estructura de alguno de los ac. grasos más comunes (101).

A medida que aumenta el número de carbonos en su molécula los ac. grasos, son prácticamente insolubles en agua. El punto de fusión aumenta de acuerdo con lo largo de la cadena.

Los organismos superiores incluyendo al hombre deben obtener de la alimentación ácidos grasos polinsaturados ya que no tiene la capacidad para sintetizarlos.

La clasificación más sencilla de los lípidos es la que considera solo dos grupos: Los lípidos complejos: son los que contienen ácidos grasos en su estructura, unidos a un grupo -OH ó -NH₂ de otra molécula. Estos tienen en común la propiedad de ser saponificables. La reacción siguiente ilustra un lípido complejo y el resultado de su saponificación.

Enlace éster



El segundo grupo son los lípidos simples y comprende a aquellas moléculas que son susceptibles de ser saponificadas; den

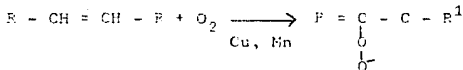
tro de el se encuentran componentes membranales, vitaminas, hormonas, etc.

Cuadro 1.1 Clasificación de los Lípidos

I. Lípidos Complejos	Componentes
Grasas Neutras	Ac.grasos+glicerol
Fosfolípidos (Fosfogliceridos)	Ac.grasos+glicero- fosfato+otras bases o alcoholes.
Esfingolípidos	Ac.grasos+esfingosina+otras moléculas.
Ceras	Ac.grasos+alcoholes de peso molecular elevado.
II. Lípidos simples	Vitaminas liposolubles A, E y K.
Terpenos	Vitaminas D, hormonas sexuales
Esteroides	

Las grasas neutras que contienen ac.grasos insaturados; son líquidas y corresponden a lo que comunmente se conoce como aceites comestibles. Si el contenido de ac.grasos predominan los saturados, las grasas son sólidas, como sucede con las mantecas y las margarinas. Algunas contienen ac.grasos saturados pero de cadena corta, y son menos duras, ejem. mantequilla pura.

Las grasas se oxidan con gran facilidad en el carbono vecino a una insaturación.



El resultado de las peroxidaciones de las grasas son el enranciamiento. Aparte del enranciamiento oxidativo, existe el hidrolítico y el cetónico (10).

El hidrolítico se presenta en la manteca, enzimas hidrolasas rompen enlaces ésteres y liberan ac. grasos. Dando olor ac. butírico característico de manteca rancia, al mismo tiempo se isomerizan y producen derivados de olor agradable como el metildietil carbinol.

El cetónico.- Se produce en las grasas que tienen peso molecular intermedio; 10, 12, 14 carbonos y produce cetonas dando olor desagradable.

La mayor parte de las grasas se oxidan.

Cuadro 1.2 Los ácidos grasos más comunes, su fórmula, nombre común y nombre químico.

Saturados:	Nombre común	Nombre químico
CH_3COOH	Acético	Etanoico
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-COOH}$	Propiónico	Propanoico
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$	Butírico	Butanoico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_4\text{-COOH}$	Caproico	Exanoico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_6\text{-COOH}$	Caprílico	Octanoico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_8\text{-COOH}$	Cáprico	Decanoico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{10}\text{-COOH}$	Láurico	Dodecanoico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{12}\text{-COOH}$	Mirístico	Tetradecanoico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{14}\text{-COOH}$	Palmitico	Hexadecanoico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{16}\text{-COOH}$	Esteráico	Octadecanoico
$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{18}\text{-COOH}$	Araquídico	Icosanoico

No saturados:

$C_{16}H_{30}O_2$	Palmitoleico	9- Hexadecenoico ^a
$C_{18}H_{34}O_2$	Oleico	9- Octadecenoico
$C_{18}H_{32}O_2$	Linoleico ^{aa}	9-12 Octadecadienoico
$C_{20}H_{36}O_2$	Linoleico ^{aa}	9-12-15 Octadecatrienoico
$C_{20}H_{32}O_2$	Araquidónico ^{aa}	5-8-11-14 Icosatetraenoico
$C_{24}H_{44}O_2$	Hevónico ^{aa}	15-Tetracosenoico

a: Los números indican el carbono en el que se encuentran las dobles ligaduras.

aa: Acidos grasos esenciales.

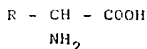
1.1.3. Proteínas ó Protidos.

Las proteínas son macromoléculas, constituyen la maquinaria de la vida, ya que alcanzan grados de complejidad tales, que pueden reconocer a otras moléculas; facilitar reacciones químicas, transportar sustancias, etc. (101)

En su composición elemental siempre presenta, carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, en la mayoría incluye azufre y algunas presentan fósforo, hierro, zinc, molibdeno. Los elementos químicos que constituyen a las proteínas se llaman aminoácidos, que integran una estructura polimérica. (41E, 101).

Hay dos tipos de proteínas: Las simples.- constituidas exclusivamente de aminoácidos, y las conjugadas.- que tienen además de aminoácidos otras moléculas diferentes, llamado grupo prostetico y puede consistir en ac. nucleicos como en las núcleo-proteína: en carbohidratos, como las glucoproteínas ó mucoproteínas, en lípidos como en las lipoproteínas etc.

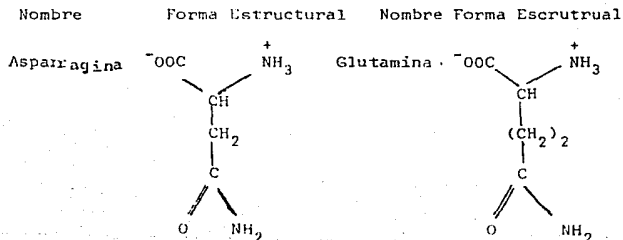
Los aminoácidos son los bloques estructurales de las proteínas. Existen 20 aminoácidos comunes en las proteínas. Los aminoácidos que como característica general poseen carbono libre y un grupo amino, situado en el carbono alfa con respecto al carboxilo, formando de esta manera el enlace peptídico. Su fórmula general es: (41B, 83, 101)

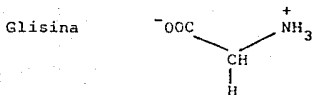
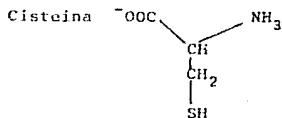
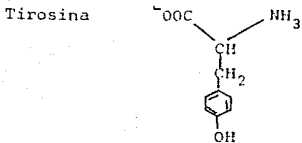
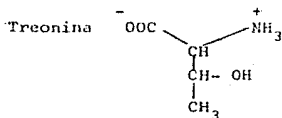
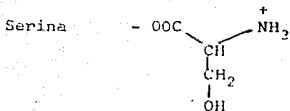


Una de las formas más útiles de clasificar a los aminoácidos se basa en la polaridad de sus cadenas: 1) aminoácidos polares y 2) aminoácidos no polares.

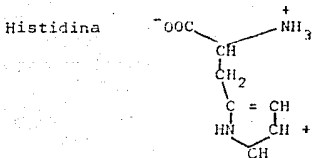
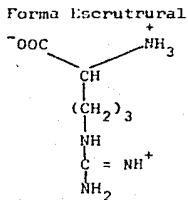
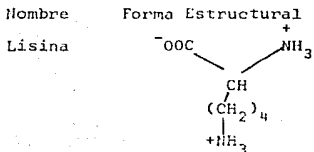
Los aminoácidos polares se distinguen dos clases: los aminoácidos polares no cargados y los aminoácidos polares cargados, ya sea con carga positiva o carga negativa.

Los aminoácidos polares no cargados son:



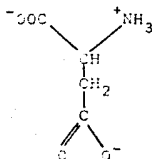


AMONIACIDOS POLARES CARGADOS POSITIVAMENTE.

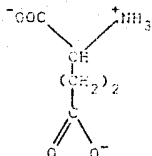


Aminoácidos polares cargados neutralmente.

Ac. Aspartico



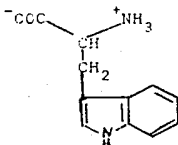
Ac. Glutámico



Aminoácidos Apolares.

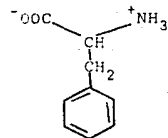
Nombre Forma Estructural

Triptofano

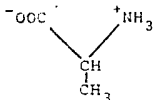


Nombre Forma Estructural

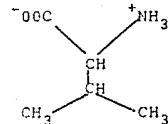
Fenilalanina



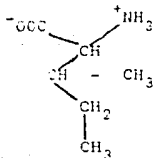
Alanina



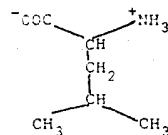
Valina



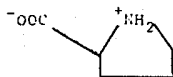
Isoleucina



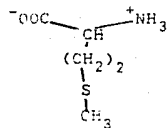
Leucina



Prolina



Metionina



Todos los aminoácidos que forman parte en las proteínas corresponden a la configuración L.

Las proteínas de la dieta no se requieren como tales: es la cantidad de aminoácidos esenciales que contiene la que importa. El término esencial se refiere a las substancias que no pueden ser sintetizadas en el organismo: y que por lo mismo deben ser ingeridas con los alimentos. Los aminoácidos esenciales son: Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Triptofano, Valina. De acuerdo a lo anterior serán proteínas completas cuando contengan todos los aminoácidos esenciales, e incompletas las que muestran deficiencia en alguno o algunos de ellos. Se sabe que las proteínas animales suelen ser completas, debido a que en los alimentos se ingieren mezclas de una gran cantidad de ellas, que se complementan unas con otras. En el caso de las proteínas vegetales suelen tener un contenido bajo de proteínas, y con mucha frecuencia las proteínas vegetales son incompletas, sin embargo esto no significa que no existan proteínas vegetales completas; de hecho la soya es un alimento que contiene una proporción alta de proteína, y esta es además completa. El carácter incompleto de cada una de las proteínas va a estar dado en cada caso por diferentes aminoácidos. De manera que sólo es necesario combinar diversos tipos de alimentos vegetales para complementar las proteínas (10, 15, 16).

1.1.4 VITAMINAS

Los alimentos naturales contienen además de las substancias mencionadas anteriormente (carbohidratos, lípidos y proteínas), factores adicionales que se requieren para el mantenimiento de la vida, aunque a menudo sólo sean necesarias pequeñas cantidades de ellos. Estos "factores alimenticios accesorios" se denominan vitaminas. Estas no tienen entre sí

una estructura química parecida, pero sí una función metabólica semejante. (41B, 93).

Las vitaminas se dividen generalmente en dos grupos principales: las liposolubles, que se encuentran asociadas a los lípidos de los alimentos naturales, son las vitaminas A, D, E, y K. Las vitaminas del complejo B y la vitamina C son las que forman el grupo de las vitaminas hidrosolubles.

En los cuadros 1.3 al 1.4 se mencionan las funciones, Metabolismo que siguen, Fuentes y estabilidad de las vitaminas. (41B)

1.1.5 MINERALS.

Los elementos minerales son relativamente componentes menores de los tejidos, pero son esenciales para muchos procesos vitales.

Hay 7 elementos minerales principales (macronutrientes) esenciales, potasio, fósforo, azufre, cloro, calcio, magnesio y sodio.

Los oligoelementos ocurren en los tejidos vivientes en pequeñas cantidades. Estos se clasifican como sigue:

1.-Oligoelementos esenciales (micronutrientes): hierro, yodo, cobre, zinc, manganeso, cobalto, molibdeno, selenio, cromo y fluor.

2.-Oligoelementos posiblemente esenciales: níquel, estaño, vanadio y silicio.

3.-Oligoelementos no esenciales: aluminio, boro, cadmio, arsénico, plomo y mercurio.

En los cuadros 1.5 se tratan funciones y los requerimientos de cada uno de ellos. Las frutas, los vegetales y los cereales constituyen las principales fuentes de elementos minerales en la dieta. Ciertos alimentos son particularmente nota

bles por la contribución que hacen de ciertos minerales particulares. (41B).

El cuadro 1.6 muestra los requerimientos diarios de vitaminas, minerales y proteínas. Y en la tabla 1.1 se enlistan los componentes esenciales en la dieta humana.

TABLA 1-1 Lista de componentes nutricionalmente esenciales en la dieta humana.

Acidos Grasos	Aminoácidos	Minerales	Vitaminas
Linoleico	Isoleucina	Calcio	Ascorbato
Linolénico	Leucina	Cloro	Colina
Araquidónico	Lisina	Cobre	Acido fólico
Nervónico	Metionina	Hierro	Piridoxina
	Fenilalanina	Magnesio	Riboflavina
	Treonina	Manganeso	Tramina
	Triptofano	Íoduro	Vitamina B ₁₂
	Valina	Potasio	Vitaminas A, D*** y K.
	Arginina*	Sodio	
	Histidina*	Flúor**	
		Molibdeno**	
		Selenio**	
		Cinc**	

* Esenciales durante el crecimiento

** Su importancia no se ha comprobado

*** Sus requerimientos pueden satisfacerse por la exposición a la luz del sol.

CUADRO 1-3

1. Vitaminas liposolubles

Nomenclatura	Funciones	Metabolismo	Fuentes importantes	Estabilidad
Vitamin A (Retinol)	Mantenimiento de la integridad del tejido epitelial. Constituyente de la púrpura visual (rodopsina) de las células retinianas. Esencial para el crecimiento, particularmente del esqueleto y otros tejidos conjuntivos.	Absorción: En el sistema digestivo, la vitamina A sigue la vía de las grasas; en consecuencia, cualquier defecto en la absorción de las grasas menoscaba la absorción de la vitamina A. Almacenamiento: En el hígado (95%). Deficiencia: Epitelio queratinizado, xeroqueratosis nocturna; xeroftalmía; detención del crecimiento.	Aceites de hígado de pescado, hígado, mantequilla, crema, leche entera, queso de leche entera, yema de huevo. Verduras de hojas verde oscuro, verduras y frutas amarillas, margarina fortificada. La fuente principal en los alimentos es la provitamina beta-caroteno. La vitamina como tal ocurre con relativa rareza en los alimentos y está confinada a los lípidos de los tejidos animales.	Insoluble en agua, liposoluble. Asociada con los métodos usuales de cocinar. Destruída por oxidación y temperaturas muy altas.
Vitamina D Vitamina D ₂ : ergocalciferol activado (ergocalciferol) Vitamina D ₃ : 7-dehidrocolesterol activado (colecalciferol)	Incrementa la absorción de calcio y fósforo en el intestino. Esencial para la osificación. Infiere sobre la manipulación del fosfato por los riñones. Forma activa en los tejidos: 1,25 dihidroxicolecalciferol.	Absorción: En el intestino con las grasas, siendo esenciales las sales biliares; puede ser sintetizado en la piel por actividad de la luz ultravioleta sobre la provitamina (D ₃). Almacenamiento: Principalmente en el hígado. Deficiencia: Raquitismo en los niños; convulsiones tetánicas en los lactantes con deficiencia grave.	Aceites de hígado de pescado, leche fortificada, esteroides activados, exposición a la luz solar. Cantidades muy pequeñas en la mantequilla, el hígado y las yemas de los huevos.	Liposoluble. Relativamente resistente al calor y a la oxidación.

Vitamina E
Principalmente
alfa-toco-ferol;
también beta-
gamma- y delta-
toco-ferol

Ejerce un efecto antioxidante protegiendo otras vitaminas en los alimentos. Puede tener función auxiliar en la respiración tisular. En los animales de experimentación, junto con otros factores, impide ciertos tipos de necrosis hepática. Ninguna función demostrada en nutrición humana, excepto en algunos lactantes inmediatamente en el puerperio, particularmente en prematuros. La necesidad puede estar relacionada con la ingestión de ácidos grasos insaturados.

Absorción: Semejante a la de las otras vitaminas liposolubles. La transferencia por vía placentaria es limitada; la glándula mamaria transfiere mejor; de aquí que la leche materna sea fuente eficaz para los lactantes. Deficiencia: Puede ocurrir en los estados de malabsorción con absorción defectuosa de los lípidos.

Tejidos vegetales; aceites de germen de trigo, germen de arroz, semilla de algodón, legumbres de hojas verdes, nueces, leguminosas, leche, huevos; carnes macizas, pescado.

liposoluble. No es afectada por el calor o los ácidos. Es oxidada en las grasas rancias y en presencia de sales de plomo y de hierro, fícali y luz ultravioleta.

CONTINUACION CUADRO 1-3

Vitamina K

Vitamina antihemorrágica; vitamina de la coagulación. (Muchos compuestos emparentados con la 2-metil-1,4-naftoquinona tienen algo de actividad de vitamina K)

La acción molecular es catalizar las reacciones de la carboxilación de los átomos del carbono-gamma de los residuos de ácido glutámico en ciertas proteínas. Los residuos carboxilados resultantes permiten a las proteínas afectadas llevar más cationes Ca^{2+} . Clínicamente la deficiencia de vitamina K se hace muy evidente por la disminución de la producción de protrombina por el hígado. La vitamina también es requerida para la actividad de diversos factores tromboplastícos de la coagulación. También es observable la función catalítica de carboxilación en el hueso y en otros tejidos mineralizados, indicando un papel metabólico más extenso de la vitamina K que sólo en conexión con los factores de la coagulación de la sangre.

Absorción: Semejante a la de las otras vitaminas liposolubles. Utilización: Se necesita la presencia de bilis; un defecto en la absorción de las grasas afecta seriamente la absorción de vitamina K. Producida por microorganismos intestinales; por tanto, la terapéutica supresora con antibióticos puede inducir deficiencia de vitamina K. Almacenamiento: Cantidad limitada en el hígado. Deficiencia: Hipoprotrombinemia con coagulación sanguínea prolongada; hemorragia incontrolable del recién nacido.

Hojas verdes, como las de alfalfa, espinacas, coles; hígado. La síntesis en el intestino, por actividad de microorganismos, es probablemente la fuente más importante. La deficiencia dietética, inverosímil.

Liposoluble. Inestable en alcali y en la luz. Bagante termostable.

CUADRO 1-4
Vitaminas hidrosolubles

Nomenclatura	Mantiene normal el material intercelular de cartilago, dentina y hueso. Posiblemente tiene papel especifico en la sintesis de sulfona por actividad sobre la hidroxilacion de la prolina. Se asocia con los sistemas de oxidacion-reduccion en los tejidos. Metabolismo de algunos aminoacidos, por ejemplo, tirosina, prolina.	Almacenamiento: Gran cantidad en la corteza suprarrenal. Con excepcion del musculo, los tejidos con elevada actividad metabolica tienen concentraciones incrementadas. Excrecion: orina. Deficiencia: hemorragias petequiales. Grave: aflojamiento de dientes, lesiones de encinas, mala cicatrizacion de heridas, huesos facilmente fracturables, escorbuto.	Frutas citricas, tomates, fresas, melon, uvas, col, brócoli, berza, papas, plátanos verdes, verduras para ensalada.	Hidrosoluble. La vitamina es facilmente destruida por el calor, por el oxigeno, por los alcalios, por las enzimas. El acido ascorbico su destrucción en el agua la acelera. La excreción generalmente reduce el contenido en vitaminas C de los alimentos. El consumo de algunos alimentos no cocinados es esencial para asegurar la ingestión adecuada.
<p>Tiamina Vitamina B1 Vitamina antiberiberi</p>	<p>Constituyente de sistemas enzimáticos de los tejidos particularmente conectados con la decarboxilación -- (por ejemplo, de los ácidos pirúvico y estrolútrico). La deficiencia afecta principalmente al sistema nervioso periférico, el sistema digestivo y el sistema cardiovascular</p>	<p>Absorción: fácilmente absorbida de soluciones acuosas tanto en el intestino delgado como en el grueso. Almacenamiento: limitado por tanto, se necesita aporte diario con dieta. Excreción: El exceso es excretado hasta cierto punto en la perspiración; también en la orina. Deficiencia: Anorexia, atonía gastrointestinal y constipación, beriberi (incluyen do polineuritis, insuficiencia cardíaca y edema). El requerimiento aumenta con la ingestión elevada de carbohidratos; también con la fiebre, el hipertiroidismo, el embarazo y la lactancia.</p>	<p>Carne de cerdo magra, trigo, corazón, arroz, levadura de cerveza, germen de trigo, cereales de grano entero o enriquecidos, así como papas, soja, leguminosas, cacahuetes, leche</p>	<p>Hidrosoluble. Estable en solución ligeramente ácida. Destruída rápidamente por el calor en solución neutra o alcalina. El sulfito rápidamente destruye la tiamina.</p>

Riboflavina
Vitamina B2
(anteriormente lacto-
flavina (Vitamina G)

Constituyente de los sistemas enzimáticos respiratorios tisulares, así como de algunas enzimas (flavoproteínas) que intervienen en el metabolismo de los aminoácidos y lípidos

Absorción: Puede requerir fosforilación en la mucosa intestinal. Almacenamiento: Limitado en el cuerpo. Excreción: El exceso es excretado en la orina. Deficiencia: Queilosis, dermatitis seborreica de la cara, lengua magenta, ciertas perturbaciones funcionales y orgánicas de los ojos.

Leche, suero de leche en polvo; hígado, riñón, cornicón, carnes, huevos, legumbres de hojas verdes; lechuga, vudra soca, alimentos enriquecidos (harina, pan). Cereales bajos; la germinación de la avena, trigo, cebada y maíz incrementa el contenido

Fácilmente soluble en agua. Descolorada rápidamente por la luz ultravioleta o visible; muy sensible a los álcalis. Relativamente resistente al calor en medios ácidos.

Niacina
Ácido nicotínico
Niacinamida
Vitamina antipelagra
(factor preventivo de la pelagra (factor P-P)

Constituyente de 2 coenzimas (NAD, NADH) que actúan como agentes de transferencia de hidrógeno y electrones en la respiración. El triptófano normalmente contribuye al aporte de niacina (60 mg de triptófano equivalen a 1 mg de niacina)

Almacenamiento: Limitado en el cuerpo. Excreción: En la orina, principalmente como derivados metilados. Deficiencia: Pelagra con alteraciones gastrointestinales, cutáneas y neurológicas

Hígado, riñón, carne magra, pescado (salmon), aves; cereales de grano entero o enriquecidos y panes; algunas legumbres de hojas verdes; tomates; cacahuates, levadura de cerveza, triptófano de las proteínas. La mayor parte de legumbres y frutas son malas fuentes de niacina.

Hidrosoluble. Relativamente resistente al calor, a la oxidación y a la luz. Relativamente estable en ácido y alcali

Vitamina B6
Piridoxina
Piridoxal
Piridoxamina

El fosfato de piridoxal es un grupo prostético de enzimas que descarboxilan la tirosina, la arginina, el ácido glutámico y algunos otros aminoácidos. Esencial para la transulfuración y la conversión del triptófano en niacina; también como coenzima en la transaminación. Participa en el metabolismo de los ácidos grasos esenciales. Esencial para la síntesis de porfirinas (por ejemplo, del hemo) para la hemoglobina y los citocromos

Absorción: Las bacterias intestinales sintetizan algo de piridoxina y es absorbida en el intestino. Almacenamiento: Limitado en el cuerpo. Excreción: En la orina. Deficiencia: Anemia megaloblástica hipocrómica, lesiones del sistema nervioso central evidenciadas por convulsiones epiléptiformes y cambios electroencefalográficos, particularmente en los lactantes

Granos de trigo; carne, hígado, riñón, cereales de grano entero, frijol de soja, cacahuates, maíz, camotes, levadura de cerveza. Síntesis por la actividad de microorganismos.

Bastante termostable, pero sensible a la luz ultravioleta y a la oxidación.

Ácido pantoténico	Constituyente de la coenzima A que participa en la síntesis y demolición de ácidos grasos, en la síntesis del colesterol y hormonas esteroideas, en la utilización del piruvato y del acetato, en las reacciones de acetilación, en el metabolismo de algunos aminoácidos y en la síntesis del hem para la hemoglobina y los citocromos	Almacenamiento: Limitado en el cuerpo. Excreción: En la orina. Deficiencia: Síntomas gastrointestinales, síntomas cutáneos, anemia y neurosis de las funciones de la corteza suprarrenal en los animales de experimentación	Visceras (hígado, riñón), carne magra de reses y de aves, cacahuates, brécol, coliflor, col, guisantes enteros, salvado, leche de desnatada, frutas, camotes	Fácilmente destruido por el calor y soluble estable en solución neutra.
Ácido fólico Folacina Ácido pteroylglutámico	Interviene en la transferencia y utilización de la fracción de un solo carbono que participa en la síntesis de las purinas, de la timina y de los grupos metilo; tiene papel específico en el metabolismo de la histidina y papel bien demostrado en la hematopoyesis	Excreción: El exceso tanto en orina como en heces. Deficiencia: Puede producir anemia megaloblástica con lesiones concurrentes, lesiones gastrointestinales, diarrea y malabsorción intestinal (espec. no es rara la deficiencia en el embarazo)	Hígado, riñón, lechadura, lechugas frescas de hojas verdes, coliflor. Síntesis por la actividad de los microorganismos intestinales	Fácilmente oxidado en medio ácido y a la luz solar. Termolábil (semejante a la tiamina)
Vitamina B ₁₂ Factor anti anemia perniciosa Cobalamina	Interviene en el metabolismo de las purinas y pirimidinas, en la síntesis de ácido nucleico (DNA), en la maduración de los eritrocitos, en el metabolismo de la metionina y en la transmetilación. Contiene cobalto del cual, como elemento, es la única función conocida	Absorción: En el íleon, pero requiere del factor intrínseco y del ácido clorhídrico que aporta el estómago. Almacenamiento: Principalmente en el hígado durante largos períodos. Excreción: En las heces (representada sin absorción de vitamina). Deficiencia: Anemia megaloblástica o anemia perniciosa con cambios degenerativos en la mucosa gástrica y lesiones características del sistema nervioso (enfermedad de sistemas combinados)	Alimentos de origen animal: hígado, riñón, carne magra, huevos, leche, queso. Cantidades insignificantes en las plantas superiores. Síntesis en el intestino por la actividad de los microorganismos	Lábil al calor, a los ácidos, a los álcalis y a la luz
Biotina Inositol Colina	Requeridos por varias especies animales, pero de necesidad discutible para los seres humanos. Si efectivos mente son necesarios, las cantidades requeridas son muy pequeñas y probablemente sintetizables en los tejidos o suministradas por la flora intestinal			

Nomenclatura	Funciones	CUADRO I - 5 MINERALES *	Metabolismo	Fuentes Importantes
Calcio	Principal constituyente de los huesos y dientes. Esencial para la contracción muscular, el ritmo cardíaco normal y la excitabilidad nerviosa. Activación de algunas enzimas. El elemento mineral más abundante en el cuerpo.		Absorción: De acuerdo con la necesidad de los tejidos; ayudada por la vitamina D, el ácido ascórbico y la lactosa; los oxalatos y el fitato interfieren. Utilización: Regulada por la hormona paratiroidea y la vitamina D. Almacenamiento en las trabéculas óseas. Excreción en la orina y las heces, representando en las últimas principalmente el calcio no absorbido. Deficiencia: Mineralización retardada de los huesos frágiles, falta de crecimiento, raquitismo en los niños; puede contribuir a la presencia de osteoporosis en los adultos.	Las mejores: Leche, queso duro, nabo, col rizada, berzo y hojas de mostaza. Buenas: Helados, queso cottage, brócoles, ostras, camarón, salmón, almejas.
Hierro	Constituyente de la hemoglobina, mioglobina y algunas enzimas oxiantes. Presente en todas las células del cuerpo, pero almacenado como ferritina en el hígado, bazo, médula ósea y principalmente en los tejidos reticuloendoteliales. Transportado en el suero por la proteína siderofilina (transferrina)		Absorción: De acuerdo con las necesidades del cuerpo (ayudada -- por la acidez gástrica y el ácido ascórbico) disminuida por el fosfato, oxalato y fitato. Utilización: El cobre es esencial, el hierro catabolizado de los eritrocitos es usado de nuevo. Excreción: Pequeñas cantidades de la orina y el sudor; la mayor parte del hierro fecal representa el hierro no absorbido de la dieta. Deficiencia: Nivel reducido de hemoglobina; anemia.	La mejor: El hígado. Buenas: Carne, yema de huevo, pan y cereales enriquecidos, duraznos, albaricoques, ciruelas, pasas, legumbres verdes oscuras, melazas, leguminosas.
Cloro	Constituyente del jugo gástrico. Equilibrio acidobásico. Junto con el sodio y el potasio, el cloro contribuye a mantener el contenido de agua normal del cuerpo		Absorción: Absorbido fácilmente. Excreción: La excreción en la orina es paralela a la ingestión. El vómito prolongado puede conducir a deficiencia y alcoholis	Sal de mesa, carne, leche, hucvos

Azufre	Constituyente de muchas proteínas en los aminoácidos cisteína y metionina. Elevado en las proteínas del pelo (queratina) y también en la insulina y el glutatión.	El exceso es eliminado en la orina en gran parte como sulfatos	Huevos, queso, leche, carne, pescados, leguminosas.
Magnesio	Constituyente de los huesos, dientes y muchos otros tejidos. Afecta la excitabilidad del músculo y del nervio. Actúa sobre algunas enzimas, particularmente sobre las de la glucólisis	Deficiencia: Observada en el alcoholismo con cirrosis y en la enfermedad renal grave. La deficiencia dietética no se conoce en el hombre. Excreción: principalmente en la bilis; poca en la orina	Cereales de grano entero, nueces, cacao, leguminosas, carne, mariscos, leche
Manganeso	Activa varias enzimas como las fosfatasas de la sangre y de los huesos, la arginasa, la carboxilasa y la colinesterasa	El hígado es el órgano más activo del metabolismo. Almacenamiento: En el hígado y el riñón. Absorción: Limitada; eliminación principalmente por el intestino	Cereales de grano entero, leguminosas, carne, pescado, aves, vegetales de hojas verdes. Bien distribuido en las dietas humanas.
Cobre	Esencial para la síntesis de hemoglobina y para la acción de ciertas enzimas (por ejemplo, citocromooxidasa, tirosinasa, catalasa, uricasa, ácido ascórbico, oxidasa, monoaminooxidasa). Posiblemente desempeña un papel en la formación del hueso y en el mantenimiento de la mielina	Almacenamiento: En el hígado y sistema nervioso central. Principalmente unido a la ceruloplasmina en el suero. Excreción: Por la bilis en el intestino. Eritrocuprefina en los eritrocitos. Deficiencia: Conduce a producción retardada de hemoglobina; rara vez ocurre pero ocasionalmente en la anemia de los lactantes	Hígado, ostras, carne, pescado, nueces, leguminosas, cereales de grano entero
Zinc	Constituyente de la anhidrasa carbónica, de la carboxipeptidasa y de la alcoholdehidrogenasa, así como de la insulina	En el hígado, el páncreas, los músculos, los huesos y otros órganos (por ejemplo, la próstata, los testículos, el pelo, los eritrocitos). Excreción: Principalmente por el intestino	Ampliamente distribuido en los alimentos (por ejemplo, ostras, mariscos, hígado, germen de trigo, levadura)

Yodo	Constituyente de la tiroxina	Almacenamiento: Glándula tiroidea. Excreción: En la orina. Deficiencia: La deficiencia nutricional puede producir bocio simple, con tiroides agrandada. Crétinismo debido a desarrollo incompleto de la glándula. La deficiencia dietética es muy rara en E.U.A.	La sal yodada es la mejor protección. Mariscos, alimentos cultivados en regiones no hodiógenas
Fósforo	Constituyente importante de los huesos y dientes. Sales amortiguadoras. Metabolismo de las grasas y carbohidratos e intercambio de energía a través de las reacciones oxidativas con fosforilación	Absorción: Ayudada por la vitamina D; cerca de 1/3 se pierde en las heces, relacionada con la proporción Ca:P de la dieta. Almacenamiento: Cerca de 80% en los huesos y dientes. Excreción: En la orina. Deficiencia: Mala mineralización de los huesos, crecimiento escaso, raquitismo, osteomalacia	Leche, queso, yema de huevo, carne, pescado, aves, leguminosas, nueces, cereales de grano entero
Potasio	Factor principal en el mantenimiento del equilibrio de líquido intracelular. Afecta el ritmo del corazón. Participa en la regulación de la excitabilidad nerviosa y muscular.	Excreción: En la orina y el sudor. Deficiencia: Usualmente no como resultado de la falta dietética, excepto después de inanición; también durante la acidosis (como la diabética) y con ciertos tumores suprarenales, náusea, vómito, diarrea y uso prolongado de muchos agentes diuréticos bucales	Ampliamente distribuido en la naturaleza. Carne, pescado, aves, cereales, legumbres, frutas (notablemente albaricoques y duraznos secos, plátanos, jugo de naranja y de piña)
Sodio	Factor principal en el mantenimiento del equilibrio de líquido extracelular. Sales amortiguadoras. Participa en la regulación de la excitabilidad del músculo y del nervio	Absorción: Absorbido fácilmente. Excreción: Paralela a la ingestión y es controlada por las hormonas corticoadrenales que regulan la sal, principalmente por los riñones. Las pérdidas en el sudor pueden ser altas en individuos inadaptados. Deficiencia: Náusea, diarrea, calambres musculares, deshidratación.	Sal de mesa, carne, pescado, aves, leche, huevos, compuestos de sodio (por ejemplo, bicarbonato de sodio, levadura en polvo)

Selenio	Es muy pequeñas cantidades (3 ppm), el selenio favorece el crecimiento e impide ciertas enfermedades en algunos animales (por ejemplo, en las ovejás). Puede ser un factor esencial en la respiración tisular	Un componente esencial de la enzima glutatión peroxidasa. Puede actuar sinérgicamente con la vitamina E o la cistina o con ambas; ejerce un efecto antagónico al mercurio; puede ser protector contra los altos niveles de mercurio que ocurren naturalmente en los alimentos marinos	Si es repartido por el hombre, las cantidades serían extremadamente pequeñas. Fácilmente disponible en plantas que lo obtienen del suelo. Los peces marinos y las ostras tienen mayor contenido de selenio que los tejidos de los animales terrestres.
Fluoruro	Principalmente en los huesos y dientes	En cantidades vestigiales, esencial para el desarrollo de los huesos y dientes. Protege contra la caries dental. Puede ser benéfico en la osteoporosis	La fuente principal es el agua potable; cantidades altamente variables - hasta de 10 -45 ppm- en algunas áreas. Es la cantidad es excesiva y -- puede producir moteado y cambio de color del esmalte dental. (Si el agua contiene 1 ppm, la adición de fluoruro -- para alcanzar 1-2 ppm (una cantidad nutricionalmente adecuada), mejora el desarrollo de los dientes en los niños y ejerce efecto preventivo sobre la aparición de caries.
Otros elementos	Presentes en cantidades vestigiales en los tejidos animales (por ejemplo, el cobalto en la vitamina B12); aquellos cuyas funciones en el hombre, si es que tienen alguna, todavía no están definidas, incluyen el aluminio, el boro, el cadmio, el cromo, el molibdeno, el níquel, el silicio, el estaño y el vanadio.		

1.2 Clasificación de los Alimentos de acuerdo a su contenido de nutrimentos.

La gran variedad de alimentos que existen en México han sido divididos en 3 grupos, los alimentos de cada grupo son similares por su contenido de nutrimentos, esto facilita su enseñanza ya que es más fácil recordar las sustancias que contienen cada grupo, sin tener que especificar alimento por alimento. (10)

Los grupos de alimentos son:

a) Alimentos animales.

Incluye leche, queso, huevo y diferentes tipos de carnes. Estos alimentos son ricos en proteínas y grasas.

b) Frutas y verduras

Alto contenido en Vitaminas y Minerales

c) Cereales y leguminosas.

Contienen altos porcentajes de carbohidratos y minerales.

A manera de ejemplo, en el 1-7 se indican algunos alimentos, en donde se puede confirmar lo expresado anteriormente.

CUADRO No.1-7

COMPOSICION DE ALIMENTOS

ALIMENTO	Energía (K cal.)	Proteí- nas. (g)	Grasa (g)	Carbohi- dratos. (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Tiamina (mg)	Ribofla- vina (mg)	Niacina (mg)	Ascórbi- co. (mg)	Fetino (mg. Eq.)
Tortilla	224	5.9	1.5	47.2	108	2.5	0.17	0.08	0.9	0	2
Galletas dulce	403	9.5	10.7	66.8	22	2.0	0.20	0.04	1.0	0	0
Pan blanco	384	9.1	11.6	60.8	34	1.3	0.26	0.09	1.0	0	0
Frijol	332	19.2	1.8	61.5	228	5.5	0.62	0.14	1.7	0	0
Chile serrano	35	2.3	0.4	7.2	35	1.6	0.14	0.05	1.3	65	56
Nopales	27	1.7	0.3	5.6	93	1.6	0.03	0.06	0.3	8	41
Zanahoria	30	0.6	0.5	6.4	26	0.6	0.02	0.02	0.3	3	222
Verdolagas	26	2.3	0.3	4.9	86	4.5	0.02	0.10	0.6	13	192
Papa	76	1.6	0.1	17.5	13	2.7	0.07	0.03	1.1	15	0
Guayaba	55	1.0	0.4	13.5	33	1.3	0.04	0.04	1.3	199	30
Limón jugo	23	0.3	0.2	7.7	10	0.4	0.03	0.01	0.2	51	5
Naranja jugo	37	0.4	0.3	9.3	11	0.7	0.05	0.02	0.2	53	40
Papaya	25	0.5	0.1	6.2	23	0.5	0.05	0.04	0.3	48	22
Plátano	86	1.4	0.3	22.0	12	1.8	0.09	0.05	0.5	13	63
Sandia	16	0.4	0.2	3.6	6	0.3	0.03	0.02	0.2	10	37
Carne de res	135	18.0	7.0	0.0	16	4.0	0.07	0.20	2.9	0	0
Leche	58	3.5	3.4	3.5	113	0.3	0.05	0.10	0.1	1	28
Huevo	148	11.3	9.8	2.7	54	2.5	0.14	0.37	0.1	0	125
Soya	331	37.3	23.9	40.2	187	8.3	0.70	0.10	1.6	0	0
Azúcar	384	0	0	99.1	0	0	0	0	0	0	0
Aceite	884	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Refresco	48	0	0	12.5	0	0	0	0	0	0	0
Valor nutritivo de los Alimentos. Rev. Editada por el Instituto Nacional de la Nutrición 1980.											

1.3 Clasificación de los Alimentos de acuerdo a su Acidez

Una de las más importantes propiedades asociadas con la química de los alimentos y con la contaminación microbiana de los alimentos es la intensidad de acidez, o el pH del producto. El factor, ó valor de pH, no debe ser confundido con la cantidad de acidez presente en el alimento.

El pH del alimento depende de muchos factores, algunos de ellos son: la naturaleza del producto, variedad, y condiciones de crecimiento. Por esta razón, el pH del alimento se escribe como un range de valores. (57, 59, 81)

El pH es definido como el recíproco de la concentración de H⁺ (hidrogeniones) en moles por litro (más correctamente, H⁺ actividad). Un pH de cero indica una condición extrema de acidez y pH 14 extremadamente alcalino.

Innumerables clasificaciones han sido propuestas, separando a los alimentos de acuerdo con el pH presente. Bigelow & Cameron proponen la siguiente clasificación: (45)

- Alimentos no ácidos - pH mayor de 6.0
- Alimentos semi ácidos - pH entre 4.5 a 6.0
- Alimentos ácidos - pH abajo de 4.5

Posteriormente en 1940 Cameron & Esty sugieren una modificación a la anterior clasificación, proponiendo una subdivisión en cuatro grupos. (45)

Grupo 1.- Alimentos poco ácidos o de acidez baja: pH 5.0 o mayor.- productos cárnicos, alimentos de origen marino, leche y ciertos vegetales.

Grupo 2.- Alimentos medio ácidos ó de Acidez mediana: pH 4.5 a 5.0.- mezcla de carne y vegetales, sopas champiñones, productos de pasta con salsa de tomate.

Grupo 3.- Alimentos ácidos: pH 3.7 a 4.6; melocotones, pera, piña, jitomate y muchos otros frutos.

Grupo 4.- Alimentos muy ácidos o de acidez alta pH abajo de 3.7, frutas cítricas, encurtidos, ciruelas etc.

La tabla 1 - 2 contiene ejemplos de alimentos con sus respectivos pH.

La clasificación de acidez para alimentos enlatados válida por la FDA, los divide en 2 grupos. (57)

A) Alimentos de baja acidez.- son definidos como "todo proceso alimenticio comercial con un equilibrio final de pH mayor de 4.6 y una actividad de agua mayor a 0.65, pero no incluye bebidas alcohólicas, incluye vegetales de baja acidez.

Carne, pescado y vegetales, excepto jitomates, generalmente entre un rango de pH de 5.0 a 6.8. Todos estos son relativamente no ácidos. Higos y pimientos, también algunos productos manufacturados tales como, espagueti y raviolos, tienen valor de pH entre 4.6 y 5.0.

b) Alimentos Ácidos ó de alta acidez.- Alimentos con valores de pH de 4.6 y mas bajos. Los alimentos que entran dentro de estos rangos incluyen, frutas, tomates, cerezas, jugos de limón y naranja y también incluye alimentos fermentados.

Para los propósitos de este trabajo esta última clasificación es la que nos interesa y es a la que nos referimos.

El punto de demarcación que divide a los dos grupos de alimentos es el pH 4.6, debido a que a quedado demostrado que el *Clostridium botulinum*, la bacteria patógena más resistente encontrada en alimentos procesados, no es capaz de crecer y producir toxina a pH 4.6 (En Microbiología se describirá

con más detalle): (45, 74, 95)

En las tablas 1-3 y 1-4 se muestran alimentos procesados con sus respectivos rangos de valores de pH.

Tabla 1-2 Ejemplos de alimentos con sus respectivos pH.

Valores de pH.	Alimentos	Valores de pH	Alimentos
2.3	jugo de limón	5.0	zanahoria
3.1	aceitunas fermentadas	5.1	habas verdes, sopas
3.4	pure de manzana, cerezas, toronja	5.3	espárragos, papas
3.7	melocotón, jugo de naranja.	5.5	salchicha
3.8	jugo de manzana	5.8	tuna, tamales.
3.9	jugo de ciruela para	5.9	pescado, sardina
4.2	peras	6.0	jamón, carne de puerco, leche eva porada
4.3	jitomate, papas saladas (estilo alemán)	6.1	gallina
4.4	cebolla	6.2	carne de res, maíz
4.6	ravioles	6.3	salmón
4.7	pimientos	6.4	leche, mariscos
4.8	queso	6.8	maíz molido
4.9	espagueti en salsa de tomate higos		

Ref. Antony López Inf. basic of Canning. Lund heat Processing.

TABLA 1-3

ALIMENTOS PROCESADOS CON VALORES DE pH ARRIBA DE 4.6
(Alimentos poco ácidos ó de baja acidez)

PRODUCTO	PROMEDIO	MINIMO	MAXIMO
espárragos, verdes	5.5	5.4	5.6
espárragos, blancos	5.5	5.4	5.7
habas	5.4	5.2	5.7
frijol	6.2	6.0	6.3
frijol y puerco	5.6	5.0	6.0
remolacha	5.4	5.0	5.8
zanahorias	5.2	5.0	5.4
maíz, grano entero	6.3	6.1	6.8
higos	5.0	5.0	5.0
champifones	5.8	5.8	5.9
aceituna negra	6.9	5.9	8.0
chicharo	6.2	6.0	6.3
chicharo dulce	6.2	5.9	6.5
papa dulce	5.2	5.1	5.4
papa blanca	5.5	5.4	5.6
calabaza	5.1	4.8	5.2
espinaca	5.4	5.1	5.9

Plug. and W.B. Esselen, in Fundamentals an Food Processing
Operations pág. 263 Av. Publ.

TABLA 1 - 4
 ALIMENTOS PROCESADOS CON VALORES DE pH ABAJO DE 4.6
 (Alimentos Acidos ó de alta acidez)

PRODUCTO	PROMEDIO	MINIMO	MAXIMO
manzanas	3.4	3.2	3.7
albaricoque	3.9	3.4	4.4
zarzamora	3.5	3.1	4.0
mora azul	3.4	3.3	3.5
cerezas negras	4.0	3.6	4.2
cerezas encurtidas	3.5	3.3	3.8
cerezas,real	3.8	3.6	4.0
arandaro, agrio	2.6	2.4	2.8
jugo de uva	3.2	2.9	3.7
toronja	3.2	2.8	3.4
jugo de limón	2.4	2.3	2.8
durazno	2.9	2.7	3.3
jugo de naranja	3.7	3.5	4.0
peras	4.1	3.6	4.4
pepino,encurtido	3.9	3.5	4.3
piña	3.5	3.4	3.5
ciruela verde	3.8	3.6	4.0
ciruela pasa	3.7	2.5	4.2
frambuesa,negra	3.7	3.2	4.1
frambuesa,roja	3.1	2.8	3.5
coles en salmuera	3.5	3.4	3.7
fresas	3.4	3.0	3.9
tomates	4.3	4.1	4.6
jugo de tomate	4.3	4.0	4.4
pure de tomate	4.4	4.2	4.6

I. J. Plug and W. B. Buselen in: Fundamentals in Food Processing operations AVI Publo.

2.-Microbiología

La microbiología es una ciencia relativamente antigua, si se tiene en cuenta que la existencia de los microorganismos fué instituída en 1658 por Kircher y demostrada por Leeuwenhoek en 1675. No obstante, hasta la segunda mitad del siglo XIX, el estudio de los microorganismos no alcanzó el auge que le había de conducir a su actual expansión (47, 38)

La microbiología es el estudio de los microorganismos y sus actividades, su forma, estructura, reproducción, fisiología, metabolismo e identificación, como están distribuidos en la naturaleza, sus relaciones con otros seres, los efectos benéficos o perjudiciales que ejercen sobre los humanos, y las alteraciones físicas y químicas que provocan en su medio. (20, 82)

En su mayor parte, la Microbiología estudia los organismos microscópicos unicelulares, siendo la célula la unidad básica de la vida. (82)

Todas las células vivas son básicamente similares, y que se componen de protoplasma (del griego "sustancia formada primero"), complejo orgánico coloidal constituido en gran parte de proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, dentro de membranas o paredes; todas tienen núcleo o una sustancia nuclear equivalente. (Fig.2-1). Todos los sistemas biológicos tienen en común las características siguientes: a) capacidad de reproducirse, b) facultad de ingerir y asimilar sustancias nutritivas y metabolizarlas para producir energía y desarrollarse, c) la capacidad de excretar productos de desecho, d) facultad de reaccionar a cambios en su medio ambiente, llamada en ocasiones irritabilidad, y e) la posibilidad de mutación.

En el estudio de la Microbiología se encuentran "organismos" que tal vez representan la línea limitrofe de la vida. Son los virus, acerca de los cuales hay grandes diferencias de opinión en cuanto si son o no verdaderos organismos vivos, (20, 47, 82)

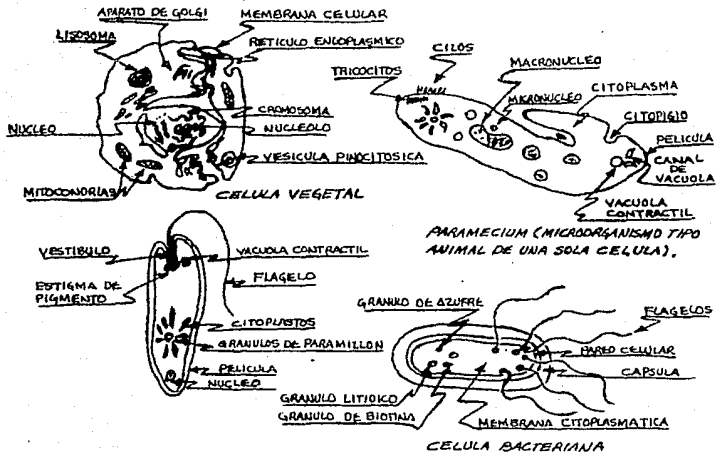


FIG. 2a) CELULAS MICROSCOPICAS

2.1 Microbiología y Biología

Los principios de la Biología pueden demostrarse por el estudio de la Microbiología puesto que los microorganismos tienen muchas características que los hacen sujetos ideales para la investigación de los fenómenos biológicos. Los microorganismos

mos constituyen sistemas específicos para la investigación de la fisiología, la genética y las reacciones bioquímicas, que son la base de la vida. Pueden cultivarse comodamente en tubos de ensaye, ya que así ocupan menos espacio y requieren menos cuidado, que las plantas y animales. Además se desarrollan rápidamente y se reproducen a una velocidad extraordinaria. Los procesos metabólicos de los microorganismos se rigen por normas iguales a los animales y plantas superiores; las levaduras por ejemplo, consumen glucosa de la misma manera que las células de los tejidos animales; y en ambos existe el mismo sistema de enzimas.

Además, la Microbiología estudia los organismos con gran detalle y observa sus procesos vitales enfocados a su actividad metabólica, mientras se desarrollan, reproducen, envejecen o mueren.

En microbiología se estudian algunos microorganismos que son predominantemente del tipo vegetal, otros del tipo animal y otros que comparten las características de ambos. (82)

En 1886 E.H.Haeckel sugirió el reino. Protista, que comprende de los microorganismos unicelulares que no son típicamente vegetales, ni animales, cuando en general se habla de protistas, se trata de bacterias, algas, hongos y protozoos, pero no de virus porque éstos no son organismos celulares. De acuerdo a su ultraestructura celular, los microorganismos se dividen en dos categorías los procariotes y eucariotes. Las algas azul-verdosas y las bacterias pertenecen a los primeros. (Las células de las plantas y de los animales son eucarióticas). Los virus quedan fuera de estas categorías. A veces se usan las expresiones protistas inferiores y superiores para los organismos procarióticos y eucarióticos, respectivamente. Los protozoarios y hongos tienen núcleo bien definido pertenecen

a los organismos eucarióticos .

Whittaker (1969) propone un sistema de clasificación en cinco reinos. Los organismos eucarióticos multicelulares y multinucleados se encuentran en los reinos vegetal (plantas verdes multinucleadas y algas superiores), Animal (animales multicelulares) y Hongos (hongos superiores multinucleados). Los microorganismos se encuentran en tres de los cinco reinos: Monera (bacterias y algas azul-verdosa), Protista (microalgas y protozoos) y hongos (levaduras y mohos).

Los microorganismos se pueden dividir en siete grupos principales. 1) algas, 2) protozoarios, 3) bacterias, 4) hongos, 5) organismos del tipo de la pleuroneumonía (PPLO), 6) rickettsias y 7) virus. (Referencias Burdon y Williams 1976 (20,82))

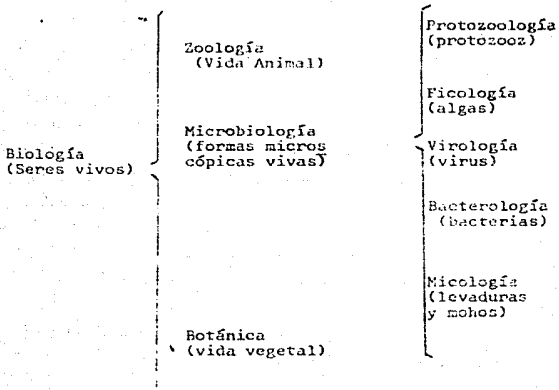
Puesto que los microbios son seres vivos, se comprende que la microbiología se estudie como una rama de la Biología. La Biología abarca todo lo que se relaciona con la naturaleza de la materia viva y con las características y funciones de los seres vivos.

Nota: La Bacteriología es el estudio de las bacterias pero con frecuencia éste término se usa como sinónimo de Microbiología (20)

Tabla 2-1. Relación de la Microbiología con otras ciencias Biológicas.

Tabla 2-1
Relación de la Microbiología con otras ciencias
Biológicas

Ramas de la Bacteriología (Microbiología Palckzar 1977)



Ref: Burdon (20)

2.1.1. Ramas de la Microbiología.

Los microbiólogos suelen especializarse en el estudio de determinados grupos de microorganismos, por ejemplo.

Bacteriología: Estudio de las bacterias

Protozoología.- Rama de la parasitología que se ocupa del estudio de los protozoos y microorganismos parásitos.

Micología.- rama que estudia hongos, como las levaduras y los mohos. etc. (20,47,82)

Campos de la Microbiología.

Hay muchos campos de aplicación de la Microbiología, algunos de los cuales se comentarán brevemente:

-Microbiología Médica

Es la rama de la Microbiología que trata sobre los microorganismos causantes de enfermedades en el hombre (patógenos), los cuales requieren un huésped susceptible u órganos ó tejidos específicos en donde puedan proliferar.

También a la Microbiología Médica le concierne prevenir y controlar las enfermedades. (20, 82)

- Microbiología acuática.

El microbiólogo también se interesa en el estudio de las formas que se encuentran en un medio concreto.

Los microorganismos que se hallan en el ambiente mismo, en los estuarios, o en el agua dulce, con frecuencia, son los mismos encontrados en el suelo o en el aire y los que dan calidad sanitaria al agua; pero su localización y actividades especializadas merecen considerarse por separado. (20,82)

- Microbiología de la leche.

Sustancias medicinales, bebidas alcoholicas, enzimas y acidos son algunos ejemplos de lo que, a escala comercial, producen los microorganismos. Las actividades químicas útiles de las bacterias, levaduras, mohos y algas, son explotadas para obtener de estos microorganismos productos de valor, después de haberlos cultivado en medios relativamente poco costoso. (20,82)

- Microbiología del Espacio (Exobiología)

Es el estudio de la posible existencia de micrororganismos, en el espacio exterior y en los planetas (vida extraterrestre) o el establecimiento de tipos terrícolas en otros planetas por los astronautas o vehículos espaciales. También abarca el uso potencial de microorganismos como alimento y energía así como el mantenimiento de un equilibrio adecuado oxígeno-dióxido de carbono en los vehículos espaciales. (82)

- Microbiología de los Alimentos.

Muchos alimentos sirven de igual manera para nutrir a los microorganismos y a los seres humanos. Para asegurarse que el alimento es inocuo para el consumo humano debe ser cuidadosamente tratado, guardado y preparado. Las enfermedades que se transmiten mediante los alimentos son infecciones o intoxicaciones. Las infecciones son causadas por diferentes organismos entre los cuales el género Salmonella es muy común. Entre los microorganismos que causan intoxicación alimentaria se encuentran los del género Staphylococcus y Clostridium. (14,69,82,25)

Muchos micrororganismos son también benéficos para los seres humanos, ya que al fermentar originan bebidas alcohólicas, queso, pan y otros productos importantes.

Las bacterias, levaduras y algas producidas en cantidades masivas, son fuentes importantes de alimento para los animales

o el hombre. Redituan grandes, cosechas celulares ricas en proteínas (proteínas de una célula). Las células bacterianas se desarrollan en los desechos hidrocarbonados de la industria petrolera y sirven como fuente de proteínas en Francia, Japón, Formosa y la India. Las cosechas de levaduras obtenidas de las cubas de fermentación de bebidas alcohólicas, han sido aprovechadas como suplemento alimenticio durante generaciones.

2.1 Características Generales de la Microflora en los Alimentos.

2.2.1 Mohos.

Se da el nombre de moho a ciertos hongos multicelulares filamentosos, cuyo crecimiento en los alimentos se conoce fácilmente por su aspecto aterciopelado o algodonoso. (29, 22, 23).

Caracteres morfológicos.

La morfología, es decir forma y estructura macro y microscópica de los mohos sirve de base para su identificación y clasificación. (20, 22, 25).

Hifas y micelio.- Los mohos están constituidos por filamentos ramificados y entrecruzados llamados hifas, cuyo conjunto forma el micelio. Un pequeño grupo de mohos produce esclerocios que son masas de hifas fuertemente apiladas. Dichos esclerocios son mucho más resistentes al calor y a otras condiciones adversas que el resto del micelio. Las hifas se dividen en dos géneros de Mohos. Septadas y no septadas.

Ciertas partes o estructuras del micelio ayudan a la identificación de los mohos. Ejemplo: los rizoides o "raicillas" del Rhizopus y Absidia la célula basal de Aspergillus y los dicótomas o ramas en forma de Y de Penicillium.

Estructura o partes reproductoras.

Generalmente la reproducción se realiza por medio de esporas asexuales. Algunos hongos forman también esporas sexuales y reciben el nombre de "perfectos". (6, 69, 82).

Esporas asexuales. Los tres tipos más importantes son:

- 1) Conidios, 2) artrosporas u oídos y 3) esporangiosporas.

Esporas sexuales.-La clasificación de los mohos que producen esporas sexuales se basa en la forma en que estas se reproducen y en el tipo originado. Los hongos septados (Ficomicetos) que producen zoosporas se denominan Oomicetos. Los zigomicetos producen zigosporas. Estas dos están recubiertas por una fuerte membrana que les permiten resistir la desecación durante largos periodos de tiempo. Los ascomicetos (septados) producen las ascosporas. Los basidiomicetos producen basidiosporas. (8, 69, 82).

Características Fisiológicas.

Necesidades hídricas. En general necesitan menos humedad que las levaduras y las bacterias (51, 95).

Cada microorganismo tiene un valor de Aw máximo, neto para su crecimiento. Cada moho posee también un valor de Aw óptimo y un intervalo en el cual puede crecer a valores de Aw inferiores de 0.62 cesan todas las posibilidades de crecimiento de los mohos; una Aw inferior a 0.70 es suficiente para inhibir a la mayoría de los mohos productores de alteraciones alimenticias. (15, 81, 95).

temperatura. La mayoría de los hongos se consideran mesófilos es decir crecen bien a la temperatura ambiente. La temperatura óptima para la mayoría es de 25 a 30°C. Algunas especies de Aspergillus crecen bien a 35-37°C. Cierta minoría de hongos son psicrófilos.

es decir crecen a temperatura de refrigeración $\leq 10^{\circ}\text{C}$.

Necesidades de oxígeno y pH.- Los mohos necesitan oxígeno para desarrollarse, son aerobios. La mayoría crecen en un intervalo de pH muy amplio (2a.8.5), pero casi todos se desarrollan en un pH ácido. (34,57,95).

Necesidades Alimenticias.- En general utilizan diversos tipos de alimentos tanto sencillo como complejos. (82,83).

2.2.2. Levaduras.

Las levaduras son tan difíciles de definir como los mohos. Las levaduras se clasifican botánicamente teniendo presentes principalmente sus caracteres morfológicos. Las levaduras son oxidativas, fermentativas o ambas a la vez (25,34,82).

Caracteres Morfológicos.

Forma y Estructura.-La forma de las levaduras es muy variable: ovoide, almonada, periforme, cilíndrica, triangular o incluso en forma de micelio verdadero o falso. Partes estructura: la pared celular, citoplasma, vacuolas acuosas, glóbulos de grasa y gránulos meta cromáticos, albuminoideos o amiláceos. (82).

Reproducción.-La mayoría se reproducen asexualmente por gemación polar o multilateral.

La reproducción sexual de las levaduras "verdaderas" (ascomicetos) se realiza por ascosporas, sirviendo la propia célula de asca (24,82).

Las levaduras oxidativas pueden crecer formando una película o velo sobre la superficie de los líquidos y se denominan levaduras formadoras de película. Las fermentativas suelen crecer en toda la masa líquida. (34,82).

Características Fisiológicas.-

Necesidades hídricas.-Crecen mejor en medios de gran cantidad de agua. Muchas crecen en presencia de concentraciones de solutos, como azúcar o sal. Las levaduras pueden clasificarse como normales si no crecen en concentraciones de solutos altos, es decir, Aw baja, y como osmófilas si son capaces de hacerlo. Los límites inferiores de Aw para levaduras normales varían entre 0.88 y 0.94. Levaduras osmófilas crecen lentamente en medios con una Aw tan baja como 0.62 - 0.65 (en jarabes). (15, 81, 95).

Temperatura.-Intervalo óptimo alrededor de 25 a 30°C y un máximo de aproximadamente 35-47°C. El crecimiento de la mayoría de las levaduras se ve favorecido por un pH ácido próximo a 4-4.5. Crecen mejor en condiciones aerobias, las fermentativas pueden hacerlo lentamente, en condiciones anaerobias.

En general, los azúcares son los mejores alimentos energéticos, aunque las oxidativas, oxidan ácidos orgánicos y alcoholes. (24, 69, 81).

2.2.3 Bacterias.

La identificación o reconocimiento de las bacterias que se encuentran en los alimentos es mediante la utilización de un examen microscópico, para observar la forma, tamaño, estructura, y reacciones de tinción en las bacterias presentes. Algunas de estas características son:

Encapsulación.- La presencia de cápsula o mucílago puede ser la causa de la mucosidad o viscosidad de los alimentos.

Las cápsulas de las bacterias resisten a las condiciones adversas tales como la temperatura y los antisépticos.

Formación de Endosporas.- Los géneros Bacillus y Clostridium forman, endosporas, las esporas bacterianas son más

resistentes al calor. Las bacterias que las correspondientes formas vegetativas.

La esporulación ocurre en células maduras al final de la fase logarítmica de crecimiento, cuando comienzan a escasear los nutrientes y a acumularse -- productos. Es inducida por determinadas sustancias químicas, que primero incrementan el contenido de DNA y después causan la formación de esporas y se ve favorecida por un intervalo reducido de pH, presencia y ausencia de oxígeno, un decremento de temperatura que la que se

requiere para su crecimiento, presencia de ciertos iones metálicos (Mn^{++}), ausencia de inhibidores (como los ácidos grasos), suministro de glucosa y disponibilidad de nitrógeno. Durante el proceso la proteína celular se convierte en proteína de la espóra y enzimas especiales. El ácido sérbico y el pH ácido inhiben la germinación al igual que ciertos cationes divalentes, el almidón y los ácidos oleico y linoleico. (Mg, Ca, Fe).

Los principales factores que influyen al crecimiento de las bacterias son: nutrientes, humedad, temperatura, concentración de hidrogeniones, potencial de oxidación-reducción y presencia de sustancias inhibitorias. La combinación de estos factores es la que determina que organismo ha de crecer y los cam bios que se producirán.

Coloración de Gram. - Esta técnica diferencial es una de las de uso más común en microbiología. El frote bacteriano se somete a las siguientes soluciones en el orden que se indica: cristal violeta, solución de yodo, alcohol (decolorante) y safranina o alguna otra solución colorante de contraste conveniente. Las bacterias sometidas al método de Gram pertenecen a dos grupos: bacterias gram positivas, que retienen el cristal violeta; las bacterias gram negativas que pierden el cristal vio

leta y que por el contraste de la safranina aparecen rojas. En la tabla se señalan los pasos y los resultados en cada etapa del procedimiento. (82).

Tabla 2.2 Coloración Gram.

Soluciones aplicadas por su orden	Reacción y Apariencia de las bacterias	
	Gram positivas	Gram negativas
1.- Cristal violeta	Las bacterias se tiñen de color violeta	Las bacterias se tiñen de color violeta
2.- Solución Yodo yodurada (I)(Iugol)	Se forma el complejo Cu-I dentro de las bacterias, las cuales permanecen de color violeta.	Se forma el complejo Cu-I dentro de las bacterias, las cuales permanecen de color violeta.
3.- Alcohol	Las paredes celulares se deshidratan, hay retención de los poros, la permeabilidad disminuye, el complejo Cu-I no puede salir de las bacterias y estas permanecen de color violeta.	Extracción de lip. de las paredes celulares, aumento de porosidad. El complejo Cu-I sale de la bacteria.
4.- Safranina	Las bacterias no afectadas permanecen de color violeta	Las bacterias toman este colorante y se tiñen de color rojo.

Tabla 2.3

Algunas Características de las bacterias gram positivas y gram negativas.

Características	Diferencias relativas	
	Gram positivas	Gram negativas
Composición de la pared celular	Baja en lípidos (1-4%)	Alta en lípidos (11-22%)
Susceptibilidad a la penicilina	Más susceptible	Menos susceptible
Inhibición por colorantes básicos p.ej. cristal violeta	Inhibición notable.	Menos inhibición
Necesidades nutritivas	Aminoácidos, péptidos ó protefnas.	Relativamente simples
Resistencia a la desintegración por métodos físicos.	Más resistente	Menos resistente

Nutrientes.-

La fuente de energía que utilizan las bacterias de los alimentos las diferencian. Por ejemplo: Las bacterias coliformes y las especies de Clostridium aprovechan gran variedad de carbohidratos: Las Pseudomonas solo pueden utilizar uno o dos variedades de estos: otras utilizan compuestos carbonatados, como ácidos orgánicos y sus sales, alcoholes y ésteres (algunas especies de Pseudomonas). Otras bacterias requieren de sustancias nitrogenadas por ejemplo algunas especies de Pseudomonas pueden satisfacerse con compuestos nitrogenados sencillos como amoníaco o nitratos: otras especies utilizan compuestos complejos, como aminoácidos, peptidos y proteínas. En general, cuanto mas enriquecido sea el medio para un microorganismo, mas amplio es el intervalo de temperatura, pH y Aw en el que pueden crecer (31, 81, 95).

Humedad.-

Las bacterias crecen bien a una actividad de agua (Aw) próxima a la unidad (de 0.995 a 0.998): es decir a concentraciones bajas de azúcar o sal. Las bacterias requieren que en sus medios de cultivo no sucedan al 1% en azúcar o 0.85% de cloruro sodico. Un 3-4% de azúcar y 1-2% de sal pueden inhibir el crecimiento bacteriano. Algunas bacterias crecen a Aw inferiores, ejemplo: Pseudomonas a 0.97, Achromobacter genovesis a 0.96, Staphylococcus aureus a 0.89 y Clostridium botulinum a 0.95 (15, 81, 95).

Temperatura.-

De acuerdo con su resistencia a la temperatura, los microorganismos se clasifican en los siguientes grupos:

a) Psicrófilos o Criófilos. Aquellos que tienen una temperatura óptima de desarrollo inferior a los 20 grados centígrados y son capaces

de crecer a los 5 y 10 grados cent. Algunas especies de Micrococci crecen bien a una temperatura alrededor de los 10°C o incluso más baja.

Erystococcus. Isotria y Streptococcus crecen a 10°C (14, 22, 27).

b) Mesófilos.-Temperatura de crecimiento entre 20 y 45°C, se desarrollan optimamente a 35°C de temperatura, no tiene viabilidad a menos de 5°C. Ejemplos la mayoría de las bacterias son mesófilas. Pseudomonas, Streptococcus, Lactobacillus, etc.

c) Termófilos o Termofílicos. Crecen arriba de los 45°C se desarrollan optimamente a 55°C; por ello y por su elevada termorresistencia son los que más graves problemas pueden ocasionar. Los microorganismos termófilos pueden crecer lentamente arriba de 75°C. Ejemplo.-Micrarchaeus varians resiste la pasteurización comercial de la leche; Clostridium botulinum.

Concentraciones de Hidrogeniones.-La mayoría de las bacterias crecen mejor a un pH casi neutro. Cada organismo tiene un pH de crecimiento óptimo, mínimo y máximo.

Potencial de Óxido - reducción.-Basándose en su respiración las bacterias se clasifican como aerobias si necesitan oxígeno libre, anaerobias si no lo necesitan y facultativas cuando crecen con o sin oxígeno libre. Las sustancias oxidantes o reductoras de un medio lo convierten en favorable para el crecimiento, de bacterias aerobias o anaerobias respectivamente. La exposición de un alimento al oxígeno libre (aire) determinará una elevación del potencial de óxido-reducción de la superficie y afectará a su interior. (19, 21, 22).

Stancias Inhibidoras.

El ácido benzoico inhibe a las bacterias. La adición de algunas sustancias tales como los propionatos, inhiben

a los hongos y algunas bacterias. (34, 81).

2.3 Microflora general de alimentos ácidos (en conservas alimenticias). (34, 45, 57, 62, 95).

Diversos grupos están involucrados en el deterioro de alimentos ácidos, tal es el caso de bacterias esporuladas y no esporuladas, hongos y levaduras. Al reducirse el valor de pH, se reducen las especies de microorganismos capaces de proliferar.

-Bacterias formadoras de esporas.

Una de las bacterias más importantes de este grupo es Clostridium pasteurianum; bacteria anaerobia, mesófila, presenta actividad fermentativa intensa, y semi actividad proteolítica. Perteneció al grupo de bacterias del ac. butírico, fermentando carbohidratos (azúcares, almidón, pectina) resultando la formación de ácido acético y butírico, además de gases, como CO_2 y H_2 . (45).

Dadas las características señaladas anteriormente al Cl. pasteurianum causa alteraciones fácilmente identificables tanto como en su aspecto, como en su aroma (olor butírico o de queso). (34, 57, 95).

Su temperatura óptima de crecimiento oscila entre 28° y 32°C, siendo que en relación a su pH, es capaz de crecer con pH por encima de 3.7 y particularmente mayor a 4.0. Su pH limitante se considerara de 3.7.

Otra bacteria anaerobia que se ha aislado en alimentos ácidos, es el Clostridium botyricum, que presenta características semejantes al Cl. pasteurianum. Se ha encontrado en caso de deterioramiento de tomate y frutas, enlatadas (pera), generalmente con pH arriba de 4.0 (34, 57, 65, 95).

Entre las bacterias esporuladas aerobias o anaerobias facultativas, la bacteria más importante es el Bacillus coagulans

(B. thermocidurans), presenta las siguientes características: -Bastones móviles, gram-positivos, anaerobio facultativo. Temperatura óptima alrededor de 45°C con intervalo de crecimiento entre 30 y 35°C (termófilas facultativas). Su pH óptimo para su crecimiento es 5.0, pero crece también a pH 4.0, habiendo variaciones de acuerdo con la carga de microorganismos contaminantes. En relación a su metabolismo, presenta actividad fermentativa sobre carbohidratos, particularmente azúcares, con producción de acidez sin gas. En estas condiciones el crecimiento de esta bacteria en alimentos enlatados, no es fácilmente perceptible, habiendo normalmente una acidificación de tipo agriado plano ("flat sour"). Constituyendo un serio problema de deterioramiento de jugos, particularmente de tomate. Esta bacteria no es muy resistente al calor.

También B. coagulans, se ha encontrado en casos de deterioramiento de frutas y hortalizas enlatadas, también ha sido atribuidas al grupo B. macerans - B. polymyxa. Estas bacterias constituyen una excepción dentro del género Bacillus, presentando intensa actividad fermentativa, producción de gas (aerobacilos). B. polymyxa presenta fermentación de tipo butileno glicólica (producción de ácido láctico acético, además de gases como CO_2 , H_2 y butileno glicol). El B. macerans tiene como principal producto final acetona y alcohol etílico. Son capaces de crecer en alimentos con pH no abajo de 3.8 - 4.0.

En la tabla 2-4 se muestran algunas bacterias formadoras de esporas importantes en el deterioro de alimentos enlatados (conservas alimenticias).

- Bacterias no Esperuladas.

Las bacterias más importantes no esporuladas, las que se crecen en productos ácidos, son las representantes de la familia Lactobacillaceae, destacándose los siguientes géneros.

- Lactobacillus.-Bacteria en forma de bastones, inmóviles, Gram +. La mayoría son mesófilas, presentando actividades fermentativa sobre carbohidratos, habiendo variaciones en cuanto a los productos finales de fermentación:

a) Homofermentativas.- producción de ac.láctico, sin gases.

b) Heterofermentativas.-producción de ac.láctico, alcohol-etílico, y CO₂.

- Leuconostoc sp. Bacteria en forma de cocos pareados ó en cadenas, son heterofermentativos.

- Streptococcus.-Bacterias en forma de cocos en cadenas, son homofermentativos.

- Pediococcus.- En forma de cocos tetrados, homofermentativos.

Estas bacterias crecen en ambientes con bajo potencial de óxido - reducción, siendo microaerófilas; se les asocia con procesos de fermentación de vegetales. (29, 57, 69, 71, 81, 95).

HONGOS

Los hongos son poco importantes en los alimentos enlatados ya que presentan en común poca resistencia térmica, de tal forma que su presencia es fácilmente evitada. Sin embargo, existen algunas excepciones como el género Hyssoglyphus, particularmente H. fulva y H. nivea, involucradas en procesos de deterioramiento de frutas enlatadas. Estas especies presentan las siguientes características: (29, 37, 69, 81, 95).

- a) Tolerancia a baja tensión de oxígeno (10 libras de vacío)
- b) Presentan resistencia térmica (10 min. a 190°F 82°C) o 10 min. a 212°F (100°C).
- c) Poseen intensa actividad pectinolítica, produciendo la maceración del alimento a consecuencia de su crecimiento.
- d) Liberan CO₂

Levaduras.

Debido a su baja resistencia térmica, raramente se les asocia con procesos de deterioramiento. (14, 17, 81, 85)

2.4 Microflora General de alimentos de baja acidez.

- Bacterias Termofílicas productoras de agriado Plano "FLAT-SOUR". Aerobias y anaerobias facultativas. Solamente bacterias esporuladas pueden sobrevivir al proceso térmico en alimentos de baja acidez. Este tipo de alteración "flat-sour" ocurre más frecuentemente en vegetales enlatados. "flat-sour" se caracteriza por la producción de acidez pero no gas y un ligero olor a fermento. Esto ocurre más frecuentemente en vegetales enlatados. El "flat sour" es causado generalmente por Bacillus stearothermophilus.

- Bacterias Anaerobias termofílicas. Son muy resistentes al calor. Anaerobias obligados. Productoras de acidez y gas. A este grupo la más importante es el tipo Clostridium thermosaccharolyticum.

- Productoras de H₂S "Sulfide Spoilage". Bacterias termofílicas anaerobias. La especie Clostridium nigrificans se le atribuye este tipo de contaminación.

- Bacterias anaerobias putrefactivas. Mesófilas formadoras de esporas. Las especies más importantes son: Cl. botu-

linum, Cl. butyricum, Cl. sporogenes. La destrucción del Cl. botulinum es el estándar mínimo para el procesamiento de alimentos de baja acidez. La bacteria anaerobia putrefactiva (A.P.) 3679 es más resistente al calor que Cl. botulinum. Si el calentamiento es adecuado para matar las esporas de AP no. 3679, el proceso asegura también la destrucción del Cl. botulinum.

(En este capítulo se comentará con más detalle este microorganismo). (34, 57, 69, 71, 81, 95).

Bacterias Mesofilicas Aerobias formadoras de esporas.

Este grupo de microorganismos es de poca importancia en comparación con las Anaerobias putrefactivas, debido a:

- a) El vacío en los alimentos enlatados inhibe su crecimiento.
- b) - Especifico a producir marcados cambios en los alimentos.

Sin embargo algunas especies de este grupo tienen considerable resistencia al calor. Algunas especies de Bacillus pertenecen a este grupo. (34, 57, 69, 92, 95).

En la tabla 2-1 se muestran algunas bacterias formadoras de esporas importantes en el deterioro de alimentos enlatados (conservas alimenticias). (34, 69).

Levaduras, Hongos y Bacterias no formadoras de esporas.

Deterioro de alimentos enlatados de baja acidez con este tipo de microorganismos es poco común. La presencia de ellos indica: a) esterilización deficiente; b) contaminación debida a un cierre defectuoso. Este tipo de microorganismos son controlados por un proceso corto a temperatura baja 100°C). (212°F)

TABLA 2-4

Bacterias formadoras de esporas de importancia en el deterioro de alimentos enlatados (conservas alimenticias).

Temperatura aproximada de crecimiento óptimo. (°C)	Acidez del Alimento	
	Acidez pH 4.6	Baja Acidez pH 4.6
Termófilicos 55°	<u>E. coagulans</u>	<u>C. thermosaccharosliticum</u> <u>C. nigrificans</u> <u>E. stearothermophilus</u>
Mesófilicos 35°	<u>C. butyricum</u> <u>C. pasteurianum</u> <u>B. masseranae</u> <u>B. polymixa</u>	<u>C. botulinum A y B</u> <u>C. sporogenes</u> <u>B. lignosus</u> <u>F. subtilis</u>
Psicrofílicos ó Criofílicos 20°		<u>C. botulinum I.</u>

2.4.1 Botulismo y su importancia en los Alimentos procesados o Conservas Alimenticias.

Botulismo.

El botulismo es una intoxicación, es decir una enfermedad producida por la ingestión de una exotoxina secretada en los alimentos por el microorganismo Clostridium botulinum. Esta bacteria se encuentra presente en la tierra y en la materia fecal de humanos. C. botulinum es una bacteria anaerobia, en forma de bastoncillo, formadora de esporas, anaerobia. No crece en presencia de oxígeno libre, ni sobre la superficie, soporta el crecimiento de muchos otros tipos de bacterias. Esta bacteria patógena produce una toxina la cuál se caracteriza por producir trastornos neuroparalíticos periféricos que llevan a la muerte por parálisis de los músculos respiratorios. (47, 53, 74)

Seis tipos de C. botulinum se han encontrado: tipos A, B, C, D, E y F. Cada tipo produce una específica y diferente exotoxina, pero los síntomas son los mismos. El tratamiento contra el botulismo es muy drástico. Consiste en inyectar la antitoxina o suero que son específicos al particular tipo de toxina por vía intravenosa lenta someter al enfermo a una lavada intestinal con 35 litros de solución salina, extraerle y sustituirle el líquido cefalorraquídeo 2 o 3 veces y mantenerlo con suero glucosado y vitaminado por vía intravenosa, ya que se puede debilitar mucho con este tratamiento. La intoxicación es causada por ingestión de exotoxina producida por el microorganismo C. botulinum; no es causada por el organismo en sí. Cuando el microorganismo llega a contaminar a un alimento y este se guarda en algún recipiente herméticamente cerrado - como sucede en el caso de las latas de conservas -, si no se esteriliza completamente el C. botulinum empieza a reproducirse y secreta la toxina. Las toxinas son inactivadas por calor a 100°C durante 10 minutos. Las más tóxicas para el hombre son A, B, y E. Los tipos A, B y D son proteolíticas, producen un extremado olor a putrefacción fetida. Los tipos B y E no producen este olor. Los tipos A y B se han encontrado en vegetales y el tipo E generalmente en pescados. (61, 62, 74).

Los principales alimentos en conservas que podrían ser portadores del C. botulinum son: los espárragos, champiñones, carne de cerdo, jamones ahumados, pescados, mariscos, sopas y cremas de verdura con caldo. (21, 61, 74, 81).

Si los alimentos se hierven o frien antes de ser enlatados, el calor destruye cerca del 90% de las toxinas, sin embargo, basta con una dosis milésima de gramo de toxina para causar la intoxicación a un hombre adulto.

C. botulinum es un organismo productor de gas. Su temperatura óptima de crecimiento para el desarrollo de la toxina es de (18 a 30°C) - (65 a 85°F). Crece en alimentos con un contenido de cinco a diez por ciento en sal, sin embargo la sal de curación de carnes y pescados, puede prevenir el crecimiento de C. botulinum. Esta bacteria requiere de proteínas para su crecimiento, además no soporta los medios con acidez muy alta. Por ello es casi imposible que llegue a presentarse la toxina en frutas en almibar, chiles y verduras en vinagre, jugos de frutas, y verduras ácidas. (62,69,81,95).

Síntomas del Botulismo.

Los síntomas de la intoxicación se presentan a lo largo de tres etapas. La primera empieza después de 36 a 48 horas de haberse ingerido la toxina. Los síntomas son vagos. Consisten en asco y sensación de cansancio o flojera. Rara vez hay vómito dolor de cabeza. El padecimiento en esta fase, dura de 3 a 6 días. Si se es tratado en esta etapa el 99% de los casos podrían salvarse.

En la segunda etapa los síntomas se definen claramente como: debilidad de los músculos del cuello y las manos dificultad para controlar las manos, hablar y deglutir. Además se debilitan los músculos ópticos, el enfermo "hace bizcos" y ve doble. En esta etapa, solo del 1 al 5% de los casos responde al tratamiento y se salva.

Después de una semana, y en ocasiones hasta dos, se presenta la última fase. En ella se agrava los síntomas anteriores, se llegan a sufrir convulsiones y, al cabo de 6 días, en los cuales el enfermo conserva la lucidez en todo momento, sobreviene la muerte por asfixia. (61,62,69,74).

En Estados Unidos han existido varios casos de botulismo. Generalmente en México no se imparten conocimientos sobre el botulismo en las escuelas de medicina, ya que se considera una enfermedad rara y por lo tanto no se espera que se presente. Sin embargo, en brotes de botulismo que ha habido en México murieron muchas personas por la ingestión de alimentos con la toxina. El botulismo es una enfermedad grave, difícil de detectar y de curar. (61, 62, 74).

Conservas caseras que contienen *C. botulinum*, las cuales ocasionan el "Botulismo" en el humano.

Varias muertes ocurren cada año por botulismo ocasionado por conservas caseras. La causa es una esterilización inadecuada de las conservas caseras, por no utilizar una alta temperatura para destruir las esporas, o por un procesamiento a corto tiempo, o una combinación de estas condiciones. Las personas que elaboran conservas caseras deben limitarse hacer frutas en almíbar, chiles o cebollas en escabeche, y no deberán envasar alimentos cárnicos, pescados ni verduras de baja acidez, como los champiñones, espárragos, etc. (25, 57, 61, 62, 74).

3.- ENVASES.

- 3.1 Importancia y Función
- 3.2 Fabricación de envases de hojalata
 - 3.2.1 Ventajas y desventajas
 - 3.2.2 Fenómenos más comunes de las latas
- 3.3 Barnices Sanitarios y Formación de envases
 - 3.3.1 Composición y Propiedades
 - 3.3.2 Proceso de barnizado
 - 3.3.3 Defectos de barnizado
- 3.4 Sistema de Cierres en los envases de hojalata
 - 3.4.1 El sello doble
 - 3.4.2 Evaluación de cierres de envases
- 3.5 Operaciones que afectan la integridad de la lata
 - 3.5.1 Operación de escaldado
 - 3.5.2 Capacidad de llenado de las latas
 - 3.5.3 Obtención de vacío
 - 3.5.4 Operación de Enfriado
- 3.6 Alternativa.- Bolsa Flexible ó Envase Flexible esterilizable (Retort Pouch)
 - 3.6.1 Ventajas
 - 3.6.2 Factores a considerar para la esterilización en Bolsa esterilizable.
 - Espesor de la Bolsa
 - Gas Residual
 - Tamaño de la bolsa

ENVASL.

3.1 Importancia:

El envasado forma parte de los sistemas de conservación y de hecho si es deficiente, puede modificar todo lo que se logró durante la práctica más meticulosa de procesamiento. - Por lo tanto cualquiera que sea la forma de conservación de los alimentos, una de las operaciones tecnológicas a considerar es el envasado. Ciertamente no es necesario que el tecnólogo sea un Ingeniero de empaques pero de hecho le será imposible evitar de ocuparse de problemas relacionados - con ellos. (envases). (31, 41, 45, 83)

En los sistemas de conservación de Alimentos, por medio de la Esterilización por calor, el envase es parte fundamental. (59, 75, 83)

Función del envase para Alimentos: además de contenerlo (31, 32, 41, 44, 45, 73, 83)

- A Conservación del Alimento.
 - Cuidar del deterioro de la estabilidad Fisicoquímica. Las cuales se pueden deber a luz, humedad.
 - Protegerlos de la acción microbiológica.
- B Mayor vida de anaquel
- C Facilidad de manejo para el transporte
- D Facilidad de distribución del Alimento
- E Presentación al Consumidor

Condiciones mínimas para el envase:

- 1.- Compatibilidad envase alimento
- 2.- Funcionalidad

- 3.- Disponibilidad en el mercado
- 4.- Ser normalizable
- 5.- Que tenga posibilidad de ser etiquetado o impreso.
- 6.- De fácil eliminación después del uso
- 7.- Precio adecuado en función del producto a envasar

Los materiales más utilizados actualmente para envase son: hojalata, vidrio, plástico y cartón y combinación de - plástico con papel, plástico-plástico, etc.

Estos materiales para cumplir con su función, que es - conservar el alimento de cualquier tipo de deterioro; ofrecen una serie de ventajas y desventajas a considerar, las - cuales deban ser estudiadas detalladamente para seleccionar adecuadamente el tipo de material de envase para cada - proceso y producto, de tal manera que no se originen ries- - gos por su uso.

En México, el envase más utilizado para alimentos procesados térmicamente es la hojalata. Por lo cual nos referi- - remos a este. (30, 31, 45, 57, 59).

3.2 Fabricación de envases de hojalata.

El proceso de fabricación de la hojalata, parte del - acero, 99.5% en su composición y un recubrimiento de estaño por ambos lados. Los productos envasados en hojalata deben presentar estabilidad química. (3, 30, 31, 41, 44, 57)

Investigaciones Tecnológicas, en los últimos años, han aportado sistemas y técnicas para la utilización de estos - envases usando diversos barnices, los cuales forman una ca- - pa protectora, como medio aislante del producto envasado y (más adelante se mencionan a estos barnices con más deta

talle) la hojalata. El espesor de la capa de estaño fluctua entre ocho y treinta y dos millónesimas de centímetro (800 a 3200 u).

Es importante considerar la naturaleza del metal base empleado en la fabricación de la hojalata; Los cuales se clasifican en los siguientes tipos; de acuerdo a su composición: (30, 45, 57, 59)

- Hojalata tipo L. Para productos muy corrosivos. Algunas frutas, chiles etc.
- Hojalata tipo MR. Para productos moderadamente Corrosivos. Tomate y derivados, carnes, pescado, productos de leche, bebidas carbonatado, cerveza etc.
- Hojalata tipo MC. Para productos poco corrosivos. - Miel mermelada, aceite comestible etc.
- Para productos no corrosivos se puede utilizar MR o MC. Sopas deshidratadas, nucces etc.

Los envases sanitarios de hojalata deben ser elaborados con materiales aptos y resistentes a las distintas etapas de fabricación y a las condiciones normales de almacenamiento. No deben generar sustancias tóxicas cuando esten en contacto con el producto enlatado, ni desprender partículas que alteren las características sensoriales del alimento.

La dureza del metal base es de suma importancia sobre todo en envases que son sometidos a tratamiento térmico en autoclave, elatado al vacío y otros procesos, los cuales deben resistir a la presión aplicada.

Lata Sanitaria puede definirse como: recipiente rígido, preparado para contener productos sólidos o líquidos, el -

cual puede ser cerrado herméticamente. (70, 73).

En la fig. 3.1 se muestran las características de la construcción de la lata sanitaria. (83).

Algunos de los requerimientos y funciones generales - más importantes de los envases sanitarios son los siguientes. (30, 31, 32, 73, 83)

- Protección Sanitaria.- Contra microorganismos y contaminantes.
- Ausencia de toxinas e incompatibilidad con el alimento.
- Protección contra pérdida o asimilación de humedad y grasa.
- Impermeabilidad a gases y vapores.
- Protección contra la luz
- Rigidez y resistencia a los impactos
- Hermeticidad
- Facilidad de apertura
- Facilidad de deshecho
- Apariencia, facilidad para ser litografiado o etiquetado.
- Bajo costo (relación producto-envase)
- Características especiales

Los envases que están en contacto directo con los alimentos deben estar libres de sustancias tóxicas y ser compatibles con el alimento, para que no provoquen cambios de color, sabor, textura y otras reacciones químicas indeseables. (73)

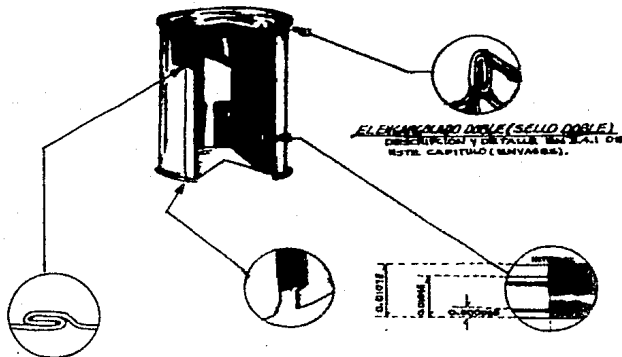
3.2.1 Hojalatas: Ventajas y Desventajas.

Ventajas.- (30, 31, 57, 83)

FIG. 3.1

CARACTERISTICAS DE LA CONSTRUCCION

FORMACION DE LA LATA SANITARIA ESMALTADA.



EL ENGARGOLADO LATERAL.
 LOS BORDOS DEL CILINDRO
 SE ENGANCHAN Y SE PRESIONAN
 JUNTOS. EL SELLADO FINAL
 SE LOGRA SOLDANDO EL EX-
 TERIOR DEL ENGARGOLADO LA-
 TERAL.

EL CORTE.
 SE DE EXTENDIERA EL ENGARGO-
 LADO LATERAL HASTA EL INTERIOR
 DEL CILINDRO, SE TENDRAN QUE HE-
 CHER CUATRO CAPAS DE PASTA. EN EL
 ENGARGOLADO DOBLE. PARA EVITAR
 ESTO SE HACE UN CORTE PARA QUE
 SOLO UNA DOBLE CAPA DE PASTA SE
 EXTIENDA HASTA EL ENGARGOLADO DE
 DUE. ESTO PERMITE UN SELLADO MAS
 AJUSTADO.

LA HOJA DE LATA.
 ESTA DIBUJO TRANSVERSAL MUESTRA LOS
 PERFILES RELATIVOS DE LAS CAPAS COMPO-
 NENTES DE LA HOJA DE LATA. EL SUELO
 O INTERIOR ES DE ACERO; LA PRIMERA CAPA
 SOBRE AMBAS SUPERFICIES ES UNA ALEA-
 CIÓN DE ESTAÑO Y HIERRO, LA SEGUNDA ES
 DE ZINCO. LA SUPERFICIE INTERIOR ES
 DE RECUBRIMIENTO DE ESMALTE.

REF. (85)

U. N. A. M.	
MARTHA PATRICIA MUÑOZ MERCADO	FACULTAD DE QUÍMICA
MEXICO D.F. 1985	

- 1.- Rígidez, resistencia mecánica
- 2.- Buena conductividad térmica
- 3.- Impermeabilidad a gases y vapores
- 4.- Opacidad a luz y radiaciones
- 5.- Protección contra microorganismos y contaminantes
- 6.- Relativa inercia química (dentro de los límites - aceptables)
- 7.- Facilidad de manejo
- 8.- Materias primas reciclables

Desventajas.-

- 1.- Peso elevado
- 2.- Rígidez
- 3.- Ocupan espacio
- 4.- Necesidad de protección para productos de cierta - agresividad e imposibilidad de resistir la acción de productos agresivos.
- 5.- Elevado costo.

En la industria conservera ocupa el 95% de los envases.

3.2.2 Algunos de los fenómenos más comunes que pueden sufrir las latas durante su procesamiento y almacén son los siguientes: (25, 46, 57, 70)

- Corrosión Interna.- Esta depende de las condiciones físico químicas de la interfase metal-producto. En su mayor grado, las reacciones de corrosión provocan la perforación del envase o su abombamiento, como consecuencia de la formación de hidrogeno. El destañado parcial de la hojalata incorpora elementos metálicos fundamentalmente Sn, Fe, Pb.

Dada la variabilidad de la composición del material de

hojalata así como la agresividad de los alimentos, no se puede generalizar las propiedades de la hojalata relacionadas con su comportamiento frente a los alimentos. Para cubrir algunas exigencias de calidad relacionadas a la resistencia a la corrosión se realizan diferentes pruebas analíticas: I.S.V., A.T.C., tamaño de gramo.

- Corrosión Externa.- La corrosión externa depende principalmente de las condiciones ambientales (humedad, temperatura), de al macenamiento de la lata antes y después del procesamiento, - así como del mal manejo de transporte principalmente impac-tos.

- Incompatibilidad del barniz protector con el alimen to.

- Deformación de la lata, debida a la mala manipulación en operaciones claves tales como: un excesivo calentamiento pre al llenado; Mala distribución en la capacidad de llenado y por lo tanto una mala formación de vacío.

a) Formación de latas combadas.

b) Formación de latas aplastadas.

(más adelante se hablará con más detalle acerca de estas ope-raciones. Ver operaciones que afectan la integridad de la -lata).

3.3 barnices Sanitarios.

Definición.- Revestimientos orgánicos, que dan protec-ción a los envases de hojalata.

Los barnices utilizados para el revestimiento de los envases de alimentos son compuestos macromoleculares constitu-dos por una resina base-sustancia filmógena que constitu-ye el retículo del barniz- y otros componentes auxiliares - que le confieren propiedades particulares. Los barnices se

aplican, en forma de soluciones o dispersiones, en un disolvente orgánico, y que se transforma por evaporación del disolvente y una consecuente reacción química, en una película sólida que queda adherida al soporte metálico. (25, 31, 73, 95)

Condiciones que deben reunir los barnices para alimentos. (31, 73)

- Ser compatible con el producto envasado y resistir a su agresividad.
- Llevada adherencia
- Resistir las condiciones de esterilización y tratamiento térmico propias de la elaboración de cada tipo de alimento.
- Resistir al requemado de la soldadura en la formación de los envases de tres piezas.
- No afectar el sabor y olor del producto envasado.
- Libre de sustancias tóxicas y de aditivos no autorizados por las legislaciones.

Barnices de uso común para el envasado de Alimentos.

Las resinas base de mayor utilización que intervienen en la composición de los diferentes barnices pertenecen a las siguientes familias:

- Oleo-resinas
- Resinas fenólicas
- Resinas epoxifenólicas
- Resinas vinílicas
- Resinas acrílicas

De ellas solo las oleo-resinas son productos naturales. Las restantes son de naturaleza sintética, es decir, se obtienen por síntesis química.

3.3.1 Composición y Propiedades. (30, 31, 57)

Oleo - resinas.

Son barnices obtenidos por calefacción de resinas naturales (colofonía o copal) con aceites secantes (risino o similar), que se endurecen por polimerización y oxidación.

Son de bajo precio.

Características más comunes:

- Facilidad de aplicación con cualquier tipo de equipo de barnizado.
- Su comportamiento está poco ligado al espesor de la película.
- Tienen tendencia a la carbonización, en la operación de soldadura lateral de los envases de tres piezas, - por lo que no deben emplearse en fabricación elevada.
- Flexibles
- Resistente a los ácidos pero permeables a los iones - sulfuro ocasionando problemas de sulfuración de la hojalata. Estos problemas se pueden evitar por pigmentación con OZn , constituyendo así los barnices Tipo C - (de color dorado Blanquecino).
- Elevado residuo seco
- En general, bajo precio.

Resinas Fenólicas.

Resinas Fenólicas. Proceden de la condensación de fenoles sustituidos con formaldehído, sus características son las siguientes:

- Las películas producidas por estas resinas son firmes pero de flexibilidad limitada y poca resistencia a la deformación. Por lo que deben aplicarse en forma uniforme y controlada, con bajos espesores de película ($3-4 \text{ g/m}^2$) máximo.

- Aptas para la fabricación de cuerpos y tapas de envases convencionales de tres piezas.

- Excelente impermeabilidad e inercia química. Impermeabilidad a los iones sulfuro.

Resinas Epoxifenólicas. Las resinas epoxifenólicas.-

Se obtienen por combinación de bifenoles con epoxidos. La mezcla de una resina epoxi con una resina fenólica da lugar a la interacción de los grupos reactivos de ambas.

Igual que en las resinas fenólicas, la temperatura de secado es en estas de suma importancia. Las condiciones de aplicación comunmente empleadas son 200°C 12 min.

- En general, tiene una excelente adherencia y flexibilidad, lo que los hace útiles para envases de dos piezas y otros envases y piezas en que el material requiere una elevada resistencia a la deformación.

- Puede ser trabajado a altas velocidades

- Se considera como barniz universal, debido a su buena resistencia a la agresividad de la mayor parte de los alimentos.

- Aceptable resistencia a la sulfuración, pero inferior a los barnices fenólicos; Esta resistencia aumenta con la proporción de resina fenólica en el polímero, si bien a costa de pérdida de flexibilidad. Mejor resistencia que los fenólicos a la acción de polifosfatos y otros agentes conservadores empleados en productos cárnicos.

- Obtención de barnices metalizados por inclusión de la resina de polvo de aluminio; su misión es enmascarar los problemas de sulfuración. Aplicados en productos cárnicos y platos preparados. La película de barniz se recubre generalmente con una fina capa de ceras o silicones con propiedades -

deslizantes, de forma que los alimentos no queden adheridos sobre las paredes del envase.

- Obtención de barniz epoxifenólico pigmentado con estaño metálico, apto para los productos que requieran la presencia de este metal, para evitar problemas de oxidación y pérdida de las características organolépticas del alimento.

Resinas Vinílicas.-

Se obtienen por polimerización y/o cloruro de vinilo.

- Sus cualidades son: flexibilidad, buena adherencia - particularmente sobre aluminio y ausencia de sabor y olor.

- No resisten al requemado de la soldadura y tienen una resistencia limitada a la esterilización. Unido a su mala adherencia directa sobre la hojalata no se emplea para envases convencionales de tres piezas. Pero si como segunda capa, sobre una primera capa de barniz de enganche epoxifenol, aplicada sobre el envase ya formado y de tres piezas convencionales.

Resinas Acrílicas.-

Constituidas por copolímeros de diversos ésteres del ácido acrílico y metaacrílico.

- Se utilizan para el envasado de productos que requieran una elevada resistencia al tratamiento térmico y deban retener su color natural, tales como las hortalizas.

- Excelente presentación. Generalmente en forma de esmalte blanco "porcelanizado".

- Resisten la acción de los sulfuros, resultando de gran utilidad para el envasado de hortalizas y productos con problemas de sulfuración.

En el cuadro No. 3.1 se presentan las estructuras de -

los barnices de uso común. Y en las tablas 3-1 y 3-2 a manera de resumen, en forma esquemática se encuentran las características y usos principales de los barnices de uso común para el envasado de alimentos.

3.3.2 Proceso de barnizado.- (31)

La aplicación del barniz se efectúa en general, directamente sobre la hojalata antes de la constitución del envase. Solo en contadas ocasiones y uso específico se aplica el barniz sobre el envase terminado. Las máquinas barnizadoras trabajan en sistemas continuos con velocidades superiores de 7000 hojas/hora.

El proceso de barnizado consiste en la aplicación del barniz líquido sobre la hoja, por medio de un rodillo, con el ajuste adecuado dosifica el espesor de la película deseada. El barniz sobrante es reciclable.

Después la hoja se somete a un proceso de secado en horno que elimina el disolvente y confiere a la película el grado de polimerización necesarios.

El secado se efectúa con calefacción eléctrica o gas. Las hojas se desplazan verticalmente dentro del horno. Las temperaturas varían según el tipo de barniz, en un tiempo de permanencia de 10 a 12 min. dentro del horno. En la figura 3.1 se representa esquemáticamente el proceso de barnizado.

Quando se requiere una protección adicional del envase y en particular de la costura lateral, se puede efectuar un barnizado por pulverización sobre la superficie interior del envase ya formado.

En los últimos años se han desarrollado avances en los

procesos de barnizado (irradiación electrónica, radiación U.V. etc.) empero el proceso básico se mantiene.

3.3.3 Defectos de barnizado.- Los más comunes son:

- Discontinuidad de la película de barniz.- El origen de estos defectos se pueden deber a factores relativos al propio barniz (envejecimiento de la resina, disolvente inapropiado, contaminación por películas extrañas, etc.) o bien a la superficie metálica (tratamiento de pasivación, aceitado, contaminación con partículas de polvo etc.)

Estas discontinuidades pueden ser pequeñas y aisladas en forma de "ojos" ("eje-holes") o bien amplias zonas no recubiertas por el barniz ("dewetting")

Si el problema se debe a humectación, este puede eliminarse por un tratamiento térmico preliminar de la hojalata, bien parandola en los hornos de secado o por exposición a la llama, con el fin de eliminar el exceso de aceite siempre y cuando éste no sea aceite lubricante.

- Falta de adherencia.- Se puede deber a :

Rotura y desprendimiento de la película durante la deformación mecánica de la plancha.

Separación durante el tratamiento térmico.

- Separación por socavamiento del soporte metálico por corrosión, generalmente por discontinuidad de la película.

3.4 Sistema de Cierres.- (5, 29, 30, 31)

En los envases de hojalata, las tapas constituyen un elemento fundamental, si el cierre en la tapa es correcto, el envase se considerara que se encuentra herméticamente cerrado.

Las tapas de los envases que se van a someter a

vacío o sobrepresión presentan unos anillos de expansión, - que le confieren a la tapa elasticidad y resistencia a las dilataciones y cambios de presión que se producen durante - los procesos de esterilización y/o enfriamiento, evitando - que se deformen los cierres.

El cierre puede llevarse a cabo por dos procedimientos: soldadura y sertido, el que se utiliza actualmente es el segundo, que es una unión mecánica por inserción del borde del cuerpo con el borde de la tapa.

Se consigue así una estructura fuerte y compacta constituida por tres laminas de la hojalata de la tapa y dos del cuerpo, dispuestas paralelamente. Para hacer un sello hermético es necesario aplicar un material sellador (solución de goma) o compuesto de empaque (o cierre). El cual debe cumplir los siguientes requisitos para cumplir adecuadamente su función.

- Elasticidad
- Resistencia térmica
- No disolver grasas
- No contener componentes sulfurados
- No contener Pb y Zn

La cantidad del compuesto sellador dependera del diámetro del fondo de la lata, la temperatura de esterilización - del producto enlatado y el tipo de recipiente. La falta de - compatibilidad entre compuesto y producto podría causar -- ablandamiento, untuosidad, exhudación y reducir la eficiencia de sellado.

3.4.1 El sello doble.- (5, 29, 30, 33)

El sello doble de la lata se forma generalmente en dos

operaciones y, por eso, el nombre sello doble.

Primera operación:

La pestaña de la tapa se entrelaza con la pestaña del cuerpo. Este se realiza por un rodillo de contornos especiales. No hay manera de corregir un sello de primera operación que esté mal hecho. Un sello de buena calidad tiene el gancho del cuerpo aproximadamente paralelo al gancho, de la tapa, la orilla de la pestaña, del cuerpo esta bien metida en el radio del gancho de la tapa y la pestaña del fondo adyacente a, si es que no esta tocando la pared del cuerpo de la lata. El sello de primera operación tendrá buen éxito si se vigilan correctamente las siguientes operaciones:

- 1.- La altura correcta del pin de calibración, que es la distancia entre el labio de la mordaza selladora y la su perficie superior de la placa base.
- 2.- La presión correcta de la placa base.
- 3.- El alineamiento correcto de los rodillos selladores con la mordaza selladora.
- 4.- El ajuste correcto del rodillo de la primera operación de sellado.

Cuando se termina el sello de la primera operación, el rodillo de la primera operación se retrae y ya no hace contacto con la tapa de la lata.

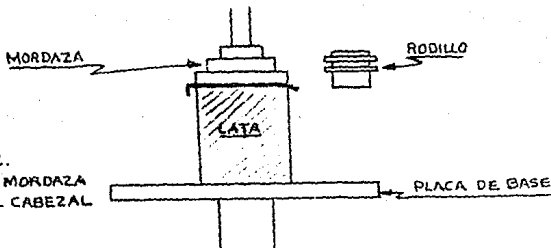


FIG. 3.2.
DIAGRAMA DE MORDAZA
Y RODILLO DEL CABEZAL

Segunda operación:

El rodillo de la segunda operación tiene un perfil diferente a el de la primera operación. Es más plano en contorno, está diseñado para planchar, alisar y comprimir aún más el material en el sello. Si no se emplean perfiles correctos del rodillo o si los rodillos están gastados, no se podrá obtener la estructura y ajuste deseados.

El compuesto sellador debe estar completamente encerrado por el sello doble.

Estructura del envase.

Las estructuras del envase que participan en la formación de un sello doble son las siguientes:

- 1.- Pestaña del cuerpo.- Es el ensanchamiento hacia afuera del cilindro del cuerpo.
- 2.- Pestaña de la tapa.- Forma el gancho de la tapa y es el área donde se coloca el compuesto sellador.
- 3.- Depresión de la tapa.- Conocida como profundidad de la depresión de la tapa. La depresión de la tapa refleja la altura del labio de la mordaza que actúa como una fuerza para sostener los componentes de la tapa y del cuerpo de la lata durante la operación de sellado doble.
- 4.- Grosor del sello.- Es la dimensión máxima perpendicular a las capas de material en el sello.
- 5.- Ancho del sello.- También llamado longitud o altura del sellado, es la dimensión máxima de un sello medido paralelamente a los dobleces del sello.
- 6.- Gancho del cuerpo y de la tapa.- Reflejan los aspectos internos del sello doble. Estas dos estructuras, cuando son observadas en un corte seccional del sello doble, apare-

cen en una relación de entrelazamiento.

7.- Superposición.- Es el grado de entrelazamiento entre el gancho del cuerpo y de la tapa.

8.- Grado de ajuste y la juntura del traslape. Estas características juzgan el grado de arrugamiento del gancho de la tapa, y la juntura del traslape con el cuerpo.

La figura No. 3.3 muestra las estructuras del envase - así como los términos requeridos para evaluar la calidad del sello doble.

3.4.2 Evaluación de cierre de Envases. (29, 33, 69, 83, 95)

Para poder asegurar que los envases herméticos no van a ser causa de deterioro durante el proceso de esterilización, enfriado y almacenamiento, es necesario realizar un análisis completo de los cierres. Los principales defectos que se encuentran en los cierres de latas son:

I. Defectos Externos.

- Altura del cierre corta o larga.
- Grosor del cierre pequeño o excesivo
- Falta de uniformidad en el grosor o altura del cierre.
- Presencia de picos o arrugas
- Restos de goma en la parte inferior del cierre
- Laminado inferior o superior del cierre
- Profundidad del fondo excesiva o insuficiente
- Cuerpo del envase no cilíndrico en la parte infe-

rior del cierre.

-Exceso de soldadura en la costilla lateral del cuerpo de la lata.

I. -Defectos Internos.

-Ganchos de la tapa o del cuerpo cortos, largos con arrugas o curvados.

-Falta de goma o de uniformidad en su distribución.

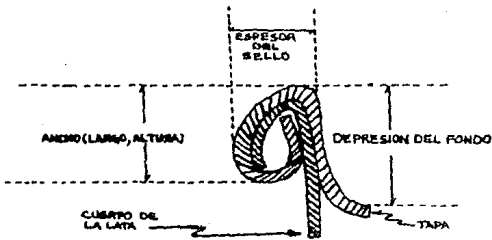
-Traslape insuficiente de los ganchos.

-Despuntado incorrecto de la hojalata del cuerpo.

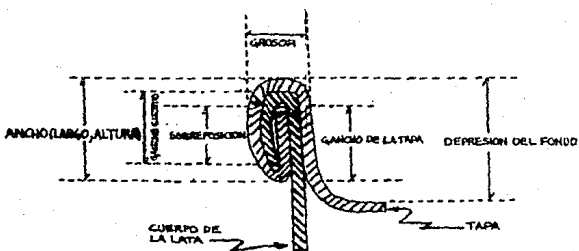
La evaluación total de los defectos que presenta el cierre (externos o internos) se puede determinar las posibilidades causas que los producen. Las fallas más comunes que se presentan en la máquina engargoladora son: Desajuste, en nivel o distancia de los rodillos de alguna de las dos operaciones, lo que provoca que la presión ejercida no sea la adecuada o que en algunas partes sea mayor que en otras: desajuste del plato superior que presiona la tapa para sostenerla fija al cuerpo de la lata y que sirva de sostén para los rodillos ejerzan la presión adecuada; problemas de patinaje de la lata dentro de la cabeza de la engargoladora, esto se debe a que el plato superior o inferior que sostiene el cuerpo de la lata están gastados o desajustados, mal acomplamiento de los ganchos debido a defectos en las pestañas de la tapa o del cuerpo, etc.

FIGURA N° 3.3

OPERACIONES Y TERMINOS USADOS PARA LA CALIDAD DEL SELLO DOBLE.



PRIMERA OPERACION



SEGUNDA OPERACION

REF. (C).

U. N. A. M.

MARTHA
PATRICIA MUÑOZ
MERCADO

FACULTAD
DE
QUIMICA

MEXICO D.F. 1989

SELLO DE CALIDAD
VIGILADO POR
SECRETARÍA DE ECONOMÍA

Dimensiones del cierre para latas de diferentes tamaño.

Envases Dimensiones	Calibre Capacidad	Hojalata Tapa	Dimensiones del Cierre				
			Cuerpo	Grosor	Longitud	Longitud de los Ganchos	
mm	cc.	mm				Cuerpo Tapa	
						mm.	
52.6 X 98	195.5	0.21	0.20	1.2 \pm 0.1	2.7 \pm 0.1	1.8 \pm 0.2	1.8 \pm 0.2
65.7 X 101.6	315	0.24	0.23	-2.4 \pm 0.1	3.2 \pm 0.1	2 \pm 0.1	2 \pm 0.2
71.5 X 112.7	426	"	0.22	"	"	"	"
73.2 X 112.7	432	"	0.23	"	"	"	"
77.6 X 111.1	479	"	0.24	"	"	"	"
83.7 X 115.2	583	0.25	"	"	"	"	"
100 X 119	854	0.26	0.25	"	"	"	"
105.5X177	1465	"	0.26	"	"	"	"
153.7X117	3102	0.30	0.27	1.6 \pm 0.1		2.15 \pm 0.2	2.15 \pm 0

Datos proporcionados por la compañía de Envases, S.A. (CIDESA)

El objetivo de la evaluación del doble cierre en latas es el de saber si un cierre es seguro y la de determinar cuáles son los puntos claves durante el sellado.

La hoja de datos que se realiza para el "examen interno" es el siguiente:

Lata	Tamaño	Gancho Tapa			Gancho Cuerpo			% solapado			arrugas
		max	min	media	max	min	med.	max	min	med.	

Hoja de datos "examen externo"

Lata	Tamaño	Alto cierre			Grosor cierre			Profundidad			capacidad		
		max	min	media	max	min	media	max	min	media	max	min	media

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Cálculo de compactado o planchado:

Es un índice que expresa el grado de contacto de las distintas capas de hojalata. Se define como la relación entre la suma de los espesores de las distintas capas de hojalata y el espesor del cierre. Se expresa en %. En el cierre intervienen tres capas de hojalata de la tapa y dos del cuerpo. La fórmula se puede expresar:

$$C = \frac{3 e_t + 2 e_c}{E} \times 100$$

donde:

e_t = espesor de la hojalata de la tapa

e_c = espesor de la hojalata del cuerpo

E = grosor real del cierre

Un compactado elevado indica un cierre apretado y con menos posibilidades de poros o fugas. Se establece la siguiente escala:

Compactado Superior al 85 % - Cierre muy bueno

Compactado Entre 75 y 85 % - Cierre muy bueno

Compactado Inferior al 75 % - Cierre peligroso

Cálculo del % de solapado o Traslape.

El traslape nos indica el grado de sobre posición que existe entre los ganchos de la tapa y del cuerpo. Para que un cierre sea seguro debe tener un % de solapado lo más alto posible. De acuerdo a la siguiente fórmula.

$$S = \frac{(x + y) + 1.1 e_t - L}{L - (2.2 e_t + 1.1 e_c)} \times 100$$

Donde:

x = longitud del gancho del cuerpo

y = longitud del gancho de la tapa

e_t = espesor de la hojalata de la tapa

e_c = espesor de la hojalata del cuerpo

L = altura del cierre

3.5 Operaciones que afectan la integridad de la lata.

3.5.1

Operación de Escaldado. (25, 31, 32, 34, 80).

En el escaldado el material alimenticio es sumergido crudo en agua caliente o expuesto a vapor o gases calientes. Tiene varios propósitos.

1.- Eliminar los gases respiratorios contenidos en las células. Esta expulsión previene la deformación de las latas durante el procesamiento térmico y favorece el vacío en el producto acabado.

Inocuidad del producto lo cual permite un llenado apropiado.

2.- Inhibición de enzimas, particularmente las que inducen reacciones oxidativas permitiendo un producto de mejor calidad.

3.- En algunos productos es utilizado para facilitar el pelado y/o el recorte.

4.- Remueve sabores característicos a crudo en el alimento.

5.- Fijar el color natural de los productos.

El escaldado debe ser cuidadoso. Un escaldado excesivo puede causar "amasamiento" y por tanto cambiar sus características de velocidad de penetración de calor.

3.5.2.-Capacidad de llenado de las latas. (5,31,32,83)

Ademas de conseguir un espacio vacío adecuado ayudar a prevenir que queden partículas del producto entre el borde de la lata y la tapa colocada sobre de ella, perjudicando el doble cierre para ello se debe de seguir los siguientes métodos.

MÉTODOS PARA CAPACIDAD DE AGUA Y LLENADO DE LATAS.

A Método de capacidad de agua de llenado de las latas sean expulsadas hacia afuera y altere la altura del sellado doble.

2.-Lavar, secar y pesar la lata vacía.

3.-Llenar la lata con agua destilada a 68°F ó 23°C a 3/16 in abajo de tope de la lata y pesarla.

4.-Sustraer el peso obtenido en (2) del peso obtenido en (3). La diferencia se considera ser el peso de agua requerida en el llenado de la lata.

B Método de llenado de latas.

1.- Medir la distancia vertical del nivel del recipiente y del tope del nivel más alto del alimento.

2.- Remover el alimento del envase; lavar secar y pesar la lata vacía.

3.- Llenar la lata con agua a 68°F a 3/16 in distancia vertical abajo del nivel del recipiente. Pesar la lata llena y determinar el peso del agua por sustracción del peso de

la lata obtenida en (2).

4.-Mantener la temperatura de (3), sacar el agua de llenado de la lata en (3) a el nivel de el alimento obtenido en (1) pesar la lata con agua remanente, y determinar el peso del agua remanente por substracción del peso de la lata obtenida en (2).

5.-Dividir el peso del agua obtenida en (4) por el peso del agua obtenida en (3) y multiplicar por 100. El resultado se considerará el por ciento del total de la capacidad de la lata ocupada por el alimento.

Ejem:		% del total de la cap. de la lata.
Manzanas en almibar	-	90
Cocktail de frutas	-	No menos de 65
Toronja	-	90

3.5.3

Obtención de vacío en las latas (8, 18, 34, 46, 69, 72, 81)

La producción de vacío en los alimentos enlatados es de suma importancia. Se tienen las siguientes razones:

a Mantener los extremos de las latas en posición cóncava durante el almacenamiento normal.

b Se reduce la cantidad de oxígeno lo cual disminuye cambios químicos tales como: oxidación de grasas y vitaminas. En el caso de las grasas produce la rancidez el cual produce un olor y sabor desagradable. El oxígeno ataca las dobles ligaduras de los ácidos grasos insaturados para formar un enlace peróxido de ahí la formación de fenoles los cuales dan el mal olor y sabor.

En el caso de vitaminas y pigmentos, la presencia de oxígeno los destruye. Las vitaminas que son destruidas por el oxígeno son principalmente las liposolubles: Vitamina A (retinol), Vit. B, Vit. E. De esta manera al destruirse reduce el valor nutritivo de los alimentos.

El reducir la cantidad de oxígeno se evitará la corrosión.

c El vacío inicial alto se requiere para aquellos productos que son propensos a formar hinchazón por hidrógeno, de esta manera permite la acumulación del gas liberado de los cambios químicos en el producto.

d En algunos productos el tiempo y temperatura empleados en el tratamiento térmico dependerá directamente sobre el vacío especificado, ya que influye sobre la transferencia de calor la cantidad de aire en la lata.

e Evitar latas combadas.

Si en el espacio vacío se deja aire, este se expandirá a medida que aumenta la temperatura, la presión será tan grande que la lata se combará.

El combamiento puede resultar de un escaldado insuficiente, los gases que no fueron retirados por esta operación se expandirán durante el procesamiento térmico produciendo una presión, produciendo pérdida de vacío.

Si el espacio vacío es muy grande y el producto no se calienta lo suficiente para llenarlo con vapor (vapor de agua) se encerrará aire dentro de la lata y entonces aparece el combamiento.

En envases grandes en los cuales no resistan la presión interna que resulta de una pérdida de presión, deben ser enfriados bajo presión de aire para evitar el combamiento.

Al presentarse el combamiento el doble sello se separará produciendo infiltraciones durante el enfriamiento, dando lugar a contaminación bacteriana.

f Aplastamiento de la lata. Esto puede ocurrir cuando las latas con espacio vacío son cerradas muy calientes.

3.5.4

Operación de enfriamiento (26,41,25).

Durante esta operación las latas van de presión a vacío.

Esta operación afecta en la costura de la lata. Ante el enfriamiento los extremos están distendidos, durante el enfriamiento son halados hacia adentro por la formación de vacío en la lata. Estas flexiones, pueden permitir la entrada de pequeñas cantidades de agua fría. Por lo que es conveniente tener un control adecuado de la calidad del agua que se emplea. Principalmente la condición, bacteriana. Se recomienda la cloración para mantener la contaminación a un mínimo.

Después del enfriamiento es recomendable utilizar secadores para evitar la humedad en el doble sello o cerca de él que pueda dar origen a contaminación interna del producto alimenticio a través de él. (45).

3.6. Bolsa Flexible. ó Envase Flexible Esterilizable.

Dado que en México la industria alimenticia se ha desarrollado en los últimos años en forma sorprendente, reflejándose lo anterior en el incremento en los consumos de envases.

Esta industria es una importantísima consumidora de vidrio y hojalata, materiales que consumen grandes cantidades

de energía, repercutiendo en los costos del producto envasado.

Otros materiales como alternativas de envasado de alimentos esterilizables, son flexibles y de menor costo que el envase de hojalata. (21, 79).

Algunos de los países de Europa que están usando bolsas esterilizables son: Inglaterra, Alemania, Dinamarca, Escocia, Suiza, Suecia, Italia, y Francia. (2, 31).

Este nuevo sistema es denominado RETORT POUCH, que fue diseñado para ser un envase que pudiera ofrecer la estabilidad de anaquel de los alimentos enlatados, con la calidad de los alimentos congelados. (1).

Esta formado de los siguientes materiales regularmente:
1.27 X 10⁻³ cm de película de poliéster, laminado con
8.89 X 10⁻⁴ cm de película de aluminio, la cual a su vez está laminada con una película de polipropileno modificado, de
7.62 X 10⁻³ cm de espesor.

Cada una de estas películas tiene una función importante en el envase terminado. Por la parte externa, el poliéster le confiere consistencia, resistencia mecánica y fácil impresión. (3, 21, 57, 67).

En la parte central, la película de aluminio mantiene el retort pouch como un envase de alimento completamente estable en anaquel, donde no se requerirán gastos de congelación o refrigeración. La película de aluminio es la barrera más barata contra luz, humedad, oxígeno y micrororganismos. (3, 11, 41).

En la parte interna; la película de polipropileno tiene dos funciones: la primera ser inerte y no reaccionar con los

alimentos; esta propiedad le da un rango completo para procesar alimentos los cuales son envasados en este material básico. Segundo, confiere una fuerza de sellado por calor excepcionalmente fuerte que se mantiene durante la presión y temperatura requeridas por el procesamiento en la autoclave y contribuye a que la vida de anaquel sea casi igual que el de las latas. (11, 41).

3.6.1. Ventajas. (43,57,67).

Las ventajas que se obtienen del retort pouch se debe a lo delgado de la estructura y el incremento de la superficie de la bolsa, la cuál permite una rápida penetración de calor y un procesamiento más eficiente que en las latas. Existe una reducción en el ciclo de cocción de aproximadamente un 40%.

Esta reducción da como resultado una mejor calidad del alimento en sus propiedades organolépticas que productos similares procesados en latas. Otra ventaja con este respecto es de el punto nutricional, particularmente donde los nutrientes son sensitivos al calor. De esta manera se obtendra un producto envasado de calidad de los ingredientes, así como una reducción en el proceso y del control de calidad empleado.

Otra ventaja es que este tipo de envase requiere menor energía que los alimentos que son enlatados.

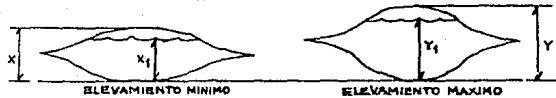
3.6.2 Factores a considerar para la Esterilización.

Los factores críticos a considerar para que el proceso de esterilización sea el adecuado y se obtenga un producto de calidad y haya economía en el sistema son: espesor de la bolsa gas residual y tamaño de la bolsa. (13).

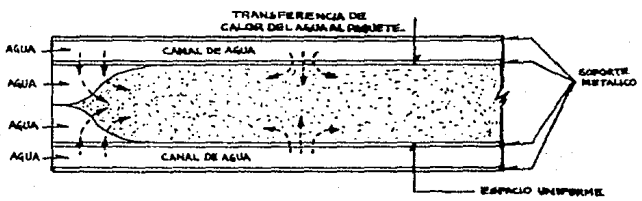
Espesor de la bolsa.

El espesor de la bolsa debe estar limitado, debidamente, por medio de dos prensas de metal con canales de agua por am-

SOPORTE METALICO (RACK).



ESPACIO NO LIMITADO (UNCONFINED SPACE)



ESPACIO LIMITADO

FIG. 34 METODOS DE SOPORTE DE LAS BOLSAS EN AUTOCLAVES

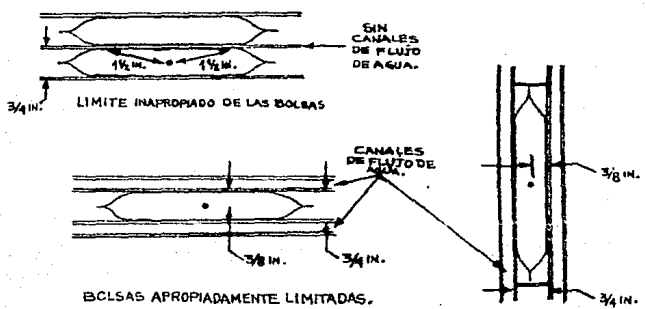


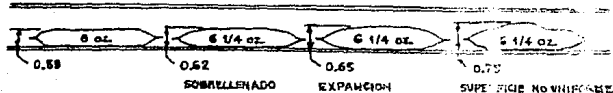
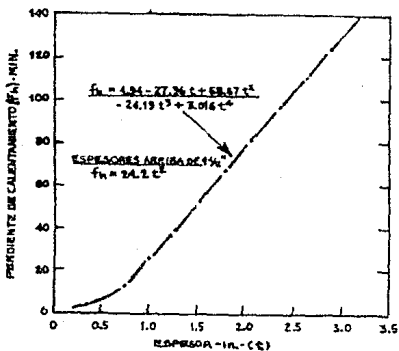
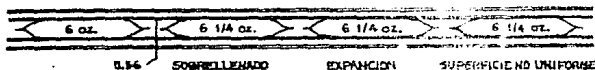
FIG. 35 LIMITACIONES PARA LA OBTENCION DE UN ESPESOR MAXIMO EN BOLSA ESTERILIZABLE.

U.N.A.M.	
MARTHA PATRICIA MUÑOZ MERCADO	FACULTAD DE QUIMICA
MEXICO D.F. 1989	

bos lados de la bolsa. Las prensas establecerán el máximo del espesor de la bolsa. El espesor máximo de la bolsa puede ser afectado por: sobrellenado, expansión de producto y aire, y colocación de la bolsa sobre las prensas (ó placas). En la Fig.3.4 muestra el Método de Apoyo de las bolsas en las prensas del autoclave. (79).

Los canales de agua son el medio de calentamiento por lo que entre cada hilera de bolsas debe haber un canal de agua. Las bolsas pueden estar en línea ya sea horizontal ó verticalmente. Debe estar limitada a 3/4 in para que la transferencia de calor sea de 3/2 in hacia el centro de la bolsa para los propósitos de esterilización. Cuando no se encuentra propiamente limitado el tiempo de proceso se aumenta considerablemente. En la figura 3.5 se muestra la diferencia entre límite propio e impropio de bolsas y su efecto con el medio de calentamiento. Y en la figura 3.6 se muestra el efecto sobre el espesor de las bolsas debida a sobrellenado, expansión del producto y gas residual, y no uniformidad de la superficie de la bolsa; observándose que si las bolsas no se limitan, aunque contengan la misma cantidad de producto 6 oz (.170 gramos) habrá variación de espesor de las bolsas, por los factores antes mencionados y por lo tanto, no habrá uniformidad en el proceso de esterilización. En la gráfica No.16 se muestra el efecto del espesor de la bolsa sobre la pendiente "In" de calentamiento, usado para determinar el tiempo requerido de esterilización. La curva es definida por la siguiente fórmula.

$f_n = 24.2 t^2$, donde f_n es la pendiente de la curva de calentamiento y t es el espesor de la bolsa. Usando la fórmula se puede calcular el tiempo para diferentes espesores por ejemplo 0.59, 0.62, 0.65 y 0.75 in. obteniéndose 8.4, 9.3, 10.2 y 136.min. respectivamente.

FIG. 3.6 EFECTO EN EL ESPESOR DE LAS BOLSAS
NO LIMITADAS

LIMITADAS APROPIADAMENTE

GRAFICA 3.3 EFECTO DEL ESPESOR DE LAS BOLSAS SOBRE LA PENDIENTE DE CALENTAMIENTO EN LA AUTOCLAVE.
U. N. A. M.
**MARTHA
PATRICIA MUÑOZ
MERCADO**
**FACULTAD
DE
QUIMICA**
MEXICO D.F. 1989

La calidad del producto está directamente relacionada con el tiempo de exposición del producto al calentamiento, por lo que se debe buscar los mismos resultados de esterilización de temperatura a una menor exposición en tiempo. A manera de ejemplo se muestra en la gráfica No. 2 el efecto de procesamiento 10 oz (283.5g) de pollo a la reina envasado en bolsa 4 3/4 in x 7 in vs envase de hojalata 211 x 400. Observándose los siguientes resultados:

Barra superior muestra proceso de bolsa limitada.- El tiempo requerido es aproximadamente de 28 min. adicionales del producto expuesto a 250° F debido a tiempo de llenado y dren del agua caliente, haciendo un total de 33 min. en autoclave específica para bolsas.

Barra central.-Bolsa no limitada el tiempo requerido es aproximadamente 38 min. Si la autoclave designada es específica para latas o envase de vidrio, y es convertida simplemente para bolsas, entonces el exceso de exposición a 250° F será de 19 min. más, aportando al anterior se obtendrá una exposición de 57 min.

Barra inferior.-Muestra envase de hojalata 211 x 400 en una autoclave de vapor. El tiempo de procesamiento es de 50 min. es insignificativamente mayor al de la bolsa limitada; sin embargo, comparada con la bolsa no limitada es solamente 2 min. mayor.

Productos de calidad pueden obtenerse cuando las bolsas están limitadas y son procesadas en autoclave designada para bolsas, no para latas.

Gas Residual.-

Se requiere que sea eficiente la remoción del aire del producto y extremadamente eficiente la remoción del aire del

espacio principal de la misma bolsa. El gas residual tiene un efecto negativo sobre el tiempo-retención de temperatura en la esterilización, en la tabla No.3 se muestra para la bolsa limitada y bolsas no limitadas (2).

Para un valor de $F_0 = 6$ con una cantidad de gas residual igual con cero centímetros cúbicos en la bolsa se requiere un aumento en 33% en tiempo del proceso para una bolsa no limitada que para una limitada. Con 250 cc. se requiere 44% de aumento en tiempo del proceso. Esto da como resultado un efecto negativo sobre la productividad y economía del sistema.

El oxígeno residual da un efecto negativo a la calidad del producto en cualquier forma, ya sea aire ocluido en el producto o aire residual en la bolsa misma. Al igual que en las latas el oxígeno residual puede dar como resultado cambios químicos, tales como oxidaciones, y proliferación de formas vegetales produciendo contaminación en el producto.

Tabla No.3-4 Efecto de Gas Residual sobre el tiempo del proceso de esterilización para bolsas de 12 in x 17 in conteniendo 105.5 oz de agua (3.12 litros). (2).

Tabla No.3-3

Cantidad de gas residual en la bolsa	Tiempo requerido de proceso	
	Tiempo (min) a 250°F para $F_0=6$	
(cc)	bolsa no limitada	bolsa limitada
0	65	49
50	68	50
100	70	51
150	73	52
200	75	53
250	78	54

Tamaño de bolsa.-

Para un mismo volumen de llenado se pueden utilizar diferentes tamaños de bolsa. La gráfica No. 3 muestra la variación del espesor de la bolsa para llenado de 105 oz (volumen aproximado de una lata No.10); se puede usar una bolsa de 12 in x 18 in. con un resultado de espesor de aproximadamente $1 \frac{1}{8}$. O seleccionar una 10 in x 14 in con un espesor aproximado de $2 \frac{1}{4}$ in. El espesor de la bolsa será directamente proporcional al tiempo de proceso de esterilización requerido; esto resulta en un alto apital de inversión para la misma productividad.

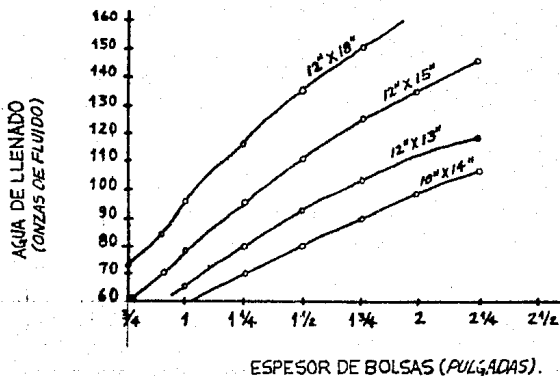
La selección de un apropiado tamaño de bolsa será juzgado y reconociendo que puede ser más factible un efecto negativo de una demasía en llenado por la utilización de bolsas más pequeñas: (57).

Efectos Negativos por la utilización de bolsas de menor tamaño:

- 1.-El sellado de la bolsa puede ser irregular debida a la tensión de la demasía en llenado.
- 2.-La demasía en lleando dará una apariencia de contaminación de el area de sellado.
- 3.-Debido al espesor de la bolsa un buen grado de calidad del producto será menos posible por la degradación que sufre por el proceco a mayor tiempo- alta temperatura.

GRAFICA N° 3.3

EFFECTO DEL VOLUMEN DE LLENADO SOBRE EL ESPESOR DE BOLSAS



U.N.A.M.	
MARTHA PATRICIA MUÑOZ MERCADO	FACULTAD DE QUIMICA
MEXICO D.F. 1989	

4. Autoclaves y Sistemas de Esterilización
 - 4.1. Sistema de Autoclaves, fijas con canastillas
 - 4.1.1 Instrucciones Específicas para el uso del Autoclave
 - 4.1.2 Equipo y Procedimiento de uso del Autoclave
 - 4.2. FMC Estelizador Giratorio a Presión
 - 4.3. Esterilización a Presión Continua Rotatoria
 - 4.4. Sistema de Enlatada Aséptico
 - 4.5. Llenado Aséptico en Tabores Cilíndricos). "Aseptic Drum Fillers"
 - 4.5.1 Llenado en recipientes de cincuenta y cinco galones "No Bac Fitty Five Fillers".
 - 4.6. Esterilizador Hidrostático
 - 4.7. Esterilizador Continuo
 - 4.8. Autoclave horizontal de Circulación de Agua
 - 4.9. Proceo Flash 18
 - 4.10. Proceso Esteriflama
 - 4.11. Cocinado-Endriado Continuo ó Cerradura Hidráulica "Hydrolock".
 - 4.12. Sistema de llenado Aséptico en Bolsas. Tambores-("Drum")
 - 4.13. Laboratorio Simulador de Proceso
 - 4.14. Proceso - Interno.

4. AUTOCLAVES Y
Sistemas de Esterilización

El autoclave es el aparato que se emplea en el tratamiento térmico sencillo de los alimentos enlatados, en el que se aplicara calor, ya sea por medio de vapor ó agua caliente hasta una temperatura determinada durante un cierto tiempo.

En las autoclaves se obtienen temperaturas superiores a 100°C. La temperatura aumenta al elevarse la presión de vapor. (81, 83).

Por regla general los productos con pH 4.6 pueden tratarse sin recurrir a temperaturas superiores a la de ebullición del agua, mientras que aquellos que tienen un pH superior al antes mencionado requieren una temperatura más elevada; que se obtiene por presión en el autoclave, para que el proceso no tenga que prolongarse. (46, 69).

Es por esto que la FDA regula las prácticas de manufactura para alimentos enlatados de baja acidez, en su part 113, en titulada "Proceso Térmico de Alimentos de baja acidez envasados en latas (envase) herméticamente cerrados". (5).

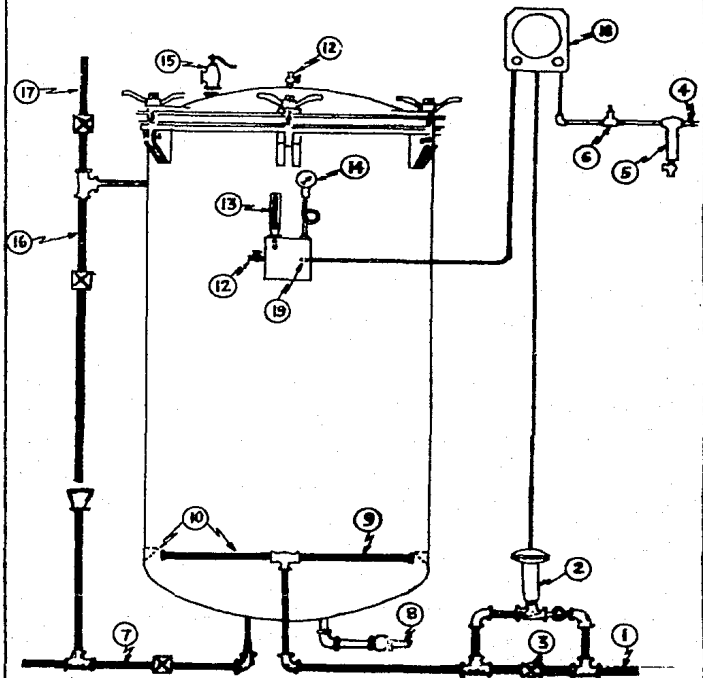
4.1 Sistema de Autoclaves Fijas con Canastillas. (5, 16, 33)

Autoclaves estáticas (fijas) pueden ser horizontales ó verticales. Figuras 4.1 y 4.2.

La autoclave de tipo vertical y estacionario. Basicamente constan de las siguientes piezas.

- 1.- entrada de vapor
- 2.- válvula de control de vapor
- 3.- by-pass (puente)
- 4.- instrumentos de aire
- 5.- filtro
- 6.- regulador de presión
- 7.- drenado (desagüe)

FIGURA 4.1 AUTOCLAVE VERTICAL ESTACIONARIA.



U.N.A.M.

MARTHA
PATRICIA MUÑOZ
MERCADO

FACULTAD
DE
QUÍMICA

MEXICO D.F. 1989

- 8.- entrada de agua
- 9.- tubería perforada para la salida de vapor
- 10.- soporte de las canastillas
- 11.- deflector de agua
- 12.- sangrador
- 13.- termómetro
- 14.- manómetro
- 15.- válvula de seguridad
- 16.- descarga del agua
- 17.- venteo
- 18.- controles de vapor
- 19.- elementos de control

Para las autoclaves estacionarias horizontales sus instrucciones de operación son las mismas que para las verticales estacionarias.

En la figura #2 se muestra una autoclave horizontal estacionaria.

Autoclave Horizontal.

- 1.-Entrada de vapor
- 2.-Válvula de control de vapor
- 3.-By-pass
- 4.-Instrumentos de aire
- 5.-Filtro
- 6.-Regulador de Presión
- 7.-Dren
- 8.-Entrada de agua
- 9.-Espreadores de vapor
- 10.-Soporte de canastillas y rieles
- 11.-Baffles de agua
- 12.-Sangradores

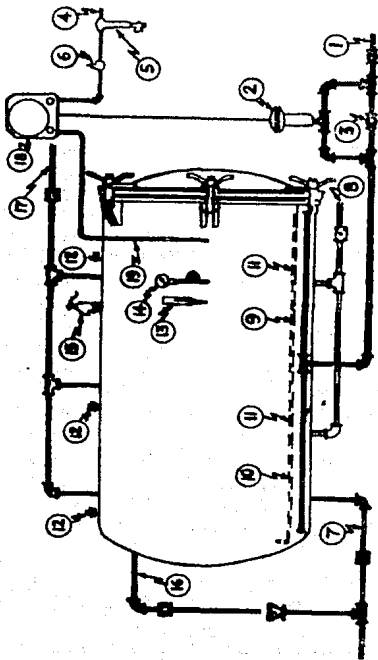


FIGURA N° 4.2

U.N.A.M.

MARTHA
PATRICIA MUÑOZ
MERCADO

FACULTAD
DE
QUIMICA

MEXICO D.F. 1989

- 13.-Termómetro
- 14.-Manómetro
- 15.-Válvula de seguridad
- 16.-Descarga de agua
- 17.-Venteo
- 18.-Controles de vapor
- 19.-Elemento de control

4.1.1. Instrucciones específicas para el uso del autoclave. (5,16,83).

Después de que el agua ha sido drenada de la autoclave y han sido apropiadamente cargada con las latas, la próxima etapa es propiamente en orden de la esterilización del producto.

Principio del Proceso.

- 1.- Cerrar válvula de agua y dren.
- 2.- Abrir completamente venteo y sangradores
- 3.- Asegurarse que el control de vapor esté debidamente ajustado.
- 4.- Abrir el vapor, el puente (by-pass) así como las válvulas de control del vapor.
- 5.- Dejar salir completamente el venteo el tiempo y a la temperatura específicos para cada proceso.
- 6.- Después de dejar escapar el venteo, cerrar la válvula de desagüe, pero abrir completamente los sangradores.
- 7.- Cerrar el by-pass cuando el termómetro registre la temperatura de trabajo deseada (esto es muy importante).
- 8.- La autoclave permanece así hasta que se obtenga la temperatura de operación deseada y se verifica si

la válvula de control de vapor está operando aproximadamente.

- 9.- Tan pronto como la válvula de control de vapor se establezca verificar que la temperatura y la presión del autoclave sean las correctas.
- 10.- El proceso de principio después de que la temperatura apropiada ha sido alcanzada y es la conveniente entre la temperatura y la presión.

Fin del Proceso.

- 1.- Después de que el tiempo de proceso se ha completado, el vapor debe cerrarse.
- 2.- Abrir la tapa del desagüe para que descienda del autoclave.
- 3.- Cuando se lea cero puntos, la tapa se abre y las canastillas pueden moverse hacia los canales de enfriado. Si el enfriado se realiza en la autoclave, el proceso continúa con el siguiente paso.
- 4.- Las latas se enfrían con una línea de agua a presión de 40-60 pounds, con capacidad de 50 a 80 galones por min. para un buen funcionamiento. Si la autoclave se llena lentamente las latas no se enfrían uniformemente.
- 5.- Después bajar el flujo a 10-15 galones por minuto.
- 6.- Enfriadas las latas a 100-105°F, cerrar el agua y abrir la válvula del dren.
- 7.- Remover las canastillas del autoclave y eliminar el exceso del agua de las latas.
De esta manera la autoclave queda lista para iniciar un nuevo ciclo.

Las autoclaves verticales pueden adaptarse a un sistema de transporte automático de las latas, para ser cargadas o -descargadas. (57)

4.1.2 Equipo y procedimiento de Uso (5, 33, 69)
Autoclave fija-vapor.

Equipo y procedimiento del procesamiento de las autoclaves fijas a presión de vapor.

1) Indicaciones del termómetro de mercurio.

Cada autoclave tiene que estar equipada con un termómetro de vidrio de mercurio cuya división sea fácilmente leíble por 1°F y cuyo rango de temperatura no exceda 17°F por -in de escala de graduación. Este termómetro deberá ser revisado por lo menos una vez al año, para comprobar su presión. Se debe llevar un control de las personas que lleven a cabo esta revisión, así como cada termómetro lleve una tarjeta - del último día en que fue revisado. Deben estar en parte visible donde se pueda hacer la lectura, los bulbos de los termómetros deberán estar dentro del autoclave o en los compartimientos adjuntos del autoclave. Los pozos externos o pipas deberán ser conectados a 3/4 in por lo menos de apertura, y equipados con un sangrador (llave) de por lo menos de 1/16 in. o más grande para permitir el flujo del vapor al travez del bulbo del termómetro. Los sangradores, para pozos externos deberán emitir vapor continuo durante todo el proceso, - el termómetro de mercurio no la tabla de record deberán de ser el instrumento de referencia para indicar el proceso de temperatura.

2) Instrumentos para medir los registros de temperatura; c/u de las autoclaves fijas deben tener el instrumental adecuado para recabar las diferentes temperaturas, no deberán -

exceder 2°F dentro del rango de 10°F para el proceso de Temperatura. C/carta deberá tener una escala de trabajo de no mayor de 55°F por in dentro de un rango de 20°F del proceso de T. La T de la carta deberá ser ajustada para concordar - lo más exactamente posible, con, pero no para ser mayor de la máxima cantidad de mercurio en el Termómetro., durante el tiempo de proceso. El registro de Temperatura puede combinarse con el control del vapor. Los bulbos de registro de temperatura deberán instalarse c/u entre la coraza del autoclave o en un pozo adherido a la coraza. Cada bulbo del registrador de Temperatura deberá tener un pozo de 1/16 in o un gran sangrado el cual emite continuamente vapor durante el periodo de procesamiento. Los controles de T operados por aire (neumaticos) tienen que adecuarse con sistemas de filtros para asegurar un suministro limpio, de aire seco.

3) Medidores de presión.- Cada autoclave debe ser equipada con medidores de presión (manómetros) los que deberán estar graduados en divisiones de 216 o menos.

4) Controladores de vapor.- Cada autoclave debe estar equipada con un controlador automático de vapor para mantener la T del autoclave. Este puede ser un instrumento controlador; registrador combinado con el termómetro registrador, el controlador de vapor puede ser operado por aire y actuado por un sensor de T colocado junto al termómetro de mercurio del autoclave. El controlador de vapor es activado por la presión de vapor del autoclave.

5) Entrada de vapor.- La entrada de vapor a cada autoclave fija deberá estar provista de suficiente vapor para la propia operación del autoclave el vapor, puede entrar por el lado superior o por la parte opuesta del venteo del autoclave.

ve por ejemplo entrada de vapor por el fondo y venteo parte superior.

6) Soportes de canastillas.- Los soportes de las canastillas deberán ser usados en el fondo en autoclaves fijas - verticales.

Baffles (manparas) no se usarán en el fondo de las autoclaves fijas.

7) Aspersiones de vapor.- Los aspersores de vapor son continuación de la línea o de la tubería de la entrada, de vapor del autoclave. Las autoclaves fijas horizontales deberán estar equipadas por aspersores de vapor los cuales se extienden a lo largo del autoclave.

8) Sangradores.- Para autoclaves horizontales, deben localizarse a 1 ft del exterior donde se localizan los envases a lo largo del tope de la autoclave, sangradores adicionales deben localizarse a no más de 8 ft aparte de los de la tapa.

En autoclave vertical deberá tener un sangrador operador localizado en la porción del autoclave opuesta a la entrada de vapor. En autoclaves donde la entrada de vapor es por la parte superior y el venteo es por el fondo del autoclave, el sangrador deberá instalarse en el fondo. Todos los sangradores deben estar a la vista del operador para asegurarse de que están funcionando correctamente.

9) Equipo de apilamiento y posición de envases.

Canastillas, gondolas, bandejas, etc. deben hacerse de metal de hierro u otro metal adecuado. Las perforaciones de las canastillas en la lamina del fondo es de aproximadamente ahujeros de 1 in. La posición de los envases se hará dependiendo del autoclave y del proceso.

FIGURA 4.3 DIAGRAMA DE ABULLAYE CON CANASTILLAS DE SALIDA DE ENVASES POR EL FONDO.

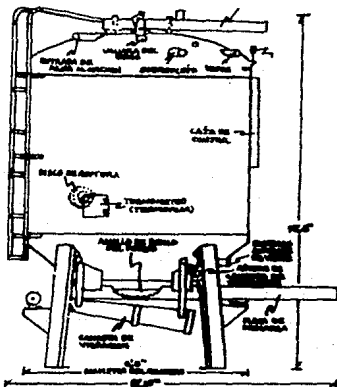


FIGURA 4.4 SERIE DE AUTOCLAVES VERTICALES ADAPTADAS A SISTEMA DE TRANSPORTE AUTOMATICO.



U.N.A.M.

MARTHA
PATRICIA MUÑOZ
MERCADO

FACULTAD
DE
QUIMICA

MEXICO D.F. 1989

10) Valvulas de aire y agua.- Las valvulas deben ser apropiadas para prevenir la fuga de aire o agua dentro del autoclave durante el procesamiento.

11) Venteo.- Será a temperatura y por un tiempo específico para cada producto alimenticio.

4.2

- F M C Esterilizador Giratorio a Presión.

Se utiliza para temperaturas altas- corto tiempo (HTST). Es completamente automática para la esterilización de alimentos enlatados. Se utiliza para alimentos viscosos envasados en latas por ejemplo 603 x 600 y 603 x 700. Tiene capacidad de 600 latas por ciclo, o para una presión de 25 psig de vapor, con un máximo de 40 psig. Ejemplos de alimentos que se esterilizan en el F M C. son: Crema de maíz, estofado de carne con vegetales, frijoles y carne, crema o sopa de espinacas, macarron y queso, budines y sopas. (18, 57, 83)

Ventajas:

Reduce el tiempo de proceso a un 80% comparado con un autoclave estacionario, evita la caramelización de algunos productos que se producirán en una autoclave inmovil. Asegura un proceso uniforme.

La secuencia completa del procesamiento es controlada por un programa digital automático. Este programa indica el venteo, calentamiento, presión, tiempo de esterilización y enfriamiento del producto.

4.3

Esterilización a Presión continua rotatoria.

La autoclave con agitación continua da como resultado la reducción del tiempo de procesamiento debido a la rapidez

de penetración del calor dentro del alimento y por la alta temperatura que se usa, da como resultado la obtención de productos uniformemente esterilizados, además de que se conservan las propiedades nutritivas del alimento. Produce menos daños en las latas y las pérdidas en el producto se reducen.

La línea consiste de lo siguiente: una cápsula de cocción, una cápsula de enfriado y un aparato alimentador. El llenado y cerrado mecánico de las latas entra en la línea por medio del aparato alimentador el cual opera el tiempo de las latas en sincronización con el resto de la línea. (18, - 57).

4.4

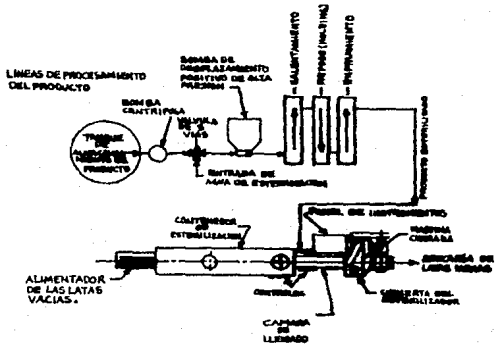
Sistema de Enlatado Aséptico.

Con el sistema de enlatado aséptico se minimizan los cambios de calidad que ocurren con el corto-calentado de alimentos procesados en sistemas de autoclaves convencionales. Algunos de los alimentos que se recomienda procesar por este sistema son: cremas, sopas y productos que contienen arroz, queso o alto contenido de tomate. En la siguiente figura (4.5) se muestra un diagrama esquemático de una línea de enlatado aséptico. (22, 57, 59, 83)

En este sistema no se limita a la utilización de envases de metal, sino que también pueden ser de vidrio o plástico.

Productos empaquetados por el sistema de enlatado Aséptico donde incluye además leche evaporada y concentrada, maldadas y otras bebidas lacteas, alimentos para bebés, cremas mantequilla y algunos tipos de queso. Concentrados de leche y leche procesados por método de llenado aséptico son capaces

FIGURA 4.5 LINEA DE ENLATADO ASEPTICO



U.N.A.M.	
MARATHA PATRICIA MUÑOZ MERCADO	FACULTAD DE QUIMICA
MEXICO D.F. 1989	

de ser almacenados por extensos períodos de tiempo y en buenas condiciones de sabor y valor nutritivo.

Cuatro tipos generales de transferencia de calor son utilizados en conjunción con el Sistema de Enlatado aséptico Dole. Tipo de inyección de vapor, el tipo superficie rugosa, tipo tubular y el tipo platos. El tipo de intercambiador utilizado es en parte determinado por la naturaleza del producto a esterilizar.

4.5

Llenado Aséptico en Cilindros (recipientes, cubetas)
"(Aseptic Drum Fillers)"

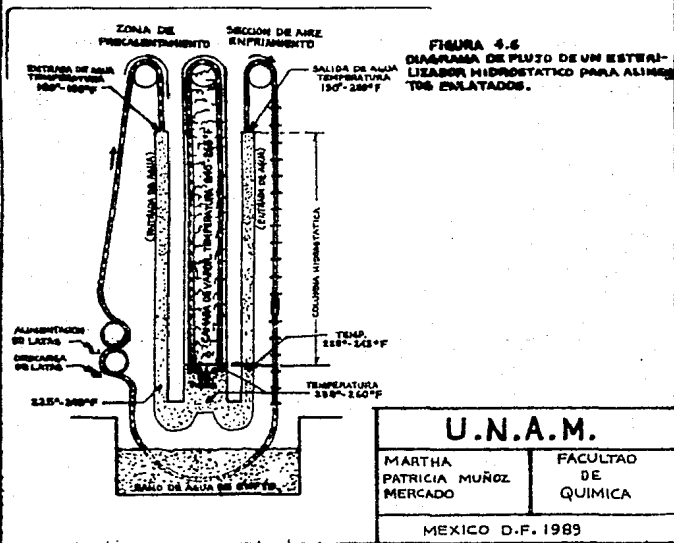
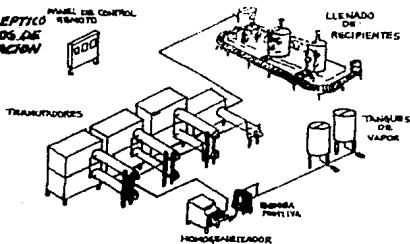
4.5.1 Llenado de recipientes de cincuenta y cinco galones. (57)

"(No Bac Fifty-five Filler)"

El Cherry-Burrell corporación No-Bac Fifty-filler proceso consiste basicamente en esterilizar al producto alimenticio con presión de vapor a 60 psig. con temperatura aproximada de 300 °F (149°C) enfriado posteriormente a 20 o 26 in de vacío, dentro de los cilindros de 55 galones y llenando a vacío en envases de hojalata electrolíticas. Los envases se hacen con patente del proceso Rheen Manufacturin Co. y marca registrada Sterilpac Drums. El proceso se aplica a alimentos en forma de pure, tales como tomate, albaricoque, melocoton, pera de diferentes densidades, otros frutos y vegetales. En especial se utiliza para envasar pure de platano asepticamente.

Algunas ventajas económicas en el Proceso "Sterilpac" son las siguientes (1) Productos de calidad mejorados (2) Un cilindro reemplaza a 75 latas del No. 10 (603x700), en el

FIGURA 4.5.1 SISTEMA DE LLENADO "NO SAC 55". USADO PARA LLENADO ASEPTICO DE ALIMENTOS EN CILINDROS DE 55 GALLONES (ESTERILIZACION COMERCIAL)



transporte ocupa 26% de menos espacio; (3) Un 26% menos del espacio de almacen. (4) Se necesita unicamente un obrero ya que solamente un envase será vaciado y cerrado en lugar de 75.

4.6

Esterilizador Hidrostático.

Se le conoce con este nombre porque la presión de vapor en esta unidad se mantiene por presión de agua. El cocinado Hidrostático se hace basicamente de cuatro cambios - una "su**u**vida" hidrostática, un cambio esterilizador, una "bajada" h**i**drostática, y un sistema de enfriado. La temperatura de el agua en los intercambiadores varia de los 60°F (16°C) a -- 215°F (100°C). La temperatura de vapor generalmente usada - es entre 240°F (121°C) y 265°F (130°C). (22, 57, 59, 83)

Ventajas y Desventajas.

A) Ventajas

- Ocupa poco espacio en la planta
- Reducción en los costos de vapor y agua ya que son re**g**enerados. Ahorra de 50% de vapor y 70% de agua en - comparación con las autoclaves de vapor.
- Alta capacidad de operación.- 680 latas por min. de - tamaño 303 x 406
- Capacidad de procesar todo tamaño de latas, envases de vidrio y bolsa esterilizable.
- Temperatura constante de operación.
- Los envases se someten a un mínimo de shock térmico
- Las salmueras en vegetales, igual que en chicharos y habas son claras porque no hay agitación.

La principal desventaja de la esterilización hidrostát**i**

ca es la imposibilidad de agitación y el alto capital de inversión que se requiere. Debido a su gran tamaño y a la gran cantidad de estructura de acero que se requiere para su construcción y el alto costo de instalación, comparado con un esterilizador de rotación continua. Ver figura 4.6.

4.7

Esterilizador Continuo en Pallet. (57)

Su principal nombre es "Storklave" es basicamente un autoclave vertical continua, cuyas latas son transportadas sobre pallets.

El esterilizador continuo en pallet aparecen algunas de las ventajas de la autoclave convencional asociadas con las de la esterilización hidrostática, el costo o capital requerido es 25 a 30% menor que para un hidrostático.

Un esterilizador 36 pallet sencilla acomoda latas a una velocidad atractiva con un rango de tamaño de latas y con un tiempo de proceso imprevisto.

La flexibilidad de la autoclave, en términos de tipo de envases es comparable con un esterilizador pallet e igual - que su resistencia a la alta presión que una torre de esterilización hidrostática. Se puede utilizar diferentes tipos de envases. bolsas, envases rígidos, envases de vidrio en este sistema de esterilización continua.

Un autoclave continuo pallet, utiliza un 5% más de vapor que un esterilizador hidrostático, de similar capacidad (pero 45% menos que el equivalente al número de autoclaves estáticas). Este uso de energía extra es compensado por la reducción de consumo de energía eléctrica de la bomba, de agua para enfriar, contra las cuatro o cinco que se utilizan en una Hidrostática.

4.8

Autoclave Horizontal de Circulación de Agua. (16, 57)

La autoclave horizontal de circulación de agua, con riel o sin riel, con canastilla o sin canastillas de circulación. En su etapa inicial de proceso el agua es precalentada a la temperatura programada.

La diferencia de temperatura/presión del depósito del agua caliente y el recipiente de procesamiento proveen la alta presión que se requiere para la esterilización. La alta presión durante el calentamiento de las latas contribuye a la eficiente penetración de calor al centro geométrico de estas. Otros factores que afectan esta penetración de calor son el tipo de envase (vidrio, lata), tipo de alimento (líquido, líquido viscoso, raciones, líquido-sólido).

En general la agitación reduce el tiempo de proceso. Informes indican que "Experimentalmente se ha demostrado que la esterilización rotatoria de latas usualmente requiere un bajo nivel de esterilización (valor F_0), que algunos productos esterilizados en autoclave estacionaria". La agitación reduce el tiempo de calentamiento pero definitivamente no la totalidad requerida.

4.9

Proceso "Flash 18" (18, 57)

Las características más sobresalientes de este proceso de enlatado son el llenado de las latas a una presión de aire de 18 pound en una cabina a sobrepresión a una temperatura de 255°F (123°C). Bajo atmósfera normal de presión, no es posible llenado de las latas a temperatura por arriba de los 212°F (100°C).

En el Flash 13 el proceso es continuo; la materia prima se admite en una chaqueta de vapor donde se cocce, cuanto es requerido, el alimento es, bombeado dentro del sistema continuo donde se le da la consistencia deseada diluyendo apropiadamente con agua esterilizada o salmuera. Esteril después del calentamiento de temperatura de esterilización. De aquí pasa el alimento a una inyección de vapor la cual es al través de una tubería larga con un gran número de puntos de inyección de vapor. El alimento se calienta rapidamente a 260°-270°F (127°-132°C), 30 a 90 segundos, de aquí pasa al cuarto de sobre presión, eliminando el vapor y algunas substancias volátiles como sabor a cocinado, del deaerador pasa al llenado donde el tunel se va reduciendo en forma de embudo permitiendo un llenado rápido o corto a 255°F (123°C). Llenas las latas se cierran convencionalmente en un fleyo-va por cierre y transportadas, a un tunel "caliente", de aquí pasan a un tunel de enfriado y transferidas fuera de la cápsula de sobre presión a un tratamiento adicional de enfriado por spray de agua.

Las ventajas de este proceso son el calentamiento continuo del alimento antes dicho; el color y sabor deseables; buena consistencia y textura del alimento; la eliminación del sabor a cocinado en enlatados de carne y vegetales; el corto tiempo de llenado; obtención primero del alimento sólido y la adición de salmuera y por último la preesterilización de las latas.

La desventaja del proceso es la obvia necesidad de bastantes instrumentos. Ver figura 4.7

4.10

Proceso Steriflame "Esterilización a la Flama".

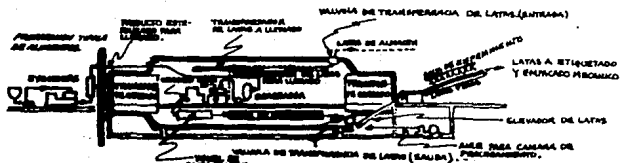


FIG. 4.7. DIAGRAMA DEL SISTEMA DE ESTERILIZACION FLASH "18"

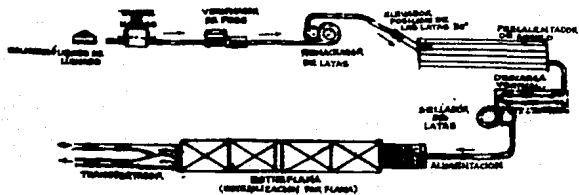


FIG. 4.8A. DIAGRAMA DE FLUJO DE ESTERILIZACION Y VACIO.

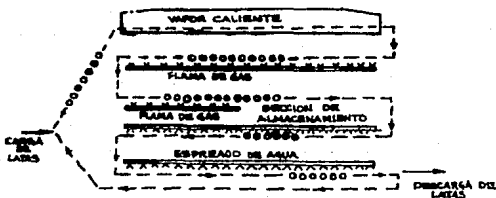


FIGURA 4.8B. ESTERILIZACION A LA FLAMA.

U.N.A.M.

MARtha
PATRICIA MUÑOZ
MERCADO

FACULTAD
DE
QUIMICA

MEXICO D.F. 1989

Este proceso es alta temperatura -corto tiempo; Las latas del alimento después de haber sido cerradas bajo un alto vacío son primero precalentadas en vapor y además de eso calentadas por medio de contacto directo a la flama, rotadas - rápidamente. Después de asegurar el tiempo necesario de esterilización, las latas son enfriadas por medio de esparcido - por agua. El proceso es conveniente para alimentos cuya penetración de calor es por medio de la convección, tales como, maíz, habas verdes, frutas, tomates, chicharos, champiñones. (54, 57, 83)

Un aspecto interesante de este proceso es que debido al gran valor de penetración de calor, graficando los valores - en coordenadas ordinarias produce una línea recta.

Con lo cual es posible establecer un método gráfico de determinación del valor letal de la fase en el proceso.

Una limitante en este proceso es que la alta presión de la lata no esta balanceada con una alta presión atmosférica durante la esterilización esto produce que el cierre en la - lata se debilite y produce un riesgo de recontaminación del producto y un posible alimento contaminado. Ver figura 4.8A y 4.8B. (54)

4.11 "Hydrolock" Cocinado/Enfriado-Continuo. ó de Cerradura hidráulica.

El Hydrolock es un proceso de esterilización continuo - cocinado-enfriado con agitación de gran rapidez corto-término para una gran variedad de tamaño y materiales de envases. Es aplicable a latas, vidrio, plástico semirígido y metal y bolsa esterilizable.

Las partes básicas del sistema son:

a) Waterlock.- Permite la entrada de presión al recipiente proporcionada por el vapor y permite controlar la cantidad de agua existente.

b) Recipiente de presión.- Resiste presión de 55 psig (3.87 kg/cm^2) y una temperatura de 300°F (149.9°C). Está dividido en dos porciones en la superior se realiza la esterilización y en la inferior el enfriado de las latas. Entre las dos porciones hay un pasaje de paso de envases.

c) Cadenas.- Transportadores del Sistema.

d) Enfriado Final.- El producto es enfriado en dos fases: la de la presión del recipiente y la atmosférica.

e) Recirculación de agua.- El nivel y temperatura del agua en el recipiente son mantenidas por una bomba centrífuga continua. (57, 58)

Se requieren de penetración de calor para dar los parámetros de manufactura de la cerradura hidráulica o Hidrolock. Ver fig. 4.9

4.12

"Tambor" Sistema de llenado Aséptico en Bolsas. "Drum" (57)

Es un sistema de llenado aséptico donde el alimento pre esterilizado se vacía en bolsas de una a seis galones y colocadas en cajas de cartón corrugado. El sistema es aplicado a fruta y frutas concentradas, jarabes, pastas, saborizantes, vinagre, vegetales aceitosos, agua y productos secos.

Debe haber un control microbiológico de limpieza en la atmósfera y en el "Auto-llenado" para evitar contaminación.

El sistema usa bolsas standard de polietileno con barre

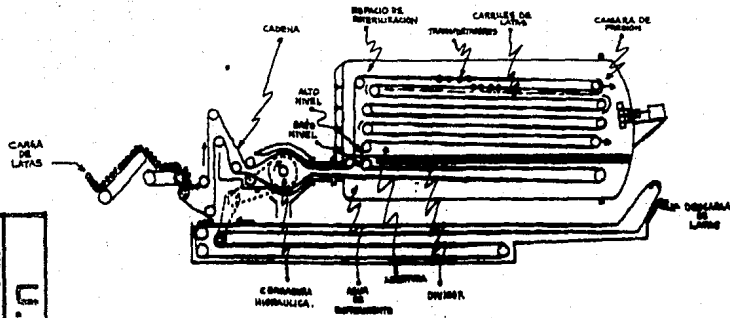


FIG. 4.9. ESTERILIZACION DE CERRADURA HIDRAULICA
"HYDROLOCK"

1116

U.N.A.M.	
MARTHA PATRICIA MAÑIZ MERCADO	FACULTAD DE QUIMICA
MEXICO D.F. 1989	

ra especial de oxígeno y protección de sabor.

4.13

Laboratorio Simulador de Proceso. (57)

El laboratorio simulador de Proceso es un equipo desarrollado por la corporación F M C. La unidad es usada para la investigación y desarrollo de programas de los datos de penetración de calor de proceso de esterilización térmica y características organolépticas de alimentos envasados en varios tipos de envases.

Las simulaciones más importantes que se pueden obtener son las siguientes:

- Procesamiento de Autoclave usando agua caliente entrando presión de aire para bolsa y bandejas (equipo standar)

- Procesamiento de autoclave para bolsa y bandeja usando mezcla de vapor/aire (equipo standar).

- Procesamiento de Autoclave para bolsas y bandeja con características especiales de agitación (partes de cambio - requeridas)

- Vapor por-Sistema de cerrado y llenado continuo, para bolsas (partes de cambio que son requeridas)

- Super IT - Sistema de bandejas continuo- llenado y cerrado bajo presión similar a Flash 18 (cambio y partes requeridas).

- Esterilización Hidrostática- Sistema de presión de agua para las piernas, para latas, bolsas o bandejas (equipo standar).

Sistema de Procesamiento de Envasado.- Continuo, sistema sin agitación para diferentes rangos de ancho de envases tamaño y forma (equipo standar).

Sistemas de Cartuchos (cartridge) - procesamiento continuo por agitación o cocinado sin agitación (partes y cambios requeridos).

Taylor Quick- Scan serie 400 operado con aire transmite tipo de instrumentos son usados para controlar la temperatura de procesamiento y presión en el rango 100° a 300°F -- (37.7 a 113°C).

4.14

Proceso Interno Medida de Penetración de Calor.

Perfil de Alimentos Enlatados.

La Corporación Accurex, de Mountainview, California ha desarrollado un sistema designado a memorizar, establecer y medir la temperatura interna de productos con movimiento durante todo el proceso térmico comercial, y la temperatura ambiente del autoclave por comparación. El sistema consiste de tres separadores sub-juntas: a) La junta probadora; b) El sensor de memoria y c) La estación de reporte. Durante todo el proceso térmico el sensor de memoria interroga al probador a diferentes intervalos computando y memorizando los datos y tiempo. A final del proceso el sensor de memoria es conectado en la estación de reporte la cual lee, las muestras e imprime la temperatura en °F o °C y tiempo, con una opcional computación de la acumulación de valores de rango letal, dando la computación del valor Fo. de el Proceso.

5. SANIDAD O HIGIENE

5.1 Definición.

5.1.1 Prácticas Sanitarias (concepto)

5.2 Edificio y Equipo (aspectos Sanitarios)

5.2.1 Selección del Sitio

5.2.2 Diseño y distribución de la planta

5.2.2.1 Planta Física

Higienización de la planta física

5.2.3 Diseño y Localización del Equipo

5.3 Detergentes Usados en Proceso de limpieza

5.3.1 Detergentes Sanitizantes

5.4 Control efectivo de Microorganismos

5.4.1 Métodos químicos o agentes químicos

5.4.2 Uso de algunos agentes químicos

5.4.3 Compuestos orgánicos

5.4.4 Agentes Físicos

5.5 Higiene del Personal

5.5.1 Responsabilidad de la empresa

5.5.2 Responsabilidad de los empleados.

5.1

SANIDAD O HIGIENE

El significado de la higienización del servicio de alimentos es poner en práctica medidas sanitarias en cada paso de la operación -compra, recepción, almacenamiento, preparación y servicio- por motivos de limpieza y para proteger la salud del público al que van a ser destinados. (6, 27, 56, 63).

5.1.1

Las prácticas sanitarias por tanto se relacionan con el adquirir una provisión de alimentos sanos y con su almacenamiento higiénico; con la adecuación de la planta física y con su conservación a la reparación y su limpieza; con lo apropiado y limpio de las instalaciones de almacenamiento del equipo y los utensilios; con las operaciones higiénicas del lavado de trastos; con la buena salud, higiene personal y hábitos apropiados de trabajo de quienes los manejan; con la manipulación sanitaria de éstos y el control efectivo de tiempo y temperatura de su proceso y finalmente con la educación de los empleados en los diversos aspectos sanitarios de esa operación. (38, 63, 64)

Para obtener excelentes resultados de prácticas sanitarias se requiere entrenamiento y disciplina conjuntamente con una comprensión de su importancia y reconocimiento de sus beneficios. Un producto es finalmente juzgado por el consumidor que lo evalúa a base del precio, apariencia, sabor y salubridad. Salubridad indica limpieza, frescura, pureza, seguridad, caracteres normales y valor nutritivo.

El objetivo principal de las prácticas sanitarias en la industria de alimentos se produce en forma efectiva en las -

siguientes divisiones. (6, 38, 96)

- 1.- Control de insectos y roedores
- 2.- Limpieza de todas las superficies de contacto con el alimento.
- 3.- Asepsia o esterilidad de todas las superficies de contacto con alimentos.

En el análisis final de prácticas sanitarias el factor más importante en el control de calidad de cualquier producto es el daño causado por los microorganismos. Se consideran dos clases generales.

Primero.- Los de tipo patógeno que pueden causar serias enfermedades tales como fiebre tifoidea, cólera, desinteria y otras enfermedades infecciosas.

Segundo.- Los que destruyen el valor nutritivo del producto o afectan su apariencia, sabor, olor y otras características que reducen su calidad y por tanto su aceptación por parte del consumidor.

Algunos factores importantes para decidir si una planta opera en forma sanitaria deficiente son: 1) presencia o evidencia de ratas, ratones, moscas, otros insectos; 2) cuartos de baño e inodoros sucios; 3) equipo y utensilios sucios; 4) aguas estancadas, polutas; 5) materia prima en mal estado, mal almacenada, sucia etc; 6) disposición de los desperdicios en forma inadecuada; 7) alrededores de la planta sucios; 8) pobre diseño del edificio; 9) ventilación e iluminación deficientes; 10) disposición de basura; 11) continuo uso de cajas envolturas etc. sin limpieza y desinfección adecuada; 12) comportamiento general del personal trabajador durante las horas laborales.

5.2 Edificio y Equipo. Aspectos sanitarios (4, 6, 27, 37)

Los requisitos sanitarios deben ser considerados desde la selección del sitio de la fábrica hasta la entrega final del producto procesado al consumidor.

5.2.1 A.- Selección del Sitio: se considerarán cinco factores principales.

- 1.- Abasto de agua: a) cantidad suficiente b) abasto municipal preferible. c) abasto privado.
- 2.- Disposición de desperdicios sólidos.- Deben removerse lo antes posible.
- 3.- Desperdicios líquidos.- Es conveniente que exista alcantarillado municipal y cerca de una planta de tratamiento.
- 4.- Disposición de aguas negras.
- 5.- Ambiente general: a) suficiente espacio para futuras ampliaciones; b) servicio de estacionamiento para empleados; c) otras fábricas en la localidad.

5.2.2

Diseño y distribución de la planta. Algunos aspectos a considerar son:

- 1) Ventajas de planta de varios pisos.
 - a) requiere menos solar, b) construcción relativamente barata, c) permite el flujo por gravedad de los materiales de una operación a otra.
- 2) Ventajas de un solo piso.
 - a) manejo de materiales es más sencillo, b) expansiones futuras son más sencillas, c) flujo de materiales -

en línea recta, d) comunicación con otras áreas de servicio sencilla y rápida, e) pisos que soporten gran peso son más fáciles de construir.

5.2.2.1

Planta Física.- Se refiere a: (63, 64, 96)

- 1) Equipos de procesamiento y todas las áreas donde se prepara y almacena el alimento.
- 2) Areas donde se lava y guarda el equipo y utensilios
- 3) Cuartos con armarios o vestidores para empleados, y los cuartos de baño.
- 4) Cuartos y áreas para la basura y desperdicios.

La higienización de la planta física comprende: (6, 38, 56, 87)

1) La posibilidad de limpiar muros, pisos y techos, debida a la buena construcción, materiales pulidos y en buen estado de conservación.

2) Desagües y tuberías apropiadas: existencia de coladeras en el piso, donde sea necesario por los derrames o el sistema de aseo de los pisos. Las aberturas de los drenajes deben estar ventilados hacia el aire exterior y cubiertas con rejillas para evitar acceso de roedores. Con trampas de grasa.

3) Buena Ventilación. La cual puede lograrse mediante:
a) Circulación natural del aire mediante puertas y ventanas, respigaderos de techos, con protección de insectos y roedores.

b) Sistemas mecánicos.

4) Buena Iluminación.- Con las siguientes condiciones:

a) Cantidad.- Suficiente para el trabajo que se lleve a cabo. b) Calidad.- Ausencia de brillo en relación con el cam

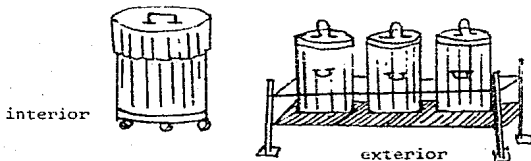
po visual que puede causar fatiga o incomodidad visual. Difisión y distribución adecuada. Calidad de color.

6) Instalaciones adecuadas para el lavado de manos.

a) Junto a los cuartos de baño; b) Vestidores y guardaropas; c) Donde se tiene contacto directo con el alimento; debe constar de: a) lavabo equipado con agua caliente y fría b) jabón líquido, polvo o detergente. c) toallas individuales u otros aparatos como secadores de aire.

6) Vestidores y guardarropas higiénicos, instalaciones higiénicas de excusados.

7) Deshecho higiénico de la basura.- Utilización de recipientes para basura hechos de materiales durables, que se derraman, no absorben líquidos y en número suficiente, los cuales deben colocarse sobre plataformas metálicas. Fig. 51.



8) Control de roedores e insectos.

Para evitar estas plagas a) colocar persianas en ventanas y puertas; b) almacenamiento separado para la basura; - c) cuartos de baño limpios, ventilados y con rejillas; d) - conservando tapados agujeros en techos, muros y pisos; e) - eliminando áreas húmedas/derrames, goteras y fugas de desa-

gües y tuberías; hendiduras cerca de equipos y tubos; f) inspeccionando cajas comestibles que entren; cocinas, almacenes y cuartos para basura; g) evitar que se deje comida descubierta; h) limpiando los locales todas las noches.

9) Area separada para almacenamiento de materiales y utensilios de limpieza. Esta debe ser independiente bien ventilada, con fregadero especial con toma de agua donde se preparen las soluciones detergentes, se laven trapeadores, esponjas y demás utensilios de limpieza, y se vacien las cubetas; con armazones para secarlos.

10) Limpieza regular y adecuada de las instalaciones y equipo. Es conveniente preparar y poner en marcha un programa de limpieza aplicable a todas las instalaciones y equipo de servicio de alimentos. Parte de la limpieza es rutina cotidiana y debe incluirse en el programa de trabajo diario de los empleados.

Se debe contar con instalaciones adecuadas para la esterilización del equipo y utensilios con vapor o con agua caliente o en su defecto la utilización de desinfectantes químicos.

- A continuación se muestra un programa mínimo de limpieza.

Diariamente. (56, 87)

1.- Los pisos en las áreas en que hay mucho tránsito, - lavado de trastos, refrigeradores y vestíbulos en los que se entra mucho, corredores, comedores, cuartos de lavado y de baño.

2.- Lavabos en cocinas, cuartos de aseo y vestidores.

3.- Filtros de las campanas "extractores de aire".

Semanalmente.

- 1.- Los pisos de los lugares poco transitados
- 2.- Campanas de ventilación
- 3.- Refrigeradores de patio
- 4.- Plataformas
- 5.- Tarimas
- 6.- Cuartos y recipientes de basura
- 7.- Antepechos de ventanillas

En forma especial.

- 1.- Exteriores de ventanas
- 2.- Muros salvo que las salpicaduras exijan aseo frecuente y regular.
- 3.- Guarniciones y equipo del alumbrado
- 4.- Persianas
- 5.- Congeladores

El objetivo básico de toda operación de limpieza es eliminar la suciedad y controlar el crecimiento de bacterias, - factor necesario para impedir la contaminación del alimento disminuir los peligros de la salud y eliminar olores desagradables. (96)

5.2.3

C Diseño y localización del equipo. (4, 6, 37, 38)

Algunos principios generales en la construcción de - equipos y utensilios en fábricas de alimentos son:

- 1.- Facilidad de desmonte del equipo
- 2.- Superficie de contacto suave y libre de agresivos
- 3.- Eliminación de uniones abiertas
- 4.- Eliminación de esquinas agudas las uniones redondeadas.

- 5.- Superficie de contactos con el alimento de fácil limpieza
- 6.- Protección contra lubricantes y condensación
- 7.- Roscas exteriores, de fácil limpieza
- 8.- Uniones, valvulas, removibles, facilidad de desarme y limpieza
- 9.- Valvulas de desagüe lo más cerca del equipo
- 10.- Evitar metales contaminantes tales como plomo, cobre, hierro, zinc, cadmio y antimonio.

El material más recomendado para la industria de alimentos es el acero inoxidable, especialmente en superficies en contacto con el alimento. El titanio se recomienda cuando se necesita un material más resistente a la corrosión que el acero inoxidable.

La limpieza y desinfección del equipo deben hacerse inmediatamente después de su empleo. La desinfección se lleva a cabo con detergentes químicos.

5.3 Los detergentes usados en procesos de limpieza pueden clasificarse en la siguiente forma: (6, 38)

1) Detergentes alcalinos o alcali.- Sales alcalinas como hidroxido de sodio, carbonato de sodio, fosfato trisódico tetraborato de sodio (Borax), metasilicato de sodio etc.

2) Detergentes Acido.- Acido fosfórico, Ac. glucónico, Ac. levulinico, cítrico, hidroclicorico (diluido) etc.

3) Compuestos amónicos y no iónicos - que actuan en la superficie y depende de las propiedades acidas o alcalinas para su acción.

4) Polifosfatos tales como: pirofosfato tetrasódico (TSPP), pirofosfato sódico acido (SAPP), hexameta fosfato sódico (calgon) que son usados como acondicionadores de agua.

5) Materiales misceláneos tales como abrasivos, telas - de metal que son utilizados en forma mecánica con o sin agentes limpiadores.

6) Detergentes sanitizantes - que son combinación de uno o más compuestos de los antes arriba mencionados.

- El proceso de limpieza y desinfección que se recomienda es de 4 pasos; Pre-enjuague, lavado, enjuague y desinfección. (6, 55)

1.- Pre-enjuague. Con agua tibia a 100-115°F (38-46°C) a presión para remover la materia ensuciante no adherida.

2.- Aplicación de un agente limpiador a temperatura adecuada específica.

3.- Enjuague con agua caliente, con elevado grado de pureza microbiológica y ablandada.

4.- Higienización o desinfección.

5.3.1

Los detergentes sanitizantes utilizados en la industria de alimentos son de tres tipos. (6)

1) Detergentes alcalinos formulados con compuestos clorinados.

2) Detergentes alcalinos formulados con compuestos cuaternarios de amoníaco y agentes no iónicos activantes en la superficie.

3) Detergentes ácidos formulados con iodoforos.

5.4 Control efectivo de Microorganismos. (27, 37, 96)

En general la prevención adecuada de la contaminación - por microorganismos a el alimento y por ende las infecciones e intoxicaciones para el ser humano, pueden ser controladas

mediante las siguientes prácticas:

- 1) Selección de materia prima que este lo más libre posible de contaminación bacteriana.
- 2) Uso de recipientes y paquetes para la materia prima libre de contaminación.
- 3) Control del ambiente en la fábrica para crear condiciones desfavorables al crecimiento bacteriano.

3.4.1

Los métodos químicos o agentes químicos en el control de microorganismos se definen como sigue: (6)

- 1.- Fungicida.- Es cualquier producto que controla o mata cualquier hongo excepto aquellos que estan dentro del cuerpo humano.
- 2.- Germicida.- Sustancia capaz de matar los microorganismos patógenos, pero generalmente no se requiere que mate esporas bacterianas.
- 3.- Bactericida.- Cualquier cosa que destruye bacterias no necesariamente esporas de las bacterias.
- 4.- Antiséptico.- Que previene el crecimiento o acción bacteriana.
- 5.- Desinfectante.- Agente que libera de infección, destruyendo vármenos patógenos pero ordinariamente no destruye esporas bacterianas.
- 6.- Fungioestático.- Micoestático, es un agente que generalmente inhibe el crecimiento de hongos, levaduras, etc.
- 7.- Bacterioestático.- Agente que inhibe crecimiento bacteriano.
- 8.- Higienizantes, sanitizante.- Se refiere a una sustancia química que reduce los contaminantes microbianos en las superficies de contacto con alimentos, reduciendo la po

blación microbiana a niveles bajos y aceptables desde el punto de vista de salud pública. Asociándose con procesos de limpieza.

9.- Esterilización.- Proceso que destruye todo organismo viviente.

5.4.2

Los agentes químicos para utilizarse en los diferentes métodos de control de microorganismos pueden ser desde ácidos inorgánicos simples hasta complejas sustancias sintéticas orgánicas.

- Substancias Halógenas.- El cloro y sus compuestos, son los agentes más importantes para procesos de esterilización, desinfección y sanitización de equipo y utensilios utilizados en la manufactura de alimentos procesados y para la desinfección de abasto de agua. (6, 37, 38, 56)

Productos de cloro usados en las prácticas sanitarias.

- 1.- Cloro Cl_2
- 2.- Bóxido de cloro ClO_2
- 3.- Hipoclorito de calcio $Ca(OCl)_2$
- 4.- Hipoclorito de sodio $NaOCl$
- 5.- Cal - $Ca(OCl)_2$ - $CaCl_2$

Algunos de los términos usados en fábricas de procesamiento de alimentos en relación con la aplicación de cloro y compuestos clorinados son los siguientes:

- 1.- Dosis de cloro.- Cantidad de cloro que se aplica al agua.
- 2.- Cloro residual.- Cantidad que permanece en el agua después de un periodo específico de contacto.
- 3.- Demanda de cloro.- Se refiere a la diferencia entre

la dosis de cloro y el cloro residual y representara la cantidad de cloro que reacciona con los constituyentes orgánicos y nitrogenados del agua.

4.- Cloro Activo.- Cantidad de cloro equivalente al cloro liberado en una reacción típica.

El mayor uso del cloro en las plantas de alimentos es el proceso de clorinación de las aguas usadas en el proceso.

Los hipocloritos de sodio y calcio, son más costosos que el cloro elemental, pero son más fáciles de aplicar en pequeñas cantidades en el saneamiento de equipo y utensilios. Una exposición de dos minutos de una solución a 10 ppm de cloro, a 75°F es la que se especifica en el Código Sanitario Federal para el tratamiento bactericida de equipo y utensilios, con una previa remoción de la materia orgánica mediante un proceso de limpieza adecuada.

En el cuadro 5-1 se resumen las ventajas y desventajas del uso del cloro y de hipocloritos. (18, 38, 49)

5.4.3

Compuestos orgánicos en el uso de la desinfección de equipos y utensilios en la manufactura de alimentos procesados, los más importantes son: (6, 38)

a) Cloramina T.- Más estable que los hipocloritos, de acción más lenta.

El tiempo de exposición depende del pH

pH	ppm	tiempo minutos
7	250	0.2
8.5	250	20.
11.5	250	30.
7.5	750	2.

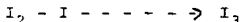
CUADRO 5-1
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DEL
CLORO GASEOSO Y DE HIPOCLORITOS

CLORO GASEOSO	HIPOCLORITOS
1) Es una sustancia pura	1) Contienen productos químicos (CaCl_2 , NaOH , Ca(OH)_2) que pueden perjudicar al producto. Su adición al agua dura puede aumentar el problema de incrustaciones en recipientes y tuberías.
2) El pH del agua no se modifica o bien disminuye ligeramente.	2) El pH se vuelve más alcalino reduciéndose así la acción germicida.
3) La concentración y adición se controlan fácilmente.	3) Su aplicación es más difícil lo mismo que el control de la concentración.
4) El cloro gaseoso es la fuente más barata de cloro disponible.	4) Los hipocloritos son más caros en cuanto a la base de cloro disponible.
5) Su sensibilidad a la materia orgánica no es muy alta.	5) Son sensibles a la materia orgánica bajando así con mayor rapidez la acción germicida.
6) Debido a que se aplica directamente al agua no es necesario su almacenamiento evitando así pérdidas económicas.	6) Durante el almacenamiento el cloro se puede perder pues los hipocloritos son compuestos inestables.

b) Halozone.- Poca solubilidad en agua. Uso para desinfección de agua en caso de emergencia. Formulados con sales inorgánicas para mejorar solubilidad.

c) Diclorometilhidantoin.- Acción más lenta que hipocloritos contra E. coli y Pseudomonas spp; Se Usa conjuntamente con detergentes ácidos.

d) Yodo.- Uso en preparaciones bactericidas. En soluciones acuosas los iones Yodo y Yoduro, reaccionan para formar un tri-yoduro.



Sus ventajas son: 1) Acción bactericida en soluciones acidas en agua dura o fría, 2) Se mezcla con el agua con gran facilidad, 3) no es toxico para el humano en concentraciones ordinarias, 4) no irritante a la piel, 5) no corrosivo, 6) reduce la perdida de yodo en presencia de materia orgánica, 7) cualidades humectantes, 8) detergencia y penetración, 9) no importen olor y sabor, y 10) intensidad de color proporciona la concentración.

e) Compuestos Cuaternarios de Amonia.- Son excelentes agentes bactericidas pero muy pobres en detergencias. Sus características principales son: 1) muy efectivos contra bacterias Gram positivas y negativas° 2) Estables en polvo seco o como pastas o soluciones a temperatura ambiente, 3) sin olor, 4) solubles en agua, 5) no corrosivos a metales, 6) la superficie se mantiene bacteriotática por algún periodo de tiempo, 7) no irritante a la piel en soluciones corrientes, 8) activo en presencia de materia orgánica, 9) incompatibles con jabones, detergentes ionicos, aceite de pino y fosfatos inorgánicos.

La administración Federal de Alimentos y Drogas en la

Calor seco.-Requiere largo periodo de tiempo y alta temperatura.

II.-Radiación Ultravioleta.- Se ha usado como medio de desinfección en la industria de alimentos. Generalmente se usa para la desinfección del aire.

III.-Radiaciones Ionizantes.- Esta en etapa experimental.

IV.-Esterilización por filtración.- Solamente puede hacerse con líquidos o gases.

V.-Precipitación Electrostática.- El aire puede ser limpiado al pasarse a través de una unidad electrostática.

5.5

Higiene del Personal. (C, 28, 66, 27)

La salud de quienes manipulan los alimentos participa en forma importante en la sanidad. Los empleados pueden ser fuente de bacterias que causan enfermedades o intoxicaciones. Gran número de enfermedades se originan a partir de trabajadores enfermos o de higiene personal poco satisfactoria. Además se utilizan a veces métodos antihigiénicos en la manipulación de los alimentos.

Generalmente las intoxicaciones o infecciones se deben a la contaminación del alimento por estornudos, heridas o suciedad en las manos. Ejemplos de enfermedades importantes del ser humano que pueden ser transmitidas por los alimentos, son las del aparato respiratorio como resfriados, faringitis, escarlatina, amigdalitis, neumonía, gingivitis necrosante ulcerosa ("boca de trinchera"), sinusitis y tuberculosis. Otras enfermedades que pueden ser transmitidas son padecimientos intestinales como fiebre tifoide, disentería, cólera asiático, hepatitis infecciosa. En algunas de estas enfermedades los microorganismos pueden quedar en la persona después que

se haya recuperado, y por esta razón ser un portador, sin saberlo.

En las siguientes figuras se muestra como son transmitidos los microorganismos del hombre a los comestibles. (56)

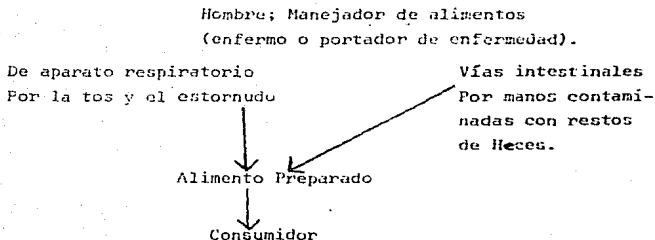


Fig. 5-2.- Transmisión directa de Microorganismos del hombre a los alimentos. (56)

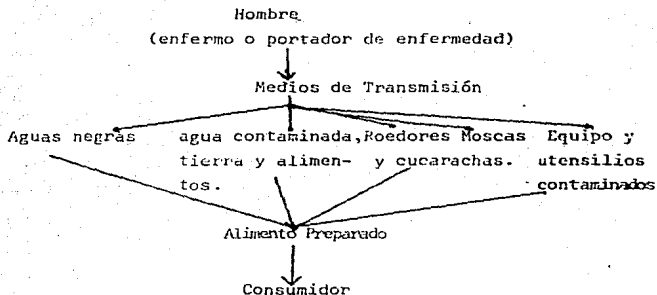


Fig. 5-3.- Transmisión de microorganismos al alimento por diversas vías.

Es conveniente someter al personal a exámenes bacteriológicos y clínicos, aunque esto no siempre garantice que dicho personal este exento de microorganismos patógenos peligrosos, sobre todo donde las enfermedades infecciosas son muy frecuentes. Estos exámenes consistirán en lo siguiente:

- Análisis Serológico
- Análisis Bacteriológico de orina y heces fecales.

5.5.1 Responsabilidad de la empresa. (56, 87)

- 1.- Exigir exámenes físicos arriba mencionados, para saber si sufre alguna enfermedad aguda o contagiosa.
- 2.- Vigilar constantemente a los empleados en busca de infecciones como quemaduras infectadas, llagas y furúnculos.
- 3.- Exigir un examen físico al empleado que ha sufrido una enfermedad contagiosa, antes de reintegrarse a su trabajo para asegurarse que no se ha vuelto portador.
- 4.- Estimular al personal a que cuide su salud y estimularlo a señalar a sus supervisores cualquier infección del aparato respiratorio o intestinal.
- 5.- Brindar los medios esenciales para que sean limpios.
 - a) Vestidores con estantería lavabos y jabón.
 - b) Uniformes o indumentaria adecuada, servicio de lavandería o ambos.
 - c) lavabos para las manos con agua en abundancia (de preferencia con válvulas controladas por un pedal accionado por rodilla o por el pie), jabón y toallas individuales o de papel, o secadores de aire para manos.

5.5.2 Responsabilidad de los empleados. (56)

- 1.- Conservarse en buen estado de salud.

- 2.- Cuidar todo lo referente a la sanidad; aprender algunos hechos que permitan mejorar la salud; y la forma en que pueden afectar a otros.
- 3.- Señalar al supervisor si ha sufrido una lesión, presencia de cualquier erupción de piel, furúnculos y otras alteraciones, padecimientos del aparato respiratorio o intestinal.
- 4.- Señalar el abasto de jabón o toallas en los sanitarios o cuartos de aseo.
- 5.- Practicar la limpieza personal. (6, 32, 56)
 - a) Baño diario, b) Usar desodorante, c) lavarse el pelo cuando menos una vez por semana, d) conservar uñas limpias recortadas y arregladas, e) cambiarse diariamente de ropa interior.
- 6.- Prepararse para trabajar en forma sistemática.
 - a) cepillar y peinar su cabello, usando red para el pelo (mujeres) o gorra (hombres), b) Usar zapatos limpios y cómodos, c) usar el uniforme de preferencia blanco, d) limpieza lo mejor posible manos y uñas.
- 7.- Evitar los malos hábitos en el uso de las manos.

No rascarse la cabeza, u otras partes del cuerpo, ni arreglarse el pelo tirar de los bigotes, exprimir espinillas y otras prácticas inadecuadas. Si incurre en las anteriores debe lavarse inmediatamente las manos.
- 8.- Evitará toser o estornudar
- 9.- Lavarse las manos con frecuencia y después de que haya hecho lo siguiente:
 - a) Acudir al cuarto de baño (orinar o defecar)
 - b) Toser o estornudar en manos o pañuelo
 - c) Fumar
 - d) Manipular cajas, embalaje, recubiertas, u otros ar-

tículos contaminados.

e) Manipular basura

f) Tocar monedas

g) Tocar con la mano cualquier objeto, contaminado.

10.- Procurar que las manos y los dedos no toquen el alimento, ni probarlo.

11.- Emplear utensilios para manipular o preparar los alimentos en la medida de lo posible.

12.- Cumplir la prohibición de fumar

13.- Usar guantes desechables de plástico si hay que manipular el alimento. Una vez usados, deshechar los guantes.

- 6. Seguridad.
- 6.1 Accidente.
 - 6.1.1 Causas.
 - 6.1.2 Daños y consecuencias.
- 6.2 Organización de Seguridad.
 - 6.2.1 Funciones Básicas de la Organización de Seguridad.
 - 6.2.2 Funciones Específicas.
 - 6.2.3 Responsabilidades de la Organización de Seguridad en la Empresa.
 - 6.2.4 La Organización de Seguridad y el Servicio Médico de la Empresa.
 - 6.2.5 Inspecciones de Seguridad.
- 6.3 Mentalización.
- 6.4 Ambiente Industrial.
 - 6.4.1 Temperatura y Humedad.
 - 6.4.2 Fatiga.
 - 6.4.3 Iluminación.
 - 6.4.4 Color de los locales.
 - 6.4.5 Ruido y vibraciones.
- 6.5 Electricidad.
 - 6.5.1 Accidentes eléctricos.
- 6.6 Protección contra Incendios.
 - 6.6.1 Objetivos.
 - 6.6.2 Prevención.
 - 6.6.3 Detección y Alarma.
 - 6.6.4 Clasificación de Fuegos.
 - 6.6.5 Entrenamientos.
- 6.7 Protección Personal.
- 6.8 Protección de Maquinaria.

6.- Seguridad.

6.1.1

Las causas de los accidentes pueden en algunos casos ser difíciles de determinar, pero fundamentalmente la mayoría de los accidentes ocurren por una combinación de factores técnicos y factores humanos en proporción variable. Gran cantidad de accidentes son atribuidos a una sola causa (sea esta una condición peligrosa o un acto inseguro).

El objetivo óptimo de la seguridad en el trabajo, es el de proteger de tal forma los puestos de trabajo, que aunque el trabajador cometa un acto imprudente, quede automáticamente protegido del peligro. Con ello no solamente se evitaría la lesión, sino que también se mejoraría el rendimiento personal y la productividad.

6.1.2

Los daños y consecuencias de los accidentes recaen sobre el trabajador, sobre la empresa y sobre la colectividad.

a) Sobre el trabajador:

1.- El trabajador accidentado percibe generalmente una paga menor.

2.- Padece una disminución física, psíquica y moral - que en algunos casos no le permitiría desenvolver el trabajo al cual había dedicado su vida.

3.- Puede que padezca una incapacidad permanente que le haga sentirse una persona inferior en la sociedad.

b) Sobre la empresa:

1.- Dificultad de sustituir al trabajador lesionado - que estaba ya especializado en realizar determinado trabajo.

2.- Pérdida de tiempo y de producción.

3.- Pérdida de tiempo o de producción de los que ayudan a la persona accidentada.

4.- Resentimiento y desconfianza del personal y la colectividad.

5.- Malas relaciones humanas

6.- A la larga pérdida de moral y eficiencia de que el accidente es una fatalidad.

c) Sobre la colectividad.

1.- Los daños que perjudican a la empresa y a los trabajadores llegan también a pesar sobre la sociedad, que debe pagar su cuota de respeto del patrimonio humano individual y colectivo.

2.- Un número elevado de accidentes produce en parte un descenso de la producción y por otra parte unos gastos mayores, que podían haberse invertido en fines más útiles, lo cual trae consigo un aumento de precio del costo de los productos y por consiguiente del de venta, con el consecuente perjuicio económico para la sociedad, incluido el accidentado, que ha de procurarse dichos productos a un mayor precio.

3.- El daño más grave y que más difícilmente puede ser valorado, y que más nos debe motivar para hacer seguridad es la pérdida de una vida humana.

No debemos olvidar que el sujeto lesionado por el accidente es el hombre y que, en el fondo, es el causante próximo o remoto del accidente que incide sobre sí mismo. Por lo tanto es preciso estudiar su forma de ser, tanto físicamente como emocional, sociológica y psíquicamente, para evaluar la incidencia que sobre el mismo puedan tener determinados estímulos exteriores ambientales (polvo, gases, iluminación, ruido, etc.) ó estímulos emocionales (preocupaciones, disgustos, alegrías, etc) ya que en cada circunstancia condicionaría su

- A) Prevención de los accidentes de trabajo y de las enfermedades profesionales se divide en los siguientes grupos la Formación en Seguridad e Higiene.
- 1.a. El personal de nuevo ingreso a que preste dentro de la empresa, se le dará formación suficiente en materias de seguridad y no será admitido hasta que demuestre competencia en dichas materias.
 - 1.b. La organización de seguridad tendrá a disposición de los organismos oficiales competentes los programas, textos, medios pedagógicos, exámenes y controles administrativos suficientes que permita estimar el nivel de formación de seguridad e higiene.
 - 1.c. La organización remitirá periódicamente la información técnica de seguridad e higiene que permita comprobar la intensidad y la calidad de dicha información.
- 2) Motivación del personal. Premios y sanciones.
- 2.a. Campañas sobre temas concretos (señalización, material de seguridad, etc.).
 - 2.b. Concursos. Podrán ser de carteles, de dispositivos de seguridad, sobre temas técnicos de seguridad, de slogan, de mejoramiento de la estructura de seguridad.
 - 2.c. La organización propondrá a la empresa, previo informe del comité de seguridad e higiene, sanciones o premios a los productores que crea convenientes.
- 3) Investigación y Estadística de accidentes.
- 4) Material de Seguridad. Protecciones.
- 4.a. Tendrá a su disposición un catálogo técnico de los

1) Desarrollará planes parciales que se harán públicos en la empresa y que se tendrán a disposición de los funcionarios autorizados.

2) Representando a la empresa en todas las manifestaciones externas e internas que hagan referencia a sus funciones

3) Controlando el desarrollo de los planes específicos de seguridad y proponiendo a la dirección sanciones y los premios que le autorice el reglamento de régimen interior en los temas que sean de su jurisdicción.

4) Gestionando directamente la información estadística que permita el control, por parte de los organismos oficiales.

5) Solicitando de la dirección de la empresa los medios económicos y humanos necesarios que le permita el desarrollo de las funciones encomendadas.

6) Definiendo las responsabilidades de cada uno de los escalones que integran el proceso productivo.

La función seguridad en la empresa se divide en:

A) Prevención de los accidentes de trabajo y de las enfermedades profesionales.

B) Prevención de los accidentes en o por vehículos motorizados propiedad de la empresa.

C) Prevención de los riesgos por incendio o explosión.

D) Prevención de los riesgos que la actividad de la empresa pueda producir en terceras personas.

E) Prevención de los daños (físicos y materiales) producidos en la empresa por condiciones externas a ella.

6.2.2

Funciones específicas de la Organización de Seguridad.

6.2 Organización de Seguridad.

La función de seguridad es aquella concebida, estudiada definida y ordenada que, establecida es una empresa y encuadrada dentro del organigrama general de la misma y como una función más de la empresa tiene por fin básico despertar, atraer y conservar el interés, el esfuerzo y la acción preventiva de todo el personal, bajo un plan y unas directrices predeterminadas en la común tarea de evitar los accidentes de trabajo dentro de aquella.

La organización de seguridad interna de cada empresa, - deberá considerarse como un servicio funcional colocado bajo la autoridad directa de la dirección. Su papel debe ser de animación, de información y formación en general, de consejo de coordinación y de inspección. La función de seguridad se realizará mediante gestión participada entre los jefes de producción, mantenimiento o similares y el ingeniero de seguridad. La Organización de Seguridad estará a cargo del ingeniero de seguridad, el cual se define como: aquel profesional con titulación técnica (superior o media según jerarquía) y que esté en posesión de la máxima titulación especializada en seguridad oficializada por los organismos oficiales competentes, debiendo ejercer su actividad y a su vez aplicando sus conocimientos técnicos, encaminados a conseguir el mejor grado posible de seguridad para personas e instalaciones de la empresa que le ocupa. Asimismo el técnico de seguridad es aquella persona que en posesión de una titulación especializada en seguridad colabore en ciertas funciones concretas de las asignadas a la organización de seguridad.

5.2.1

Funciones básicas de la Organización de Seguridad.

forma de comportarse o conducirse durante el trabajo en orden a la seguridad, (descuido, distracción, osadía, pruden-
cia, etc) que es una fase de organización de seguridad, debe poder ser controlada por los mandos superiores de la empresa a través de mandos intermedios.

Junto con el estudio de las condiciones físicas de cada persona, sus condicionantes técnicos de conocimientos, títulos, habilidades, experiencias etc, y las condiciones que se precisen para el perfecto desarrollo de cada puesto de trabajo, se precisarán considerando las cualidades psicológicas y morales. A ello tiende la ergonomía que pretende conseguir más idoneas para ello, consiguiéndose a la vez una mayor seguridad y productividad.

Análisis de los accidentes:

Las estadísticas de los accidentes deben reflejar como mínimo el número, la gravedad, las horas trabajadas y las jornadas perdidas. Con estos datos se obtendrán los "índices de frecuencia" y los "índices de gravedad" que nos darán una idea de la situación de la empresa con relación a los demás del sector. De las estadísticas debemos obtener una serie de datos que una vez estudiados cuidadosamente, nos darán la pauta a seguir y las medidas a adoptar para disminuir los accidentes en número y gravedad.

Las investigaciones de un accidente (o "incidente") debe hacerse exclusivamente para determinar los motivos causantes del mismo y evitar su repetición. Es necesario aclarar antes de comenzar la investigación, que no se trata de asignar responsabilidades ni de imponer sanciones.

- materiales de seguridad e higiene que deben utilizar los productores de la empresa.
- 4.b Hará una relación del material de seguridad que debe poseer cada productor o cada grupo de productores que precisen protecciones comunes y se encargará entre la correcta distribución del material entre los empleados.
- 4.c Controlará el material distribuido, persona y fecha de recibido, etc.
- 4.d Los apartados 4a. y 4c se aplicaran respecto a las protecciones de máquinas o elementos que requieran especial dispositivos de prevención de accidentes.

5) Higiene Industrial

- 5.a Niveles de Iluminación, temperatura, fluido, humedad, espacio de trabajo, etc.
- 5.b Vigilar niveles de sustancias tóxicas o peligrosas no excedan de los valores autorizados. En todo caso man tener la relación entre productos y personas autorizadas para su manipulación, medidas preventivas y es peciales en caso de propagación o escape de dichos productos.
- 6) Control previo a el funcionamiento de nuevas instalaciones o máquinas.
- 7) Estudios de puestos de trabajo. Normas de Seguridad. Ergonomía. Estos estudios incluirán como mínimo.
- Formación de seguridad e higiene requerida por el puesto.
 - Protección de maquinaria e instalaciones.

- Material de protección personal y colectiva
- Normas de seguridad a tener en cuenta en el desarrollo del trabajo.
- Normas de señalización
- Límites de utilización de máquinas y herramientas utilizadas.
- Exigencias físicas y psicológicas del puesto
- Actuación en caso de accidente
- Tiempo de trabajo que incluyen las medidas preventivas a adoptar por los operarios.

8) Revisiones e inspecciones periódicas.

9) Comité de seguridad e higiene. Reclamaciones y sugerencias del personal.

10) Personal de contrato.- Establecerá en los contratos de prestación de servicios, las sanciones y supervisiones a que se obliguen ambas empresas.

B) Prevención de los accidentes en vehículos motorizados.

- 1.- Determina revisiones y controles periódicos de los vehículos de la empresa.
- 2.- Dictan normas en la utilización de c/u de los vehículos de la empresa.

C) Prevención de los riesgos por incendio o explosión.

1.- Redactará "Plan de prevención contra incendios", evaluando el nivel de riesgo por incendio o explosión y se programarán los medios de extinción de incendios que deberá disponer la empresa (extintores portátiles o manuales, detección y extinción automática de incendios, redes de agua etc).

Asimismo impartirá información oportuna al personal, de las normas de actuación en caso de siniestro.

D) Prevención de los riesgos que la actividad de la empresa pueda producir en terceras personas.

1.- Responsabilidad de la polución ambiental que los desechos de la empresa puedan producir (aguas, atmósfera, - radioractividad, etc).

2.- Control en el tipo de fabricación de la empresa para evitar riesgos a los utilizadores de los productos.

E) Prevención de los daños (físicos y materiales) producidos en la empresa, por condiciones externas a ella.

1.- Vigilar el cumplimiento de las normas de seguridad e higiene por parte del personal de contrato.

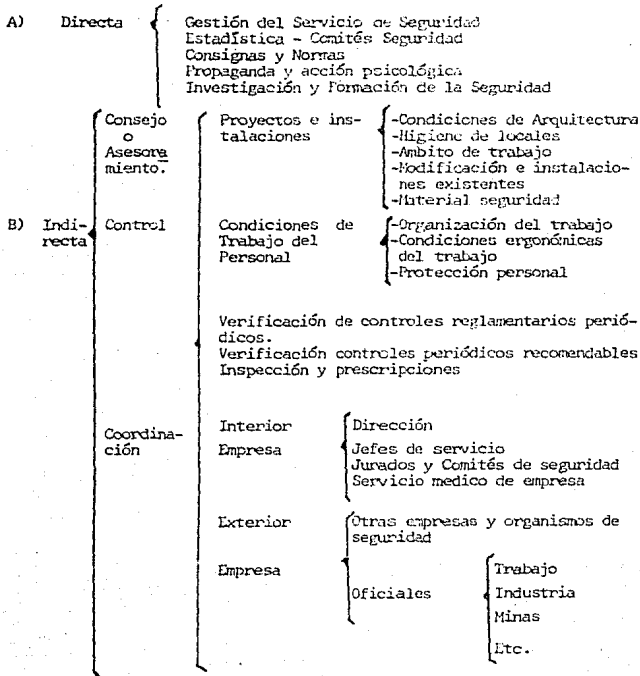
2.- Prevenir los riesgos por robo, espionaje industrial etc.

3.- Riesgos de materias primas, nuevas maquinarias, vehículos etc. puedan producir en el personal de la empresa.

4.- Planes de emergencia para grandes catástrofes (inundaciones, terremotos, etc) a fin de asegurar la protección de los productores y de los bienes materiales.

5.- Poner empeño en los temas de protección civil del personal de la empresa. Es aconsejable concertar seguros de todo tipo, por la empresa, se ponga en conocimiento de la organización de seguridad.

6.2.3 Responsabilidades de la Organización de Seguridad de la Empresa.



6.2.4 La organización de seguridad y el servicio médico de la empresa.

Los puntos fundamentales que la organización de seguridad y el servicio médico que han de trabajar conjuntamente - para reducir el número de accidentes y enfermedades profesionales de la empresa son:

- 1.- Selección de personal, colocando a cada persona en el puesto de trabajo más adecuado a sus aptitudes.
- 2.- Localización de posibles enfermedades profesionales y medidas de orden técnico necesarias para evitar la aparición de la misma.
- 3.- Los estudios ergonómicos.
- 4.- Colaboración de otros servicios para obtener una mayor eficacia en la prevención de accidentes.
- 5.- Elaboración de normas higiénico-preventivas de accidentes, que deben conocer todos los trabajadores.
- 6.- Labor conjunta del servicio médico, higiene industrial y organización de seguridad.
- 7.- Formación del personal.

La acción del servicio médico se ceñirá únicamente a los aspectos puramente médicos, informando de los resultados obtenidos en su labor, a la organización de seguridad, la cual propondrá las soluciones técnicas oportunas.

6.2.5 Inspecciones de Seguridad.

Es en la inspección donde se prevenirán los accidentes, corrigiendo las condiciones y actos peligrosos antes de ocurrir el accidente.

El plan de inspección se puede llevar a cabo de la forma y con las siguientes normas:

- a) Se inspeccionarán todas las secciones cada mes.
- b) Se fijarán y comunicarán con anticipación y por el servicio de seguridad, las fechas y horas para realizar las inspecciones.
- c) El equipo inspector estará formado por:
 - Jefe de Seguridad (Ingeniero de Seguridad)
 - Vigilante de seguridad de la fase
 - Médico de la empresa
 - Un mando y un obrero de la empresa. Los cuales deben cambiarse cada dos meses, para dar a todos la oportunidad de participar en la inspección.
- d) El servicio de seguridad enviará la información, con las deficiencias observadas por el equipo inspector a la Jefatura de obra.
- e) Las fases inspeccionadas remitirán al servicio de seguridad las correcciones aplicadas, dificultades, etc.

6.3 Mentalización.

Cualquier actividad o acción que se desarrolle en el campo de la seguridad, para ser efectiva, debe contar con la cooperación del equipo trabajador. Es preciso tener gran tacto y habilidad, para no dejar que la idea de que la empresa actúa por razones puramente económicas, arraigue entre el personal trabajador. Consecuentemente se llega a la necesidad de proceder a una "Mentalización" del personal, para actuar con seguridad.

La enseñanza podrá ser por medio de:

- 1.- Seminarios.- Se entiende por seminario la reunión de una serie de personas durante 2 o 3 días, en un lugar de-

terminado (hotel, parador, etc) en regimen de internado ó - semi-internado, para con la colaboración de conferenciantes tratar una serie de temas específicos.

2.- Cursos

Los cuales pueden ser organizados con las horas de trabajo y de una duración de 1 a 2 horas diarias. Se tratarán - problemas humanos y sociológicos de los accidentes, forma de producirse los accidentes, investigación de los accidentes e ideas técnicas para efectuar el trabajo con seguridad (orden y limpieza, protecciones personales y de máquinas) complementado con proyecciones de películas y secciones de primeros - auxilios.

3.- Carteles, películas y diapositivas, folletos y cursos.

- a) Deben contener un mensaje
- b) El mensaje debe ser claro y fácil de captar
- c) Deben provocar interés
- d) Deben ser adecuados a la mentalidad de quien va dirigido.

4.- Medios Audiovisuales. Cine - forum.

a) Imagen y sonido: cine, radio, televisión, disco, cintas magnetofónicas, la publicidad etc.

b) Tecnología Educativa: Los multi-media; se refiere al conjunto de medios tecnológicos audiovisuales susceptibles de ser aplicados en una programación racional de enseñanza. Pueden ir desde el libro hasta el proyector de cine, debe haber coordinación en el uso de ambos, así como de otros medios como el proyector de diapositivas, el de cuerpos opacos, retro proyector de transparencias etc.

c) Cine-Forum: Se refiere a la proyección de una película

la de seguridad y discusión de la misma.

6.4 Ambiente Industrial.

Ambiente Industrial.- Es el conjunto de factores que afectan a la situación del operario en el puesto de trabajo.

6.4.1 Temperatura y Humedad.

a) Pureza y renovación del aire.- La aireación o ventilación forzada debe estudiarse de forma que no queden zonas con aire estancado. En los locales de trabajo resulta impurificado no solamente por humos, gases y vapores procedentes del proceso de producción, sino también por respiración y transpiración de los trabajadores, por lo que resulta necesario restablecer las condiciones normales por procedimientos de aireación y ventilación forzada.

b) Interdependencia entre la temperatura-humedad relativa- velocidad del aire. En un proceso de sudoración la humedad relativa del aire influye sobre la facilidad o dificultad de evaporación del sudor, igualmente que la velocidad del aire, en las proximidades del cuerpo, al permitir la sustitución del aire saturado, por otro de humedad relativa más baja.

c) Temperatura efectiva.- Se refiere como el valor numérico de la temperatura del aire saturado que produce idéntica sensación de bienestar.

6.4.2 Fatiga. Situación de baja eficiencia, debida a una fuerte o prolongada actividad sin suficiente reposición. El estudio de este fenómeno debe realizarse bajo tres puntos de vista.

a) Objetivo.- En él se estudian las modificaciones en

las reacciones. A medida que aumenta la fatiga, el tiempo de reacción va siendo más lento, por lo que cuantas más horas se lleven trabajando en determinadas actividades que precisen rápidos reflejos la propensión a los accidentes va siendo cada vez mayor.

b) Metabólico. Aquí se estudian cambios orgánicos y las alteraciones físicas y químicas que se producen en el individuo.

c) Subjetivo. Bajo este aspecto se analizan las variaciones en la pérdida de capacidad para el trabajo, mediante "tests"; adecuados determinando de esta manera la eficiencia instantánea durante la jornada de trabajo.

6.4.3 Iluminación.

Una buena iluminación consiste en obtener un alto nivel de eficiencia visual.

La cantidad de luz necesaria para efectuar bien una operación es aquella con la que el operario pueda hacerla correctamente, sin esfuerzo ni agotamiento visual.

Para definir la cantidad de luz necesaria para un trabajo deben tenerse en cuenta los siguientes extremos:

a) Agudeza visual (tamaño y distancia del objetivo).

b) Rapidez de percepción (precisión de elementos en movimiento).

c) Contraste (del color del objeto con relación al fondo). Al aumentar la iluminación aumenta la sensibilidad de visión del objeto, hasta ciertos límites en los que se produce el deslumbramiento.

d) Luminosidad del objeto (color y clase de superficie propios del objeto. Colores claros en suelos, paredes y también en techos.

Deslumbramiento.

Una buena iluminación implica un adecuado control de contrastes y ausencia absoluta de deslumbramientos. Para evitar deslumbramientos, será preciso reducir contrastes, por control de posición, tamaño y luminosidad de las fuentes de luz.

Los contrastes muy fuertes se emplean en técnicas propagandistas, buscando la atención del objeto. Esta técnica, puede emplearse, con mucha moderación, para centrar la atención del operador en avisos de peligro o sobre el trabajo que realiza.

Iluminación Natural.

La iluminación natural utiliza un manantial de luz muy variable, dependiendo su intensidad de la estación del año, condiciones atmosféricas y hora del día.

La luz natural procede de un solo foco luminoso, ocurriendo efectos nocivos de deslumbramiento, difíciles de evitar en muchas condiciones. Para que la iluminación sea efectiva, los lucernarios deben limpiarse periódicamente, la frecuencia de limpieza depende no solo del índice de suciedad atmosférica, sino también de la inclinación del lucernario, ya que el vidrio, cuando se aparta de la vertical, tiende a fijar mucha suciedad exterior.

Iluminación Artificial.

Los sistemas de iluminación artificial utilizan lámparas de descarga, cuyo fundamento estriba en la producción de luz por el paso de la corriente a través de un gas, consiguiendo espectros diferentes, según la naturaleza del gas (sodio, mercurio, iodo, neón, xenón,...)

En general, en fábricas y talleres, se utiliza el vapor

de mercurio con color corregido o fluorescentes normales o de alta emisión, reservándose para exteriores los de Naz, I₂ etc. por su alto rendimiento lumínico y gran poder de penetración a la niebla, polvo, humos, aunque con ellas la discriminación de colores es deficiente, y el aspecto físico de las personas, es deprimente.

Mantenimiento.

Se basará en una distribución de todos los puntos de luz, de la fábrica agrupándolos en sectores, de forma que periódicamente se revisen, reponen y limpien lámparas y luminarias. El número y frecuencia de la revisión dependerá del ambiente de la fábrica (sucio, medio o limpio), de forma que el período entre dos revisiones en la misma lámpara, no exceda del tiempo aconsejable para mantenerla con un buen rendimiento y un nivel de iluminación uniforme en toda la fábrica.

El personal de mantenimiento, debe llevar a cabo las siguientes maniobras.

- Secar y limpiar las celosías
- Secar y limpiar las lámparas
- Limpiar la parte superior exterior de las luminarias.
- Limpiar la parte interior de las luminarias
- Montar las celosías.

Iluminación de Emergencia.

La iluminación de emergencia tiene como finalidad proporcionar una visibilidad suficiente para la evacuación del personal en los edificios o naves cuando falta la iluminación artificial. Esta circunstancia se produce siempre que hay una anomalía grave, como explosión, incendio etc., es entonces cuando la misma anomalía exige cierta visibilidad

para evitar el pánico y facilitar la salida del personal. Este sistema de iluminación será independiente del sistema normal de iluminación.

Alumbrado de Vigilancia.

Al conectar la red de alumbrado general, el 10% de los puntos de luz, se conectan a un circuito independiente, de forma que durante la iluminación para trabajar ambos quedan conectados, y cuando termina el trabajo solo queda este último, proporcionando un alumbrado que facilita la inspección y recorrido de los vigilantes nocturnos para detectar cualquier anomalía.

6.4.4 Color de los Locales.

Los colores por su frecuencia psicológica se pueden clasificar así:

- Colores Calientes

Amarillo, anaranjado y rojo. Producen excitación, actividad; en las paredes cortas dan sensación de mayor longitud y acercamiento. En los locales fríos dan sensación de elevación de temperatura ambiente. Los amarillos claros y medios inducen a la limpieza.

- Colores Fríos

Grises, azules y violetas. Reducen la actividad induciendo a la apatía, sobre todo el violeta. En paredes largas producen sensación de acortamiento de su longitud y el alejamiento de las mismas. En los locales cálidos dan sensación de frescor. Resisten mejor la suciedad por lo que no dan sensación de limpieza.

- Colores Pesados

Negros, verdes y grises obscuros. La sensación de pesados y deprimen el ánimo.

- Colores Livianos

Blanco, marfil, crema claro y amarillo claro. Los equipos, cajas, envoltorios etc., pintados de colores livianos, inclinan a considerar menos pesados sus contenidos y facilitar su manejo.

Esta clasificación, sugiere los colores idóneos para cada circunstancia concreta, cuidando simplemente de que exista cierto contraste para evitar la monotonía, y analizando las condiciones generales de iluminación natural y artificial para evitar deslumbramiento, al incidir por ejemplo, el sol directamente sobre determinadas paredes o interior de fachadas, o determinadas horas del día.

En líneas se procura que el interior de muros o fachadas no tenga un color excesivamente claro, para evitar el esfuerzo de acomodación del ojo del punto donde el operario, desarrolla su trabajo, al de un fondo más luminoso formado por las paredes del recinto, lo que ocasionaría fatiga visual al cabo de cierto tiempo. Se suele aconsejar pintar las paredes de fábricas en crema, beige, marfil, verde o azul claro (eligiéndolos según las condiciones térmicas previsibles), con techos claros (marfil, blanco) y suelos grises. Un zócalo oscuro en la parte inferior de las paredes facilita la conservación de la limpieza. Todos los colores deben ser siempre mates para evitar brillos y reflejos.

En maquinarias se suelen emplear verdes claros y los grises claros, utilizando el amarillo para llamar la atención sobre partes móviles (grúas, polipastos) o partes vivas fijas

potencialmente peligrosas (salientes de máquinas, zonas de altura reducida, etc.), reservándose la señalización de bandas negras sobre fondo amarillo (contraste de máxima visibilidad), para los elementos móviles especialmente peligrosos.

- Colores de Seguridad

Se emplean generalmente para que sirvan de aviso también a las personas daltónicas.

Círculo y rojo.- Peligro. Se reserva para servicios contra incendios.

Triángulo y amarillo.- Advertencia de posibilidad de peligro.

Rectángulo y verde.- Seguridad.

Los colores aconsejables para las botellas industriales son:

GAS	CUEKPO	OJIVA
Oxígeno	Negro	Blanco
Nitrógeno	Negro	Verde
Aire	Negro	Azul
Anhidrido carbónico	Negro	Amarillo
Argón	Negro	Naranja
Hidrógeno	Rojo	Rojo
Acetileno disuelto	Rojo	Habano (marrón claro)
Propano	Rojo	Verde
Metano	Rojo	Azul
Amoníaco	Gris	Verde
Cloro	Gris	Azul

La Dirección de Normas Industriales proponen:
Colores generales para tuberías de fluidos:

Vapor - Rojo	Acidos - Naranja
Agua - Verde	Lejias - Lila
Aire - Azul	Aceites- Sepia
Gas - Amarillo	Alquitán- Negro
Vacío - Gris	

Dentro de cada tipo de fluido se distinguen las diversas fases, aplicaciones, estados, etc. con bandas de colores de la siguiente forma:

	Rojo		Vapor Saturado
Rojo	Blanco	Rojo	Vapor Recalentado
Pojo	Verde	Rojo	Vapor de Escape
	Verde		Agua Potable
Verde	Blanco	Verde	Agua Caliente
Verde	Amarillo	Verde	Agua Condensada
Verde	Rojo	Verde	Agua a presión (agua de alimentación).
Verde	Naranja	Verde	Agua Salada (salmuera)
Verde	Gris	Verde	Agua Utilizable. Agua de Río
Verde	Negro	Verde Negro	Agua Sucia. Agua Residual.
	Azul		Aire de Soplante
Azul	Blanco	Azul	Aire Caliente
Azul	Naranja	Azul	Aire Comprimido
Azul	Negro	Azul	Carbón Pulverizado
	Amarillo		Gas de Tragante (Horno alto u otro horno de fusión depurada)

Amarillo	Negro	Amarillo	Gas de Tragante. Bruto (Horno alto u otro horno de fusión)
Amarillo	Azul	Amarillo	Gas de Gasógeno
Amarillo	Pojo	Amarillo	Gas de Alumbrado y Gas de Horno de Calor.
Amarillo	Verde	Amarillo	Gas de Agua
Amarillo	Sepia	Amarillo	Gas de Aceite
Amarillo	Blanco	Amarillo	Gas Acetileno
Amarillo	Negro	Amarillo	Gas Carbónico
Amarillo	Azul	Amarillo	Oxígeno
Amarillo	Pojo	Amarillo	Hidrógeno
Amarillo	Verde	Amarillo	Nitrógeno
Amarillo	Lila	Amarillo	Amoniaco
	Naranja		Acido
Naranja	Pojo	Naranja	Acido Concentrado
	Lila		Lejia
Lila	Rojo	Lila	Lejia Concentrada
	Sepia		Aceite
Sepia	Amarillo	Sepia	Gas - Oil
Sepia	Negro	Sepia	Aceite Pesado
Sepia	Rojo	Sepia	Gasolina
	Negro		Alquitrán
	Gris		Vacío

6.4.5 Ruido y Vibraciones

Los efectos del ruido sobre el organismo producen una -
disminución de la "agudeza auditiva", que generalmente se -

traduce de una pérdida transitoria y una pérdida permanente.

Otro problema es la mayor propensión a accidentarse en las personas inmersas en un ambiente ruidoso y no pudiendo captar los avisos de anomalía en su entorno (ruidos extraños en máquinas, avisos de compañeros en emergencia, etc.).

Para estudiar el aislamiento o las medidas a tomar en cada caso con relación al ruido y vibración perturbador, es preciso conocer muy a groso modo por lo menos, la mecánica de la transmisión de los sonidos, para la utilización de distintos tipos de divisiones que sirvan de medio de aislamiento.

La siguiente tabla da una idea sobre la posible actuación en determinadas circunstancias, para reducir la producción de ruido, en la fuente sonora:

Debe evitarse	Es poco ruidoso (preferible)
Metal contra metal.....	Capas intermedias de goma o plástico
Poleas de rodadora metálica....	Plástico
Ruedas dentadas.....	Correas trapezoidales
Golpes y sacudidas.....	Prensas
Cojinetes de rodillo o bolas....	Cojinetes de fricción
Taladoras o prensas en batería..	Escalonar los golpes
Tuberías metálicas.....	Dilatadores de plástico o tuberías de plástico

La utilización de protectores individuales debe ser el último recurso que debe utilizarse. Los diferentes tipos de protectores presentan diversas características de amortiguación a distintas frecuencias y proporcionan también grados de molestias diferentes a quienes los utilizan. La utilización de prendas de protección comienza "convenciendo" de la

necesidad de usarse.

Los cuatro tipos de protectores más generalizados son:

Protectores semi - insertos.

Son elementos protectores que tapan el canal auditivo por su exterior. En general son de plástico o goma. Se deben limpiar con agua y jabón; si no se guarda un buen cuidado higiénico, pueden producirse frecuentes infecciones en el oído.

Protectores insertos.

Son los que obturan el canal auditivo introduciéndose en él. Los más corrientes son las guatas antierruido, enceras o no y los plásticos esponjosos.

Crejeras.

Se denominan así los protectores auditivos que envuelven el pabellón auditivo, las características prácticas del equipo dependerá de la correcta utilización del mismo.

Cascos Auriculares.

Son equipos que además de tapar los pabellones auditivos envuelven gran parte de la cabeza para reducir la sensación sonora que se transmite al tímpano a través de los huesos de la cabeza. Se utilizan solamente cuando el nivel sonoro es muy elevado.

6.3 Electricidad.

Los accidentes eléctricos suelen tener acción directa sobre el organismo, provocando lesiones orgánicas (quemaduras, ceguera, electrocución), o acciones indirectas (caídas, incendios, explosiones, etc). Considerando que los acciden-

tes ocurrirán en aquellas fasetas que atañen a la distribución y utilización de energía eléctrica en baja tensión, por considerar que las instalaciones eléctricas de alta tensión nunca estarán al alcance físico del usuario normal y serán instaladas y manipuladas por empresas con personal especializado, siguiendo reglamentaciones establecidas para las instalaciones de alta y muy alta tensión.

6.5.1 Accidentes Eléctricos

Los accidentes eléctricos pueden ser producidos por contactos directos, cuando se cierra el circuito entre las partes activas de la instalación, la persona y tierra, o entre una parte activa de la instalación que no debiera estar en tensión, pero que debido a un defecto está activado, la persona y tierra.

La prevención de accidentes eléctricos se estudia bajo tres objetivos diferentes.

- 1.- Eliminar las causas
- 2.- Evitar contactos directos e indirectos
- 3.- Reducir los componentes peligrosos de la corriente a valores inofensivos.

Para eliminar las causas de los contactos indirectos se utilizan los sistemas de instalaciones aisladas de tierra y de doble aislamiento. Para evitar los contactos directos e indirectos se interponen pantallas físicas, aislamientos, etc y finalmente para reducir los componentes peligrosos de la corriente (intensidad y tiempo) a valores inofensivos, se utilizan las puestas a tierra, conexiones, equipotenciales, interruptores automáticos, e instalaciones de muy baja tensión.

6.6 Protección contra incendios.

Las pérdidas de vidas humanas y pérdidas materiales, debidas a incendios han crecido principalmente al incremento de la tecnología, moderna, a base de centros de producción mayores con más equipo automático (y, por consiguiente, menor vigilante humana), mayor empleo de productos plásticos mayores presiones y temperaturas, incremento de equipo eléctrico por unidad de superficie, naves mayores sin muros contrafuegos o departamentos estancos para facilitar la productividad, etc.

6.6.1 Objetivos.

La protección contra incendios se basa fundamentalmente en evitar que se produzcan siniestros, tomando las precauciones necesarias, tanto en el proceso de fabricación o instalaciones, como en los motivos que pueden ser todos de peligro.

En segundo lugar y una vez iniciado un siniestro, se pretende controlarlo y sofocarlo lo más rápidamente posible para reducir al mínimo sus consecuencias.

6.6.2 Prevención.

a) Equipos alimentados por fuel-oil

Puede provocar una explosión el funcionamiento incorrecto de los quemadores, al depositar fuel líquido en el fondo del hogar, y al encender nuevamente el mechero, explotar por arder instantáneamente los gases acumulados procedentes de la evaporación del fuel derramado sobre un hogar caliente. Se aconseja vigilar la regulación de los quemadores y efectuar un barrido, con aire, antes de encender el mechero.

b) Compresoras.

Pueden explotar los calderines por la mezcla explosiva

que forma el aire comprimido y caliente con el aceite de lubricación. Se aconseja purgar los calderines frecuentemente.

c) Botellas a presión.

Las botellas de oxígeno, acetileno, propano, etc., pueden explotar al exponerse al sol o calor y aumentar la presión por efecto de la temperatura. Igualmente las bajas temperaturas, heladas, etc. hacen más frágil el acero, y cualquier golpe puede provocar fisuras y grietas que al aumentar la presión interior se abran provocado la explosión. Se recomienda el cuidado en su manejo y preservarlas del sol directo y de las heladas.

El polvo de cualquier sustancia combustible (e incluso de ciertos metales muy finamente divididos), con el oxígeno del aire forma mezcla explosiva a determinadas concentraciones, por lo que se aconseja ventilar o humedecer el ambiente (para conseguir la decantación) cuando se sospecha el peligro.

c) Los incendios por fricción resultan frecuentes.

Los recipientes o depósitos de basura con trapos y cartones engomados. Estos producen la combustión espontánea, por lo que deben guardarse por separado.

Con relación a las causas mas frecuentes de incendios en la industria, la "National Fire Protection Association" y la "Factory Mutual" publicaron a finales de 1971 las 11 causas que abarcan un 90% de los incendios industriales y sus porcentajes fueron:

Electricidad	19%
Fricción	14%
Chispas mecánicas	12%
Fumar y fósforos	8%

Ignición espontánea	8%
Superficies calientes	7%
Chispas de combustión	6%
Llamas abiertas	5%
Corte y soldadura	4%
Materiales recalentados	3%
Electricidad estática	2%

6.6.3 Detección y Alarma.

La esencia propia de un sistema de detección, es dar la alarma en el menor tiempo posible. Además: localizar el foco del incendio, funcionar en todo momento (incluso cuando falta la energía eléctrica), poder hacer funcionar sistemas de extinción automáticos, desconectar la energía eléctrica, cerrar puertas etc., y ser evitando las falsas alarmas.

Los elementos sensibles mas usuales son:

- a) Detectores iónicos
- b) Detectores ópticos de humos
- c) Detectores ópticos de llama
- d) Detectores térmicos
- e) Detectores termo-velocimétricos

6.6.4 Clasificación de fuegos.

Según la terminología Europea los fuegos se dividen en cinco clases:

- A Son los fuegos secos producidos por la combustión de materia sólida (papel, madera)
- B Fuegos líquidos (gasolina, aceites, etc.)
- C Fuegos de gases (acetileno, butano, etc.)
- D Fuegos especiales producidos por metales ligeros (celuloides, productos químicos, etc.) Cada diferente

producto requiere la aplicación de un polvo especial. A veces será necesario transformar este tipo de fuego, en otro añadiendo combustible, y sofocar este nuevo fuego con agua.

F Fuegos eléctricos, aquellos que interviene la electricidad o se producen en presencia de ella (transformadores, cuadros, etc.)

En el siguiente cuadro puede verse esquemáticamente la utilización adecuada de cada agente extintor, para cada tipo de fuego.

Agente extintor /Clase	A	B	C	D	E
Lanza de agua	Bueno	Malo extingue	Malo	Malo	Prohibido
Agua Pulverizada	Bueno	Bueno	Malo	Malo	- -
CO ₂	Bueno	Regular	Malo	Malo	Excelente
Polvo normal	Poco poder	Muy bueno	Bueno	Regular	Bueno
Polvo anti-basa	Poco poder	Bueno	Bueno	Regular	Bueno
Halcones	Regular	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Líquidos Sintéticos	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Espuma	Bueno	Bueno	Malo	Bueno	Prohibido
Polvo para metales	- -	- -	- -	Bueno	- -

6.6.5 Instalaciones fijas.

Las instalaciones fijas de extinción de incendios deben ser capaces de combatir el fuego desde los primeros momentos, hasta la llegada de los bomberos, evitando por lo menos el incremento del fuego y pueden ser de tubería húmeda ó de tubería seca.

b) - De estimulación a las acciones:

2 - Función predicativa.

Las instalaciones de tubería húmeda son aquellas en las que el elemento extintor (agua, CO₂) llena toda la tubería hasta los rociadores.

Las instalaciones de tubería "seca" está llena de aire a presión, al abrirse el rociador abre la válvula de alimentación y deja en libertad el agente extintor.

Los elementos constituyentes de una instalación fija de agua son:

- a) Depósitos de almacenamiento de agua.
- b) Bombas de presión
- c) Red de distribución y rociadores.

6.6.6 Entrenamientos.

Todo personal de planta debe entrenarse para apagar incendios, o por lo menos conocer el manejo y la forma de atacar un fuego con extintores portátiles. En fábricas con cierto riesgo, se suele establecer un equipo de bomberos con entrenamientos periódicos, el cual debe incluir desde poner en marcha los elementos de extinción, hasta apagar un fuego real para familiarizarse.

Se deben establecer consignas de determinadas personas ó servicios redactadas en forma clara y concisa, colocándolas en sitios bien visibles de sus puestos habituales de trabajo.

6.7 Protección Personal.

Antes de recurrir a la protección personal debe intentarse, por todos los medios conocidos, eliminar el peligro en su fuente de origen, bien sea actuando sobre el sistema, ó protegiendo las máquinas y los elementos peligrosos. La última barrera a considerar entre el elemento agresivo y el operario será la protección personal.

Condiciones que debe cumplir las protecciones personales:

- a) Que su utilización correcta proporcione una defensa eficaz.
- b) Que no entorpezca el trabajo normal.
- c) Que no represente un agobio importante su utilización.
- d) Que sea fácil detectar su deterioro o inutilización
- e) Que sea de nulo o sencillo mantenimiento, y fácil reposición.
- f) Que no ocasione problemas de otro tipo.

Para elegir adecuadamente el equipo de protección individual adecuado para cada circunstancia deben analizarse:

1) Detección de riesgo

Es preciso conocer exactamente el peligro potencial contra el que hay que protegerse (electricidad, gases, vapores, ruido, caídas de objetos, proyecciones de partículas, etc.)

2) Elección del equipo.

Debe ponerse en conocimiento del operario, y buscar su cooperación hasta llegar al resultado final, con lo cual éste no sólo cooperará en determinar el equipo más adecuado, sino - que además lo utilizará sin recelo y con convencimiento de que se ha intentado conseguir lo más adecuado, para su bien y de que la empresa se preocupa por su seguridad.

6.8 Protección de Máquinaria.

El estudio de la protección de las máquinarias no puede hacerse de una forma fija y determinada para cada tipo que existe, en primer lugar por su variedad, y en segundo lugar, por la disposición de los resguardos o protecciones, tienen que ser tales, que permitan efectuar una cierta variedad de trabajos en la

misma máquina.

Las máquinas en sí provocan menos de la cuarta parte de la totalidad de los accidentes que se producen, pero la gravedad de ellos es muy elevada, pues casi siempre significa arranque o rotura de miembros, cuando no significa la muerte.

Las condiciones fundamentales que deben cumplir las protecciones para que su utilización resulte efectiva, son:

- a) Suministrar una protección positiva.
- b) Prevenir todo acceso a la zona de peligro durante las operaciones.
- c) No ocasionar molestias ni inconvenientes al operador.
- d) No interferir innecesariamente con la producción.
- e) Que funcionen automáticamente o con un mínimo esfuerzo.
- f) Que sean apropiados para el trabajo y la maquinaria
- g) Que preferiblemente sean parte integrante de la maquinaria.
- h) Que permitan el engrose, inspección, ajuste y reparación de la maquinaria.
- i) Que su duración sea suficientemente larga.
- j) Que resistan el uso normal y choque de objetos.
- k) Que no se deterioren con la corrosión y el fuego.
- l) Que no constituyan un riesgo por sí mismas.
- m) Que protejan contra los riesgos que normalmente puedan esperarse, y contra todos aquellos propios del trabajo.

Es evidente que, en todos los casos, será imposible - cumplir la totalidad de las condiciones indicadas, pero tam

bién es claro que el resguardo adecuado proporcionará la protección deseada, y además incrementará la calidad y la cantidad del trabajo realizado.

Como complemento se debe indicar la importancia que debe darse a la educación y entrenamiento del operario, antes de utilizar una máquina nueva, o en la que se hayan hecho reformas en sus protecciones, puesto que acostumbrado a una forma de trabajo, precisará un cierto tiempo para adaptarse con las nuevas condiciones.

C A P I T U L O I I .

CAPITULO II

PROCESO

Operaciones en el proceso del enlatado.

1. Grados de Conservación de los alimentos por tratamiento térmico.
 - 1.1 Cocción
 - 1.2 Escaldado
 - 1.2.1 Sistemas para escaldado
 - Rosca térmica
 - Sistema I G B
 - Sistema de Escaldado en Agua Caliente
 - Escaldado por tubería
 - Escaldado en gas caliente
 - 1.3 Pasteurización
 - 1.3.1 Sistemas de Pasteurización
 - Baño de agua
 - Continuo de spray de agua
 - Pasteurización a vapor
 - Agitación, cocinado-atmosferio-continuo
 - Intercambiadores de calor
 - Inyección de calor
 - Inyección de vapor
 - 1.4 Tratamiento térmico por encima 100°C
 - 1.4.1 Esterilización
 - 1.4.2 Esterilización Comercial
 2. Factores que intervienen en la Esterilización o Apertización
 - 2.1 Penetración del Calor
 - 2.1.1 Sistemas de medición para la penetración de calor

2.1.2 Factores que determinen el tiempo necesario para elevar la temperatura del centro del bote a la temperatura del centro del bote a la temperatura de esterilización (punto frío)

2.1.3 Evaluación de la Curva de Penetración de calor

2.1.3.1 Conversión a otros tamaños de envase

2.2 Cinética de la destrucción de Microorganismos y de la degradación de los factores de calidad por el calor

2.2.1 Destrucción Térmica de Microorganismos ó tiempo de reducción decimal

2.3 Efectos del calor sobre los alimentos

2.3.1 Efectos del calor sobre los microorganismos

2.3.1.1 Factores que afectan la termoresistencia de microorganismos
Temperatura, medio iónico, componentes orgánicos lípidos, edad y fase de crecimiento, pH composición del medio, actividad de agua (Aw)

2.3.2 Efectos del calor sobre los componentes nutritivos

2.3.2.1 Sales Minerales

2.3.2.2 Vitaminas

2.3.2.3 Proteínas

2.3.3 Efectos del calor sobre las enzimas

2.3.4 Efectos del calor sobre las características organolépticas

operaciones en el proceso del enlatado.

Los alimentos que han de enlatarse antes de su introducción en los botes pasan por varias operaciones de preparación las cuales se pueden dividir en cuatro áreas (25, 27, 33):

1. Área de recepción, pesado, selección, lavado y clasificado.
2. Área de procesamiento.
3. Área de esterilización.
4. Área de enbotado y almacenamiento.

1.1 Operaciones Preliminares.

A la primera área se le puede denominar sección de operaciones preliminares; el flujo de operaciones varía según el tipo de elaboración y clase de materia prima utilizada.

Las operaciones comunes a todas las elaboraciones son las siguientes:

- Recepción
- Pesado
- Selección
- Lavado
- Clasificación
- Preparación Preliminar

A manera de ejemplo nos referiremos a la elaboración de duraznos cortados en mitades en almibar.

Las frutas se recibe en cajas. Ya sea que lleguen del mercado o del cuerto de refrigeración.

La materia prima contenida en las cajas se depositan sobre la plataforma de la báscula para pesado. De esta manera se controla la cantidad de materia prima que entra en proceso y se calculan los rendimientos de los productos elaborados. Posteriormente del pesado el producto pasa a la zona de selección y se vuelven a pesar las cajas para calcular el peso neto de entrada.

En la zona de selección se efectúan las operaciones de separación del producto con alteraciones, es decir, el que no es adecuado para procesar. Una vez seleccionada la materia prima, esta se introduce en la tina de lavado la cual debe utilizar agua corriente libre de germen. Con el lavado se eliminan los residuos de antipulverizadores, el polvo, la tierra adherida al producto.

Posteriormente a la operación de lavado, se procede a secar y clasificar la materia. La clasificación consiste en una separación según el estado de madurez y el tamaño. De esta manera las diferentes categorías se utilizarán para distintos procesamientos.

Después de la clasificación prosigue la preparación preliminar, que consiste en la eliminación total de tallos y hojas si es que los contiene.

Una vez efectuadas las operaciones preliminares el producto pasa al área de procesamiento.

C. Procesamiento.

Esta área o sección es la parte principal de la sala de elaboración, y en ella se efectúan operaciones como las siguientes:

- Mondado
- Felado
- Trocizado
- Desnuesado
- Cocción
- Desaeración.

Después de estas operaciones, los productos pasan a la sección de esterilización.

A continuación se describen algunos de los equipos que se utilizan en esta área:

Paila cerrada.

La paila cerrada se utiliza para la concentración de los productos en estado líquido o semilíquido, como los jugos y néctares, las mermeladas, las confituras, los jarabes y las salsas. Este equipo además se emplea para efectuar la desacidación y la pasteurización de productos tales como los jugos, los néctares.

El calentamiento se efectúa mediante el vapor que circula a presión en la camisa de doble fondo de la paila.

El aparato trabaja al vacío para extraer el aire y el agua de condensación que se forma durante la concentración. En el interior de la paila se puede producir un vacío de 700 mm. de mercurio. Esto es necesario para facilitar las siguientes funciones:

- a) Cargar la paila por succión.
- b) Extraer el aire del producto
- c) Hervir el producto a una temperatura más alta que la atmosférica.
- d) Obtener un producto de mejor calidad.

Paila abierta

Este aparato se utiliza para el escaldado y la cocción de frutas y hortalizas. También se puede emplear para operaciones tales como:

1. Remojar el producto con lejía de sosa cáustica.
2. Concentrar jugos, mermeladas, ates y salsas.
3. Hecchar el producto con los ingredientes.
4. Preparar y calentar los líquidos de cobertura.

Extractor de pasta.

Este aparato tiene múltiples empleos:

1. Extraer pulpa para la elaboración de sarmeladas.
2. Refinación de pulpa para néctares y jugos turbios.
3. Separación de la pulpa del hueso de durazno y mangos.
4. Esfregar semillas de la pulpa de tomate y guayaba.

Frensa

Este aparato se utiliza para la extracción de jugos.

Peladora y Cortadora.

La utilidad de esta máquina es la de cortar la cáscara de productos tales como papas y bananitos. El pelado se hace por abrasión. Con un accesorio cortador, se utiliza el aparato también para rebanar y cortar cucitos, tiras.

3. Área de Esterilización.

La sección de esterilización es el Área de la sala de elaboración en la cual se efectúa las operaciones siguientes:

- Esterilización de envases vacíos
- Llenado de los envases con el producto procesado
- Adición del líquido de cobertura.
- Freecristalización
- Llenado de envases
- Esterilización
- Enfriado

Equipo que se utiliza:

Llenadora de envases.

La llenadora se utiliza para introducir productos líquidos en los envases. El aparato es un tanque en el que el producto se mantiene a una temperatura constante de 65°C.

El tanque almacenador puede contener diversos líquidos como:

1. Jugo o néctar, que se introduce en el envase cuando éste pasa por debajo del tanque.

l. Líquido de cobertura, que se adiciona al envase con el alimento sólido.

Túnel de preesterilización.

Este aparato se utiliza para el calentamiento de los productos envasados sin tapa. Aunque en capítulos anteriores (equipos de esterilización) ya se vio que existen equipos en donde se tiene integrado esta operación.

El calentamiento permite sacar el aire del producto y alcanza la temperatura óptima para el cierre. Este túnel puede utilizarse también para enfriar los envases después de la esterilización.

Cerrado de envases.

Esta máquina se utiliza para efectuar la unión del doble cierre entre el cuerpo del cilindro y la tapa.

Con más detalle de este cierre se habló en el capítulo de envases.

Autoclave para esterilización

La autoclave se utiliza para esterilizar los envases con el producto. (Ver cap. autoclaves y equipos de esterilización). Después de la esterilización el aparato puede ser utilizado para enfriar los envases.

Grúa para canastillas y tina de entriamiento.

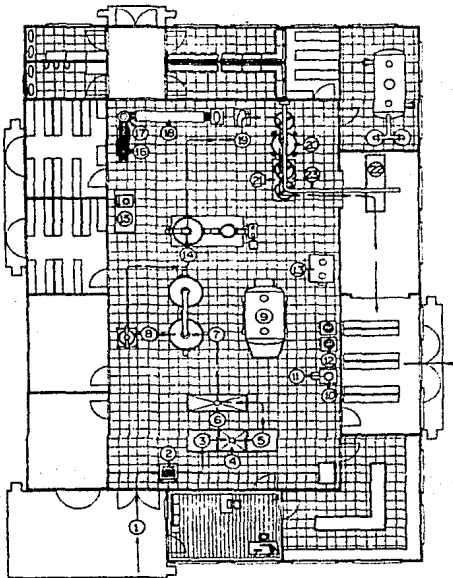
Estas se utilizan en la fase final del proceso.

Las medidas útiles que se pueden tomar para un entriado adecuado son:

1. Clorinar el agua a un residuo de cloro de 5 ppm.
2. Las canastillas se deben sumergir completamente en agua.
3. Dejar entriar los envases hasta que la temperatura del contenido esté a 10°C por encima de la temperatura ambiente.
4. Área empastado y almacenado.

LOS ERRESOS DEL A. de la fabricación de la sección de
sólidos, estibados, muelles y empujamiento.

LA DISTRIBUCIÓN DE LAS MÁQUINAS Y MOTORES PODRÍA SER DE LA
SIGUIENTE MANERA:



SALA DE ELABORACION

- | | |
|---|--|
| 1) Entrada de materias primas frescas | 13) Máquina de desacidificación |
| 2) Bascule de entrada | 14) Mallas de cribado y desacidificación y concentración |
| 3) Mesa de selección | 15) Espectróscopio |
| 4) Tira de lavado | 16) Tinas para productos líquidos para el envasado |
| 5) Mesa de escurrido y clasificación | 17) Lineadora manual |
| 6) Mesa de preparación | 18) Tinas de cristalización |
| 7) Mallas planas o eschizado y otras operaciones. | 19) Lineadora |
| 8) Prensa para el troceado de leche | 20) Autoclave de esterilización |
| 9) Extractor de pasta | 21) Tira de envasamiento |
| 10) Repladora | 22) Mesa de envasado y empacado |
| 11) Cortadora | 23) Bombas |
| 12) Estator | |

1. Grupos de conservación por tratamiento térmico.

Existen varios grupos de conservación por tratamiento térmico y no todos los alimentos conservados por este método están estériles. Por lo que algunos términos tienen que ser precisos. Est. 20, 21, 22, 23.

CONDICIÓN ESTÉRIL: Est. 21, 22, 23

La esterilidad es el proceso más principal de esterilización de un alimento susceptible y equivalente de la conservación. El tipo de procesamiento es el mínimo para todos los tipos de leche, incluso hervir, asar, pasteurizar, tratar, hervir y asumar. El método de aplicación de la energía calorífica y la de soldo difiere en cada uno de estos procesos. Hervir, asar y pasteurizar usualmente requieren calor seco a temperaturas tales como 100°C (212°F) a 121.1°F (250°F) en un tiempo suficiente para destruir los microbios y temperaturas superiores de 121°F (250°F).

El cocinado seguido por refrigeración es un método de preservación común en los hogares ya que pueden ser almacenados los alimentos por períodos más o menos largos previniendolos de la recontaminación con microorganismos que los deterioran.

Los cambios importantes para la preservación en alimentos ocurren como resultado del cocinado: 1) destrucción o reducción de microorganismos. 2) inactivación de enzimas indeseables en el alimento.

Otros cambios deseables que pueden ocurrir en los alimentos como resultado del cocinado incluyen: 1) destrucción de toxinas potencialmente peligrosas naturalmente presentes, acabar con los microorganismos. 2) alteración de color, sabor, textura. 3) proveer mayor digestibilidad a los componentes nutritivos del alimento. Cambios indeseables también pueden ocurrir tales como la degradación de los componentes nutritivos y cambios sensoriales. (10, 24).

La cocción generalmente no esteriliza los productos; por lo tanto aun cuando están protegidos contra la recontaminación los alimentos se descomponen en un tiempo relativamente breve. Este tiempo se prolongará si los alimentos cocidos se conservan bajo refrigeración. Estas prácticas son comunes en el hogar.

El cocinado es generalmente el último tratamiento al que se somete el alimento antes de consumirlo. El tratamiento térmico proporciona una última medio de protección en esos casos lamentables en que ocurre una falla en el procesamiento, o en que el envasado defectuoso llega a contaminarse.

Enzimas. 28, 29, 30, 59, 60

El escaldado es el tratamiento mediante el cual, se neutralizan las enzimas naturales del alimento (Plus and Esselen Fundamentales, in Food Processing operations). El escaldado es un tratamiento térmico común que se realiza previo a la congelación, secado o enlatado, al cual se aplica al sistema tisular de la materia alimenticia. El objetivo del escaldado depende del proceso que se vaya a realizar. El escaldado previo a la congelación o deshidratación, tiene como primordial objetivo la inactivación de enzimas naturales, los cuales producen cambios en algunas de sus propiedades tales como color, sabor y valor nutritivo. 12

De las enzimas más resistentes al calor distribuidas en los tejidos vegetales son la peroxidasa y la catalasa. La actividad de estas enzimas pueden ser utilizada como la evaluación de la eficiencia del tratamiento de escaldado. El tiempo de exposición al calor necesario para la destrucción de la catalasa e peroxidasa depende del tiempo de fruta o vegetal, el método de calentamiento, la forma de la fruta o vegetal, y la temperatura del medio de calentamiento. El medio de calentamiento, generalmente es agua, aunque se pueden utilizar otros como: aire caliente, vapor, microondas. La temperatura usualmente es de 212°F (100°C).

En vegetales se utiliza como medio de calentamiento agua caliente o vapor, en el escaldado de frutas se utiliza a menudo sales de calcio en estado duro, aunque puede producir la formación de partículas de calcio. Enzimas de la escaldado pueden ser utilizados los colorantes espesantes, pectinas, carboximetilcelulosa, y almidón, como ayuda en la firmeza de las frutas 29, 30.

TABLA 1-1

VEGETALES	ESCALADO TIEMPO (min.) EN AGUA A 100°C
Espárragos	1
Habas verdes	
Habas chicas	1.5 - 1.5
Habas medianas	2 - 3
Habas grandes	3 - 4
Betabeles	
Betabel entero	3 - 5
Betabel cuadrado	3
Brocoli	2 - 2
Mais	2 - 3
Chicharos	1 - 1.5
Espinacas	1.5

El escaldado es común en los casos en que los productos van a ser congelados, ya que la congelación en si no detendría completamente la actividad enzimática. En la tabla 1.1 se muestran algunos ejemplos del tiempo necesario para poder escaldado comercial en alimentos.

Para frutas que han sido congeladas no es conveniente descongelarlas por medio de calentamiento, no se usa escaldado, porque se como resultado cambios indeseables en su textura, y sabor. En su lugar es preferible el uso de otras técnicas de preservación. Para combatir los cambios indeseables debido a las enzimas naturales presentes en las frutas (principalmente, las que producen oscurecimiento oxidativo y oxidación de ácido ascórbico).

Estas técnicas producen la inactivación química de las enzimas, evitando al contacto con el oxígeno (añadir de almidón), y requieren la adición de antioxidante, s.i. (ácido ascórbico).

El escaldado que se realiza antes del enlatado tiene varios objetivos: la remoción de los gases en el tejido, incremento de la temperatura en los tejidos, limpieza de los tejidos del producto, evita que se dañe el tejido al envasar y la inactivación de enzimas. Estos objetivos son muy importantes en la operación de preenlatado debido a que influyen en el contenido final de oxígeno e implica una concentración menor de gas en el producto y dando como resultado un buen vacío y por tanto una larga vida de anaquel del producto enlatado.

1.2.1 Sistemas para Escaldado. (58)

En el escaldado a vapor se utilizan sistemas distintos. El material a escaldar se transporta dentro de un tonel de vapor. El producto es calentado por el vapor rápidamente por ambos lados (arriba y abajo). El tiempo a ser utilizado depende de los objetivos del proceso, el enzimas naturales tend a inactivarse o cuando se desea un contenido parcial.

1.2.1.1. Rosca Torcido. En este sistema el producto es transportado a través de una estrecha rosca helicoidal. El vapor es inyectado a intervalos regulares. De manera similar se puede utilizar agua caliente como medio de transferencia, este reduce la agresión y daño de algunos productos sensibles como el champiñón.

1.2.1.2. El lavado los individual quite blancho es un sistema de escaldado a vapor y consiste en dos etapas (1- etapa de calentamiento donde el producto masa promedio la temperatura aumenta, 2- etapa de calentamiento atmosférica donde el gradiente térmico dentro del producto tiende a desaparecer. .

1.2.1.3. Sistema de Escaldado con Agua Caliente (usualmente 200-210°F (93.3 - 98.8°C) por el tiempo requerida. Los tipos de sistemas de escaldado con agua caliente pueden ser: tipos de sistemas de rosca, tipo cilindro, o tipo pica. El tipo cilindro consiste en un cilindro perforado con una rosca helicoidal apropiada (torta). El tiempo de residencia del producto es regulado por las rpm de la rosca y la agitación es proporcionada por la acción de la rosca. El agua puede ser calentada directamente por inyección de vapor dentro del escaldador, o el agua puede circular, exteriormente del escaldado y ser vapor caliente.

1.2.1.4. El escaldado en agua puede ser usado con alimentos sólidos los cuales pueden ser sometidos en agua, el agua y el producto se someten usando 1 litro de agua por ciento de producto y escaldado 4.6 in de diámetro a un rango aproximado de 1 m. La velocidad con que fluyen algunos vegetales y la agitación rápida no viscosa no daña el producto.

Al final del proceso el producto es separado del agua y esta es reciclada.

1.2.1.5 Escaldado en gas caliente usando gas de combustión como medio de transferencia de calor se utiliza para espinacas y otros vegetales. En este proceso el producto pierde considerable agua (por lo que el gas caliente deberá modificarse. El método es particularmente usado para productos que van a ser subsecuentemente secados. Este método no puede utilizarse para algunos productos como maíz ya que la alta temperatura empleada puede causar oscurecimientos en la superficie.

1.2 Pasterización. (25, 26, 27, 28).

Por pasterización queremos decir un grado relativamente bajo de tratamiento térmico, generalmente a temperaturas por debajo del punto de ebullición del agua (100°C). La pasterización es un tratamiento térmico que destruye parte pero no todos los microorganismos presentes. El calentamiento se realiza por medio de vapor, agua caliente calor seco o corriente eléctrica. La utilización de la pasterización dependerá de varios objetivos: 1) cuando tratamientos térmicos más elevados dañaría la calidad del producto, como en la leche y jugos de frutas; 2) cuando uno de los fines perseguidos es la destrucción (muerte) de los gérmenes patógenos como en la leche; 3) cuando los agentes de alteración más importantes no son muy

resistentes, como las levaduras de los jugos de frutas; 4) cuando los microorganismos supervivientes se controlan por otros métodos de conservación adicionales como ocurre en la refrigeración de la leche pasteurizada, y 5) cuando se destruyen los agentes competitivos, permitiendo una fermentación benéfica, que generalmente se realiza por la adición de algunos fermentos o iniciadores como en la elaboración del queso.

La pasteurización debe destruir todas las levaduras y mohos y la mayoría de las formas bacterianas vegetativas, presentes en la leche; las bacterias que sobreviven, llamadas termófilas pertenecen a varios tipos, los más importantes son: Esporuladas 1) Lácticas termoresistentes, son los enterococos, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus thermoresistentes* como *Lactobacillus bulgaricus* y *L. Lactis* y especies de *Microbacterium*, 2) ciertas especies de *Micrococcus*. Ciertas especies de *Streptococcus* y *Lactobacillus* son termófilas y termófilas. Las termófilas esporuladas se dividen en dos grupos principales: a) *Bacillus*; bacilos esporulados aerobios o facultativos, de los que *Bacillus cereus* (proteolítico) suele ser el más abundante, aunque *B. subtilis* (proteolítico), *B. coagulans* (termófilo) y *B. polymixa* (productor de gas), *B. caldus* (termófilo) y otras especies son importantes. (34, 59).

b) *Clostridium*, bacilos anaerobios esporulados, algunos de los cuales son sacrofilíticos (*C. butyricum*) y otros proteolíticos y sacrofilíticos (*C. sporogenes*). Además, la mayoría de los que crecen en la leche producen también gas. Otros tipos de bacterias pueden resistir a la pasteurización, pero no crecen bien en la leche (34, 59).

Los métodos de conservación que se emplean para completar la pasteurización comprenden: 1) refrigeración, por ejemplo en la leche; 2) envasado a vacío (produciendo condiciones anaeróbicas; además evita la contaminación bacteriana; 3) presencia o adición de conservadores químicos, que dan como resultado un ambiente indeseable para los microorganismos; como los ácidos orgánicos de los encurtidos; 4) fermentación con microorganismos deseados; 5) adicionando concentraciones altas de azúcar, como la leche condensada.

En tratamiento tiempo-temperatura usado en la pasteurización dependerá: 1) resistencia térmica del microorganismo patógeno o vegetativo que en el proceso es designado a destruir; 2) sensibilidad al calor de el producto.

En el método de temperatura alta-tiempo corto (HTST) se emplea una temperatura relativamente alta durante un tiempo breve. El método de temperatura baja-tiempo largo o de mantenimiento (LTH) se emplea una temperatura más baja durante el tiempo mayor.

En la tabla 1.2 se muestran algunos ejemplos de pasteurización empleados con distintos tipos de alimentos.

1.2.1 Sistemas de pasteurización. (58, 57)

1.2.1.1 Baño de Agua.

Ya que la pasteurización es normalmente acompañada de temperatura > 121.6 (100.C) alimentos sólidos pueden pasteurizarse en algunos tipos de equipos que se usan para escaldado. Para alimentos ácidos o productos carnicos el baño de agua es un equipo simple de pasteurización.

El equipo consiste un tanque largo donde el producto se mueve sobre una banda. Al fin del proceso se invierte agua fría para la etapa de enfriamiento.

Tabla 1-1
 ESTERILIZACIÓN DE ALIMENTOS ALTERNATIVOS

Alimento	Tipo de tratamiento	Temperatura	Tiempo	Observación
Leche	LTH	62.8°C	35 min.	En la selección se debe tomar en cuenta la resistencia de los microbios de la leche. (D. Scott y H. Serfaty).
Leche para helado	LTh	71.7°C	30 min.	
Leche para helado	HTST	82.0°C	15-20 seg.	
Vino de uva		61-65°C	1-2 minutos	Se embotellan en volúmenes pequeños.
Vinos de otras frutas		61.0°C	1 min.	Se embotellan en volúmenes pequeños.
Cerveza		10°C o superior		El tiempo varía con la temperatura.
Frutas secas	HTST	65.5-95°C	30-60 min.	Dependiendo del tipo de fruta y el tamaño del paquete varía el tratamiento.
Moscú embotellado	LTh	76.7°C	30 min.	
Jugo de manzana	HTST	84-95°C	instantáneo	Volúmenes pequeños
Jugo de manzana	LTh	67.6°C	30-60 min.	
Bebidas carbonatadas	LTh	61.5°C	20 min.	
Vinagre	LTh	60-65.0°C	30 min.	Se embotella después de cerrar los botellitos.
	HTST	65.0-71°C	instantáneo	Se embotella después de cerrar los botellitos.

2. Factores que intervienen en la esterilización y conservación.

1.3.1.2 Equipo continuo de sopra. de agua es usado para pasteurizados botes de frutales y jugos de frutas. El producto es transportado a través de bandas donde es sometido a diferentes zonas de temperaturas, donde el agua es atomizada sobre los envases. Las zonas son: primero precalentamiento segundo calentamiento, pasteurización, preenfriado, y finalmente enfriado.

1.3.1.3. Pasteurización a vapor. Es utilizado para envases metálicos, que para envases de vidrio debido al shock térmico en los tunels se designan con varias zonas de temperaturas, controlando la mezcla aire-vapor de cada zona. El enfriado es acompañado por atomización de agua o por inmersión de los envases en agua.

1.3.1.4. Para frutas, jugos de frutas y tomates, la agitación-cocinado-atmosférico, continuo es muy usado. La operación de la unidad es similar al presión-cocinado-agitación-continuo, donde las latas son transportadas a través de la unidad por medio de una rosca, la unidad opera a presión atmosférica con vapor, agua caliente o combinación de vapor y agua caliente como medio de calentamiento es de 250-300 latas por minuto.

1.3.1.5 La pasteurización de líquidos no envasados es común la utilización directa de intercambiadores de calor. En este tipo de intercambiadores de calor el producto es separado del medio de calentamiento por platos metálicos. Los platos intercambiadores de calor son extensamente usadas para pasteurizar leche y triples.

1.3.1.6. La inyección de vapor directo puede usarse para pasteurizar leche, sin embargo su uso es limitado porque culinariamente puede ocurrir un sobrecalentamiento en el punto de inyección. Y de este resulta una indeseable precipitación de algunas sales como $Ca_3(PO_4)_2$ o desnaturación de proteínas.

El tratamiento térmico al que se someten la mayoría de los alimentos ácidos conforme a lo mencionado en capítulos anteriores (microbiología de alimentos ácidos) es la pasteurización, ya que su microflora presenta una menor resistencia térmica (más adelante se hablara con más detalle sobre este tema) razón por la cual el tratamiento térmico, usado para su conservación, es a temperaturas máximas de 100°C sin empleo de presión.

1.4 Tratamiento térmico a más de 100°C. (25, 31, 56, 57, 63).

Las temperaturas superiores a 100°C generalmente se alcanzan en autoclaves con vapor a presión, esterilizadores a retortas. La temperatura de los esterilizadores aumenta al elevarse las presiones de vapor.

1.4.1. Esterilización:

Por esterilización queremos decir la destrucción completa de los microorganismos. Un producto estéril es aquel que no presenta microorganismos viables (un microorganismo viable siendo aquel que es capaz de reproducirse cuando se expone a las condiciones óptimas para su crecimiento). Temperaturas ligeramente arriba del máximo para el desarrollo de células de bacterias vegetativas producen su muerte, mientras que las esporas bacterianas siguen sobreviviendo. Ya que las esporas son mucho más resistentes que las células bacterianas vegetativas, esto es lo que en mayor parte concierne al proceso de esterilización.

Para destruir las esporas bacterianas del alimento es preciso que cada partícula de este reciba el tratamiento térmico.

1.4.2. Esterilidad Comercial (57, 80, 85).

Este término se utiliza para describir la condición en que se encuentran la mayoría de nuestros productos, enlatados, empacelizados,

El conservero, pretenda una esterilización completa de la mayoría de los alimentos que no siempre se consigue. "Comercialmente estéril" o "prácticamente estéril" o "bacteriológicamente inactivos" (entre otras cosas) significa que todos los microorganismos patógenos y generalmente de toxinas han sido destruidos, al igual que todos los demás tipos de organismos que, si estuvieran presentes, podrían crecer sobre el producto y provocar la descomposición del alimento, bajo condiciones normales de manejo, y almacenamiento. Los alimentos comercialmente estériles pueden contener un número muy pequeño de especies bacterianas resistentes pero normalmente estas no proliferan en el alimento. Pero si estuvieran aisladas, en condiciones óptimas, podrían convertirse que están vivas.

En el enlatado se utiliza como método de conservación la esterilización comercial. El enlatado se define como la conservación de los alimentos en recipientes cerrados; generalmente implica un tratamiento térmico como factor principal en la preservación de las alteraciones.

Las condiciones necesarias para producir "esterilidad comercial" para la conservación de los alimentos enlatados, depende de muchos factores tales como:

- 1.- Naturaleza del alimento por ejemplo pH.
- 2.- Condiciones de almacenamiento antes y después del procesamiento.
- 3.- Resistencia del calor de los microorganismos o esporas.
- 4.- Intemperancia de calor característica de cada alimento.
- 5 - Contaminación inicial de microorganismos.

2.- Factores que intervienen en la Esterilización o Desinfección.

La esterilización es una operación en la que intervienen múltiples factores, pero que en esencia pueden reducirse a tres: 1) los relacionados con la penetración del calor, 2) los que determinan la termorresistencia de microorganismos y enzimas y 3) los que influyen sobre la calidad sensorial y nutritiva. Entre los primeros destacan: naturaleza, tamaño y forma de envase, consistencia y composición del producto, sistema de esterilización, equipo utilizado, condiciones de esterilización, condiciones de envasado. Entre los segundos destacan el nivel de contaminación, la composición química del producto, su pH y la actividad del agua. En cuanto a los terceros, el tiempo con una mayor intensidad y la temperatura de esterilización que afectan a la degradación térmica de las características sensoriales y componentes nutritivos de interés de cada producto. Como estos factores no actúan en forma aislada es preciso determinar para cada producto y proceso sus características particulares y la evolución que sufren en el tratamiento térmico para poder definir el sistema equipo y condiciones de trabajo más adecuadas y establecer así los tiempos y temperaturas de esterilización óptimos. (24,25).

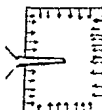
2.1 Penetración del Calor. (22, 23, 24, 25, 26).

Durante la esterilización el calor se transmite al producto por conducción, de molécula a molécula; o por convección es decir, por el movimiento de líquidos o gases, o como generalmente ocurre, por una combinación de ambos mecanismos. La conducción es lenta en el producto, sobre todo el que está junto a las paredes si no se esteriliza en condiciones adecuadas y selectivas, sufre intensamente la acción degradante del calor; la convección es

mucho más rápida y, en consecuencia, la degradación del alimento es mínima, por lo que siempre es aconsejable. La penetración de calor por convección puede formarse en muchos casos mediante la agitación rotatoria (en uno o dos sentidos) a la vez o separada.

La velocidad de penetración del calor se expresa como el tiempo necesario para que el punto más frío del envase (punto crítico) o el conjunto del alimento alcance la temperatura deseada o la del medio calefactor. En productos sólidos o muy viscosos en los que el calor penetra por conducción hay tendencia a considerar como punto crítico uno de los situados a la misma altura y equidistantes del eje de la pared del bote ya que cuando comienza el enfriamiento, el producto se convierte en medio calefactor y sigue irradiando calor hacia el centro del envase. No obstante, en alimentos que transmiten el calor por conducción es mejor considerar la temperatura media de toda la masa.

•Punto crítico es el punto más frío del envase y está situado, cuando se esteriliza estáticamente en el eje vertical a $1/3$ de la altura (calor por convección) o en el centro geométrico ($1/2$ de la altura) (calor por conducción). Esta diferencia se ilustra en la siguiente figura. En el caso de esterilización rotatoria, aunque próximo al centro geométrico, el punto o zona crítica dependerá del tipo de producto y de las condiciones de trabajo y habrá que deducirlo previamente. (25).



CONDUCCION



CONVECCION

Figura 2.1

La penetración del calor en el producto se puede medir de muy diversas maneras, generalmente adaptados al sistema y equipo de esterilización utilizados, desde el simple termómetro, útil para el baño abierto. A continuación se indicaran algunos de ellos:

2.1.1 Sistemas de medición para la penetración de calor: (84)

1.- Pinturas termosensibles: que cambian de color cuando se alcanzan las condiciones de tiempo y temperatura que garanticen un adecuado tratamiento.

2.- Medidas termoelectricas a base de termopares o termoelementos con o sin sondas protectoras que se introducen en el bote.

3.- Sistemas de medición por mercurio (termoquili), consistentes en un registrador y una sonda, en una misma unidad, solidaria, al bote en el que se pretende tomar la medida y que lo acompaña la esterilización.

4.- Sistemas telemetricos (FIRMA y ACV). Consisten esencialmente en una sonda termoemisora introducida en el envase y un radio receptor en el exterior del autoclave.

5.- Sistemas acumuladores de medición: acumuladores digitales de temperaturas con una sonda que se introduce en el envase.

2.1.2 Factores que determinan el tiempo necesario para elevar la temperatura del centro del bote a la temperatura de Esterilización: (85, 82, 83).

- 1.- Materia del envase: La penetración de calor es más lenta en los envases de vidrio que en los de hojalata.
- 2.- Tamaño y forma del recipiente. El tamaño es directamente proporcional al tiempo porque es mayor la distancia al centro y menor la superficie por volumen o peso. La forma determina la longitud del radio; un bote alto delgado se calentará antes que uno cilíndrico corto que tenga el mismo volumen.
- 3.- Temperatura inicial del alimento.- La temperatura de un alimento si llevarlo al autoclave (esterilizador de vapor) prácticamente no modifica el tiempo requerido por el centro de la lata para alcanzar la temperatura del autoclave, un alimento con temperatura inicial baja se calienta más rápidamente que el mismo alimento a una temperatura inicial sea alta en la elaboración de conservas que se calientan lentamente, como maíz e la crema calabazas y carne.
- 4.- Temperatura del autoclave.- Latas de alimentos iguales colocadas en autoclaves a diferentes temperaturas, alcanzan las temperaturas respectivas prácticamente en el mismo tiempo, alcanzando el alimento las temperaturas letales más rápidamente.
- 5.- Consistencia del contenido de la lata y forma y tamaño de las porciones del alimento. (50).
 - a) Porciones que conservan su naturaleza primitiva; es decir no han sido previamente cocidos; ejemplo ciruela, remolacha, espárragos y granos enteros de maíz. Si las piezas son pequeñas y en escuadra, el calentamiento se realiza como si se tratara de agua. Si las piezas son mayores, se retarda el calentamiento, el calor debe alcanzar el centro de las mismas antes de que el líquido alcance la temperatura del autoclave.

b. Piezas que se quedan previamente , se vuelven pastosas o viscosas. Se calientan lentamente porque la penetración del calor tiene lugar más por conducción que por convección.

c. Piezas situadas en cajas, en espárragos formando capas verticales, generan corrientes de convección (de abajo arriba). Las espinaças forman capas horizontales, generan el efecto de obstrucción lateral, que interfiere las corrientes de convección.

Las salsas de tomate añadidas disminuyen la capacidad de penetración del calor.

El almidón produce una interferencia que va en aumento hasta que se alcanza la concentración del 5%. a partir de esta tiene poco efecto adicional.

Las concentraciones de azúcar determinan un retraso en la velocidad de penetración de calor, sin embargo al aumentar la temperatura se disminuye la viscosidad de las soluciones azucaradas incluso de las concentradas.

e.- Rotación y Agitación del envase que contiene el alimento durante el tratamiento térmico acelera la penetración del calor.

El enfriamiento se basa en los mismos principios de transferencia del calor que la esterilización. Se recomienda un enfriamiento rápido. El demasiado lento puede dar lugar al sobrecocimiento del alimento y permitir el crecimiento de los gérmenes termofilo.

2.1.3 Evaluación de la Curva de Penetración de Calor. (12,41, 55, 56, 95, 97).

La evaluación de la penetración de calor consiste en la medición de las temperaturas en el punto de calentamiento MAS lento (punto crítico o frío) en el alimento enlatado mientras se está procesando.

La curva de penetración de calor dentro del alimento es una relación lineal entre la temperatura del producto y el tiempo de calentamiento. El logaritmo del gradiente térmico (thermal driving force) $(T_c - T_0)$ donde T_c es la temperatura de calentamiento y T_0 es la temperatura en el punto frío es una función lineal con respecto al tiempo de calentamiento. Esto se muestra en la figura 2.1. De donde $(T_c - T_0)$ es el punto de calentamiento mas lento, se sustituirá por T_c y T_0 se le llama temperatura del autoclave (T_A) , de donde $(T_c - T_0)$ es reemplazado por $(T_A - T_0)$. Nos referiremos a curva simple cuando la curva de penetración de calor sea lineal y curva quebrada cuando se presenta un cambio brusco en la transferencia de calor.

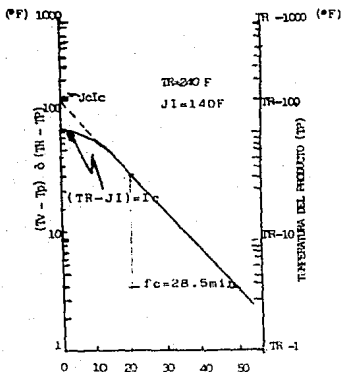


Fig. 2.1 Curva de penetración de calor en coordenadas semilogarítmicas.

Es evidente que $(TR-TR)ef$ y corresponde el eje x del lado izquierdo, mientras que $(TR-TR)$ sobre el eje x del lado derecho. Por medio de esta relación, la temperatura del producto se graficará directamente sobre papel semilogarítmico.

Características importantes en la curva de penetración de calor.

1.- En el desarrollo de un método de cálculo para la esterilidad del proceso térmico es necesario la expresión de la temperatura del punto más lento de calentamiento en función del tiempo. Esto proporcionará una curva de penetración de calor lineal la cual proporcionará fácilmente la pendiente y la intersección a la curva.

2.- Teóricamente es conocido que el punto frío del producto nunca alcanza la temperatura del autoclave. El punto frío es muy cercano a TR pero $TR-TR$ nunca será cero. Este concepto es muy importante en el método de fórmula para el cálculo del proceso térmico.

La curva de penetración de calor es una función similar a la usada para definir la pendiente de la curva de muerte térmica TMT. Justamente como el valor Z es el cambio de temperatura requerido para el tiempo de muerte térmica por un factor de reducción decimal, igual t_0 es definido como el tiempo en minutos requerido para que la curva de penetración de calor atraviese un ciclo logarítmico. De esta manera:

$$\text{Pendiente a } \log A = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(\log 100 - \log 10) - 1 - 1}{\text{tiempo}} = \frac{-2}{25.47C}$$

..... (1)

El subíndice C indica el valor f a proceso térmico, cuando se refiere a entiendo el valor serate, definir como curva de entriado.

como g . La ecuación (3) se puede escribir:

$$\text{Log. } g = t - B / f_c \quad + \text{ los } J_c \cdot I_c$$

$$B = f_c \cdot \text{Log. } (J_c \cdot I_c / g) \quad \dots \dots \dots (4)$$

donde :

B = es el tiempo térmico de proceso en min a la temperatura deseada.

f_c = tiempo en min. para que la curva de penetración de calor atraviese un ciclo logaritmico.

$$J_c = (TR - TR) / (TR - TI)$$

$$I_c = (TR - TI)$$

La ecuación 4 se usa para calcular el tiempo térmico si el valor de g es conocido. En el método de fórmula para el cálculo de procesamiento térmico, el medio para determinar el valor de g tiene que ser desarrollado. La penetración de calor dentro del producto de muchos factores. De esta manera el método esta disponible para ajustar f_c y J_c para cambios en estas variables.

El cálculo de temperatura del proceso térmico para el punto frío tiene que ser conocido para la fase de enfriamiento. La curva de enfriamiento se caracteriza de una manera análoga al usado para el calentamiento (parámetros J_e y f_e). En la gráfica de enfriado se rotula log. $(T_p - T_e)$ (T_e = temperatura del agua de enfriamiento).

2.2 Cinética de la destrucción de microorganismos y de la degradación de los factores de calidad por el calor. (26, 59, 60, 69, 85, 86).

Para poder caracterizar los efectos del calor sobre los microorganismos y sobre los factores de calidad es necesario conocer previamente la cinética del proceso.

La intersección se obtiene por la extrapolación lineal de la curva de penetración al tiempo cero. La temperatura pseudoinicial del producto es definida como T_A y la intersección es entonces $(TR-T_A)$; la ecuación de la curva quedará entonces:

$$\log (TR - Tp) = (-t/\tau) + \log (TR - T_A) \dots\dots\dots(2)$$

La ecuación 2 describe la porción lineal de la curva de penetración de calor, no proporciona el cálculo de proceso térmico ya que no identifica el tiempo en el que el producto principia exhibir calentamiento logarítmico. Esto es, no identifica el periodo posterior. El periodo posterior se caracteriza por considerar la fuerza inicial de transferencia de calor, $TR-T_I$, donde T_I es la temperatura inicial del o producto. Entonces el radio $(TR-T_A)/(TR-T_I)$ es la media del periodo térmico posterior. Este radio es llamado factor J_c (se identifica el factor térmico, e igual J_e indica factor de enfriamiento). Si la temperatura del autoclave alcanza la temperatura inicial del producto lo llamamos t_c entonces tendremos:

$$J_c I_c = \frac{(TR - T_A)}{(TR - T_I)} (TR - T_I) = (TR - T_A)$$

Entonces $J_c I_c$ se sustituye en la ecuación 2 quedando:

$$\log (TR - Tp) = (-t/\tau) + \log J_c I_c \dots\dots\dots(3)$$

Al final del ciclo térmico (tiempo t) en un proceso térmico, el punto frío alcanzará finalmente la temperatura deseada. Si la diferencia de temperatura $(TR - Tp)$ existe, este tiempo se define

La muerte térmica de los microorganismos y la degradación por el calor de algunos factores de calidad siguen una ley exponencial del primer orden, para los últimos debe haberse más bien de una respuesta al calor.

Sea N el parámetro que se degrada o reduce por el tratamiento térmico (número de microorganismos, componentes nutritivos, color, textura, etcétera) - sabiendo que su degradación o reducción siguen una ley de primer orden tenemos:

$$-\frac{dN}{dt} = kN \dots\dots\dots(1)$$

Transponiendo términos, integrado, pasando a logaritmos decimales se obtiene:

$$\frac{2.303}{k} \log \frac{N_0}{NN} = t \dots\dots\dots(2)$$

donde: N_0 y NN son respectivamente valor inicial y final de N en el tratamiento térmico de duración t .

Para $NN = N_0/10$ el tiempo de tratamiento es igual a la constante $2.303/k$. A este valor se le denomina tiempo de reducción decimal y se designa con las insignias D_T y se define como el tiempo de calentamiento a la temperatura constante T , necesaria para reducir o degradar 10 veces el número de microorganismos o un factor de calidad. (figura 2.2.1)

Sustituyendo en la ecuación (2) se obtienen:

$$D_t \log \frac{N_0}{N_t} = t \quad \text{o} \quad D_t = \frac{t \cdot 2.303}{t} \dots\dots\dots (3)$$

o bien:

$$\frac{N_0}{N_t} = 10^{t/D_t} \dots\dots\dots (4)$$

El tiempo necesario para que N_0/N_t se reduzca hasta un valor determinado a consecuencia de un tratamiento a temperatura constante T se designa F_T será:

$$F_T = D_T \log \frac{N_0}{N_T} \dots\dots\dots (5)$$

A esta ecuación se le conoce como ley de supervivencia ó primera ley de destrucción térmica de microorganismos ó de degradación de un factor de calidad termolábil. El carácter exponencial de esta ley indica que teóricamente no puede llevarse a un valor nulo del número de microorganismos por mucho que se prolongue el tiempo de tratamiento. El consecuencia se elige como número final de microorganismos vivos aquel que represente una probabilidad de supervivencia tan baja que no implique riesgo de daños para la conserva ni para el consumidor. Este mismo criterio aplicado a un factor de calidad, significa que se fija, un valor final del parámetro en cuestión que no llegue a afectar desfavorablemente a la calidad del producto.

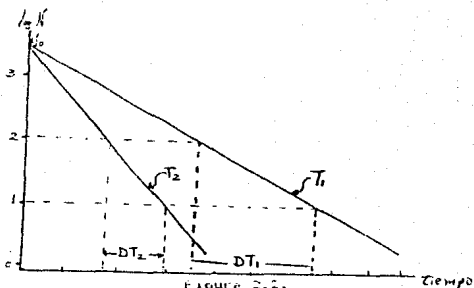


Figura 2.2.

Curva de supervivencia de microorganismos ó de conservación de un factor de calidad termolábil. DT_1 , DT_2 corresponden a los valores para un mismo factor en un mismo producto, sometido a diferentes temperaturas.

Como ejemplo de lo antes dicho, podemos indicar que para el caso de las conservas alimenticias enlatadas, de pH > 4.6 se establece, como consideración básica que la probabilidad de encontrar en un envase con alguna espina de *C. botulinum* viva sea solamente de uno por cada billón, lo que equivale a que el número inicial de microorganismos debe reducirse en un factor 10^9 tal que $N_0/N = 10^9$. Con ello, el valor de F_T de la ecuación (5) referido a 121.0° será, (65).

$$F_{121} = D_{121} 10^9 \dots \dots \dots (65)$$

El exponente n del factor de reducción para otros microorganismos ó para los factores de calidad se establece en cada caso teniendo en cuenta: los niveles normales de contaminación, la peligrosidad del microorganismo, la termoresistencia ó la degradación térmica de la calidad etc.

En la figura 2.2.1 considerando dos temperaturas cualesquiera T_1 y T_2 se puede establecer por semejanza de triángulos:

$$\text{Log. } \frac{t_1}{t_2} = \frac{\text{log. } D_{T_1} - \text{log. } D_{T_2}}{\text{log. } 10} = \frac{T_2 - T_1}{Z} = \text{log. } \frac{D_{T_1}}{D_{T_2}} \dots (7)$$

Eliminando logaritmos multiplicando por n y considerando $t_1 = 121^\circ\text{C}$ se obtiene:

$$D_{121^\circ\text{C}} = D_{T_2} \cdot n \cdot 10^{\left(\frac{T_2 - 121}{Z}\right)} \dots (8)$$

Teniendo en cuenta la ecuación (6) se llega a las siguientes expresiones:

$$F_{121} = F_T \cdot 10^{\left(\frac{T - 121}{Z}\right)} \dots (9)$$

o bien

$$F_T = F_{121} \cdot 10^{\left(\frac{121 - T}{Z}\right)} \dots (10)$$

Las ecuaciones (9y10) representan la curva de TDT y expresan la segunda ley de la cinética de termodestrucción de microorganismos.

Cuando el valor F_{121} se refiere al *C. botulinum* ($z=10^\circ\text{C}$) se le denomina F_0 .

Algunos autores en lugar del parametro z utilizan el Q_{10} (variación del IDI o del DT cuando la temperatura varia 10°C) tambien por semejanza de triángulos, en la figura 2.2. se puede establecer:

$$-\frac{\log \frac{Q_{10}}{10}}{10} = \frac{1}{z} \dots \dots \dots (11) \quad \text{o} \quad z = \frac{18}{\log \cdot Q_{10}}$$

se han propuesto tambien los parámetros semiempíricos constantes de la velocidad de reacción (k) y energía de activación de Arrhenius (E_a) para sustituir respectivamente z y L_1 .

$$k = S \cdot e^{-E_a/RT} \dots \dots \dots (12)$$

donde k = es la constante de la reacción min^{-1} ,

S = es el factor de frecuencia min^{-1}

E_a = Energía de activación (cal/mole)

R = constante de los gases (1.987 cal/mole)

T = temperatura absoluta ($^{\circ}\text{K}$)

E_a = energía requerida para que las moléculas se encuentren en estado activo.

Graticando $\ln k$ vs $1/T$ se obtiene una línea recta donde la pendiente es igual $-E_a/R$.

$$\ln k = \ln S - (E_a/RT) \dots \dots \dots (13)$$

El factor de frecuencia S puede evaluarse por totalidad por el rango de la reacción constante k a T_1 donde :

$$\ln S = \ln k_1 + (E_a/RT_1) \dots \dots \dots (14)$$

Constituyendo la ecuación (14) en la ecuación (13) nos da:

$$\log \frac{T}{T_1} = - \frac{E_a}{2.303 R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_1} \right) \dots \dots \dots (15)$$

La relación entre E_a y Z se obtiene de las ecuaciones (15) y (7) obteniéndose:

$$E_a = \frac{2.303 R T_1 T}{Z} \log \frac{T}{T_1} \dots \dots \dots (16)$$

donde:

- T_1 = Es la temperatura de referencia a la temperatura T .
- T = Es la temperatura de Z .
- $1/Z$ = Es la pendiente de la curva $\log(1/F)$.
- 2.303 = Es la conversión de $^{\circ}F$ a $^{\circ}C$.
- R = Es la constante de gas (1.987 cal/mole $^{\circ}C$).
- E_a = Energía de activación (cal/mole).

Es importante notar que la E_a varía poco para gran número de microbios en sustratos como pH oscila entre 5.5 y 7.5 y razón que este parámetro es bastante dependiente de la temperatura dentro del margen de las que se aplican en la esterilización.

Los parámetros, que se obtienen con E_a y Z son muy similares a los obtenidos con D_1 y Z (Mavelle, 1977), por lo que se utilizan más estos últimos que requieren cálculos más simples.

2.3 Efectos del calor sobre los alimentos

Los efectos del calor sobre los alimentos envasados (conservas alimenticias), sufre una serie de transformaciones que en esencia son: inactivación o destrucción enzimática, de microorganismos, variación de los factores de calidad organoléptica (incluido la coacción) y alteración de sus componentes nutritivos (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19).

Estos efectos se rigen por leyes que en el caso de microorganismos y de algunos factores de calidad (organoléptica, viscosidad) responden a una cinética de primer orden, cuyas constantes son características como hemos indicado anteriormente. Para cuantificar los efectos del calor sobre los alimentos y deducir los parámetros de esterilización adecuados es necesario conocer además de dichos constantes cinéticos la evolución de las temperaturas en el interior del producto durante el proceso. Para esto se han desarrollado procedimientos que, partiendo de estos dos grupos de datos, permiten calcular los parámetros de esterilización para alimentos. Estos procedimientos se comentarán en un capítulo posterior de este trabajo.

Los valores (F) valor esterilizador del tratamiento térmico (D), valor de inactivación enzimática y (C) valor de degradación organoléptica y nutritiva referido a un componente o calidad determinada se consideran como parámetros del proceso. Se define como el número de minutos, necesarios para destruir un número de microorganismos (F) producir una inactivación determinada de enzimas (E), o una degradación dada de un factor de calidad (C) a una temperatura de referencia conocida. La valoración conjunta de estos tres parámetros es conocida. La valoración conjunta de estos tres parámetros se utilizarán para optimizar los tratamientos térmicos. (15).

2.3.1 Efectos del calor sobre los microorganismos. (40, 51, 52, 71, 85, 86).

El fin fundamental de la esterilización por calor es inactivar o destruir los gérmenes dañinos para el alimento o para la salud del consumidor; de ahí la importancia de conocer su resistencia térmica y las leyes de su destrucción. Para calcular el proceso de esterilización se debe basar en aquel tipo de microorganismos que estando en el alimento usualmente reúnan las siguientes condiciones.

- 1.- Que sea el de mayor termorresistencia.
- 2.- Que se determine a las temperaturas normales de almacenamiento.
- 3.- Que sea perjudicial para las personas o para los consumidores.

La termorresistencia de microorganismos se puede determinar por varias técnicas: todos I.D.F. (Bigelow y Estv), Cámara termostática (Williams et al), Termorresistómetro (Stumbo).

Cualquiera de estas técnicas permite establecer la curva de destrucción térmica de un microorganismo y de ella se deduce los parámetros necesarios para calcular el tiempo de tratamiento, valores D y Z de los microorganismos más termorresistentes. El valor D se define como el tiempo necesario para reducir la concentración microbiana en un 90% a una temperatura determinada. El valor Z se deduce de la curva de destrucción térmica de los microorganismos (I.D.F.) y representa el intervalo de temperatura necesario para aumentar o disminuir 10 veces el tiempo de destrucción térmica ó que atraviesa un ciclo logarítmico.

Cuando la temperatura necesaria es de 250°F (121°C) y $Z = 18^{\circ}\text{F}$ (10°C), este valor se define como F_0 y se utiliza generalmente como referencia en los tratamientos de esterilización.

2.3.1.1. Factores que afectan la termorresistencia de microorganismos. Como ya lo hemos mencionado en capítulos anteriores las esporas son más resistentes que las células vegetativas y las esporas de diferentes especies exhiben diferentes rangos de resistencia térmica. Para el cálculo de proceso térmico en alimentos de baja acidez se basa sobre la resistencia de esporas (93, 95, 95).

Las condiciones del medio ambiente presenta durante el crecimiento o esporulación que afectan la resistencia térmica son: (1) Temperatura, (2) Medio tónico, (3) Componentes orgánicos diferentes a lípidos, (4) Lípidos, (5) Edad y fase de crecimiento del cultivo.

1) Temperatura. Generalmente las esporas que se producen a altas temperaturas son más resistentes que las que se produjeron a temperaturas bajas.

2) Medio tónico. Los iones que muestran influencia en la resistencia de esporas son: calcio, magnesio, hierro, fosforo, manganeso, sodio y cloro. Algunas sales influyen en su resistencia, la composición exacta del medio de crecimiento es específica de cada especie.

3) Componentes orgánicos. La presencia de componentes orgánicos muestra influencia a la termoresistencia de microorganismos.

4) Algunos estudiosos reportan que la edad del *B. pasteurianus* afecta el incremento en la termoresistencia cuando la concentración de ciertos ácidos grasos saturados o insaturados están presentes durante la esporulación. (25)

5) Edad o fase de crecimiento de el cultivo. Esti y Meyer reportan que las esporas jóvenes son más resistentes al calor que las viejas, sin embargo este dato tiene que ser corroborado. Para células vegetativas en un estado fijo que conservarse que la fase de crecimiento afecta la resistencia térmica, algunos investigadores reportan que las células jóvenes son más susceptibles al calor que las viejas o células más maduras otros fondean el incremento de la resistencia durante la esporulación. Otros reportan el aumento de la

resistencia durante la fase inicial estacionaria, decremanta cuando la reproducción empieza; y llega a un mínimo durante la fase de crecimiento logarítmico. Esto sugiere que cuando se reporte la resistencia remanente se especifica la fase de crecimiento (24).

Un manera de ilustración de lo antes dicho en la figura siguiente se muestra la curva típica de crecimiento de los cultivos microbianos.

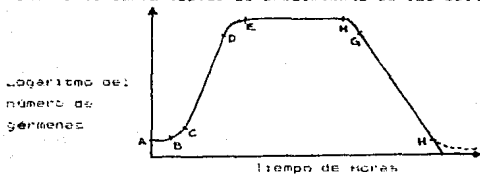


Fig. 2.3

Como se puede apreciar esta curva se divide en varias fases.

- 1) inicial o fase de latencia (de A a B) durante la cual no hay crecimiento o incluso disminuye el número de gérmenes.
- 2) Fase de aceleración positiva (de B a C), durante la cual aumenta continuamente la velocidad de crecimiento.
- 3) Fase logarítmica o exponencial (de C a D), durante la cual el ritmo de crecimiento es máximo y constante;
- 4) Fase de aceleración negativa (de D a E) en el cual disminuye al ritmo de multiplicación.
- 5) Fase máxima estacionaria (de E a F), en la que el número permanece constante;
- 6) Fase de degradación acelerada (de F a I).

7) Fase de destrucción final o fase de declive, durante la cual el número de gérmenes decrece a ritmo constante. La línea en sentido indica que durante un tiempo se conserva cierto número de células viables, no descendiendo de un nivel determinado hasta cero, como muestra la figura.

Los factores que afectan al medio ambiente durante el tratamiento térmico son: 1) pH y componentes buffer; 2) medio iónico; 3) composición del medio y; 4) actividad del agua.

1.- pH y componentes buffer.- concentración de hidrogeniones (ph). En general, las bacterias como sus esporas son más resistentes al calor cuando están en su sustrato de pH neutro o próximo a la neutralidad. Un aumento en la acidez o alcalinidad acelera la termodestrucción, que es más efectiva cuando el cambio ocurre hacia el lado ácido que hacia el alcalino. (51, 52, 61, 95).

Tabla 2.3 Efecto del pH sobre la termoresistencia de las esporas del *Bacillus subtilis* a 100°C en soluciones de fosfato 0.1% M.

pH	Tiempo de supervivencia min.
4.4	2
5.6	7
6.8	11
7.6	11
8.4	5

Ref. W.C. Frezier microbiología de los alimentos pag. 92.

El pH tiene tal importancia que obliga a establecer dos rangos de termoresistencia de microorganismos. A pH \leq 4.6, la esterilización debe ser más estricta para evitar la supervivencia del *C. botulinum*.

Por el riesgo que supone su manipulación para los estudios de inoculación se sustituye por el *Enterococcus faecalis* F.H. 1677, algo más termorresistente y totalmente inocuo. En alimentos de pH 4.0 se utilizan para estudios de termorresistencia mohos, levaduras y bacterias acidófilas, especialmente el *Saccharomyces cerevisiae* (levaduras) y *Bacillus coagulans* (bacteria). (21)

Como ya se ha mencionado el tratamiento térmico requerido durante el enlatado de los alimentos aumentará el contenido en pH.

Al calentar a temperaturas altas se ocasiona una disminución de pH de los alimentos de acidez baja y media; cuando menor es el pH original, tanto más grande es la caída de pH causada por el calentamiento. Los alimentos artificialmente ajustados a pH más alcalinos aumentan la protección de las esporas contra el calor a medida que el pH se aproxima a 7.0.

Las diferentes sustancias amortiguadoras (Buffer) muestran influencia en la resistencia térmica de microorganismos. Ver cuadro 2.3.1.1. (21, 22)

2.- Medio iónico: La presencia de iones muestran influencia en la resistencia de esporas. En buffer de fosfatos, la baja concentración de Magnesio, calcio reduce la resistencia de las esporas; algunos reportes indican que el cloruro de sodio incrementa la resistencia de las esporas, pero los resultados no han sido duplicados por lo que es dudoso que tengan algún efecto sobre la resistencia. (23, 24, 25, 26).

3.- Composición del medio: El contenido de carbono-éteres, lípidos, proteínas de el sustrato; y presencia de sistemas coloidales, tales como emulsiones; y las presencia de sistemas coloidales, tales como emulsiones; y la presencia de otros componentes orgánicos o inorgánicos pueden influir en la resistencia térmica de los microorganismos. La

Alta concentración de carbohidratos solubles generalmente incrementa la resistencia térmica. Sin embargo, el mecanismo de la acción protectora es el oscurecimiento. Algunos investigadores sugieren que el incremento de la resistencia térmica es debido a la deshidratación del protoplasma. Las proteínas al igual que los lípidos tienen efectos protectores. En unas pocas horas los organismos muestran un pronunciado incremento en la resistencia. Con un incremento en la concentración de cloruro de sodio, y en presencia de germicidas o antibióticos, la resistencia térmica generalmente decrece. (48, 57, 58, 67).

La respuesta de los microorganismos al calor, en presencia de un determinado medio dependerá de cada microorganismo. (147).

4.- Actividad del agua.- La actividad de agua es el agua disponible que tiene un alimento para que se lleven a cabo reacciones químicas o microbiológicas. La tolerancia de solutos puede expresarse también como actividad de agua (Frazier).

Un alimento está en equilibrio con la humedad relativa (HR) de la atmósfera. Cuando la HRE que rodea el alimento corresponde a una HR inferior a la del alimento, tenderá a desecarse su superficie; y a la inversa, cuando la HRE es mayor que la HR del alimento esta tenderá a aumentar en la superficie de dicho alimento. La HR está definida por la siguiente ecuación:

$$HR = \frac{\% HRE}{100} = \frac{P}{P_0}$$

HR = humedad relativa de equilibrio de un determinado alimento correspondiente a una temperatura dada a la humedad relativa de la atmósfera en equilibrio con él; es decir que situado a determinada atmósfera, el alimento considerado no ganará ni perderá agua.

f_v = Presión de vapor en el alimento a un temperatura T .

f_a = Presión de vapor del agua para a la misma temperatura T .

La actividad de agua de los alimentos desempeña un papel muy importante en su estabilidad, ya que muchas reacciones o alteraciones ocurren de acuerdo con el valor de este factor. (10, 15, 85, 94, 95).

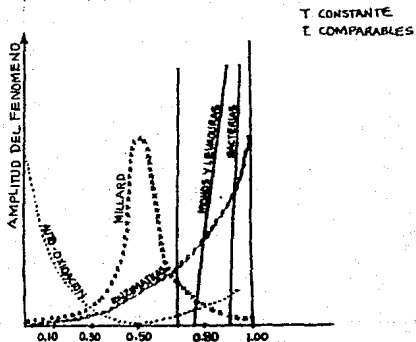


Fig. E.3.1.

I.- Alteración Microbiológica.

a) Bacterias.- Los alimentos ricos en agua tienen un Aw elevado que favorece la actividad bacteriana para los valores de Aw comprendidos entre 0.91 y 0.99.

b) Hongos.- Invasión todas las sustancias cuyo Aw se sitúa entre 0.6 y 0.9.

c) Levaduras.- Menos exigentes respecto a la Aw son capaces de hacer fermentar soluciones concentradas de azúcares o zumos de frutas cuyo Aw sea inferior a 0.6.

Por debajo de estos valores, se hace imposible el desarrollo de microorganismos. Además de estas condiciones microbiológicas, el pH influye favorablemente al desarrollo microbiano.

II.- Alteración Química.

Se ejerce sobre todos los productos alimenticios sea cual fuere su Aw, aunque con grandes diferencias en la intensidad de los fenómenos observados.

a) Reacciones enzimáticas.- Estas reacciones no provocadas por microorganismos. Se trata por ejemplo, de las enzimas ligadas al sustrato que intervienen en el cambio de color de los vegetales o en la maduración de los frutos o de las carnes.

b) Reacciones de Maillard.- Las proteínas y los azúcares reaccionan débilmente incluso a temperatura ambiente. Estas reacciones se alteran notablemente al elevarse la temperatura (oscurecimiento, caramelización, aparición de sabor a cocido). Los alimentos con mediana Aw (0.5) aparecen ser los más sensibles.

de oxidación. - El oxígeno y la luz (UV) tienen influencias nefastas sobre los productos secos de baja Aw. Por ejemplo la oxidación de los ácidos grasos insaturados de los lípidos alimenticios, que provoca una de las formas de enranciamiento.

Por lo tanto para el procesamiento térmico de alimentos enlatados es necesario regular el pH y la actividad de agua de manera tal, que se pueda prevenir el crecimiento de bacterias productoras de toxinas.

A continuación se muestran diferencias cuantitativas en la resistencia térmica de bacterias productoras de esporas en diferentes condiciones.

Cuadro 2.3.4. Bacterias esporuladas. (U. E. S. S.).

Organismo	Medio de enriquecimiento	temperatura (°C)	D ⁺ (min)	D ⁺⁺ (°F)	Tiempo de destrucción
<i>Cl. pasteurianum</i>	-	100	0.11-0.50	-	-
<i>Cl. pasteurianum</i>	s/n tampon fosfato pH 7.0	100	-	-	40
<i>Cl. pasteurianum</i>	Jugo de tomate pH 4.5	100	-	-	20
<i>Cl. pasteurianum</i>	Jugo de tomate pH 4.15	100	-	-	7
<i>Cl. pasteurianum</i>	Jugo de tomate pH 4.5	93.3	-	15	10
<i>Cl. botulinum</i>	Jugo de tomate pH 4.4	100	-	-	10-15
<i>Cl. botulinum</i> 655/n	tampon fosfato pH 6.5	85	23	-	-
	s/n tampon fosfato pH 7.0	85	23	-	-
	-	85	14	-	-
<i>Cl. botulinum</i> 655	s/n tampon fosfato pH 6.5	85	16	-	-
	s/n tampon fosfato pH 7.0	85	12	-	-
	leche	85	21	-	-
<i>B. coagulans</i>	Leche concentrada (C. 11)	121	0.01-0.07	-	-
	-	121.5	0.25	18.0	-
	-	108	6.5-7.7	-	-
	-	108	4.2-4.5	-	-
		110	2.5-2.5	-	-

B.coagulans	Jugo de tomate	93,3	11,4	-	-
		96,1	6,3	-	-
		98,9	3,1	16,1	-
		106,0	0,51	-	-
B.poluxans	-	100	0,10-0,50	-	-
B.macerans	-	100	0,10-0,50	-	-

Cuadro 2.3.1.2 Resistencia térmica de Microorganismos no esporulados. (34,45,60,85)

Organismo	Medio de enriquecimiento	T _o Temperatura (°C)	D ⁺ (min.)	Z ⁺ (°E)	Tiempo de destrucción (min)
Células vegetativas de levaduras	-	50-58	-	-	10-15
Ascoaperitos de levaduras	-	60	-	-	10-15
Levaduras	-	65,6	0,50-1,0	-	-
Hongos	-	65,6	0,50-1,0	-	-
Hongos y esporitos	-	60,0	-	-	5-10
Byssochlamys fulva	Jugo de uva	87,8	-	-	sobrevive 62
		90,0	-	-	sobrevive 95
		92,2	-	-	sobrevive 10
Byssochlamys fulva	-	85	-	-	sobrevive 30
		87,7	-	-	sobrevive 10
Bacterias lacticas					
Lactobacillus sp	-	65,6	0,5-1,0	-	-
Leuconostoc sp					

*La resistencia térmica de los hongos es bastante variable. Los esporitos resultan ser los más resistentes; mientras que las especies de levadura son las más resistentes que la mayoría de los hongos.

⁺D = Tiempo necesario, a cualquier temperatura para destruir 90% de espores.

ritos e de células vegetativas de un determinado microorganismo.

Σt = Grados Fahrenheit necesarios para que la curva de destrucción térmica atravesase un ciclo logarítmico.

Cuadro No. 2.3.2.3

Resistencia Térmica de Microorganismos formadores de esporas. (34,45,60,95)

Unidas como base en el Proceso Térmico.

Organismo	Valor Z (°F)	D ₂₅₀ (min)
<i>B. stearothermophilus</i>	10.5	4.5
<i>B. subtilis</i>	10.3-23.4	0.42-0.75
<i>B. cereus</i>	17.5	0.0085
<i>B. megaterium</i>	15.8	0.04
<i>C. perfringens</i>	18.0	-
<i>C. sporogenes</i>	23.4	0.15
C. esporas nes DA 2579	19.1	0.45-1.4
<i>C. botulinum</i>	17.5	0.21
<i>Coxiella burnetii</i>	8	-
<i>C. thermocarpolyticum</i>	16-22	36-1.0

2.3.2 Efectos del calor sobre los componentes nutritivos. (49, 62, 85, 95, 99).

Como ya se ha indicado la optimización de las técnicas de esterilización incluye conseguir la máxima retención posible de los componentes nutritivos del alimento. (49, 55).

Los factores que afectan a la retención de un nutriente en un alimento envasado y esterilizado son: estabilidad del nutriente frente al calor, solubilidad, sensibilidad a la luz, concentración de oxígeno, pH o acidez del alimento, interacciones entre los distintos nutrientes o interacciones entre estos y el envase.

El efecto térmico sobre los nutrientes tiene lugar fundamentalmente en las operaciones de escaldado, pasteurización y esterilización. En el escaldado las pérdidas se producen casi exclusivamente por solubilidad, oxidación y daños mecánicos. En la pasteurización se producen pocas pérdidas en productos ácidos o acidificados por la mayor estabilidad que les confiere el medio ácido y por las temperaturas relativamente bajas aplicadas en esta operación. Las pérdidas más importantes se producen por oxidación razón por la que se recomienda desairear los fluidos antes de pasteurizarlos.

El efecto térmico es mayor en la esterilización. En esta operación intervienen el tiempo y la temperatura de tratamiento, la forma de penetración de calor y la cinética de degradación del nutriente en cuestión. En la tabla 2.3.3 se recopilan algunos datos sobre la estabilidad de distintos nutrientes y sus pérdidas. A continuación se describirán algunos ejemplos del efecto del calor sobre los grupos más importantes de componentes nutritivos.

2.3.2.1 Sales Minerales.

Las sales minerales sólo se pierden por lixiviación y por solubilidad en los procesos de lavado, escaldado y cocción. Las pérdidas son

mayores, si estas operaciones se realizan en agua que si se utiliza vapor. Las más importantes se producen al desecar el líquido de cocimiento en las conservas, por lo que es conveniente su consumo siempre que se posible, principalmente en las conservas de hortalizas al natural, muy ricas en sales minerales.

2.3.2.2 Vitaminas. (48, 49, 95, 99).

Es difícil hablar en conjunto del efecto de calor sobre las vitaminas presentes en los alimentos, ya que cada una posee unas características propias. En general, las pérdidas durante la esterilización tienen importancia en aquellos productos considerados como fuentes principales de vitaminas en la dieta normal como son las frutas y verduras (tabla 2.3.2.2) carnes, legumbres, frutos secos etc. Las vitaminas C (ácido ascórbico) B₁ (tiamina), B₂ (riboflavina), B₆ (piridoxina) nisina (ácido nicotínico) y B₅ (ácido pantoténico), son hidrosolubles y pueden perderse en las operaciones de lavado, escaldado o pasar al líquido de gobierno. Las vitaminas A (retinol) y, D (calciferol) por ser liposolubles son menos importantes durante el proceso de esterilización.

Lisina	E	E	E	E	E	1	0.40
Metionina	E	E	E	E	E	E	0.10
Fenilalanina	E	E	E	E	E	E	0.5
Treonina	E	1	1	E	E	1	0.20
Triptófano	E	1	E	E	E	1	0.15
Valina	E	E	E	E	E	E	0.10
Sales minerales	E	E	E	E	E	E	0.3

E = Estable (ninguna destrucción importante)

1 = Inestable (destrucción importante)

Tabla 2.3.2.2

Pérdidas de Vitaminas (C) en el proceso de elaboración de conservas de hortícolas (Lund, 1979).

Producto	Siotina	Acido fólico	Vit. B ₆	Vit. B ₅	Vit. A	Vit. B ₁	Vit. B ₂	Vit. C	Niacina
Espárragos	0	75	64	-	43	67	55	55	47
Judías verdes	-	57	50	61	52	63	64	79	49
Rizolacha	-	90	9	33	50	67	60	70	75
Zanahorias	40	59	60	54	9	67	60	75	33
Maiz	67	72	0	59	33	80	58	58	47
Crempión	54	64	-	55	-	80	46	33	52
Guisantes	73	59	59	80	30	74	64	67	69
Espinacas	67	35	75	76	32	80	50	75	50
Tomate	55	54	-	30	0	17	25	26	0

Las vitaminas C y E son termolábiles, mientras que las vitaminas B₁ (niacina) y D son más estables al calor. La vitamina B₆, que puede estar bajo tres formas - piridoxol, piridoxal y piridoxamina libres o combinadas en los alimentos, sólo es termolabil en la forma piridoxal. La vitamina A es también termolabil, pero sus precursores presentes en los alimentos son más estables al calor.

La vitamina C es de gran importancia no solo por su valor nutritivo, sino también porque constituye un índice de apreciación de las pérdidas de otras vitaminas, además sirve como criterio válido de la conservación de otros componentes organolépticos o nutritivos tales como los pigmentos naturales, sustancias aromáticas. (B6).

Más aún que la vitamina C y también como índice de retención de nutrientes, se ha estudiado la tiamina en aquellos alimentos que la contienen (carnea y legumbres), esta última en ausencia de oxígeno es

relativamente estable. En alimentos de este tipo, la tiamina se retiene más cuando se sigue el proceso del calentado estéril con el proceso convencional, aunque durante el calentamiento se pierde la vitamina, independientemente del proceso de enlatado y del producto que se trate. Dada la termoinestabilidad de la tiamina, recientemente se ha usado como referencia en la pérdida de nutrientes en alimentos procesados térmicamente. Uno de los métodos usados para su determinación requiere de oxidación con tiocianato y la fluorescencia producida por este nuevo compuesto, puede ser detectada fluorométricamente. (24).

2.3.3 Proteínas. (25, 26, 27).

La estructura de las proteínas determina su estabilidad frente al calor. El primer efecto de calor que se produce en las proteínas es beneficioso ya que mejora su comestibilidad y digestibilidad, posteriormente la acción del calor da como resultado su desnaturalización, lo que entraña una destrucción más o menos intensa de su estructura secundaria de la proteína, dando lugar a deformaciones irregulares, resistentes al ataque de las enzimas proteolíticas, disminuyendo el valor de nutrientes biológico en las proteínas afectadas.

La pérdida de aminoácidos esenciales debido a la reacción de Maillard, reacción en la que intervienen aminoácidos que tienen exceso de grupos básicos (lisina, arginina) en presencia de hidratos de carbono reductores, es otro efecto del calor sobre las proteínas.

2.3.2.3. Efectos del calor sobre las enzimas. (28, 29, 30, 31).

En el enlatado las enzimas son de gran importancia ya que debido a sus reacciones son capaces de alterar el digestibilidad, aroma, sabor, textura, color, etc. hasta un total deterioro de los alimentos.

Las enzimas se pueden alterar con el frío, el calor, ya sea inactivándose o destruyéndose. La temperatura de destrucción varía (40°C . y 100°C). Ejemplo.- Las enzimas que afectan el sabor de los pepinillos son termorresistentes, y se destruyen pasteurizando el producto a 74°C durante 20 min. La degradación de las enzimas que modifican la textura en encurtidos ácidos (ácido acético al 1%) se consigue a 71°C durante 15 min. En eliberitósque que pierden textura durante el almacenamiento debido a la enzima que secreta el hongo *Rhizopus nigricans*, necesita un tratamiento térmico de 15 min. a 100°C .

La fenoloxidasa se inactiva a 80°C temperatura que debe alcanzarse durante el escaldado. Esta enzima es responsable del emparedamiento de muchos vegetales (papas, alcachofas, etc.).

Los factores que influyen en la destrucción de las enzimas son la temperatura y el tiempo de tratamiento. La pectinidasa es una de las enzimas más termorresistentes que se encuentran en los alimentos, es por esto que se toma como índice las pruebas de inactivación enzimática.

En general, el HDT (elevada temperatura-corto tiempo), son tratamientos muy ventajosos, pero puede no ser suficiente para inactivar las enzimas que contiene un determinado alimento, a causa de las diferentes respuestas al calor de los microorganismos y enzimas. (ver tabla 2.0.3). A temperaturas bajas, la velocidad de destrucción enzimática es mayor que la de los microorganismos, mientras, que a temperaturas altas se invierten los resultados y se destruyen más rápido los microorganismos que las enzimas. Para un determinado alimento, hay siempre una temperatura en la que se igualarán las velocidades de destrucción (Harris y Karmas 1975).

2.3.4 Efectos del calor sobre las características organolépticas. (25, 26, 85, 86).

Las manifestaciones del calor sobre las características organolépticas o sensoriales (color, textura, sabor, color y aroma) pueden producirse en las operaciones de escaldado, esterilización, cocción o durante el almacenamiento, como consecuencia del y tratamiento térmico aunado a el pH, contenido de iones metálicos o de otros factores tales como la temperatura, luz, tiempo, oxígeno.

2.3.4.1. Color.- El mecanismo por medio del cual los cambios o retención del color se producen en los alimentos no se conoce con exactitud. El efecto puede deberse a una acción exclusiva del calor o a la intervención de otros factores (enzimas,, oxígeno, pH, luz, metales, etc.) que catalizan en cierto modo la alteración que tiene lugar en los pigmentos naturales o entre algunos componentes, no coloreados, como consecuencia de los tratamientos térmicos o a lo largo del almacenamiento. En algunos casos no se trata de reacciones químicas, sino a un cambio de la naturaleza física del producto que afecte la sensación del color que observa el consumidor. Así por ejemplo las carnes con diferente capacidad de retención de agua y en consecuencia, con distinta proorción entre luz reflejada luz absorbida, parecen más oscuras o más claras. El aumento del color verde en ejotes durante el escaldado se ve favorecido porque la piel se hace translúcida con el tratamiento térmico. Se sabe que a elevadas temperaturas, la velocidad de degradación y de las características sensoriales es mucho menor que la de los microorganismos (ver tabla 2.3.3). A continuación se mencionarán algunos mecanismos en el cambio de color en los vegetales.

Por efecto del calor la clorofila pierde el átomo de Mg y se convierte en feofitina (verde oscuro o marrón) o bien, si se encuentra en

Presencia de sales cúpricas se intercambia el Mg^{++} por Cu^{++} y se tornan las clorofilas cúpricas (verde intenso) más termestables. Estos fenómenos se producen en medio ácido, pero no en medio ligeramente alcalino. Basándose en lo antes dicho se aumentaba el pH o se adicionaban sales de cobre para conservar o exaltar el color verde de los vegetales, pero por seguridad ambos sistemas no se recomiendan.

El tratamiento térmico en algunos casos estabiliza el color. Por ejemplo en vegetales verdes ricos en clorofilasa (espinacas), con un escaldado de 65-70°C. Durante 20 min, se estabiliza el color. Otro ejemplo es la inactivación de la polifenoloxidasa en el escaldado de frutas para evitar el pardeamiento enzimático y la alteración de aromas.

Las reacciones de pardeamiento no enzimático (caramelización y reacciones de maillard) se pueden producir en el tratamiento térmico, de algunos productos (frutas, leche, etc.), el cual reacciona con algunos compuestos intermedios implicando las reacciones que dan lugar a melanoidinas; o bien reduciendo y controlando, rigurosamente la temperatura y utilizando almacenamiento refrigerado.

Los carotenoides responsables de color rojo y amarillo de varias frutas y hortícolas, son termestables; liposolubles, pero no solubles en agua, por lo que no pasan al líquido de conserva.

Los leucoantocianos y leucoantocianidinas- precursores incoloros de los antocianos- presentes en algunas variedades de pera, manzanas, coliflor, etc. dan lugar a un color rosado cuando se calientan en medio ácido, lo que decremente la calidad de la conserva. Algunas variedades de espárragos o de punta morada son ricas en rutina - glucósido oxi flavonoide quercetina-, por lo que cuando se esteriliza

puedan formarse depósitos amarillentos de bismuto, por acción del oxígeno del aire y de los metales, produce un oscurecimiento de la conserva cuando se abre el envase. Para evitar estos casos se recomiendan la selección de variedades que contengan niveles bajos de estos principios colorantes, así como controlar cuidadosamente el pH. Además si se desea mantener el color rojo de la fruta, se puede añadir si es el de evitar la operación de todo momento se uso de envases barnizados que evita la formación de complejos catalíticos coloreados. Reduce la contaminación así como la formación de un buen medio o el uso de atmósferas inertes.

En casos de productos que no son colorados, durante posterior a la esterilización, este fenómeno es debido principalmente a la formación de complejos fenólicos (acid estales, ácido indoligénico, etc.), con el hierro en presencia de oxígeno. El color del producto depende del pH, puede evitarse su aparición, tratándose las piezas previamente con dicromato sódico, al 1.0%. Las frutas verdes durante la cocción al fuego con agua con hierro se produce cierto oscurecimiento, el cual puede evitarse adicionando ácido al 0.1 a 0.5%, en ambos casos el hierro se compleja y evita la reacción de coloración.

2.3.4.2 Texturas.- La degradación de la textura por el tratamiento térmico es necesario en los alimentos, para producir su comestibilidad, lo cual se mejora por cocción, pero es perjudicial cuando es excesiva o en los casos en los que se pretende retener la textura natural. (22).

Las operaciones que modifican la textura son en el escalado, y esterilización. En los casos en el que el calor penetra rápidamente experimentan gran parte de la cocción durante el escalado; en los que el calor penetra lentamente, se cocinan durante la esterilización, en

algunos casos la cocción completa requiere tratamientos térmicos más severos que la esterilización. Un ejemplo son las conservas de alubias esterilizadas a temperatura igual o superior a 120°C.

La textura es uno de los parámetros más importantes en la evaluación de la calidad de cocción. En la degradación de textura influyen más el tiempo que la temperatura del tratamiento, lo que hay que tener en cuenta en el proceso HSI que requieren un grado de cocción determinado.

En algunas conservas se presenta el problema de que los tratamientos térmicos necesarios para asegurar la estabilidad del producto ocasiona una excesiva degradación de la textura que desmerece la calidad del producto. Este fenómeno en muchas conservas vegetales se debe a la conversión de la protopectina en pectina soluble en agua, por hidrólisis ácida durante el tratamiento térmico y el almacenamiento. Para evitar este cambio se utiliza (en conservas de tomate, pimiento, coliflor, col rizada) la adición de sales de calcio (cloruro, citrato o lactato, al 0.5%).

La reducción de la protopectina es producida por enzima de los 80-85°C, principalmente si la acidez del producto es elevada.

En algunos casos el tratamiento térmico controlado puede tener efectos beneficiosos sobre el mantenimiento de la textura. Un ejemplos en las conservas de coliflor, en las que si se somete a un pretratamiento térmico de 70°C durante 15 min., seguida de inmersión en solución de cloruro de calcio al 1.0 - 1.5% bajo vacío durante 5 min., su textura se mantiene. La adición de un 0.05% de ácido acético y un 0.02 de ácido ascórbico al líquido de gobierno mejora además, el color. El mismo efecto se obtiene escaldado en solución de cloruro calcio al

0.5% a 70°C durante 5 minutos adicionando de salmuera un 0.12% de Ácido ascórbico. El mecanismo de este pretratamiento térmico suave en la activación de la pectinesterasa, que da lugar a una desmetilación de la pectina, facilitando así la formación del pectato cálcico.

1.3.4.3 Aroma y Sabor.- La modificación del sabor y aroma en los alimentos esterilizados se debe principalmente al efecto de la cocción. Algunos de los alimentos ácidos tales como las frutas, requieren poca cocción debido a que lo que interesa es que conserven su aroma y sabor naturales. Al contrario de los alimentos preparados que requieren una cocción más severa para que adquieran aromas y sabores que los hagan más apetecibles. (1, 20, 50, 65).

Riesgos de las causas que pueden ocasionar efectos indeseables sobre los aromas, sabor y otros factores de calidad debidas a una cocción inadecuada pueden ser las siguientes:

a) Fermentación y oscurecimiento debidos a reacciones de Maillard entre aminoácidos y azúcares reductores a consecuencia de los cuales pueden producirse importantes alteraciones en el sabor y aroma de las conservas.

b) Caramelización debidas a el efecto del calor sobre los azúcares y otros compuestos además de provocar coloraciones pardo-oscurecidas alteran el sabor y los aromas.

c) Denaturación y polimerización ácido y compuestos de elevado peso molecular que ocasionan pérdida de propiedades al enzimático, con perjuicio de aromas y sabores no propios del alimento.

d. Polimerización de aldehídos que producen compuesto de color negroso y sabores y aromas extraños.

Las conservas de alimentos ricos en compuestos de azufre (cebolla, ajos, col, etc.) que durante la esterilización se desnaturalizan dando sulfuros (de hidrógeno o de dimetilo, como los responsables del aroma, desagradable de la col). Estos sulfuros reaccionan con el estaño o el hierro dando los sulfuros de estos metales que ennegrecen la hojalata y llegan hasta oscurecer el producto.

El análisis de los compuestos que se producen en el tratamiento térmico y su relación con las alteraciones de los aromas y sabores y en general con los factores de calidad darán al tecnólogo de alimentos una optimización del proceso a seguir para cada alimento específico.

Tabla 4.3.3 VALORES DE ALGUNOS PARÁMETROS CRÍTICOS DE LA DESTINCIÓN O DEGRADACIÓN POR EL CALOR DE MICROORGANISMOS Y FACTORES TERMOLOGÍAS

Alimentos	Microorganismo o factor termolábil	Z °C	D ^a [min]	n	F ^b [min]	Referencias
Poco ácidos (pH > 4.5)	Termófilos:					Sumbo (1965) Muhlb (1974)
	<i>B. pasteurianus</i>	10	2.5	5	7.5	
	<i>C. thermocarbolicus</i>					
	<i>C. nissleiferi</i>					
Mesófilos:	<i>C. botulinum</i>	10	01-07	12	25-30	
	<i>C. sporogenes</i>	10	01-15	5	5	
Ácidos (4.0 < pH < 4.6)	Termófilos:					Sumbo (1965) Korn (1975)
	<i>R. coagulans</i>		001-007			
	Mesófilos:					
	<i>B. pasteurianus</i>	14-17	01-05 (D ₁₀₀)		13 (F ₆₀)	
	<i>C. pasteurianus</i>					
Muy ácidos (pH < 4.0)	Mesófilos no esporulados:					Stumbo (1965) Recher et al. (1975) Korn (1975)
	<i>Lactobacillus</i>	5-11	05-60 (D ₁₀₀)		0 (F ₆₀)	
	<i>Leuconostoc</i>					
	<i>Leuconostoc y mohos</i>	5-8	5-10 ⁸	20	10 ⁸	
	<i>Peridinium</i>	11-52	122	4	51	Stachler (1974)
Haz dulce y j. verdes	Catalasa	83	23-10 ⁷	4	43-10 ⁷	Stachler (1974)
Espinacas	Lipoxygenasa	87	17-10 ⁷	4	1-10 ⁸	
Guisantes secos	Fuliginolusidasa	56	32-10 ⁷	4	13-10 ⁷	
Peras	Pulgacloroxenasa	67	4-10 ⁷	4	17-10 ⁸	
Papaya	Textura	25	8	1.6	178	
Alubias	Clorofila a	51-87	128	0.04	0.50	
Espinacas y j. verdes	Clorofila b	50-111	143	0.04	0.57	
Espinacas y j. verdes	Vitamina B ₁	25	140	0.04	5.6	

^a En los casos que se indican, D y F se refieren a temperaturas elevadas a 121 °C.

PARAMETROS CIENTIFICOS DE DEGRADACION TERMICA DE ALGUNOS COMPONENTES ALIMENTICIOS.

Referencia	Componente	Medio	pH	range de temperatura (°C)	Z (°C)	Ea (kcal/mol)	D ₂₅₀ b
Bendixetal	Tiamina	chicharo entero	Nat.	220-270	47	21.2	164 min
Felicciotti y Escelep	Tiamina	puré de zanahoria	5.9	228-300	45	27	108 min
		puré de habas verdes	5.8	228-300	45	27	149 min
Felicciotti	Tiamina	puré de chicharo	6.6	228-300	45	27	163 min
		puré de espinaca	6.9	228-300	45	27	134 min
		puré de corazón de res	6.1	228-300	45	27	115 min
		puré de hígado de res	6.1	228-300	45	27	124 min
		puré de zarnaro	6.2	228-300	45	27	120 min
		puré de carne de puerco	6.2	228-300	45	27	157 min
Muyyetal	Tiamina	buffer Fosfato	7.9	250-280	45	29.4	156.8min
		puré de chicharo	Nat.	250-280	48	27.5	246.9min
		puré de carne de res	Nat.	260-280	48	27.4	254.2min
		puré de chicharo en salmuera	Nat.	250-280	49	27.0	226.7min
Gillesy	Tiamina	- -	-	-	25	29.0	- -
	Riboflavina	- -	-	-	56	31.0	- -
Garrett	Bi Hcl	Líquido prep. multivitaminado	3.2	39-158	44.5	26	1.35 días
	Ac panto tonico	Líquido prep. multivitaminado	3.2	39-158	65	21	4.46 días

Loring et al	autoclanina	Jugo de toronja	841.	68-250	41.7	28.0	17.8 min	
		Jugo de mandarina	841.	68-250	50.7	20.0	100.0 min	
		Jugo de cereza	841.	68-250	50.3	15.0	110.0 min	
Tanchev y Juchesa	Cianidin-3- rutinosido	Buffer de citrato	1.7	170-200	40	21.7	21.0 min	
		Jugo de ciruela	4.5	170-225	50	21.1	41.5 min	
Demetriades	Leonidin-3- rutinosido	Buffer de citrato	4.5	170-225	44	26.0	21.0 min	
		Jugo de ciruela	4.5	170-225	46	22.1	20.7 min	
Demetriades	Carotenoides	Jimston	3at.	125-150	34	34.0	2.03 min	
von Elbertal	Betain	Buffer	5.0	122-212	81	17.1	15.5 min	
		Jugo de remolacha	5.0	122-212	106	19.0	45.0 min	
Buxton	Erdcamento	leche de cabra	6.5-6.6	122-200	45	27.0	1.08 min	Homoge- nizada
		leche de cabra	6.1-6.6	200-250	45	27.0	0.91 min	no homo- genizada
Garrett	Vit. C	liq.prep. multivi- taminado	3.2	39-160	50	23.1	1.12 dias	
		"	3.2	39-158	50	23.1	1.94 "	
		AC. Folico	3.2	39-158	66	18.8	1.95 "	
		"	3.2	39-158	72	14.6	12.4 "	
Davideketel	Ac. Inocinico	Sln. buffer	3	140-208	34	34	--	
		IMP	4	"	38.5	30.4	--	
		IMP	5	"	41	28.1	--	

Williams y Nelson	Metil Metionina Sulfonina	buffer de citrato de sodio	6.0	176-212	33.5	34.5	8.4 min
	oscurecimiento DMS	maiz molido Tomate	6.9 4.4	173-212 173-212	37 45	31.6 27.2	4.2 min 23.2 min
Torra et al	Lisina	Frijol soya	-	212-200	38	30.0	13.1 hr
Mansfiel	textura y calidad de cocinado	chicharo	Nat	170-200	58	19.5	1.4 min tiempo para un producto aceptable
		chicharo	Nat	210-240	58	19.5	2.5 min
		betabel	Nat	180-210	34	34.0	2.0 min
		maiz entero	Nat	212-250	66	19.0	2.4 min
		broccoli	Nat	210-250	80	13.0	4.4 min
		calabza	Nat	182-240	46	25.0	1.5 min
		zanahoria	Nat.	176-240	30	36.0	1.4 min
		habas verdes	Nat.	182-240	28	41.0	1.0 min
		lupin	Nat.	161-250	42	27.0	1.2 min
		leche de soya	-	200-250	60	18.5	12.3 min
Hackel et al	Tripsina						
Adams y Yawger	Et.botulinum	Crecimiento	0.2	125-135			

CAPITULO III.

Capítulo III Métodos

- 1.- Método Matemático o de fórmula para el Cálculo de Procesamiento Térmico.
 - 1.1 Fundamento
 - 1.2 Principios Básicos
 - 1.3 Nomenclatura
 - 1.4 Ejemplo de Cálculo

- 2.- Método General- Gráfico para el cálculo del tiempo de tratamiento térmico en lata sanitaria.
 - 2.1 Fundamento
 - 2.2 Principios Básicos
 - 2.3 Nomenclatura
 - 2.4 Ejemplo de Cálculo

- 3.- Procedimiento de cálculo para el valor de esterilización por medio de la fórmula de integración Gausiana.
 - 3.1 Fundamento
 - 3.2 Principios Básicos
 - 3.3 Nomenclatura
 - 3.4 Ejemplo de Cálculo

- 4.- Ecuaciones Simples para el Cálculo Letal de las fases de calentamiento y Enfriado para la determinación de la Inactivación Térmica.
 - 4.1 Fundamento
 - 4.2 Principios Básicos

- 4.3 Nomenclatura
- 4.4 Ejemplo de Cálculo

- 5.- Evaluación de letalidad del Proceso Térmico
Método utilizando las tablas de Micks.
 - 5.1 Fundamento
 - 5.2 Principios Básicos
 - 5.3 Nomenclatura
 - 5.4 Ejemplo de Cálculo

- 6.- Método del Nomógrama
 - 6.1 Fundamento
 - 6.2 Principios Básicos
 - 6.3 Nomenclatura
 - 6.4 Ejemplo de Cálculo

- 7.- Método de Cálculo para el Proceso Térmico utilizando las Cartas de Gurnie - Laurie.
 - 7.1 Fundamento
 - 7.2 Principios Básicos
 - 7.3 Nomenclatura
 - 7.4 Ejemplo de Cálculo

- 8.- Valor Integrado de Esterilización "VIE"
 - 8.1 Fundamento
 - 8.2 Principios Básicos
 - 8.3 Nomenclatura
 - 8.4 Ejemplo de Cálculo

1.- Método Matemático o de Fórmula para el Cálculo -
Procesamiento Térmico.

- Fundamento.

El método parte del análisis de la curva de penetración de calor (o curva de historia térmica), cuya finalidad es la obtención de una fórmula en la que el tiempo de calentamiento está en función de la temperatura máxima en el punto más lento de calentamiento dentro de la lata y de los parámetros que caracterizan la curva de penetración de calor.

- Principios Básicos.

La muerte térmica de microorganismos y la degradación por el calor de algunos factores de calidad siguen una ley exponencial de primer orden: (59, 85)

$$- \frac{dn}{dt} = K_T n \text{ -----(1)}$$

Este es equivalente en logaritmos comunes.

$$- \frac{d(\log_{10} n)}{dt} = \frac{1}{D_T} \text{ -----(2)}$$

donde $D_T = 2.303/K_T$; El coeficiente D_T es característica del tipo de microorganismo y varía con la temperatura.

$$D_T = D_T \text{ ref } 10^{(T_{\text{ref}} - T)/Z} \text{ -----(3)}$$

aquí D_T es el valor D a la temperatura T ; T_{ref} es una temperatura arbitraria; $D_{T_{\text{ref}}}$ es el valor de D a T_{ref} ; y Z es característica del organismo, el cuál se puede considerar constante en condiciones normales de procesamiento.

Considerando un tipo simple de spora suspendido en el

alimento el cuál es calentado y enfriado durante el proceso de enlatado. El cambio de concentración de esporas estará dado por la substitución de la eq. 3 dentro eq.2. Integrando ambos términos.

$$- \int_a^b d(\log_{10} N) = \frac{1}{D_{T_{ref}}} \int_{t_a}^{t_b} \frac{dt}{10^{(T_{ref} - T(t))/z}} \quad \text{---(4)}$$

Evaluando la integral del lado izquierdo resultan dos expresiones para el valor "F"

$$F_{T_{ref}}^z = D_{T_{ref}} (\log a - \log b) = \int_{t_a}^{t_b} \frac{dt}{10^{(T_{ref} - T(t))/z}} \quad \text{---(5)}$$

La expresión a mano izquierda proporciona la relación entre F y el cambio en concentración de esporas. El valor "a" se establece experimentalmente, mientras que b se establece. - Contemplandose de esta manera "valor F requerido": (66, 98)

$$(F_{T_{ref}}^z)_{requerido} = D_{T_{ref}} (\log a - \log b) \quad \text{---(6)}$$

De la eq. 5 relacionando F con la temperatura - tiempo de proceso T(t) y tomando ambos tiempos t_a y t_b obtendremos. "El valor de F del proceso":

$$(F_{T_{ref}}^z)_{proceso} = \int_{t_a}^{t_b} \frac{dt}{10^{(T_{ref} - T(t))/z}} \quad \text{---(7)}$$

Comunmente las temperaturas de referencia para alimentos de baja acidez es 250°F y 212°F a 200°F para productos ácidos. El prefijo z variará de acuerdo a el tipo de espóra que se considere.

La letalidad de un proceso es la relación del valor F del proceso actual a el valor de F requerido para esterilización comercial. (60, 85)

$$\text{Letalidad} = \frac{(F^{zT_{ref}}) \text{ proceso}}{(F^{zT_{ref}}) \text{ requerido}}$$

$$= \frac{1}{(F^{zT_{ref}}) \text{ requerido}} \int_{t_a}^{t_b} \frac{dt}{10^{(T_{ref} - T(t))/z}} \quad \text{----- (8)}$$

En la literatura, el producto F requerido $\times 10^{(T_{ref} - T(t))/z}$ se llama tiempo de muerte térmica, tiempo requerido "para destruir todos los microorganismos capaces de deteriorar el alimento"; quedando de esta manera la eq. 6:

$$\text{Letalidad} = \int_{t_a}^{t_b} \frac{dt}{TDF}$$

o mortalidad

$$\text{Letalidad} = \frac{1}{(F^{zT_{ref}} \text{ requerido})} \cdot \int_{t_a}^{t_c} \frac{dt}{10^{(T_{ref} - T)/z}} + \int_{t_c}^{t_b} \frac{dt}{10^{(T_{ref} - T)/z}}$$

o

$$\text{Letalidad} = \text{letalidad calentamiento} + \text{letalidad enfriamiento}$$

$$\text{Mortalidad} = \text{o (mortalidad)} \quad \text{o (mortalidad)} \quad \text{----- (9)}$$

Penetración de calor.

Existe un punto o región dentro de la lata donde la transferencia de calor se lleva a cabo más lentamente, si

los microorganismos son destruidos en este punto crítico se puede asegurar que también lo serán en el resto de la lata. La temperatura en este punto tiende logarítmicamente a la temperatura del autoclave. Graficando la diferencia de temperatura entre la autoclave y ese punto contra el tiempo en coordenadas semilogarítmicas, Figura 1, se observa que después de un período inicial el comportamiento de la relación es lineal. La ecuación de esta línea recta estará dada por: (35, 39, 42A, 89)

$$\log (T_R - T) = \log (T_R - T_A) + \frac{\log \frac{T_R - T_2}{T_2 - T_1}}{t_2 - t_1} \text{ -----(10)}$$

La pendiente de esta línea recta es una cantidad particular "f" que es proporcional al negativo del inverso de este pendiente.

La ecuación (10) puede entonces escribirse como:

$$\log (T_R - T) = \frac{t}{fc} + \log (T_R - T_A)$$

$$t = fc \log \frac{T_R - T_A}{T_R - T} \text{ -----(11)}$$

donde fc = valor de f en la curva de calentamiento, es conveniente expresar esta ecuación en términos de la temperatura inicial real y no la extrapolada. Con este fin se define un factor de corrección \dot{j} , que es una medida del tiempo que tarda en establecerse una velocidad constante de transferencia de calor, esta dado por: (36, 39)

$$\dot{j}_c = \frac{T_R - T_A}{T_R - T_0} \quad \text{o} \quad T_R - T_A = \dot{j}_c(T_R - T_0) \text{ -----(12)}$$

Sustituyendo (12) en (11):

$$t = f_c \log \left(j_c \frac{T_R - T_0}{T_A - T} \right) \text{-----}(13)$$

Si se define a t_c como el tiempo de calentamiento y T_c como la temperatura máxima de calentamiento tenemos que:

$$t_c = f_c \log [j_c (T_R - T_0)] - f \log (T_R - T_c) \text{-----}(14)$$

la relevancia de esta ecuación consiste en que al tener la temperatura dentro de la lata a la temperatura de la autoclave, su valor es una medida del tiempo de calentamiento. A un valor de T_c (ó del tiempo t_c) resultará en un procesamiento adecuado.

A continuación se analizará brevemente el tratamiento matemático de Ball para la mortandad en el calentamiento y la mortandad en el enfriamiento.

Calentamiento.

En general, la predicción teórica de la temperatura en un punto dado en la lata como una función del tiempo durante un proceso de calentamiento es muy difícil, primeramente por el movimiento del fluido en la lata. Sin embargo se da una solución analítica para dos casos especiales: considerando un calentado perfecto de convección y por medio de conducción por ejemplo en pure. La forma de solución provee una guía para casos intermediarios.

Para calentado perfecto de convección

$$t = \frac{2.303 Kc}{U_0 A} \log \frac{T_R - T_i}{T_R - T} \text{-----}(15)$$

FIG. 1.1. CURVA DE CALENTAMIENTO GRAFICADA SOBRE ESCALA LOGARITMICA INVERTIDA.

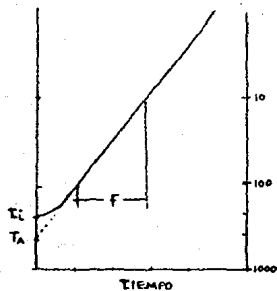


FIG. 1.2. CURVA DE TIEMPO-TEMPERATURA EN EL PUNTO MAS LENTO DE CALENTAMIENTO EN EL ENVASE, DURANTE EL PROCESO TERMICO.

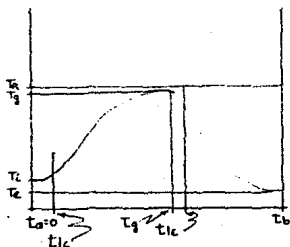


FIG. 1.3. CURVA LOGARITMICA DE CALENTAMIENTO

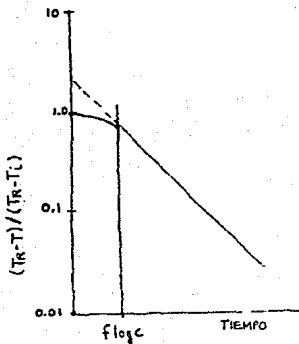
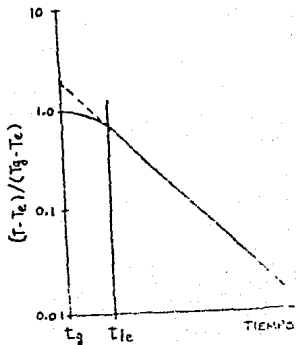


FIG. 1.4. CURVA LOGARITMICA DE ENFRIAMIENTO



Se asume que $J_c = 1$; -----(16)

es decir que el retraso en el calentamiento, por producirse a una temperatura baja, no tiene efecto sobre la disminución en la concentración de esporas. (89)

Para un modelo de conducción "pure" (a el centro de la lata):

$$t = \frac{2.303}{\left[\frac{2.405}{R^2} + \frac{\pi^2}{l^2} \right] \frac{K}{\rho c}} \log \left(\frac{2.04 T_R - T_i}{T_P - T_{\text{centro}}} \right) \text{ -----(17)}$$

$$J_{\text{centro}} \approx 2.04 \text{ -----(18)}$$

$$f_c = \frac{2.303}{\left[\frac{(2.405)^2}{R^2} + \frac{\pi^2}{l^2} \right] \frac{K}{\rho c}} \text{ (Merson et al. 1978) -----(19)}$$

Las ecuaciones 16 y 19 expresan la variación de f con las propiedades del alimento y el tamaño de la lata. (66)

Aunque la ecuación (17) se deriva del calentamiento, es ta es aplicable a el enfriamiento, siempre y cuando la distribución de la temperatura de la lata sea uniforme al principio del enfriado. Se sustituiria la temperatura del agua de enfriado T_{cw} por T_R y la temperatura de el alimento al comienzo del enfriado por T_i ; ya que U_0 es diferente durante el enfriado, el valor f será diferente en enfriado y calentamiento.

Considerando el calentamiento y enfriado de una lata alimenticia para el punto más lento de calentamiento en la

lata. Figura 1.2. Las mismas temperaturas se grafican logarítmicamente, curvas calentamiento y enfriado en Figuras 1.3 y 1.4 respectivamente. (Ball 1923; Ball y Olson, 1957, p314). Para el calentamiento de la ecuación 11 (usando $T_R - T$ como temperatura variable),

$$dt = \frac{-f}{2.303} \cdot \frac{d(T_R - T)}{T_R - T} \text{-----}(20)$$

y

$$\begin{aligned} \text{a } t = 0 & \quad T_R - T = T_R - T_i \\ t = t_g & \quad T_R - T = T_R - T_g \end{aligned}$$

El uso de $(T_R - T)$ como variable, modifica la función exponencial:

$$\begin{aligned} 10^{(T_{\text{ref}} - T)/Z} &= 10^{(T_{\text{ref}} - T_R + T_R - T)/Z} \\ &= 10^{(T_{\text{ref}} - T_R)/Z} \cdot 10^{(T_R - T)/Z} \\ &= 10^{(T_{\text{ref}} - T_R)/Z} e^{2.303(T_R - T)/Z} \text{-----}(21) \end{aligned}$$

Definiendo dos ecuaciones nuevas:

$$\begin{aligned} U &= \left(\frac{F}{T_{\text{ref}}}\right)_{\text{requerido}} \cdot 10^{(T_{\text{ref}} - T_R)/Z} \text{-----}(22) \\ &= F_i \cdot \frac{F}{T_{\text{ref}}} \end{aligned}$$

$$y \quad X = 2.303 (T_R - T)/Z \text{-----}(23)$$

La integral de la letalidad de calentamiento queda:

$$\text{Letalidad (calentamiento)} = \frac{1}{(\Gamma_{T_{\text{ref}}}^z)_{\text{requerido}}} \int_0^{t_g} \frac{dt}{10^{(T_{\text{ref}} - T)/z}}$$

$$= \frac{1}{2.303} \cdot \frac{f}{U} \int_{X_1}^{X_g} e^x \frac{dx}{X} \text{-----(24)}$$

donde $X_1 = 2.303 (T_R - T_i)/z$ y $X_g = 2.303 (T_R - T)/z$

La integral de la mano derecha se relaciona con una "integral exponencial" = $E(x)$ (definida por Gautschi y Cahill, 1964. p 228. fórmula 5.1.1):

$$E_1(x) = \int_x^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du \text{-----(25)}$$

(puede ser evaluada en tablas)

$$\text{Entonces: } \int_{X_1}^{X_g} \frac{e^x}{X} dx = \int_{X_g}^{X_1} \frac{e^x}{X} dx$$

$$= \int_{X_g}^{\infty} \frac{e^x}{X} dx - \int_{X_1}^{\infty} \frac{e^x}{X} dx$$

$$= E_1(x_g) - E_1(x_1) \text{-----(26)}$$

La ecuación de la mortandad de calentamiento (ecuación 24) está dada por:

$$\text{letalidad}_{(\text{calentamiento})} = \frac{f_c/U}{2.303} \left\{ E_1 \left[\frac{2.303}{z} (T_R - T_c) \right] - E_1 \left[\frac{2.303}{z} (T_R - T_1) \right] \right\} \text{-----}(27)$$

Enfriamiento

Al presentarse la desviación a la linealidad en este período a la temperatura más alta del proceso, el retraso en el enfriamiento debió ser analizado con precisión. Ball ajustó un modelo hiperbólico a los datos experimentales sobre coordenadas cartesianas de la forma:

$$\frac{y^2}{A^2} + \frac{t_{re}^2}{B^2} = 1 \text{-----}(28)$$

donde

$$y = T_c - T + A$$

t_{re} = tiempo de retraso en el enfriamiento

$$A = 0.3 (T_c - T_e)$$

$$B = 0.0759 \text{ fe}$$

esta ecuación corresponde a una curva que comienza en T_c, tiene una j_e = 1.41 e interseca la curva de enfriamiento logarítmico en el punto Tel = T_c - 0.343 (T_c - T_e). La evaluación de la integral de mortandad para esta parte de la curva está dada por:

$$\text{mortandad}_{(\text{retraso enf.})} = \frac{f_e/U}{2.303} \exp \left[-\frac{2.303}{Z} (T_p - T_c) \right] \cdot \left\{ 0.332 \right. \\ \left. \exp \left[-\frac{0.789}{Z} (T_c - T_e) \right] + \frac{0.253}{Z} \frac{E}{T_c - T_e} \right. \\ \left. \exp \left[\frac{0.692}{Z} (T_c - T_e) \right] \right\} \text{-----} (29)$$

donde E es una integral evaluada numéricamente:

$$E = p^2 \int_1^{2.14} \frac{e^{-px} (x^2 - 1)^{1/2}}{x^2} dx \text{-----} (30)$$

$$p = \frac{(2.303)(0.3)}{Z} (T_c - T_e) \text{-----} (31)$$

Para la porción de la curva logarítmica que va desde $T_{e1} = T_c - 0.343 (T_c - T_e)$ hasta T_b , Ball asume que el valor de f para la curva de calentamiento, la mortandad de enfriamiento logarítmico puede expresarse como:

$$\text{mortandad}_{(\text{enfriamiento log})} = \frac{f_e/U}{2.303} \cdot \exp \left[\frac{-2.303}{Z} (T_p - T_e) \right] \\ \cdot \left\{ \text{Ei} \left[\frac{2.303}{Z} (T_{e1} - T_e) \right] - \text{Ei} \left[\frac{2.303}{Z} (T_b - T_e) \right] \right\} \text{-----} (32)$$

donde Ei = integral exponencial definida por Gautschi y Cahill (1964, p. 229, fórmula 5.1.2);

$$Ei(x) = \int_{-\infty}^x \frac{e^{-\mu}}{\mu} d\mu \quad \text{con } x > 0$$

(puede ser evaluado en tablas)

Mortandad de cada procesor = Mortandad (calentamiento) + mortandad (retraso enf) + mortandad (log.enfriamiento(33)

De este análisis sintetizado en las ecuaciones (27), (29) y (32), puede concluirse que para los valores dados de f/U , Z , TR y Te (y consecuentemente un tg), resultará en una suma de mortandades iguales a la unidad (ecuación 33) Ball (1973) determinó estos valores y los represento en tablas de f/U como una función de $g = TR - Te$ con parámetros $m + g \approx TR - Te$ para diferentes valores de Z . Estos valores han sido recalca dos y presentados en gráficas por la National Canners Association (1968). La figura 1.5 muestra la gráfica para $TR - Te = 160^{\circ}F$

Ya que Te ($6g$) es la principal variable usada en las tablas correspondientes a t en el fin de la porción de calentamiento en el ciclo de enlatado, la fórmula en el método de Ball se ajusta a la ecuación de la curva de calentamiento (ecuación 14).

$$tg = f_c \log [j (TE - TA)] - f \log g \dots\dots\dots(34)$$

Consideraciones.

Hasta ahora se ha considerado que la temperatura del autoclave es constante. Sin embargo, no es sino hasta que las latas son introducidas en esta, que se admite vapor en el sistema. Por lo tanto la temperatura del autoclave alcanzará las condiciones de operación después de un tiempo de ascenso. Fig.

FIG. 1.5

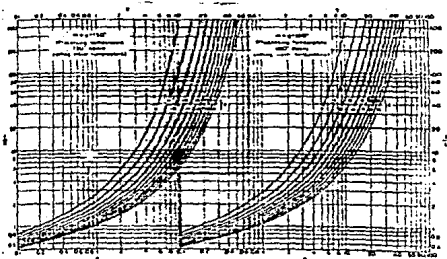
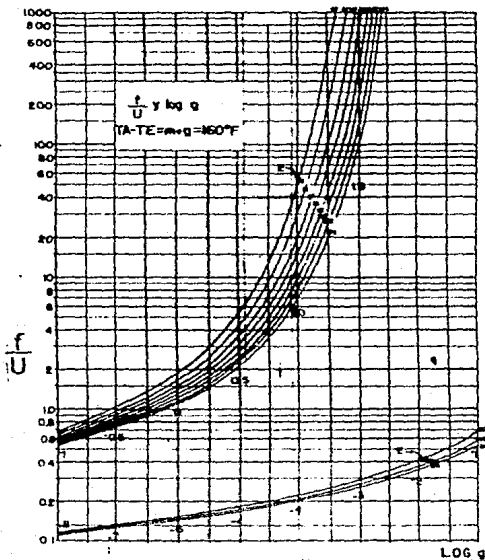
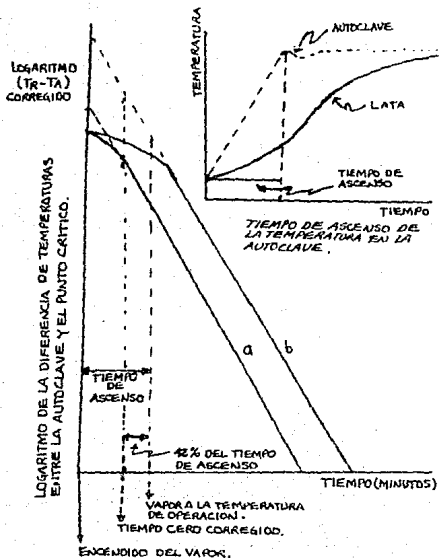


Fig.1.6.Efecto del tiempo de ascenso en la curva de penetración de calor; curva a: sin tiempo de ascenso, curva b: con tiempo de ascenso.



Las secciones lineales de ambas curvas son paralelas. Es decir, el valor de f no se ve alterado por el tiempo de ascenso. Sin embargo, valores de j para ambas curvas son diferentes. Para evaluar el vapor correcto de este parámetro, necesario para la determinación del tiempo de calentamiento en la ecuación 34, Ball (1973) sugirió mover la curva (b) a la izquierda hasta hacerla coincidir con la sección lineal de la curva (a). En promedio experimental, la curva (b) debe moverse 42% del tiempo de ascenso. Esto significa que el operador debe contar el tiempo de procesamiento a partir del momento en que la temperatura del autoclave se ha estabilizado y posteriormente corregirla añadiendo el 42% del tiempo de ascenso. De esta forma se considera también el grado de

esterilización que tiene lugar durante este periodo. (12, 65, 89).

Extrapolación de datos de penetración de calor.

Cuando se desea extrapolar datos de penetración de calor de un tamaño de lata a otro se puede usar el mismo valor de j_c . sin embargo el valor f , debe ser modificado de acuerdo al mecanismo de transferencia de calor (convección ó conducción) dentro de la lata, por medio de la siguiente ecuación: Ver tablas 1.1 y 1.2.

$$f_c \text{ de la lata incógnita} = \frac{f_c \text{ lata conocida} \times \text{Factor de la lata para la } f_c \text{ desconocida}}{\text{Factor de la lata para } f_c \text{ conocida.}}$$

- Curvas Simples.

La ecuación para la porción lineal es:

$$\log (TR-T) = \log J (TR-TI) - \frac{tp}{f} \dots \dots \dots (35)$$

tp = tiempo de proceso a partir del cero corregido del proceso.

TI = Temperatura interpolada a tiempo cero

Despejando para el tiempo de proceso.

tp = tiempo de proceso a partir del cero corregido del proceso.

TI = Temperatura interpolada a tiempo cero.

Despejando para el tiempo de proceso

$$tp = f [\log] - \log (TR-T) \dots \dots \dots (36)$$

Al final del calentamiento en un proceso térmico, al apagar el vapor y el ciclo de enfriamiento comienza.

B = tp al final del calentamiento (min)

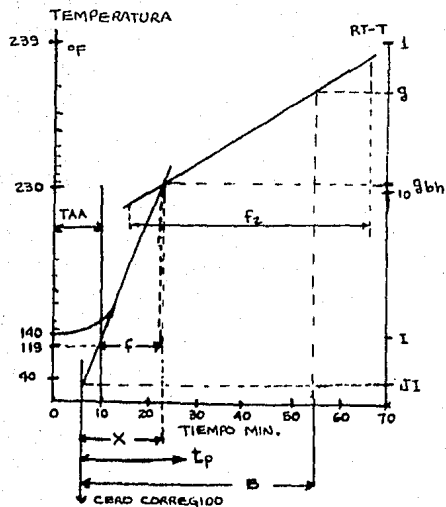


FIG. 1.7. CURVA IDEALIZADA INTERRUPTIDA.

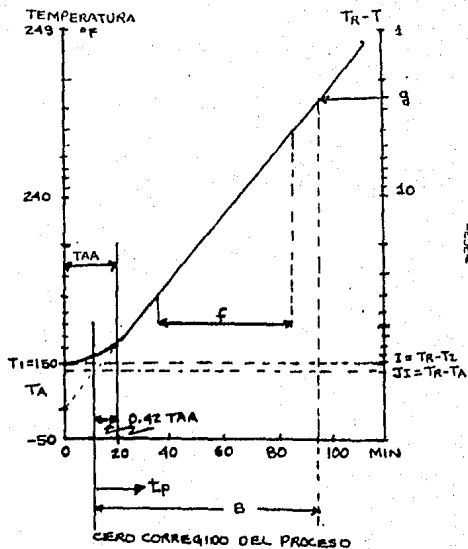


FIG. 1.8. CURVA DE CALENTADO

$g = TR - T$ al final del calentamiento ($^{\circ}F$)

$I = TR - TI$

Si se sustituye en la ecuación (2) se obtiene la fórmula para el cálculo del tiempo de proceso:

$$B = f (\log JI - \log g) \dots \dots \dots (37)$$

Curvas discontinuas

Se ilustra fig. 1.7. La pendiente de la curva antes del quiebre está dada por f y después por f_2 (36) (52)-

La ecuación para la 1a. parte de la curva ($0 \leq tp \leq X$) es la misma para las ecuaciones 1 y 2 en el quiebre donde intersecan las rectas se tienen:

$X = tp$ en el quiebre

$gbh = TR - T$ en el quiebre

Si se considera la ecuación 2.

$$X = (f (\log JI - \log gbh)) \dots \dots \dots (38)$$

Después del quiebre ($tp \geq X$) la ecuación será:

$$\log (TR - T) = \log gbh - \frac{f}{f_2} (tp - x) \dots \dots \dots (39)$$

Lo cual se puede reconocer como la ecuación de la línea recta que comienza en el punto ($X, \log gbh$). Sustituyendo X , de la ecuación 4.

$$\log (TR - T) = \log gbh - \frac{tp}{f_2} + \frac{f}{f_2} (\log JI - \log gbh) \dots \dots \dots (40)$$

Despejando tp y sustituyendo $B = tp$ (al final del calentado) y $g = TR - T$, (al final del calentado) se obtiene la fórmula para calcular el tiempo de proceso de una curva discontinua (35) (42) (69).

$$E = f \log JI + (f_2 - f) \log gbh - f_2 \log g \dots \dots \dots (41)$$

Nomenclatura.

Símbolos

- a Concentración inicial de esporas en un alimento al ta.
- A Parámetro de la hipérbola en la ecuación 28
- b Concentración mínima admisible de esporas en un alimento
- B Parámetro de la hipérbola en la ecuación 28
- c Capacidad calorífica
= Energía/Masa
. Temperatura
- d diámetro interno de la lata.
- D tiempo de reducción decimal.
Tiempo requerido para que el No. de concentración de esporas, sea reducido en un factor de diez en la temperatura de empiezo.
- E Integral evaluada numéricamente definida por la ecuación 30.
- E₁ Integral exponencial definida - después de la ecuación 25
- E_i Integral exponencial definida - después de la ecuación 32.
- f Tiempo requerido para que la diferencia de temperaturas entre - la autoclave y un punto en el -

- alimento disminuya decimalmente.
- f_c valor de f durante el calentamiento.
- f_e valor de f durante el enfriamiento.
- T_{ref} Tiempo requerido a una Temperatura de referencia para destruir un porcentaje dado de microorganismos cuya resistencia térmica - esta caracterizada por Z .
- g diferencia entre la temperatura - del autoclave y la temperatura - máxima que pueda ser obtenida al centro de la lata como efecto de esterilización comercial.
- j Factor de corrección definido en la ecuación 12. J^*
- j_c valor de j durante el calentamiento.
- j_e Valor de j durante el enfriado.
- k conductividad térmica
- l Altura interna de la lata
- M masa, contenido de la lata.
- p variable de integración definida - en la ecuación 31.
- r radio interno de la lata .

t Tiempo

ta tiempo, en el cual el número o concentración de esporas es igual a "a", correspondiente al comienzo del proceso térmico.

tb tiempo, en el cual el No. o concentración de esporas es igual a b corresponde al fin del proceso térmico.

tc ó

tg tiempo en el proceso térmico correspondiente al calentamiento e iniciación de la fase de enfriado.

tlc tiempo en el cual la fase logaritmica en el ciclo de calentamiento cesa, y la curva de calentamiento graficada semilogarítmicamente se vuelve lineal.

tle tiempo en el cual la fase logaritmica en el ciclo de enfriamiento cesa y la curva de enfriamiento graficada semilogarítmicamente se vuelve lineal.

m Diferencia entre la temperatura del agua de enfriado y la temperatura máxima obtenida al centro de la lata en el efecto de la esterilización comercial $T_g - T_e$.

- T Temperatura
- TA Temperatura inicial extrapolada, obtenida por la línea en la curva de calentamiento de una lata.
- Te ó Tcw Temperatura del agua de enfriado.
- Te ó Tg Temperatura máxima de calentamiento ó temperatura a la cuál comienza la fase de enfriado.
- Ti ó To Temperatura inicial real del alimento.
- TF Temperatura del autoclave
- T ref Temperatura de referencia
- T b Temperatura final
- Tel Temperatura inicial de enfriamiento logarítmico.
- T(t) Representación de Temperatura en un punto como una función del tiempo
- TDT Tiempo de muerte térmica. Tiempo requerido para destruir todos los org capaces de deteriorar el alimento. dimensiones de tiempo.
- U Tiempo necesario para destruir un porcentaje dado de microorganismos a la temperatura del autoclave.

- Uo Coeficiente de transferencia de calor total, dimensiones de energía, por tiempo area-grados de temperatura.
- X Variable usada en la definición de E, y Ei.
- Y Parámetro en la hipérbola de la ecuación 28.
- Z Valor característico de un microorganismo que mide el cambio en la muerte térmica respecto a un cambio en la temperatura.
- u* Variable usada en la definición de E y Ei
- p* Densidad del alimento, dimensiones de masa por volumen.

Ejemplo de cálculo.

Se desea enlatar un producto cárnico en latas de 7.6 cm de diámetro y 10.2 cm de altura, para lo cual se midió la curva de penetración de calor obteniéndose los datos que se muestran en la tabla 12. Los valores del tiempo equivalente requerido es 4 minutos a 25°F y (180°F) se determina experimentalmente como se indicará a continuación fig.1.10, ó de tablas específico para cada microorganismo ó de conservación de un factor de calidad termolábil.

Tabla 1.2. Datos experimentales de temperatura vs. tiempo para un producto cárnico.

Tiempo (min)	Temperatura (°F)	Tiempo (min)	Temperatura (°F)
0	70.2	25	218.6
2.5	74.0	30	228.0
5	88.6	35	233.1
7.5	105.1	40	236.1
10	125.2	45	237.8
15	173.9	50	238.7
20	202.0		

Fig.1.9 Curva de penetración de calor para el ejemplo de cálculo.

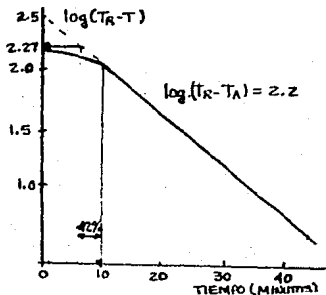
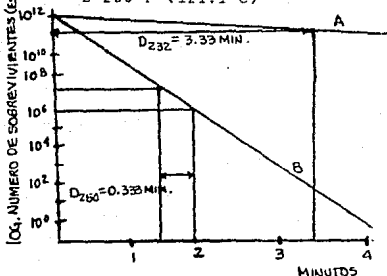


Fig. 1.10 Curva hipotética de sobreviviente (esporas) de Cl.botulinum. Curva A a 232°F (111.1 °C), curva B 250°F (121.1°C)



Valor del tiempo equivalente requerido

F_{250°F} = D (log a - log b) para Cl.botulinum a 10¹² esporas/ml b 1 espora/ml. Por lo que se espera 12 reducciones

D = 12 D es decir.

F req = D (log 10¹² - log 10⁰) = 12 D

D¹⁸₂₅₀ = 0.333 min.

F req = 12 x 0.333 = 4 min.

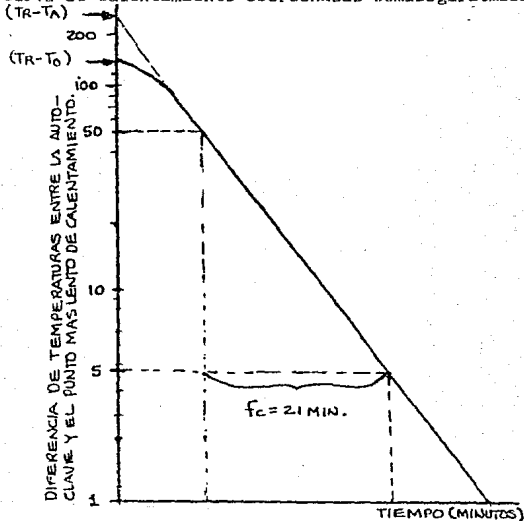
Si las condiciones de operación son: Temperatura inicial 70°F, temperatura de la autoclave 250° F y temperatura del agua de enfriamiento 60°F; estimar el procesamiento térmico adecuado para obtener un producto esterilizado comercialmente.

Solución.

La fig.1.11 presenta la curva de calentamiento en coordena-

das semilogarítmicas de la cuál podemos obtener el valor de $t_e = 21$ min. de acuerdo a los datos de la tabla 1.1

Fig.1.11 Curva de calentamiento coordenadas semilogarítmicas



La figura 1.9 muestra la relación entre $\log (TR-T)$ y el tiempo. El valor real de $\log (TR-TA)$ considerando el tiempo de re traso puede determinarse como se indica en esta figura

$$\log (TR-TA) = \log J_e (TR-T_e) = \log J_I = 2.27$$

Por otra parte sabemos que:

U = conversión del tiempo equivalente requerido de la temperatura de referencia a la temperatura de la autoclave

$$U = F_{250}^{18} F_i$$

$$U = (F_{T_{ref}}^Z)^{req} 10 \frac{(T_{ref} - T)/Z}{(250-240)/18}$$

$$U = 4 \text{ min } 10$$

$$U = 4 \text{ min} \times 3.6 = 14.4 \text{ min.}$$

El término F_i se puede obtener también de tablas. Ver tablas 1.3

$$f_e/U = 1.46$$

$$T_c - T_e = 240^\circ\text{F} - 60 = 180^\circ\text{F}$$

T_c = Temperatura máxima del autoclave (experimental) antes de comenzar el enfriamiento.

Para $f/U = 1.46$ y $Z=18$ en la gráfica correspondiente a

$TR = T_e = 180^\circ\text{F}$. Fig.1.5, tenemos que $\log(T_c - T_e) = \underline{0.08}$

$$\log g = 0.08$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación 37:

$$B \text{ (t calentamiento)} = 21 \text{ min} (2.27 - 0.08) \approx 46$$

Cálculo de B para una curva discontinua.

El cálculo requiere encontrar el valor de g , es decir determinar el final del periodo de calentamiento del proceso.

Para calcular el $\log g$ se necesita consultar las curvas de f/U en las fig.1.5A, 1.5B ó 1.5C. Para obtener f/U se necesita usar la fórmula:

$$\frac{f}{U} = \frac{f_2}{F \text{ seg } F_1 + r_{bn} (f_2 - f)/U_b h} \quad (42)$$

Donde rbh es un factor de corrección que corresponde a el $\log gbh$ y se obtiene de la fig. 1.6.

El siguiente ejemplo ilustra el cálculo de B para la ecuación (41) $B = F \log JI + (f_2 - f) \log gbh - f_2 \log g$.

Datos: $F \text{ reg} = \frac{F^{16}}{250} = 6 \text{ min}$

$$Z = 16$$

$$f = 5 \text{ min}$$

$$f_2 = f_{\text{en } f} = 11.5 \text{ min (valor asumido)}$$

$$X = 5.8 \text{ min}$$

$$J = 1.19 \text{ (incluye valor TAA)}$$

$$TR = 240^\circ \text{ F}$$

$$TI = 125^\circ \text{ F}$$

$$TE = 60^\circ \text{ F}$$

Solución:

1) Encontrar $m+g = TR - T_e = 240 - 60 = 180^\circ \text{ F}$

2) Calcular $I = TR - T_1 = 240 - 125 = 115^\circ \text{ F}$

3) Encontrar $\log gbh = 0.976$ por medio de;

a) Directamente de la curva de calentamiento

b) Cuando no se tiene la gráfica se puede calcular usando la ecuación de:

$$X = f (\log JI - \log gbh)$$

$$\log gbh = \log JI - \frac{X}{f} = \log (1.19 \times 115) - \frac{5.8}{5} = 0.976$$

4) Encontrar f/U de la fig. 1.5 (considerando $m+g=180^\circ \text{ F}$)

Se determina en la curva $Z=16$ a un valor de $\log gbh = 0.976$

$$f/U = 13.7$$

- 5) Encontrar rbh de la fig. 1.6 a un log gbh=0.976 en la curva Z=16, m+g= 180°f

$$rbh = 0.74$$

- 6) Calcular o encontrar F_1 de:

$$T_{ref} = TR/Z \quad \frac{250 - 240}{16}$$

a) $F_1 = 10 = 10 = 4.21$

- b) Usando la tabla 1.2

- c) Constituyendo la curva TMT que pase por $F_{Tref}^Z = 1$ es ta es la similar a la fig 1.12 (nótese que el Z es diferente)

- 7) Calcular f/U de la ecuación (42):

$$\frac{f}{U} = \frac{f_2}{\text{Freq } f_1 + \frac{rbh(f_2-f)}{f_{ubh}}} = \frac{11.5}{(5)(421) + \frac{0.76(11.5-5.0)}{13.07}} = 0.44$$

- 8) Encontrar el log g de la figura 1.5 a m+g PARA la curva Z=16 a

$$f/U = 0.44$$

$$\log g = -1.6$$

- 9) Si la f de enfriado no es igual a la f_2 el valor log g debe ser corregido por: $\log R$ para la fórmula (log g obtenido en) $-0.07 \frac{(1-f_{enf})}{f_2}$ en la gráfica 1.5

Esta ecuacion es empírica .Ya que si $f_{enf}=f_2$ no se necesita corregir para el ejemplo.

- 10) Encontrar B de ecuación (41)

$$B = f \log J_1 + (f_2 - f) \log gbh - f_2 \log R$$

$$B = 5 \log (1.19 \times 1.15) + (11.5 - 5) \log (0.976) - 11.5(-1.6)$$

$$B = 35.4$$

Debido a que este problema es laborioso, es mejor usar una tabla que permita ir llenando los valores que se obtengan (Tablas 1.4, 1.5, 1.6).

NOTA: Para obtener valores de f/U a diferentes Z se puede consultar a Stumbo, J.F., y Zambranda, J.W. (1973) en el libro "Thermal Processing of Foods" y Zambranda, J.W. (1971) "A procedure for Estimating Sterilization of and quality factor degradation in thermal y processed food. JFOod Sci 36:692).

FIG. 1.12
CURVA TMT

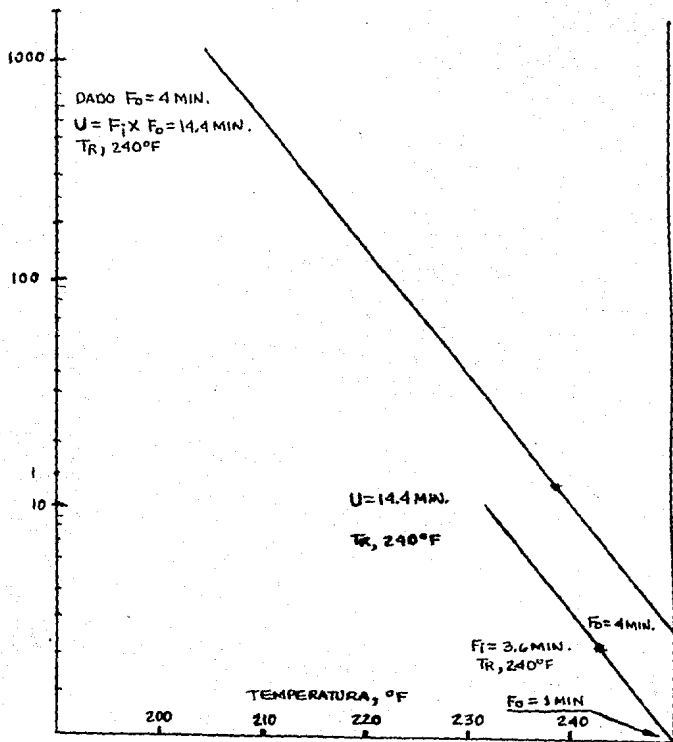


Tabla 1.1 (REF. 69)

FACTORES DE CONVERSION PARA CALENTAMIENTO POR CONDUCCION

Tamaño lata	Factor	Tamaño Lata	Factor
202 X 204	1.117	211 X 210	1.748
208	1.192	212	1.806
212	1.252	300	1.909
213	1.265	304	1.925
214	1.277	306	2.033
302	1.321	307	2.051
308	1.372	308	2.068
313	1.405	314	2.157
314	1.411	400	2.152
502	1.437	402	2.205
506	1.503	409	2.274
		410	2.283
208 X 208	1.523	411	2.291
211	1.569	413	2.307
302	1.741	414	2.314
308	1.821	509	2.381
314	1.900	600	2.413
506	2.058	604	2.428
211 X 101	0.4098	300 X 108	1.010
102	0.551	109	1.080
108	0.936	112	1.282
109	0.995	200	1.530
114	0.1286	201	1.552
115	1.366	203	1.607
200	1.366	204	1.750
205	1.684		

Tamaño lata	Factor	Tamaño lata	Factor
300 X 206	1.849	303 X 500	3.175
208	1.941	508	3.264
210	2.026	509	3.274
308	2.469		
309	2.493	307 X 113	1.497
310	2.515	200	1.728
400	2.634	201	1.662
402	2.668	202	1.874
404	2.609	208	2.271
407	2.743	214	2.603
409	2.769	215	2.652
414	2.928	300	2.700
504	2.887	306	2.955
509	2.929	315	3.253
		400	3.260
301 X 106	0.879	406	3.429
200	1.560	400	3.494
407	2.842	509	3.751
408	2.857	510	3.764
411	2.897	512	3.787
		514	3.810
303 X 109	1.124	700	3.966
110	1.198	710	4.026
212	2.278		
406	3.026	401 X 205	2.417
409	3.076	206	2.505
		208	2.677

TABLA 1.1
FACTORES DE CONVERSION PARA CALENTAMIENTO POR CONDUCCION
(CONTINUACION)

Tamaño lata	Factor	Tamaño lata	Factor
401 X 211	2.922	404 X 509	5.394
212	3.000	608	5.719
300	3.294	700	5.850
305	3.622		
309	3.854	502 X 512	7.366
314	4.109	607	7.793
400	4.201	608	7.827
401	4.246	610	7.893
404	4.371	611	7.924
406	4.449	612	9.956
407	4.486	700	8.074
409	4.557		
411	4.625	603 X 405	7.508
504	4.086	408	7.838
508	4.983	409	7.944
509	5.006	600	8.934
602	5.186	612	10.682
		708	11.282
404 X 200	2.010	708	11.282
206	2.599	804	11.766
207	2.692	812	12.037
307	3.954		
309	4.080		
500	5.130		
508	5.368		

TABLA 1.2

FACTORES DE CONVERSION PARA CALENTAMIENTO POR CONVECCION).

Tamaño lata	Factor	Tamaño lata	Factor
202 X 204	0.667	211 X 210	0.838
208	0.592	212	0.847
212	0.714	305	0.874
213	0.719	304	0.808
214	0.724	306	0.909
302	0.742	307	0.914
308	0.765	308	0.919
313	0.781	314	0.947
314	0.784	400	0.955
502	0.830	408	0.963
508	0.842	409	0.988
		410	0.991
208 X 208	0.777	411	0.994
211	0.798	413	1.000
302	0.843	414	1.003
308	0.870	509	1.032
314	0.894	500	1.048
506	0.964	504	1.056
211 X 101	0.497	300 X 108	0.659
102	0.520	109	0.686
105	0.633	112	0.734
109	0.648	200	0.799
114	0.716	201	0.802
115	0.725	203	0.825
200	0.740	204	0.836
208	0.816		

FACTORES DE CONVERSION PARA CALENTAMIENTO
POR CONVECCION (CONTINUACION)

Tamaño lata	Factor	Tamaño lata	Factor
300 X 208	0.857	300 X 300	1.158
208	0.877	306	1.189
210	0.895	309	1.189
308	0.997		
309	1.002	307 X 118	0.804
310	1.008	200	0.851
400	1.039	201	0.885
402	1.049	202	0.879
404	1.057	209	0.954
407	1.070	214	1.016
409	1.078	215	1.025
414	1.097	300	1.034
504	1.117	306	1.083
509	1.131	315	1.143
		400	1.149
301 X 100	0.637	406	1.182
200	0.799	409	1.157
407	1.057	509	1.263
408	1.052	510	1.265
411	1.104	512	1.273
		514	1.280
303 X 109	0.797	700	1.330
110	0.724	710	1.353
212	0.950		
406	1.117	400 X 205	1.007
409	1.130	206	1.023
		208	1.050

FACTORES DE CONVERSION PARA CALENTAMIENTO POR CONVECCION

Tamaño lata	Factor	Tamaño lata	Factor
401 X 211	1.089	404 X 509	1.486
212	1.001	608	1.551
300	1.147	700	1.586
305	1.198	502 X 512	
309	1.235	502 X 512	1.719
314	1.276	607	1.781
400	1.291	608	1.786
401	1.298	610	1.796
404	1.319	611	1.801
406	1.333	612	1.806
407	1.338	700	1.824
409	1.352		
411	1.352	603 X 405	1.736
504	1.413	408	1.769
508	1.438	409	1.780
509	1.436	600	1.985
510	1.441	608	2.041
602	1.475	612	2.067
		700	2.092
404 X 200	0.947	708	2.038
206	1.047	804	2.198
207	1.068	812	2.234
307	1.252		
309	1.271		
500	1.438		
508	1.481		

Las siguientes tablas se pueden utilizar para la tabulación de Resultados.

Tabla 1.4
Curva Simple de Calentamiento.
Determinación de B.

Producto	Registro
Contenido	pH
B	$= f_c (\log JI - \log g)$
Z	18
J	0.98
fc	11.4
P	3.5
M + g	130
TR	248
TI	120
T	$248 - 120 = 128$
Ji	$0.98 \times 128 = 125.4$
U = FF	$3.5 \times 1.292 = 4.52$
$\frac{f_c}{U}$	$\frac{11.4}{4.52} = 2.52$
$\log g$	(fig.1.5) .47
$\log Ji$	2.098
B = fc(log Ji - log g)	$11.4 (2.098 - .47) = 18.6$

Determinación de F	
Producto	Registro
Contenido	pH
P	$= \frac{f_c}{U} f_i$
Z	16
J	2.0
fc	49
B	62.5
m + g	180
TR	245
TI	160
I	$245 - 180 = 65$
Ji	$2 \times 65 = 130$
$\log Ji$	$\log 130 = 2.114$
$\log g = \log Ji - \frac{B}{f_c}$	$2.114 - \frac{62.5}{49} = 0.835$
$\frac{f_c}{U}$	0.8 (fig.1.5)
P_i	2.054 (de la tabla 1.3)
$F = \frac{f_c}{U} P_i$	$\frac{49}{8.0 \times 2.054} = 2.98$

-273-
TABLA 1.6

Determinación de P Curva Discontinua de Contaminación

Producto _____ Registro _____
Lata _____ pH _____

J	0.64	Z	10
Pc	6.0	B	23
f ₂	22.2	m + g	180
f _e	6.0	TR	245
X	6.1	TI	120

$$I$$

$$JI$$

$$Pi$$

$$\log gbh = \log JI - \frac{X}{fc}$$

$$245 - 120 = 125$$

$$0.64 \times 125 = 80$$

$$1.876 \quad \text{Tabla 1.3}$$

$$\log 80 - \frac{6.1}{6} = 0.386$$

$$\frac{fe}{f_2}$$

$$f_2 - fc$$

$$\log g = fc \log JI - (f_2 - fc)$$

$$\frac{\log gbh - B}{\log g}$$

$$6/22.2 = 0.27$$

$$22.2 - 6.0 = 16.2$$

$$\frac{11.4 + (16.2 \times 0.386) - 25}{\log g} = 0.036$$

Si fe/f₂ no es igual a 1.0
 $\log g = \log g + 0.07$
 $(7 - \frac{fe}{f_2})$

$$0.036 + 0.051 = 0.087$$

$$\frac{f_2}{fc/U}$$

$$\frac{22.2}{1.39} = 16.0$$

$$\frac{r_{bn}(f_2 - fc)}{fc/U_{bn}(fig.15)}$$

$$\frac{.762 \times 16.2}{7.8} = 1.59$$

$$P = \frac{f_2 - r_{bn}(f_2 - fc)}{fc/U_{bn} \cdot Pi}$$

$$F_{259}^{18} = \frac{16.0 - 1.6}{1.896} = 7.6$$

TABLA 1.5

Curva Discontinuada de Calentamiento

Producto _____ Registro _____
 Contenido _____ pH _____

Determinación de B

J	1.19	Z	16
fc	5.0	F	$F_{250}^{16} = 6.0$
f2	11.5	m+g	180
fc	11.5	TR	240
+ X	5.8	TI	125

+ Se obtiene de la curva
 ó se calcula $X = fc$
 $(\log JI - \log gbh)$

$$\frac{I}{JI}$$

$$\log gbh = \log JI - \frac{X}{fc}$$

$$\frac{fe}{f2}$$

$$f2 - fc$$

$$\frac{fc}{U} = \frac{f2}{PF1 + \frac{rbh(f2-fc)}{fc-Ubh}}$$

$$\log g$$

Si $fe/f2$ no es igual a 1.0

$$\log g = g - 0.07 \left(1 - \frac{fe}{f2}\right)$$

$$f2(\log gbh - \log g)$$

$$B = X + f2(\log gbh - \log g)$$

$$240 - 125 = 115$$

$$1.19 \times 115 = 136.9$$

$$4.21 \text{ (Tabla 1.3)}$$

$$\log. 136.9 - \frac{5.8}{5} = 0.976$$

$$1$$

$$11.5 - 5 = 6.5$$

$$\frac{11.5}{(6 \times 4.21) + \frac{0.74 \times 6.5}{13.7}} = 0.44$$

$$-1.6 \text{ (fig. 1.5)}$$

$$11.5 (0.976 + 1.6) = 29.6$$

$$5.8 + 29.6 = 35.4$$

2. Método General - Gráfico para el Cálculo del tiempo de tratamiento térmico en lata sanitaria.

Fundamento.

Este método se basa en el punto más lento de calentamiento (punto frío o crítico). Este procedimiento da una idea gráfica de la continuidad de la evaluación de penetración del factor de calidad al calor. El método considera el uso del sistema inglés para la obtención del tiempo de proceso.

- Principios Básicos -

Curvas de penetración de calor.

Se utilizarán termopares de cobre - constantano del tipo "Ecklund" (Bee y Park, 1978). Las variaciones de temperatura durante el calentamiento y enfriado de los botes es medida, registrada y procesada. Las gráficas 2.1 y 2.2, presentan la curva de calentamiento y enfriamiento respectivamente. Las gráficas presentan la escala logarítmica invertida por conveniencia (se ve claramente que al paso del tiempo - la temperatura aumenta), si se usa a posición normal presenta una pendiente negativa (25,65,69,98).

Resistencia al calor de microorganismos. Esta dada por el valor D. En el capítulo anterior de este trabajo se definió como "D = Tiempo al que se expone un número determinado de microorganismos a una temperatura tal que cause una mortalidad del 90% en la población" ó "el número de minutos necesarios para que la curva de sobrevivientes atraviese un ciclo logarítmico". En la fig. 2.3 presenta la curva hipotética de sobrevivientes (esporas) de el *C. botulinum*. Si el

FIG. 2.1
PENETRACION DE CALOR
CICLO DE CALENTAMIENTO

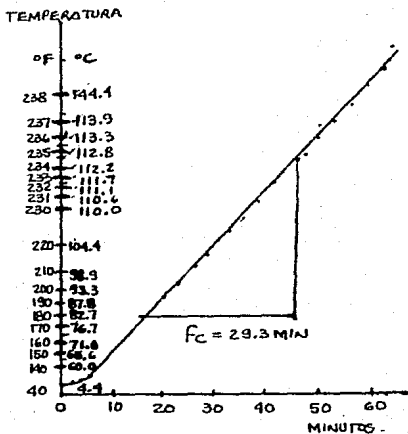


FIG. 2.2
PENETRACION DE CALOR
CURVA DE ENFRIAMIENTO

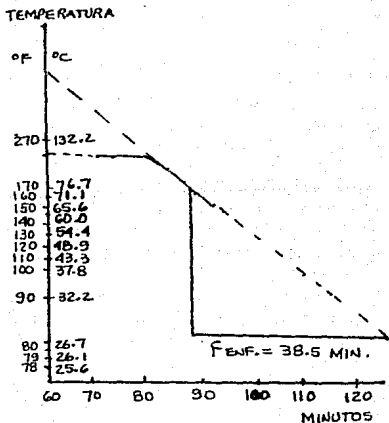


FIG. 2.3 C
 CURVA HIPOTÉTICA DE
 SOBREVIVIENTES (ESFORAS)
 DE C1. BOTULINUM.
 CURVA A A 232°F
 CURVA B A 250°F

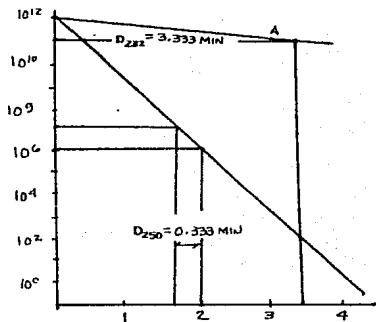
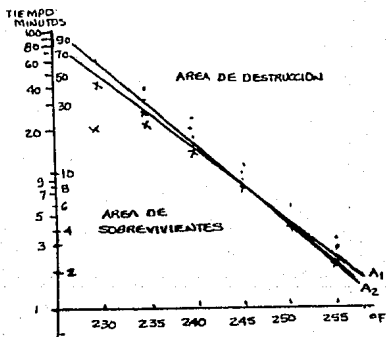


FIG. 2.4.
 CURVA DE TIEMPO DE
 MUERTE TÉRMICA PRE
 LIMINAR.
 CALCULO DE Z Y F₀



experimento se repitiese a diferentes temperaturas se tendría una serie de valores D para cada una de ellas. (ver cuadro 2.1). Si se grafican los valores del cuadro 2.1 vs temperatura se obtendría una curva inespecifica de tiempo de destrucción térmica (TDT) debido al precesamiento térmico (Fig. 2.5, curva A) De esta curva se puede determinar el valor de Z, . (59, 65, 85)

Valor F requerido.- Merson et al (1978) lo define como el, número de minutos necesarios para destruir una población determinada de microorganismos o esporas. Si se tiene una temperatura de 250 F y un Z=18 F se define como Fo matemáticamente se expresa como:

$$F = D(\log a - \log b) = \int_{t_0}^{t_b} \frac{dt}{(T_{ref}-T)^{1/Z}} \text{ -----(1)}$$

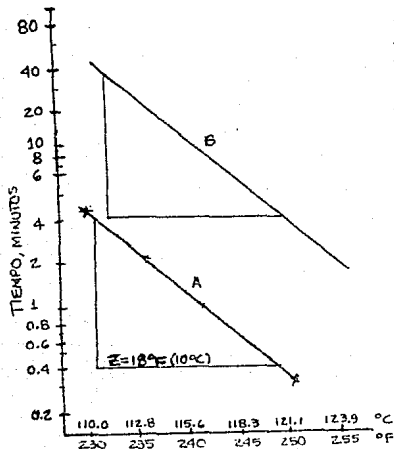
Es importante que el tiempo de proceso F sea suficiente para que se obtenga un producto "comercialmente estéril; se habla de un tiempo "F req" como mínimo para garantizar que el producto pueda ser consumido sin ningún problema de salud pública. La secuencia de pasos a seguir son: a) Es necesario la consideración del valor D del microorganismo más resistente o significativo que se desea eliminar   se espera encontrar en el alimento. b) Se estima cual pueda ser el número más alto inicial ("a") en el alimento y se fija un nivel final aceptable. ("b") por ejem: Para Cl botulinum a $\approx 10^{12}$ esporas/ml y b <lespora/ml lo que representa doce reducciones D (12D). Es decir:

F req = $D(\log 10^{12} - \log 10^0) = 12 D$. Observando el ejemplo de la fig. 2.3, D250= 0.333 min entonces el

F req = 12 D = 0.333 X 12 \approx 4 min

Una vez obtenido este valor "F req" se puede graficar la curva TDT (fig. 2.5 Curva B), basándose que a 250°F se requieren 4 min para la destrucción de esporas (punto *) si se sabe que posee una $Z=18^\circ\text{F}$, automáticamente se grafica un segundo punto a 232°F (111.1°C) y 40 min (punto X). De la misma figura se puede entonces obtener todos los valores de TDT extrapolando en la misma gráfica. Esta curva de TDT (fig. 2.5 "B") es extremadamente importante ya que nos permite interpretar la información de la muerte de los microorganismos (esporas) a diferentes temperaturas durante el ciclo de calentamiento y enfriado. (11, 12, 20, 25). La integración de estos valores nos da una idea global del efecto del proceso, los números que excedan 10^3 min representan temperaturas tan bajas que el tiempo para destruir las esporas sería irrisorio.

El inverso de TDT ($1/\text{TDT}$), es la fracción de este número de esporas que mueren por min a una temperatura específica, es decir que $1/\text{TDT}$ es la velocidad de muerte (unidades de min^{-1}).



En el "National Canners Association" (1968) se propone la curva del tiempo de muerte térmica (Fig.2.4). Esta curva se obtiene calentando a una temperatura fija un número preestablecido de latas durante diferentes tiempos.

(Cuadro 2.1). Se grafica el tiempo que los microorganismos han sobrevivido (X) al tratamiento térmico y el de los que han sido destruidos (.). El procedimiento se repite a diferentes temperaturas dando origen a las curvas A1 y A2 (fig. 2.4) en las que se pueden determinar los valores $F_{01} = 3.8$ min. $F_{02} = 4.2$ min de los valores $Z_1 = 17^\circ\text{F}$ ($248-231^\circ\text{F}$ ó $120-110.6^\circ\text{C}$) y $Z_2 = 19^\circ\text{F}$. Si se promedian los valores Z y F_0 nos queda $Z = 18^\circ\text{F}$ y $F_0 = 4$ min. Es decir que se llega a los mismos valores que en la fig.5.E. Sin embargo este procedimiento no es tan preciso como la determinación de valor D y F_{req} .

Cuadro 2.1 Efecto de la temperatura y resistencia de microorganismos en un alimento hipotético.

Temperatura $^\circ\text{F}/^\circ\text{C}$	No.de muestras (latas) calentadas ²	Positivas ³	Tiempo de calentado (min)	Sobreviviente teóricos	D (min)
230/110.0	6	6	90.0	1.2×10^{-9}	4.305
	6	2	20.0	-	
	6	0	60.0	0	
	6	0	80.0	0	
235/112.8	6	4	20.0	-	2.271
	6	2	25.0	9.81	
	6	0	30.0	0	
	6	0	35.0	0	
240/115.6	6	2	13.0	14.08	1.198
	6	0	16.0	0	
	6	0	19.0	0	
	6	0	22.0	0	
245/228.3	6	2	7.0	8.40	0.632
	6	0	8.0	0	
	6	0	9.0	0	
	6	0	10.0	0	
250/121.1	6	0 ⁴	3.0	-	0.333
	6	1	3.7	7.92	
	6	0	4.4	0	
	6	0	5.1	0	
255/123.9	6	1	1.9	15.02	0.176
	6	0	2.3	0	
	6	0	2.6	0	
	6	0	2.9	0	

- 1 Se supone un inóculo de 10^{12} esporas de *Clostridium botulinum* (en la práctica conviene usar esporas de un termófilo como PA 3675).
 - 2 Número de latas usadas en cada lote experimental
 - 3 Se hacen cultivos posteriores para verificar la presencia de sobrevivientes.
- * Error experimental. Omitir

Mortalidad durante el proceso.

Se entiende por mortalidad el número de veces que el valor lo ha sido alcanzado. (Stumbo, 1973). La totalidad del proceso puede ser calculado de dos formas: a) Usando la sumatoria del producto $1/Dt$ por cada intervalo de tiempo, Δt .

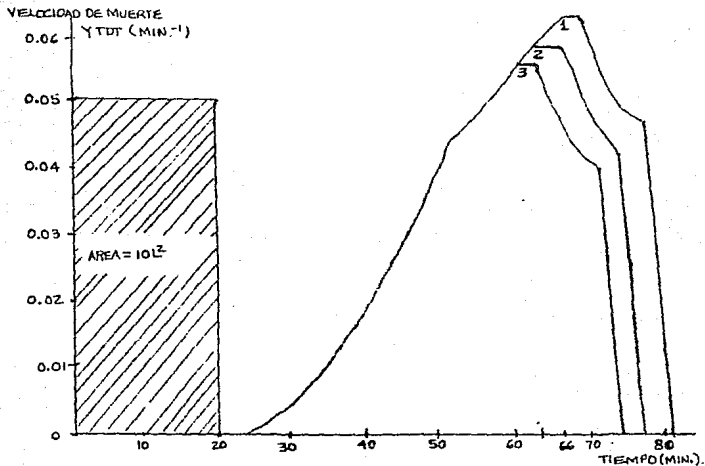
$$\text{Letalidad} = \sum \frac{1}{Dt} \times \Delta t \quad \text{-----}(2)$$

Un proceso adecuado será aquel que tenga un valor de uno (38)

$$\text{Letalidad} = \frac{F_{\text{proceso}}}{F_{\text{req}}} = 1 \quad \text{-----}(3)$$

- b) Gráficamente: considerando la figura 2.C donde se grafica la velocidad de muerte ($1/Dt$) vs tiempo (incluyendo los valores durante el calentado y enfriado). Es decir que la integral en la ecuación uno esta siendo evaluada gráficamente. La letalidad del proceso está dada por el producto del número de unidades cuadradas (L^2) bajo la curva multiplicadas por las unidades de la escala de velocidad de muerte (min^{-1}/L) por las unidades de la escala de velocidad de muerte (min^{-1}/L) por las unidades de la escala de tiempo (min/L). En ambos casos se relacionan las escalas de coordenadas al sistema lineal que se

Fig.2.6 Relación de velocidad de muerte respecto al tiempo de proceso para calcular la letalidad.



esté usando (L), o sea: (57,26, 39,98).

Letalidad: Area (L^2) X escala de velocidad de muerte ($\frac{\text{min}^{-1}}{L}$)

X escala de tiempo ($\frac{\text{min}}{L}$) -----(4)

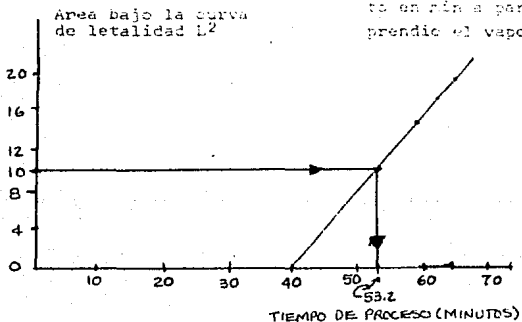
Area bajo la curva de calentamiento.

Esta area se calcula (pesando, contando, con planimetro - etc). Se hace la siguiente relación. Si el área encontrada corresponde a cierta letalidad (eq.2).

¿Que area necesitaría tener para obtener un valor de letalidad igual 1 (eq.3). Una vez que se conoce el área requerida, sobre la gráfica de velocidad de muerte térmica (fig. 2.6) se trazan curvas paralelas dos, tres ó mas. Se calculan las respectivas áreas (ver *, ** fig.2.6). En esta forma se obtienen los valores de áreas equivalentes a una determinada letalidad y de sus respectivos tiempos de proceso, estos valores pueden ser graficados como en la fig.7.7

Se traza una recta que pase por esos valores y en ella se interpola el valor del área (que es equivalente a una letalidad de 1) y en el análisis se encontrará el tiempo correcto en rín a partir de que se prendió el vapor.

Fig.2.7 Relación de las áreas de las curvas de letalidad respecto al tiempo de proceso.



Nomenclatura.

Símbolo

- a Concentración inicial de esporas en un alimento.
- b Concentración a nivel final aceptable en un alimento.
- D Tiempo de reducción decimal.
Número de min. para que la curva de sobrevivientes atraviese un ciclo logarítmico.
- fc Tiempo requerido en minutos para que la curva de calentamiento atraviese un ciclo logarítmico en fase de calentamiento.
- f en-f Se define similarmente a fc pero para enfriado. f_e.
- $F_{7}^{\bar{z}}$ ref Tiempo requerido a una temperatura de referencia para destruir un porcentaje dado de microorganismos cuya resistencia térmica esta caracterizada por Z
- $F_{0} = F_{250}^{18}$
- t₀ Tiempo inicial de operación donde la concentración de microorganismos ó esporas es a.
- t_b Tiempo, en el cuál el No. ó concentración de esporas es igual a b.
- T_R Temperatura del autoclave temperatura en que se procesa para obtener "Esterilidad Comercial"

- Ti ó to Temperatura inicial del alimento.
- Tc Temperatura máxima alcanzada durante el calentamiento y antes de enfriar
- δt Derivada del tiempo de ciclo de calentamiento y enfriado.
- TDT ó TMT Tiempo de Muerte Térmica. Es el tiempo requerido para destruir todos los microorganismos capaces de deteriorar el alimento.
- 1/TDT Fracción del número de esporas que mueren por minuto a una temperatura específica.
Velocidad de muerte (min^{-1})
- Z Valor característico de un microorganismo que mide el cambio en la muerte térmica, respecto a un cambio en la temperatura.

Ejemplo de cálculo.

Suponiendo un F_0 a $250^\circ\text{F} = 4$ min y $Z = 18$. Los pasos a seguir son los siguientes:

1) En papel semilogarítmico. Se enumeran las ordenadas de 10 min (primer ciclo), de 10 a 100 min (segundo ciclo) y de 100 a 1000 (tercer ciclo), en las abscisas graficar temperatura en $^\circ\text{F}$ (con su equivalente en $^\circ\text{C}$ para tener una idea más clara con respecto a el sistema que nosotros manejamos regularmente). (Fig. 2.5).

2) El primer punto corresponde a F_0 o sea 4 en las ordenadas y 250 en las abscisas (punto * fig 2.5).

3) Sabiendo que Z representa los grados de temperatura necesarios para aumentar o disminuir diez veces (un ciclo logarítmico) la velocidad de muerte de los microorganismos. En este caso $Z = 18$ por lo tanto el segundo punto estará en $250^\circ\text{F} - 18^\circ\text{F} = 232^\circ\text{F}$ (eje X) y a $X 10$ (eje y) (punto X fig 2.5).

4) Se traza una línea que pase por estos dos puntos.

5) Interpolar cada una de las temperaturas de cada intervalo de tiempo en esta gráfica y se anotan en una columna todos los valores de tiempo de muerte térmica (TMT ó TMI) encontrados que sean < 1000 (incluir las temperaturas de enfriado, que tengan también menor de 10^{-3} (cuadro 2.2). La integración de estos valores nos da una idea global del efecto del proceso. Los valores que excedan 10^{-3} min representarían temperaturas tan bajas que el tiempo para destruir las esporas sería muy elevado.

6) Hacer otra columna con los inversos de TMT o sea $1/\text{TMT}$ (velocidad de muerte térmica, cuadro 2.2).

7) Obtener la letalidad del proceso utilizando la ecuación 2. (en el caso del ejemplo $\Delta t = 3$ min.

Cuadro 2.2

Valores de penetración y pérdida de calor en el punto frío durante el proceso de esterilización.

Calentado.				
Tiempo (min)	Temp. °C	Temp. °F	TDT (min)	$\frac{1}{TDT}$ (min ⁻¹)
0	25.2	77.4		-
3	30.0	86.0		-
6	44.5	112.1		-
9	55.5	131.9		-
12	66.0	150.8	> 10 ³	-
15	77.0	170.6		-
18	85.0	185.0		-
21	90.0	194.0		-
24	94.5	202.1		-
27	99.5	211.1	570.0	0.0017
30	102.8	217.0	270.0	0.0037
33	106.0	222.8	128.0	0.0078
36	107.8	226.0	84.0	0.0119
39	109.5	229.1	56.0	0.0178
42	111.0	231.8	42.0	0.0238
48	126.6	234.7	27.9	0.0360
51	113.5	236.3	23.0	0.0434
54	113.8	236.6	21.5	0.0465
57	114.1	237.4	19.5	0.0513
60	114.5	238.1	18.0	0.0555
63	114.7	238.5	17.0	0.0588
66	115.0	239.0	16.0	0.0625

Tiempo (min)	Enfriado		TDT (min)	$\frac{1}{TDT}$ (min ⁻¹)
	Temp. °C	Temp. °F		
69	115.0	239.0	16.0	0.0625
72	114.5	238.1	18.0	0.0555
75	114.5	237.2	20.2	0.0495
78	113.8	236.8	21.5	0.0465
81	107.5	225.5	90.0	0.0111
84	93.4	200.1	-	-
87	83.0	161.4	-	-
90	74.5	166.1	-	-
93	65.0	149.0	7 10 ³	-
96	57.7	135.9	-	-
99	52.0	125.6	-	-
102	46.8	116.2	-	-
105	42.4	108.4	-	-

$$\text{letalidad} = \frac{1}{\sum \frac{1}{TMT}} \cdot t = 1.998 \approx 2$$

de acuerdo a la ecuación 3. El alimento se ha "sobre procesado". Si el valor obtenido fuera menor de 1 significará que no se ha llegado al tiempo de proceso correcto (no se ha esterilizado). En ambos casos deberá de encontrarse el tiempo de calentamiento correcto.

8) Graficar la curva de velocidad de muerte térmica en papel milimétrico, los valores de $1/TMT$ (ordenadas) vs tiempo en min. Incluyendo engriamiento (fig.2.6).

El área deseada sería: de acuerdo a la ecuación 4.

$$\text{Area} = \text{letalidad} \times \frac{1}{\frac{10 \text{ min}}{L}} \times \frac{1}{\frac{0.01 \text{ min}}{L}} - 1 = 10 L^2$$

9) Calcular el área bajo la curva de calentamiento (pesando, contando con planímetro etc.) Y hacer la relación: Si el área encontrada corresponde a cierta letalidad (obtenida punto 7). ¿Que área se requiere para $10L^2$ (punto 8).

En la figura 6 (ver curva) el área bajo la curva original de letalidad es de $19.82 L^2$. (Obteniendose con planímetro).

10) Una vez que se conoce el área requerida, sobre la gráfica de velocidad de muerte térmica se trazan curvas paralelas a la curva original (ver 2 y 3 fig.2.6).

Se obtienen las áreas de estas nuevas curvas así como el tiempo teórico en que se dejaría de calentar (ver*, ** fig. 2.6). Se calculan las respectivas áreas.

11) En esta forma se obtienen los valores de áreas equivalentes a una determinada letalidad y de sus respectivos tiempos de proceso; Se grafican en papel milimétrico (fig.2.7). Donde se tienen los siguientes puntos: a) $19.98 L^2$ vs 66 min, b) $17.64 L^2$ vs 63 min, c) $15.47 L^2$ vs 60 min. Si se sabe -

que es necesaria una área de $10L^2$ (punto 8), entonces solo basta con relacionar el valor de $10L^2$ a la escala de tiempo en la fig. 2.7, siendo el tiempo de proceso de 53.2 min el adecuado para obtener una esterilización comercial.

3.-Procedimiento de cálculo para el valor de esterilización por medio de la fórmula de integración Gaussiana.

Fundamento:

Se basa en el empleo de la fórmula de Integración de Gaussian para el cálculo del valor de esterilización "Fp" de la curva de historia térmica de un alimento (Curva de penetración de calor).

Principio Básicos.

La fórmula que a continuación se muestra (ecuación 1) es la utilizada por Ball et al (1957) y Stumbo (1965) para el cálculo de Fp.

$$\left(\frac{F_p}{T_{ref}} \right) \text{ proceso} = \int_{t_0}^{t_a} L(t) dt \text{ -----(1)}$$

Esta fórmula (1) ya se analizó en el método de fórmula o matemático.

La fórmula de integración Gaussiana es aplicable para el cálculo de la integral definida (ecuación 2) donde los límites de la integración son 1 y - 1, respectivamente:(425)

$$\int_{-1}^1 f(x) dx = \sum_{k=1}^n A_k \cdot f(X_k) \text{ -----(2)}$$

donde Ak's son factores de peso (Weghing) y X_k's son los valores X para cada valor numérico de f(x) calculado, y n es el valor del número de f(x) requerido para el cálculo de esta integral.

Valores para Ak y Xk se muestran en la tabla 3.1 para n = 2 hasta 4. Tablas más extensas para Ak y Xk se publican en (Abramowitz et al (1964), Krylov (1962), y Stroud et al. (1966).

Aplicando la ecuación (2) a la ecuación (1) los límites de la integral se cambian a +1 y -1 respectivamente.

Se observa que entre más grande es el valor de n menor es el error de cálculo del valor F_p . Para un proceso convencional el error relativo en el valor de F_p es menor al 8% del valor obtenido gráficamente, cuando la fórmula se utiliza - para n=7 el error será menor a 7%.

Sin embargo, para procesos HTST, no utilizando el método - de integración de la fórmula producen valores de F_p en errores menores al 10%.

Para reducir el error en el valor de F_p , se calcularan valores para ambas fases de calentamiento y enfriado de cada proceso, porque al final de la fase de calentamiento se producen pendientes - quebradas. El valor de F_p para el proceso entero es obtenido por la combinación de los resultados de los valores de F_p . Para procesos convencionales y HTST el error en el resultado de F_p cuando se aplica la fórmula para n = 2, 3 y 4, son menores a 6, 4 y 2% respectivamente.

De estos resultados se concluye que la fórmula de integración Gaussiana para n=3 o 4 producen una estimación de F_p exacta si es aplicable a porciones de la fase de calentamiento o enfriado de la curva de historia térmica (THC). Por lo tanto cuando se tiene la THC de un producto, un valor F_p exacto puede ser calculado de seis a ocho valores de L. La siguiente ecuación 3 muestra la fórmula explícita para calcular el valor F_p cuando la fórmula de integración de n=3 es usada.

$$F_p = \frac{t_b - t_o}{2} \left[0.5555 \cdot 10 \frac{T_1-250}{Z} + 0.8889 \cdot 10 \frac{T_2-250}{Z} + 0.5556 \cdot 10 \frac{T_3-250}{Z} \right]$$

$$+ \frac{t_a - t_b}{2} \left[0.5556 \cdot 10^{-\frac{T_4 - 250}{z}} + 0.8089 \cdot 10^{-\frac{T_5 - 250}{z}} + 0.5556 \cdot 10^{-\frac{T_6 - 250}{z}} \right] \quad (3)$$

La fórmula explícita para $n=4$ puede obtenerse fácilmente usando las constantes para la integración Gaussiana (Tabla 3.1). La única dificultad es la localización de los valores t_k sobre la t equis de la integración Gaussiana la regla - guía transparente se muestra en la figura 3.1, es obtenida por dos líneas marginales, I y II, las cuales representan - los límites superior e inferior de la integral. La distancia blanca entre estas dos líneas es arbitraria, esta será tan corta o tan larga como sea la fase de calentamiento o enfria- do de THC. La posición de las líneas a, b y c son determina- das de los valores X_k de la tabla 3.2 y se asume que la lí- nea representa $X=-1$ y la línea II representa $X=+1$. La deter- minación de los valores t_k , sitio de la regla sobre la THC con las líneas I y II intersectan los puntos t_0 y t_b sobre - los puntos tiempo equis, como se ilustra en la figura 3.2. - Los puntos $K= 1,2,3$ sobre los puntos de tiempo equis son re- presentados por los puntos de intersección entre t equis y - las líneas a, b y c. Los tres rangos letales pueden ser cal- culados de las temperaturas de las T_1, T_2 y T_3 . Las tres tem- peraturas de la fase de enfriado pueden ser obtenidas por - procedimiento similar.

Nomenclatura

Símbolo

Ak	factor pesado (weighing) peso en la fórmula de integración Gaussiana.
a,b,c	Líneas en la regla - guía para $n=3$, a, b y c representan X_1 , X_2 y X_3 .
Fp	Valor de esterilización de un <u>proce</u> so térmico = (Γ_{Tref}^Z) proceso
f(x)	Función de x
f(xk)	Valores de f(x) donde $x=x_k$
HTST	Alta Temperatura Corto Tiempo
THC	Curva de historia térmica de un <u>pro</u> ducto. Curva de penetración de calor.
K	Indice Dummy
L	Rango letal
Lk	Rango letal cuando $t = t_k$
n	Número de valores de la integral, que son requeridos en la fórmula de Integración Gaussiana.
T	Temperatura del alimento durante el - procesamiento térmico.

- Tk Valor de T cuando $t=tk$
- T1,T2,
T3,T4,
T5,T6, Temperatura del alimento que se requieren para calcular el valor F_p por la fórmula de integración Gaussiana. Para $n=3$. La primera y las siguientes tres son respectivamente para la fase de calentamiento, las siguientes en la fase de enfriado de la THC.
- t tiempo
- t_0 tiempo al comienzo de la temperatura efectiva de la fase de calentamiento.
- t_a tiempo a final de la temperatura en la fase de enfriado.
- t_b tiempo al final de la fase de calentamiento.
- tk Valor de t en la fórmula de integración Gaussiana.
- $t_1,t_2,$
 $t_3,$ Valores para t_x en la fase de calentamiento para $n=3$.

- Xk Valor de X que se requiere en la fórmula de integración Gaussiana.
- Z Índice de la pendiente de la curva de tiempo de muerte térmica - para microorganismos.
- I y II Dos líneas marginales en la línea - regla - guía.

Tabla 3.1 Valores de Ak y Xk¹

n	Xk	Ak
2	±	0.5774
		1.000
3	±	0.7746
		0.8889
		0.000
4	±	0.8611
		0.3479
		0.3400

Estos valores son aportados de Abramowitz et al (1964)

Tabla 3.2 Temperaturas para el ejemplo de cálculo que se requieren para calcular el valor Fp por la fórmula de integración Gaussiana para n=3

K	TK	(TK-250)/	Lk
1	230	-1.000	0.100
2	261	3.55	3.55
3	281	35.5	35.5
4	277.5	1.373	23.7
5	259	0.450	2.62
6	226	-1.200	0.063

Fig. 3.1 Regla guía para fórmula de integración para n=3

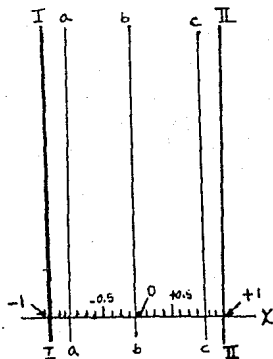
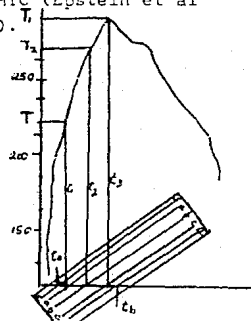


Fig. 3.2 Ilustración de localización t1, t2 y t3 sobre el tiempo equis - usando la regla guía para n=3 y HTC (Epstein et al (1960)).



Ejemplo de cálculo

La THC para un proceso HTST grano de maíz entero en salmuera se determina como sigue:

Asumiendo $Z = 20^{\circ}\text{F}$. El valor de F_p de este proceso determinado gráficamente usando un planímetro es 11.6 min.

Los valores T_k ($K=1,2,3,4,5,6$) dados en la tabla 2 se obtuvieron usando la regla guía para $n=3$, donde $t_0 = 10$ (seg), $t_b = 80$. Las seis temperaturas derivadas de la regla - guía - se muestran en la tabla 3.2. El valor F_p se calcula utilizando la ecuación 3, como sigue:

$$F_p = \frac{35 - 10}{2 \times 60} [0.556 \times 0.100 + 0.889 \times 3.55 + 0.556 \times 35.5] \\ + \frac{80 - 35}{2 \times 60} [0.556 \times 23.7 + 0.889 \times 2.82 + 0.556 \times 0.063]$$

$$F_p = 11.4 \text{ min}$$

El factor 60 empleado en el denominador es la conversión de la unidad de tiempo de segundos a minutos. En este caso el valor F_p obtenido es 1.7% menor al valor obtenido por el método gráfico usando un planímetro.

4.- Ecuaciones Simples para el cálculo Letal de las fases de calentamiento y Enfriado para la determinación de la Inactivación Térmica Ref.(100).

Fundamento.

Se basa en la simplificación del cálculo de letalidad durante el proceso de esterilización de "Ball". Usando la Evaluación de la Reacción Teórica de Glasslone et al (1941).Levine (1956). Obteniéndose una serie de soluciones de letalidad del proceso de esterilización.

Principios Básicos.

Dos ecuaciones se requieren para el cálculo de letalidad durante el calentamiento: La ecuación de la curva de calentamiento y la ecuación de la curva de muerte térmica. La curva de muerte térmica representa una serie de procesos equivalentes a diferentes temperatura y es representada por la ecuación (100)

$$\frac{t}{F} = 10^{\frac{T_F - T}{Z}} \text{ ----- (1)}$$

Esta ecuación es independiente de la naturaleza y calentamiento y enfriado y es usada para ambas líneas y curva logarítmicas. Letalidad es el área debajo de la curva:

$$\text{rango letal} = \frac{L}{t}$$

De donde, la ecuación para letalidad es:

$$E = \int \frac{dT}{t} + B \text{ ----- (2)}$$

Por combinación de la curva de calentamiento con la ecuación (1) y la sustitución dentro de la ecuación (2) e inte-

grando, se obtienen la ecuación cuya letalidad puede ser calculada.

Ball et al (1957) tienen desarrollada la ecuación de letalidad durante la curva lineal de calentamiento y enfriado.

$$E = \frac{0.435Z}{aF^{10}} \left[10^{\frac{T_c - T_o}{Z}} - 1 \right] \text{----- (3)}$$

La ecuación 3 requiere la evaluación de dos antilogaritmos. Estos se eliminan por el siguiente procedimiento, y la ecuación queda:

$$E = \frac{0.435Z}{aF} \left[10^{\frac{T_c - T_f}{Z}} - 10^{-\frac{T_f - T_o}{Z}} \right] \text{----- (4)}$$

Para tiempo de muerte térmica conocido F, a T_e, de modo que T_f = T_e la ecuación (4) queda:

$$E = \frac{0.435Z}{aF T_c} \left[10^{\frac{T_c - T_o}{Z}} - 1 \right] \text{----- (5)}$$

Aquellas temperaturas que sean mas bajas que 2Z la temperatura de exposición tiene una letalidad menor a 1% de la exposición de temperatura y se desecharán. Por consiguiente aplican do esta restricción T_c - T_o ≤ 2Z

$$10^{\frac{T_c - T_o}{Z}} = 10^{\frac{2Z}{Z}} = 10^2 = 100 = 0.01$$

Y ya que 0.01 es substraído de la unidad, el termino entero

10 $\frac{-T_c - T_0}{Z}$ es desechado, y la ecuación (5) se simplifica .

$$E = \frac{0.435Z}{a F T_c} \text{ ----- (6)}$$

Curva Logarítmica de calentamiento.

Durante el calentamiento logarítmico, la temperatura se expresa por la ecuación

$$\frac{T_c - T}{T_c - T_0} = 10^{-\frac{T}{f_c}} \text{ -----(7)}$$

donde T_0 se toma como la temperatura donde $t = 0$.

En la ecuación anterior, f_c es identificada como la pendiente de la curva de la penetración, de calor. Este nombre está mal dicho, ya que: Primero. La transferencia de calor es un proceso de difusión, no penetración; y Segundo el valor de f_c es actualmente el recíproco de la pendiente de la curva de calentamiento. Este nomenclatura ha sido usada durante muchos años y tiene una medida específica, Ball et al (1957) combina la ecuación (1) y (7) y desarrolla una ecuación para el cálculo de letalidad durante el calentamiento logarítmico como sigue:

$$E = \frac{0.435 f_c}{F T} \left[E_1 \frac{T_c - T}{0.435Z} - E_1 \frac{T_c - T_0}{0.435Z} \right] \text{ -----(8)}$$

donde E_1 es la integral exponencial definida por Gautsehí y Cahill (1969) como: $E(x) = \int_x^\infty \frac{e^{-u}}{u} du$ se puede obtener de tablas. Ball asume que $T_c - T = x g$.

La ecuación (8) requiere la evaluación de dos integrales exponenciales y aplicando las restricciones de la inactivación térmica, la integral exponencial se reduce a una constante, de la siguiente manera: La primera restricción es que al fin

del calentamiento, la temperatura de proceso es poco menos aproximadamente 0.1°C de la temperatura de exposición.

Por lo tanto la identificación de la temperatura en un punto, Ball lo identifico como: (100)

$$\uparrow = 3fc \text{ -----(9)}$$

La temperatura de exposición cercano a este punto no es posible su identificación, ya que la curvatura de la curva de calentamiento es muy pequeña y no se puede precisar.

El uso de la ecuación (9) asegura que la temperatura de proceso es poco menos aproximadamente a 0.1°C de la temperatura de exposición y precisa el punto en el tiempo en donde el calentamiento finaliza y comienza el enfriado.

Substituyendo la ecuación 8 y 10 dentro de la (9) se tiene:

$$F = \frac{0.435 fc}{T_c} \left[E_1 \frac{T_c - T_0}{0.435 Z} - E_2 \left(\frac{T_c - T_0}{0.435 Z} \right) \right] \text{-----(10)}$$

Temperaturas que son mas de 2Z debajo de la temperatura de exposición tienen una letalidad menor al 1% de la temperatura de exposición y pueden ser desechadas.

De donde, por la aplicación de la restricción que $T_c - T_0 \geq 2Z$ y substituyendo dentro de la ecuación (11):

$$F = \frac{0.435 fc}{T_c} \left[E_1 (0.0046) - E_2 (4.60) \right] \text{ de las tablas de}$$

integral exponencial

(Gautschi et al., 1964)

$$E_1 (0.0046) = 4.82$$

$$E_2 (4.60) = 0.0062$$

$$\text{La Ec. queda: } F = \frac{2.10 fc}{T_c} \text{... (11)}$$

la ecuación 11 se usa para el cálculo de letalidad, bajo la curva de calentamiento logarítmico y no requiere el uso de antilogaritmos o integrales exponenciales. Solamente requiere una multiplicación y una división y su exactitud es mejor al 1%. La única restricción es, que el cambio durante el calentamiento es igual o mayor a 2 Z y el tiempo continúe para

un tiempo igual a 3 fe debajo del punto en donde el tiempo sera $T_c - T = 2Z$.

Curva logarítmica de Enfriado. En la curva logarítmica de calentamiento y bajo la línea de calentamiento y enfriado, la letalidad debajo de la curva de enfriado logarítmico es dependiente de la temperatura final de enfriado. Esto es evidente en la ecuación de Ball et al (1957).

$$E = \frac{0.435}{f} \frac{fe}{T_c} \left[\frac{(T - T_e)}{0.435 Z} - Ei \left(\frac{T_c - T_e}{0.435 Z} \right) \right] \text{----- (12)}$$

Como con el calentamiento logarítmico, donde el enfriado continúa para 3 fe min, el proceso de enfriado es identificado como

$$\tau = 3fe \text{----- (13)}$$

Afortunadamente, solo temperaturas que son temperaturas que son 2Z debajo de la temperatura de exposición tienen una letalidad de 1 que la temperatura expuesta y la diferencia entre la temperatura de exposición y la temperatura de enfriado es identificada como:

$$T_c - T_e \geq 2Z \text{----- (14)}$$

Finalmente la curva de enfriado es definida por:

$$T - T_e = (T_c - T_e) 10^{-\frac{\tau}{fe}} \text{----- (15)}$$

Substituyendo ecuación 13, 14 y 15 dentro de la ecuación (12) se tiene.

$$E = \frac{0.00435}{f} \frac{fe}{T_c} [E_1(0.0046) - E_1(460)]$$

Evaluando la integral exponencial

$$E = \frac{0.021}{f} \frac{fe}{T_c} \text{----- (16)}$$

La ecuación 16 predice la letalidad del exceso de enfriado donde la temperatura del medio de enfriado es $2Z$ debajo de la temperatura expuesta. Cuando la diferencia entre la temperatura expuesta y la temperatura del medio de enfriado es mayor a $2Z$, la estimación de la fase de enfriado se mejora y la letalidad del proceso de enfriado es siempre menor que el estimado con la ecuación 16. Porque de este, cuando la letalidad para la ecuación 16 es insignificante. Esta ecuación 16 es usada únicamente para demostrar que la letalidad del proceso de enfriado es insignificante, en la mayoría de los casos. La única restricción es que el cambio de temperatura durante el enfriado sea mayor o igual a $2Z$ y que la continuidad del enfriado por un tiempo igual, ó mayor a $3fe$. Cuando el resultado obtenido por la ecuación 16 no es insignificante, la letalidad del proceso podrá obtenerse por otro medio, tal como la ecuación 1.1.

Nomenclatura

Símbolo

Descripción

A	Incremento de temperatura con respecto al tiempo (°C/min)
B	Constante de integración
D	Tiempo necesario para reducir la concentración microbiana en un 90% a una temperatura determinada
E	Letalidad en múltiplo de un tratamiento equivalente.
E ₁ , CND = E ₁ (C-X) =	Integral Exponencial definida por Gautschi y Cahil (1964)
F	$\int_x^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du$ Tiempo de muerte térmica de un proceso conocido (min)
F _{Tc}	Tiempo de muerte térmica a la T _c (min)
F _{Tref}	Tiempo requerido a una temperatura de referencia para destruir un porcentaje dado de microorganismo cuya resistencia térmica está caracterizada por Z.
f	Tiempo requerido en las curvas para que la curva de calentamiento atraviese un ciclo logarítmico.
f _c	Pendiente de la curva de penetración de calor durante el calentamiento logarítmico (min).
f _e	Pendiente de la curva de penetración de calor durante el enfriamiento logarítmico (min).

niento logarítmico $\ln \frac{1}{1 - \alpha}$

- t Tiempo de maduración de la película del proceso $\ln \alpha$
- t_0 Tiempo correcto de calentamiento $\ln \alpha$
- T Temperatura $^{\circ}\text{C}$
- T_0 Temperatura de calentamiento o temperatura inicial de enfriamiento $^{\circ}\text{C}$
- T_1 Temperatura de proceso $\ln \alpha$
- T_2 Temperatura de enfriamiento $^{\circ}\text{C}$
- T_3, T_4 Temperaturas iniciales del calentamiento $^{\circ}\text{C}$
- ΔT Intervalo de temperatura necesario para encontrar $\ln \alpha$ en el tiempo de restricción $\ln \alpha$
- τ tiempo (min) variable dummy usado en la ecuación $E_1 = \ln \frac{1}{1 - \alpha}$

Ejemplo de cálculo.

La curva de inactivación térmica experimental, con líneas de calentamiento y enfriado se muestra en la Fig.4-1A. El valor Z es 4°C, $F_{Tc} = 3 \text{ min}$.

De la ecuación 6 la letalidad como resultado del calentamiento es:

$$E_{\text{calentamiento}} = \frac{0.435Z}{a F_{Tc}} =$$

$$\frac{0.435 (4^{\circ}\text{C})}{20^{\circ}\text{C}/\text{min}(3\text{min})} = 0.029$$

Letalidad de la fase estacionaria (holding) es:

$$E_{1(\text{fase estacionaria})} = \frac{t}{F_{Tc}} = \frac{2 \text{ min}}{3 \text{ min}} = 0.666$$

Y letalidad del enfriamiento

$$E_{\text{enfriamiento}} = \frac{0.435 Z}{a F_{Tc}} = \frac{0.435 (4^{\circ}\text{C})}{30^{\circ}\text{C}/\text{min}(3\text{min})} = 0.019$$

Letalidad total

$$E_{\text{Total}} = 0.029 + 0.0666 + 0.019 = 0.714$$

El tiempo correcto de inactivación térmica

$$t_c = E_{\text{Total}} F_{Tc} = 0.714 (3 \text{ min}) = 2.14 \text{ min.}$$

La letalidad bajo la curva de la Fig.4.1A. es equivalente al tiempo de inactivación térmica de 2.14 min con calentamiento enfriado instantáneos.

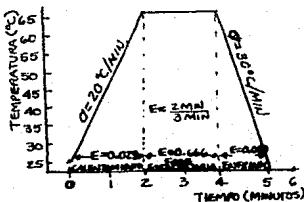


FIG. 4.1A
EJEMPLO DE CURVA DE INACTIVACION
TERMICA LINEAL. CALENTAMIENTO
Y ENFRIAMIENTO

Un proceso de calentamiento logarítmico, su curva se muestra en la fig. 4.1B. El valor de Z es 40°C y $t_0 = 3$ min.

Cuando la curva de calentamiento se grafica en papel semi-logarítmico, t_0 y t_e son 0.58 min y 1.6 min respectivamente.

Para la ecuación 11, la letalidad del calentamiento es:

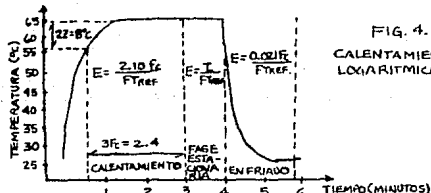
$$E_{\text{calentamiento}} = \frac{2.10 \text{ fc}}{F_{Tc}} = \frac{2.10 \text{ fc} \cdot 6 \text{ min}}{3 \text{ min}} = 0.58$$


FIG. 4.1B
CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO
LOGARÍTMICO.

Y el lapso entre $t_0 = 0.58$ min y $t_e = 0.58$ min $+ 3 = 4$ fc

Ya que la letalidad abajo de 22°C es insignificante, la letalidad para $T = 0.58$ min también es insignificante. La letalidad de la fase estacionaria es:

$$E_{\text{estacionaria}} = \frac{1}{F_{Tc}} = \frac{1 \cdot 04}{3 \text{ min}} = 0.34$$

Y la letalidad para el enfriado es insignificante determinada por la ecuación 16

$$\text{Enfriado} = \frac{0.021 \text{ fc}}{F_{Tc}} = \frac{0.021 \text{ fc} \cdot 6 \text{ min}}{3 \text{ min}} = 0.042$$

Letalidad total del proceso es 0.97 y el tiempo correcto es:

$$t_0 = E_{total} / F_{pc} = 0.9008 / 0.32 \text{ min} = 2.78 \text{ min.}$$

Las ecuaciones 11 y 16 no comprenden el valor de Z, pero este no mide la letalidad durante el calentamiento logaritmico es independiente del valor de Z. El valor Z se utiliza en combinación con la curva de calentamiento cuando $T_0 - T = 20$ y en principio de la fase estacionaria (tiempo de calentamiento = 3 seg).

En ambos ejemplos se asume que F y Z son valores conocidos pero para ejecutar el razonamiento de la inactivación termica experimental estos valores tendrán que determinarse.

5. Evaluación de Letalidad del Proceso Térmico
Método utilizando las Tablas de Hick's (80A)

- Fundamento -

Se basa en el análisis directo de letalidad de las porciones de calentamiento y enfriado de el proceso.

Este método puede utilizar valores de Z de 10 a 80°F.

- Principios Básicos -

Hick's (1958) elaboró una serie de tablas, donde el término que el denomina "H" es una función de g y z, los cuales tabulo; el término H de estas tablas se relaciona a f_c , U_c , c , f_e , y U_e en la ecuación siguiente: (80A, 81)

$$H = \frac{100 U_c}{f_c} = \frac{1}{c} \frac{100 U_e}{f_e} \text{ -----(1)}$$

La función H es similar a la función f_c/U de Ball (1928). (Se utiliza el símbolo B para la función Ball's, ($B = f_c/U$). La diferencia entre la función B y la función H es que: B relaciona U, del efecto letal de las fases de calentamiento y enfriado del proceso térmico con f_c , mientras que H relaciona U_c , del efecto letal de la porción de calentamiento de la curva, con f_c , y directamente el uso de "c" relaciona U_e , del efecto letal del enfriado, con f_e ($c = U_e/U_c$). La variable "c" se relaciona a H, f_e y U_e en la ecuación.

$$U_e = \frac{cH f_e}{100} \text{ -----(2)}$$

Table 5: Tabla de valores: Hick's (1953) función "H" donde $H = \frac{100Z}{C}$
 (From Food Research 43, pages 396-400, 1958)

g	z	10	15	18	20	25	30	40	60	80
0.10	139.7	157.0	164.8	169.3	178.0	186.8	190.2	216.7	229.1	
0.15	122.6	139.7	147.5	151.9	162.5	169.3	181.7	199.2	221.6	
0.20	110.6	127.5	135.2	139.7	149.2	157.0	169.3	186.8	199.2	
0.25	101.4	118.7	125.8	130.3	139.7	147.5	158.7	177.1	189.5	
0.3	93.95	110.6	118.2	122.6	132.0	139.7	151.9	169.3	181.7	
0.4	82.41	98.74	106.22	110.58	119.88	127.5	139.7	157.0	163.3	
0.5	73.67	89.69	97.07	101.38	110.58	118.2	130.3	147.5	159.7	
0.6	66.69	82.41	89.69	93.95	103.06	110.6	122.6	139.7	151.9	
0.7	60.93	76.36	83.53	87.73	96.75	104.21	116.1	132.2	145.4	
0.8	56.05	71.18	78.26	82.41	91.34	98.74	110.6	127.5	139.7	
0.9	51.84	66.69	73.67	77.77	86.61	93.95	105.7	122.6	13.7	
1.0	48.16	62.74	69.62	73.67	82.41	89.69	101.4	118.2	130.3	
1.2	42.01	56.05	62.74	66.69	75.26	82.41	93.95	110.58	122.6	
1.4	37.05	50.56	57.07	60.93	69.32	76.36	87.73	104.21	116.1	
1.6	32.94	45.95	52.28	56.05	64.26	71.18	82.41	98.74	110.6	
1.8	29.48	42.01	48.16	51.84	59.89	66.69	77.77	93.95	105.7	
2.0	26.52	38.59	44.57	48.16	56.05	62.74	73.67	89.69	101.38	
2.2	23.97	35.59	41.41	44.91	52.63	59.27	70.00	85.87	97.48	
2.4	21.74	32.94	38.59	42.01	49.58	56.05	66.69	82.41	93.95	
2.6	19.79	30.57	36.07	39.40	46.82	53.18	63.68	79.26	90.71	
2.8	18.06	28.44	33.79	37.05	44.31	50.56	60.93	76.36	87.73	
3.0	16.52	26.52	31.72	34.90	42.01	48.16	58.39	73.67	81.98	
3.5	13.346	22.45	27.30	30.29	37.05	42.91	52.81	67.76	78.88	
4.0	10.986	19.19	23.71	26.52	32.94	38.59	48.16	62.71	73.07	
4.5	8.970	16.52	20.73	23.38	29.48	34.90	44.16	58.39	69.16	
5.0	7.435	14.31	18.24	20.73	26.52	31.72	40.67	51.58	65.15	
5.5	6.197	12.46	16.12	18.47	23.97	28.95	37.61	51.19	61.60	
6.0	5.191	10.90	14.31	16.52	21.74	26.52	34.90	48.16	56.29	
6.5	4.365	9.563	12.75	14.83	19.79	24.37	32.47	45.13	55.19	
7.0	3.684	8.420	11.39	13.35	18.06	22.45	30.29	42.94	52.84	
7.5	3.119	7.435	10.203	12.04	16.52	20.73	28.32	40.67	50.40	
8.0	2.648	6.582	9.163	10.896	15.15	19.19	26.52	38.59	48.16	
8.5	2.254	5.839	8.246	9.877	13.91	17.79	24.88	36.67	46.09	
9.0	1.922	5.191	7.435	8.970	12.81	16.52	23.38	34.90	44.16	
9.5	1.643	4.623	6.715	8.160	11.80	15.36	22.00	33.25	42.36	
10.0	1.407	4.124	6.075	7.435	10.90	14.31	20.73	31.72	40.67	
11.0	1.036	3.296	4.993	6.197	9.320	12.460	18.47	28.95	37.61	
12.0	0.7678	2.648	4.124	5.191	8.009	10.896	16.52	26.52	34.90	
13.0	0.5715	2.137	3.420	4.365	6.909	9.563	14.85	24.37	32.47	
14.0	0.4272	1.731	2.847	3.684	5.979	8.420	13.35	22.45	30.29	
15.0	0.3205	1.407	2.377	3.119	5.191	7.435	12.04	20.73	28.32	
20.0	0.07948	0.5185	1.0019	1.407	2.648	4.124	7.435	14.31	20.73	
30.0	0.005553	0.07948	0.1999	0.3205	1.407	3.119	3.119	7.435	12.01	
40.0	0.000429	0.01332	0.04347	0.07348	0.2412	0.5185	1.407	4.124	7.435	

Este método de evaluación es aplicable para valores de Z de 10 hasta 80°F y para curvas simples, y también curvas complejas de calentamiento y enfriado, este método es en realidad una simplificación del método de fórmula de Ball et al (1957)

El método del uso de las tablas de Hick's, las fases de calentamiento y enfriado, se tratan separadamente; en el caso de curva simple de calentamiento, el valor de la función de Hick's se obtiene directamente de la tabla 5.1.

Cuando el valor de g es menor a 0.1°F (log g es menor a -1.0) el valor de H para g = 0.1°F se utiliza pero se incrementa con un factor Hx obtenido de la fig. 5.1 ($H = H_{g=0.1} + Hx$).

El efecto letal de enfriado $U_e = cU_c$; valores de c son tabulados en la tabla 5.2. Cuando g es mayor a 0.1°F la letalidad de enfriado, "H" es determinado como una función de g y z, "c" como función de g, (T1-T2) y Z; posteriormente U_e se obtendrá de la ecuación 2. La letalidad del calentamiento y enfriado del proceso se funda en la ecuación:

$$U = U_c + U_e = \frac{Hfc}{100} + \frac{cHfe}{100} \text{ -----(3)}$$

Aquí se asume que no hay diferencia entre el efecto letal de enfriado cuando g = 0.1 y cuando g = 0°F; por lo tanto, para los valores de g ≤ 0.1°F, el valor de la función cH/100 para g = 0.1°F, una Z particular y (T1 - T2) se usa la ecuación 3. Valores de cH/100 para g ≤ 0.1°F como una función de Z y (T1 - T2) se tabulan en la tabla 5.3

Tabela 6.2. Tabela de valores de c ($c = \frac{V_c}{U_c}$)

(T ₁ -T ₂) w 135°F °F	Z, °F					
	10	18	20	28	48	68
0.1	.0748	.0748	.0748	.0751	.0753	.0758
0.5	.1201	.1201	.1201	.1201	.1204	.1208
1.0	.1700	.1701	.1703	.1704	.1708	.1712
5.0	.2898	.2899	.2899	.2900	.2904	.2908
10.0	1.2450	.7799	.6821	.6313	.5774	.5325
50.0	10.7880	3.5186	2.4189	1.9258	1.6188	1.3718
(T ₁ -T ₂) w 150°F °F						
0.1	.0722	.0723	.0723	.0726	.0728	.0733
0.5	.1182	.1184	.1184	.1187	.1191	.1195
1.0	.1676	.1677	.1678	.1681	.1685	.1689
5.0	.2877	.2878	.2878	.2880	.2884	.2888
10.0	1.2401	.7750	.6772	.6264	.5725	.5276
50.0	10.7603	3.5126	2.4129	1.9201	1.6131	1.3661
(T ₁ -T ₂) w 175°F °F						
0.1	.0704	.0705	.0706	.0709	.0711	.0716
0.5	.1164	.1166	.1166	.1169	.1173	.1177
1.0	.1658	.1659	.1660	.1663	.1667	.1671
5.0	.2859	.2860	.2860	.2862	.2866	.2870
10.0	1.2333	.7682	.6704	.6196	.5657	.5208
50.0	10.7425	3.5105	2.4108	1.9180	1.6110	1.3640
(T ₁ -T ₂) w 200°F °F						
0.1	.0718	.0719	.0720	.0723	.0725	.0730
0.5	.1178	.1180	.1180	.1183	.1187	.1191
1.0	.1672	.1673	.1674	.1677	.1681	.1685
5.0	.2873	.2874	.2874	.2876	.2880	.2884
10.0	1.2357	.7706	.6728	.6220	.5681	.5232
50.0	10.7629	3.5121	2.4124	1.9196	1.6126	1.3656

En general, las condiciones del procesamiento térmico se obtendrán directamente de cada curva de calentamiento, para $f_c = f_e$, curva simple de calentamiento con $f_c \neq f_e$, o en curva de calentamiento compleja consistiendo esta de f_1 , f_2 y f_e . El procedimiento se utiliza de igual manera para estas tres situaciones de proceso. Los símbolos para el uso con una curva simple de calentamiento, se ilustran en la fig.5.2A y para curva compleja de calentamiento en la fig.5.2B.

El análisis para la evaluación del proceso térmico usando las tablas de HICKS, para curvas de calentamiento complejas, divide el proceso en secciones, cada sección es analizada separadamente y saneando posteriormente las partes para tener una solución completa.

El proceso se divide en el punto donde la curva de calentamiento semilogarítmica cambia de pendiente.

El general cuando el término U se usa con subíndice, implica que hay que obtener el efecto letal total para ambas fases, calentamiento y enfriado, para el proceso entero, como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$U = U_1 + U_2 + U_e$$

$$U_1 = U_{g1}$$

$$U_2 = U_{gc} f_2 - U_{q1} f_2$$

$$U_e = c U_{gc} f_e \text{ -----(4)}$$

CH
 Tabla 5.3 Valores de $\frac{CH}{100}$ para $g = 0.1$ °F. Para el uso en el cálculo de la curva de enfriado cuando g es menor a 0.1 °F; Letalidad de enfriado $U_e = \frac{CH}{100}$ fe.

Z, °F	(T ₁ -T ₂)=125°F	(T ₁ -T ₂)=150°F	(T ₁ -T ₂)=175°F	(T ₁ -T ₂)=200°F
10	0.124	0.115	0.107	0.100
15	0.139	0.129	0.121	0.112
20	0.150	0.140	0.130	0.121
30	0.174	0.162	0.151	0.141
40	0.191	0.178	0.165	0.151
60	0.223	0.208	0.194	0.181
80	0.257	0.240	0.223	0.208

Fig. 5.1. Valores de Hx vs log g.
 En la tabla 5.1 se tabulan valores de H para log g. abajo a -1.0 (g = 0.1 °F) donde log g menor a 1.0 (g es menor a 0.1 °F) H se corregirá (H = Hg = 0.1 + Hx)

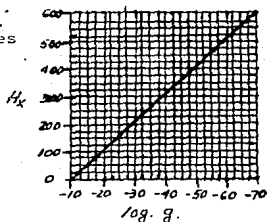
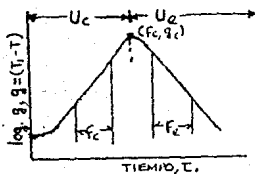
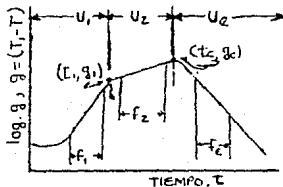


Fig. 5.2 Diagramas de curva de calentamiento y símbolos
 A) Curva Simple ; B) Curva Compleja de calentamiento.



A



B

Nomenclatura

Símbolo	Descripción
B	Símbolo de Ball (1923) $B = f/U$
c	Cociente de letalidad de calentamiento y letalidad de enfriamiento, $c = U_e/U_c$
Z	
F_{Tref}	Tiempo equivalente de un proceso térmico, a temperatura Tref para un valor Z (característico para cada alimento y microorganismo)
f	Tiempo requerido para que la línea semilogarítmica de calentamiento o enfriado atraviese un ciclo logarítmico.
fc	Valor de f para el calentamiento
fe	Valor de f para el enfriamiento
g	Grados Farenheit de la temperatura del medio $g=(T1-T)$
H	Símbolo de Hicks (1958) $H = \frac{100 U_c}{f_c} = \frac{100 U_e}{c f_e}$
j	Factor de corrección de la curva de calentamiento. $j = (T1 - T_A) / T1 - T_0$

- L Símbolo para el rango de letalidad $L = 10 T-250/Z$
- t Símbolo para el tiempo
- te tiempo de calentamiento, medida de la salida de vapor hasta el cierre de venteo donde la autoclave alcanza la temperatura (T_1),
- tcut tiempo en el cual la autoclave alcanza (T_1) (come-up-time)
- tg intervalo de tiempo de procesamiento industrial medido del tiempo en que la autoclave alcanza la temperatura de procesamiento designada hasta el fin del tiempo en que el vapor da fin y entra el agua de enfriamiento. ($t_c = t_g + 0.42 t_{cut}$) Ball (1923); Alstrand y Benjamin (1949); t_1, t_2 cuales la curva de calentamiento cambia.
- U Tiempo necesario para destruir un porcentaje dado de microorganismos a la temperatura de procesamiento designada para esterilización comercial.
 $U = U_c + U_e$; U_c para calentamiento

to solamente, U_e para enfriam
miento; U_1 , U_2 y U_e para curv
vas de calentamiento complej
jas.

Intervalo de tiempo necesario
para aumentar o disminuir diez
veces el tiempo de destrucción
térmica. °F para que la curva
de destrucción térmica atravie
se un ciclo logarítmico.

Ejemplos de cálculo

5.1) Cuando la curva de calentamiento es una simple línea -
recta.

- 1.- Los datos que se necesitan son: T_1 , T_0 , T_2 , f_c , j ,
 Z , f_c (o t_B , t_{cut}). Si f_e no se tiene se asume que
 $f_c = f_e$; será conocido o se asume $j_e = 1.41$.
- 2.- Calcular $\log g$ usando la ecuación $\text{Log } g = -tc/fc +$
 $\log j (T_1 - T_0)$.
- 3.- Usar el dato en la Tabla 5.1 determinar H para el
valor del $\log g$ y Z .
- 4.- Usando la Tabla 5.2 determinar el valor c como una
función del $\log g$, Z y $(T_1 - T_2)$.
- 5.- Calcular U usando la ecuación:

$$U_c = \frac{H f_c}{100}$$

$$U_e = \frac{c H f_e}{100}$$

$$U = \frac{f_c H}{100} + \frac{c H f_e}{100}$$

- 6.- Calcular f_{250} usando la ecuación

$$f_{250} = U 10^{T_1 - 250/Z}$$

5.1A Calentamiento simple, g es mayor a 0.1°F
($\log g$ mayor que -1.0).

Datos

- 1) $T_1 = 245^\circ\text{F}$ $j = 1.5$
 $T_o = 160^\circ\text{F}$ $Z = 18^\circ\text{F}$
 $T_2 = 65^\circ\text{F}$ $fc = fe$
 $tc = 80 \text{ min}$ $Jc = 1.41$
 $fc = 48 \text{ min}$

$$2) \log g = \frac{-tc}{fc} + \log j (T_1 - T_o)$$

$$= \frac{-80}{48} + \log 1.5 (245^\circ\text{F} - 160^\circ\text{F}) = 0.441$$

$$g = 10^{0.441} = 2.76$$

- 3) Con $g = 2.76$ y $Z = 18^\circ\text{F}$ de la Tabla 5.1 se obtiene $H = 35$.

- 4) Obtener de la Tabla 5.2 determinar el valor "c" como una función de g , Z y $(T_1 - T_2) = 245 - 65 = 180^\circ\text{F}$
 $c = 0.27$

- 5) Usando la ecuación

$$U = \frac{H fc}{100} + \frac{c H fe}{100} = \frac{35 \times 48}{100} + \frac{0.27 \times 35 \times 48}{100} = 21.3$$

$$6) F_{250} = U \times 10^{\frac{T_1 - 250}{Z}} = 21.3 \times 10^{\frac{245 - 250}{18}}$$

$$= 21.3 \times 0.527 = 11.23 \text{ min}$$

5.1E Calentamiento simple, g es menor a 0.1°F
 ($\log g$ menor a -1.0).

1) Datos:

$$\begin{aligned}T_1 &= 250^\circ\text{F} & j &= 1.2 \\T_o &= 140^\circ\text{F} & Z &= 35^\circ\text{F} \\T_2 &= 75^\circ\text{F} & f_c &= 12 \text{ min} \\(T_1 - T_2) &= 175^\circ\text{F} & \text{Je Se asume} &= 1.41 \\t_c &= 35 \text{ min} \\f_c &= 8 \text{ min}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2) \log g &= -t_c/f_c + \log J (T_1 - T_o) \\&= -35/8 + \log 1.2 (250-140) = -4.375 + 2.121 \\&= -2.254 \\g &= 0.00557^\circ\text{F}\end{aligned}$$

$$3) \text{ g es menor a } 0.1^\circ\text{F} \text{ entonces } H = H_g = 0.1^\circ\text{F} + H_x \text{ de la Tabla 5.1 } H_g = 0.1 = 193.4$$

$$\text{de la fig. 5.1 } H_x = 125 \text{ para } \log g = -2.254$$

$$H = 193.4 + 125 = 318.4$$

$$4) \text{ De la tabla 5.3 } cH/100 = 0.158$$

$$\begin{aligned}5) F &= U \times 10^{250-250/Z} = U \times 1 = U = H f_c / 100 + c H f_e / 100 = \\&= \frac{318.4 \times 8}{100} + 0.158 \times 12 = 27.4 \text{ min}\end{aligned}$$

5.2) Evaluación del proceso térmico para una curva compleja de calentamiento.

1) Valores que se requieren: $T_1, T_o, T_2, f_1, f_2, f_e, J, t_1, t_c, Z$ se puede conocer j o asumirse que es igual a -

1.41.

- 2) Valores a ser desarrollados g_1 , g_c . En algunos casos estos pueden ser determinados graficamente, en otros ser calculados:

$$\log g_1 = -t_1/f_1 + \log J (T_1 - T_o)$$

$$\log g_c = (-t_c - t_1)/f_2 + \log g_1$$

- 3) Determinar H_1 , H_2 de la Tabla 5.1.
4) Determinar c para g_c , Z y $(T_1 - T_2)$ de la Tabla 5.2
5) Calcular U usando la relación

$$U = U_1 + U_2 + U_e$$

$$U_1 = H_{g_1} \frac{f_1}{100} ; U_2 = H_{g_c} \frac{f_2}{100} - H_{g_1} \frac{f_2}{100} = (H_{g_c} - H_{g_1}) \frac{f_2}{100}$$

$$U_e = \frac{c H_{g_c} f_e}{100}$$

- 6) Calcular F_{250} usando la ecuación

$$F_{250} = U 10^{T_1 - 250/Z}$$

5.2A Curva compleja de calentamiento (dos tipos de pendiente)

- 1) Datos.

$$T_1 = 245^\circ F$$

$$f_2 = 46.4 \text{ min}$$

$$T_o = 140^\circ F$$

$$t_c = 40 \text{ min}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= 65^\circ\text{F} & f_e &= 23.7 \text{ min} \\ Z &= 18^\circ\text{F} & \text{se asure } J_e &= 1.41 \\ J &= 1.73 \\ f_1 &= 12.1 \text{ min} \\ t_1 &= 20.1 \text{ min} \end{aligned}$$

2) Cálculo de g_1 y g_c

$$\begin{aligned} \log g_1 &= -t_1/f_1 + \log J (T_1 - T_0) \\ &= -20.1/12.1 + \log 1.73 (245 - 140) \\ &= -1.661 + 2.259 = 0.598 \end{aligned}$$

$$g_1 = 3.96$$

$$\begin{aligned} \log g_c &= -(t_c - t_1)/f_2 + \log g_1 \\ &= -(40 - 20.1)/46.4 + 0.598 \\ &= -0.428 + 0.598 = 0.170 \end{aligned}$$

$$g_c = 1.47$$

3) Determinar H de la Tabla 5.1

$$H_{g1} = 24.1$$

$$H_{gc} = 55.0$$

4) De la tabla 5.2, $g_c = 1.47$, $Z=18$, $(T_1 - T_2) = 180^\circ\text{F}$
 $c = 0.196$

5) Cálculo de U donde $U = U_1 + U_2 + U_e$

$$U_1 = (24.1 \times 12.1) / 100 = 2.92 \text{ min}$$

$$U_2 = (55.0 - 24.1) \frac{46.4}{100} = 14.34 \text{ min}$$

$$U_e = \frac{0.196 \times 55 \times 23.7}{100} = 2.55 \text{ min}$$

$$U = 2.92 + 14.34 + 2.55 = 19.81 \text{ min}$$

$$\begin{aligned} 6) \quad F_{250}^{18} &= (19.81) \left(10 \frac{245 - 250}{18} \right) = (19.81) (0.5274) \\ &= 10.44 \text{ min} \end{aligned}$$

6. Método del Nomógrama.

Fundamento.

Se basa en la representación gráfica de las relaciones numéricas existentes entre los datos obtenidos a partir de las curvas de penetración térmica y los de penetración de calor (Olson y Stebens 1939).

- Principios Básicos.

Penetración de calor.

La expresión de la temperatura más lenta de calentamiento en función del tiempo será proporcionada por la curva de penetración de calor, de la cual se obtendrán fácilmente la pendiente y la intercepción a la curva.

La fig. 6.1 muestra la curva de calentamiento en coordenadas semilogarítmicas. La ecuación de esta línea recta estará dada por: (35) (29) (42A) (38).

$$\log (T_P - T_I) = \log (T_R - T_A) + \frac{\log \frac{T_F - T_2}{T_R - T_I}}{t_2 - t_1} t \quad \text{---(1)}$$

La pendiente de la curva esta dada por:

$$m = \tan \epsilon = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\log 100 \log 10}{\Delta \text{ tiempo}} = \frac{1}{f\epsilon}$$

de donde la ecuación (1) quedará: (36) (39)

$$\log (T_R - T_I) = \frac{t}{f\epsilon} + \log T_R - T_A \quad \text{ó} \quad t = f\epsilon \log \frac{T_R - T_A}{T_R - T_I} \quad \text{---(2)}$$

Ya que el calentado y enfriado no es instantáneo y se requiere de un tiempo de ajuste del autoclave (es el tiempo para que la autoclave alcance la temperatura de trabajo desde el $t = 0$ por lo que es conveniente expresar la ecuación (2) en términos de la temperatura inicial real y no la extrapo-

lada.

De aquí el factor de corrección J, que es el tiempo que tarda en establecerse una velocidad constante de transferencia de calor.

En los procesos que se utiliza autoclave estacionaria, el valor de J de corrección tendrá que ajustarse. Experimentalmente se ha demostrado que en promedio se requiere un recorrimiento a la izquierda 42% del tiempo de ajuste del autoclave. (12) (22) (66) (80) (89).

En la práctica el operador del autoclave generalmente registra el tiempo del proceso a partir del momento en el que se alcanza la temperatura de esterilización (Fig.6.1)

Se establece un cero corregido, para considerar el efecto térmico adicional obtenido durante el tiempo de ajuste del autoclave (TAA), el cuál se logra sustrayendo el 42% del tiempo que el autoclave requiere para alcanzar su temperatura de proceso (ó bien añadiendo el 52% del TAA a el tiempo en que se prendió el vapor).

En el cero corregido se traza una línea vertical (fig.6.2)

El tiempo mortal del proceso se mide a partir de esta línea En la intersección de la vertical con la parte extrapolada de la curva de calentamiento se localiza la temperatura pseudo inicial (TA).

Para calcular el valor correcto de J, se traza la vertical: Se hace notar que industrialmente se le llama

$$I = TR - TI \text{ -----(3)}$$

$$JI = TR - TA \text{ -----(4)}$$

$$J = \frac{JI}{I} \text{ -----(5)}$$

El valor JI puede ser directamente leído de la parte derecha de la fig.6.1 a la misma altura que TA.

Nomenclatura

Símbolo	Descripción
d	diámetro interno de la lata
f	Tiempo requerido para que la diferencia de temperaturas entre la autoclave y un punto en el alimento disminuya decimalmente.
f _c	Valor de f durante el calentamiento.
f _e	Valor de f durante el enfriado.
Γ_{Tref}^Z	Tiempo requerido a una temperatura de referencia para destruir un porcentaje dado de microorganismos cuya resistencia térmica está caracterizada por Z.
F ₀	F a temperatura de 250°F y un Z=18°F (Merson-Davies).
j	Factor de corrección definido en la ecuación (8)
j _c	Valor de J durante el calentamiento
j _e	Valor de j durante el enfriamiento
l	Altura interna de la lata
r	Radio interno de la lata
t	Tiempo
T	Temperatura
To = T _I	Temperatura inicial real
T _A	Temperatura inicial extrapolada
TAA	Temperatura de ajuste del autoclave.
T _E "Te"	Temperatura de enfriado
TMT	Temperatura de muerte térmica

- Z Valor en grados de temperatura ca
racterístico de un microorganismo
que mide el cambio en la muerte
térnica respecto a un cambio en
la temperatura.
- mtg diferencia en grados entre la tem
peratura del autoclave y la tempe
ratura del agua de enfriamiento.

Ejemplo de cálculo.

A) Dadas las condiciones, calcular el tiempo de proceso"

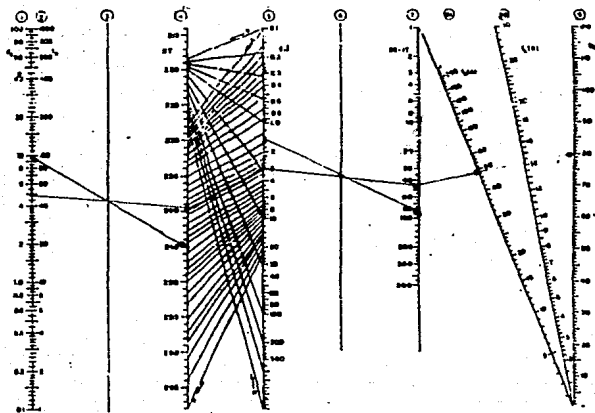
$$f_c = 48 \text{ min} \quad j = \frac{JI}{I} = \frac{127.5}{85} = 1.5$$

$$F_o = 10 \text{ min}$$

$$T_I = 160^\circ F \quad T_R = 245^\circ F$$

$$I = T_R - T_I = 85$$

$$T_E = 70^\circ F$$



A una temperatura dada (fig.6.2)

- 1) Relacionar F_o (escala 1) a T_R (escala 4) obteniéndose un punto en la escala 3.
- 2) Relacionar punto de la escala 3 a f_c (escala 2).Obteniéndose un punto en la escala 4.

- 3) Siguiendo las líneas entre escalas 4 y 5 obtener un punto en escala 5.
 - 4) Relacionar J (escala) a TR-TI en la escala 7. Obtener un punto en la escala 7.
 - 5) Relacionar el punto de la escala 5 obtenido en el paso 3 a el punto obtenido en la escala 6 (paso 4). Obteniéndose un punto en escala 7.
 - 6) Relacionar el punto de la escala 1 con f_c en escala 8: Tomar el tiempo de proceso en la escala 9.
Hay dos escalas 8: 8A y 8B, usar 8A si se usaron las "Líneas" hasta arriba (entre escala 4 y 5) y 8B si se usaron las otras "Líneas" (en su mayoría hacia abajo). En el ejemplo el tiempo de proceso es de 80 min.
- B) Determinación del F_o de un proceso.
- 1) Relacionar el tiempo de proceso B_B (escala 9) con f_c (escala 8).
Se obtiene un punto en la escala 7. La escala 8A u 8B debe ser la que mejor se ajuste por prueba y error.
 - 2) Relacionar (TR-TI) en 7 con J (escala 5). Da un punto en escala 5.
 - 3) Relaciona el punto obtenido de la escala 6 con el de la 7 (paso 1) y extrapolando a escala 5. Si el punto cae fuera de la escala implica que se usó la escala 8 equivocada.
 - 4) A partir del punto en escala 5 seguir las líneas y obtener el punto en escala 4 (las líneas entre 4 y 5 deben ser usadas de acuerdo a la escala f_{c_A} o f_{c_B} según se usó 8A u 8B respectivamente).
 - 5) Relacionar el punto de la escala 4 con escala 2 (f_c) y obtener la interacción en escala 3.
 - 6) Relacionar escala 3 con RT en escala 4 y leer por extrapolación F_o en escala 1.

Nota 1 Procesos con más de 120 min.

a) El monograma se puede usar dividiendo $fc/2$ para el punto obtenido en la escala 8. El tiempo resultante B_B debe ser multiplicado por 2.

b) Si Fo es determinado, dividir: el tiempo de proceso (si es mayor de 120) y el fc en la escala 8 entre dos.

En ambos casos (1a y 1b), el valor de fc debe ser usado en la escala 2.

Dada: las condiciones, calcular el Fo del proceso

$$fc = 55 \text{ min}$$

$$T_R = 240^\circ F$$

$$T_I = 100^\circ F$$

$$I = T_R - T_I = 140^\circ F$$

$$J = \frac{JI}{I} = \frac{252^\circ F}{140^\circ F} = 1.8$$

$$t_B = 113 \text{ min} = B_B$$

El Fo del proceso = 7.0 min.

Conversión de un tamaño de lata a otro.

Conducción

$$\frac{f_1}{F_2} = \frac{0.933 d_1^3}{(d_1/1)^2 + 2.34} \times \frac{(d_2/(2))^2 + 2.34}{0.933 d_2^2}$$

Convección

$$\text{Factor de lata} = \frac{r_1}{r+1} = \text{Fac.}$$

$$f_1 = \frac{(\text{Factor desconocido}) f_2}{\text{Factor conocido.}}$$

d = diámetro interior de la lata (diámetro exterior - 1/8 in)

l = longitud interior de la lata (longitud exterior - 1/4 in)

r = radio interior (radio exterior - 1/16 in)

f_1 = f desconocido

f_2 = f conocido.

7.- Método de Cálculo para el proceso Térmico Utilizando las Cartas de Gurnie-Laurie.

= Fundamentos =

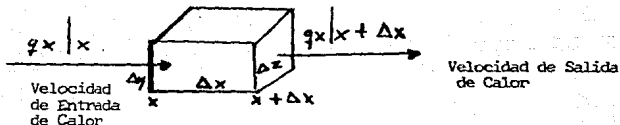
El método se basa en la utilización de las cartas de Gurnie-Laurie en las cuales la temperatura está en función del tiempo y de la localización de un punto determinado en un objeto infinito.

= Principios Básicos =

Las cartas de Gurnie-Laurie son la representación gráfica de la solución a las ecuaciones Fourier, las cuales explican el calentamiento por conducción unidireccional.

En el calentamiento por conducción unidireccional un incremento de calor se traduce en un aumento en la temperatura del producto, la cual varía con respecto al tiempo aún cuando la temperatura de proceso permanezca constante (50, 52).

Para entender la ecuación que rige este tipo de calor, se contempla la conducción unidireccional en un cubo; como se muestra en la fig. 7.1.



La transferencia de calor en la dirección X se puede expre--

sar matemáticamente conforme la siguiente ecuación

$$qX = - K A \frac{\partial T_0}{\partial X} \quad \text{-----}(1)$$

donde: qX es la velocidad de transferencia de calor en la dirección X

K conductividad térmica

A sección transversal al flujo de calor

$\frac{\partial T_0}{\partial X}$ Gradiente de temperatura en la dirección X

El balance de calor del cubo es:

Velocidad de entrada = Velocidad de Salida + Velocidad de
de calor de calor Acumulación de calor

La conducción en las tres dimensiones del cubo puede calcularse a partir de la Ecuación General de Fourier (50), (52), (91).

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \left(\frac{\partial^2 T}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad \text{-----}(2)$$

donde κ : Se conoce como difusividad térmica igual a $k/\rho C_p$ y es una medida de transferencia de calor en un producto.

ρ = densidad

C_p = calor específico.

Si se conocen las dimensiones del cuerpo (R) puede definirse un número adimensional llamado Número de Fourier (Γ_0) conforme a la siguiente ecuación.

La ecuación de Fourier para calcular la temperatura en un punto determinado de cuerpos de geometría cilíndrica se expresa de la siguiente manera:

$$F \lim_{C \rightarrow \infty} \left(\frac{T_0 - T_h}{T_0 - T_h} \right) = a' E_0 - b' F_0$$

donde a' y b' son constantes utilizadas en la ecuación de Fourier.

En el cuadro 7.1 que a continuación se muestra, se presentan valores de las constantes a y b para diferentes cuerpos geométricos. (52).

Cuerpo Geométrico	Punto donde se mide la temperatura	a	b
Placa Infinita	Centro Geométrico	1.2730	2.4674
Placa Infinita	Temperatura Promedio	0.8106	2.4674
Cubo	Centro Geométrico	2.0639	7.4022
Cilindro Infinito	Temperatura en Eje Axial	1.5980	5.7631
Cilindro Infinito	Temperatura Promedio	0.6934	5.7631
Esfera	Centro Geométrico	2.0000	9.8696
Esfera	Temperatura Promedio	0.6066	9.8696

Para poder aplicar la Ecuación General de Fourier se sigue el criterio de que es posible obtener cuerpos finitos a través de intersecciones entre objetos infinitos.

La solución de las diferentes ecuaciones para conocer la temperatura en función del tiempo y la localización en un punto determinado en un objeto infinito, debido al estado de conducción unidireccional, se presentan en una serie de gráficas (Ver Figs. 7.2, 7.3 y 7.4).

En la figura 7.2 está representando la solución a la ecuación de Fourier expresando la temperatura como una función del tiempo en una determinada posición en una sección plana infinita.

En la Fig. 1.3 está representada la solución a la ecuación expresando la temperatura como función del tiempo para una determinada posición de un cilindro infinito.

En la fig. 1.4 se expresa la solución distribucional de temperatura en una esfera, donde r es el radio de la esfera.

Distribución de la temperatura en un objeto finito.

Como ya se mencionó anteriormente, es posible obtener objetos finitos por la intersección de dos o más objetos infinitos. Por ejemplo un cilindro finito se obtendrá de la intersección de una sección plana infinita con un cilindro infinito.

El espesor de la placa infinita llega a ser la altura del cilindro finito y el radio del cilindro infinito se convierte al radio de el cilindro finito.

Una placa infinita es formada por la intersección de tres perpendiculares mutuas de placas infinitas. El término $(T_R - T_0) / (T_R - T_C)$ se conoce como temperatura residual. La temperatura residual de un objeto infinito es el producto de la temperatura residual de un objeto infinito, los cuales se intersecan para formar objeto finito. En el caso de un cilindro finito: (5)

$$\left(\frac{e^{-\frac{r^2}{4\alpha t}}}{T_R - T_0} \right)_{\text{cilindro infinito}} \times \left(\frac{T_R - T_0}{T_R - T_C} \right)_{\text{placa infinito}} \times \left(\frac{T_R - T_0}{T_0 - T_C} \right)_{\text{cilindro finito}} \dots (5)$$

Como se puede observar para poder utilizar las cartas de Grinnier - Lottie con el propósito de calcular la temperatura a un tiempo de interés en un punto específico de un cuerpo de geometría definida y dimensiones fijas, son necesarios evaluar cuatro factores:

Factor de transferencia térmica Absoluta: $\gamma = \frac{h}{k} \sqrt{\text{cm}^2}$ (6)

Factor de temperatura Residual $\gamma_1 = \frac{T_R - T_0}{T_R - T_C}$ (7)

Factor de resistencia superficial a la transferencia de calor γ_2

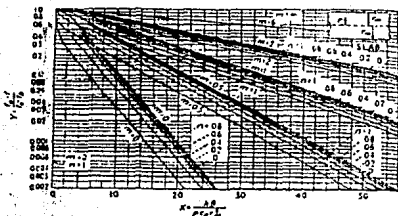


Fig.7.2 Conducción de Temperatura en Sección Plan infinita.

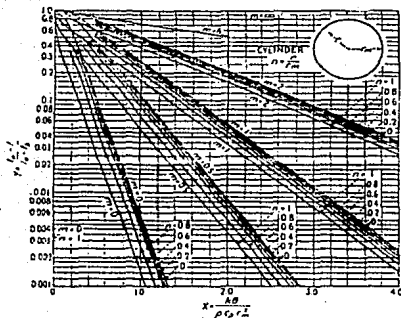


Fig.7.3 Conducción de Temperatura en Sección Cilíndrica Infinita.

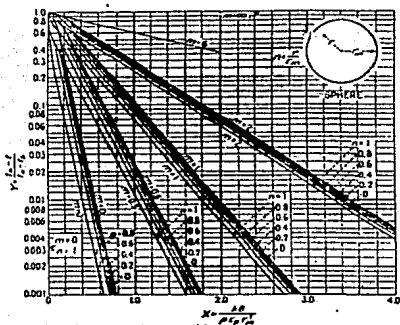


Fig.7.4 Conducción de Temperatura en Esfera.

$n = k_c / (h_m) \text{ ó } k_c / m \text{ Vo}$ (8)

Factor de localización del punto considerado $n; n = r/r_m$ (9)

El coeficiente de transferencia de calor, n , para un fluido es una función de las dimensiones de el sistema como de las propiedades del fluido. La relación compleja entre las variables necesarias resumen a un análisis dimensional estableciendo la relación entre las variables involucradas. Ya que éste es el caso, las ecuaciones par la evaluación del coeficiente de transferencia de calor son empíricas. (22, 50)

Condensación de Vapor Saturado sobre superficies Verticales y Horizontales.

Para superficies verticales se emplea la siguiente ecuación:

$$n = 1.13 \left[\frac{k_c^3 \rho_c^2 g \Delta H}{\mu (T_{vs} - T_s)} \right]^{0.25} \dots\dots\dots (10)$$

Una ecuación equivalente a la ecuación (10) es:

$$n = 1.13 \left[\frac{k_c^3 \rho_c^2 g \Delta H}{\mu W} \right]^{1/4} \dots\dots\dots (11)$$

Para tubos horizontales, se deriva la siguiente ecuación:

$$n = 0.725 \left[\frac{k_c^3 \rho_c^2 \Delta H}{\mu D (T_{vs} - T_s)} \right]^{0.25} \dots\dots\dots (12)$$

Sin embargo, el coeficiente de transferencia de calor se encuentra entre 100 - 200 Btu/hrft²F cuando se calienta con vapor de agua substancias orgánicas medias, tal es el caso de enlatado de alimentos. (50).

Para la evaluación de los factores de difusividad térmica y de resistencia superficial a la transferencia de calor se requiere conocer

las propiedades térmicas del alimento que se va a procesar.

Para lo cual a continuación se muestran tablas en las cuales contiene propiedades térmicas de algunos alimentos.

Tabla 3.2 Propiedades Térmicas de Carnes Frescas

Carnes de res	0.37	72.4	0.84	0.0044
Folle	0.34	66.8	0.80	0.0042
Bacalao	0.31	61.8	0.80	0.0057
Carno de puerco	0.29	71.8	0.85	
Salmon	0.20	81.8	0.84	0.0056
Salchicha,Salchichón				
lengüiza chorizo	0.29	67.0	0.80	
Guaajote	0.30	66.8	0.84	0.0054

Tabla 7.3 Propiedades Termicas de Frutas Frescas, Vegetales y Jugos.

Producto	Conductividad Térmica a 50°F Btu/hr-ft ² -F	Capacidad Aparente 18-80°F	Índice Logarítmico 220 a 30°F Btu-in ² -F	Difusividad Térmica (en ft ² seg-1) x 10 ⁶
Manzana	0.24	54.8	0.9	0.0049
Jugo de manzana	0.32	65.6	0.92	0.0053
Jugo de manzana concentrado	0.25	70.5	0.72	0.0045
Pure de manzana	-	-	0.82	-
Pemolacha	-	-	-	0.0049
Espárragos	-	-	0.92	-
Ciruela	-	-	0.90	-
Jugo de ciruela	0.32	65.0	0.93	0.0053
Zanahoria	-	-	0.90	-
Jugo de cereza	0.32	65.7	0.92	0.0053
Uva	0.23	55.2	0.8	0.0047
Jugo de Uva	0.31	65.3	0.91	0.0051
Cebolla	-	-	0.91	-
Naranja	0.24	54.8	0.8	0.0049
Jugo de Naranja	0.32	65.1	0.92	0.0053
Eucalpto	-	-	0.87	-
Pera	-	-	0.89	-
Frambuesa	-	-	0.89	-
Jugo de Frambuesa	0.32	65.3	0.92	0.0053
Espinacas--0.93-	-	-	-	-
Fresa	-	-	0.94	-
Jugo de fresa	0.33	64.5	0.95	0.0054
Cereza	-	-	0.89	-
Pure de chicharro	0.48	68.0	0.91	-
Haba	0.29	-	0.95	-
Jugo de tomate	0.23	54	0.88	-

Otros parámetros que se requieren evaluaré conocer son los siguientes:

a) Tiempo de Reducción Decimal D, el cual se puede obtener de tablas ó de la curva de sobrevivencia de microorganismos ó de la conservación de un factor de calidad termolábil del producto a procesar.

$$b) F_{req} = 0. D (\log a - \log b) \dots\dots\dots (13)$$

$$c) F_{Te} = \left(\frac{z}{T_{ref}} \right)^{req} \cdot 10^{T_{ref} - T} \dots\dots (14)$$

NOMENCLATURA.

-343-

Símbolo	Descripción
A	Sección trasversal del flujo de calor.
a	Concentración inicial de microorganismos o factor de calidad.
b	Concentración final de microorganismos o factor de calidad termolábil.
a't	Constantes utilizadas en la ecuación de Fourier
Cp	Calor específico del producto unidades (BTU/b ^o F)
ρ	Densidad del producto (lb/ft ³)
ρ_c	Densidad del medio de calentamiento (lb/ft ³)
d	Diámetro exterior del tubo (ft) (utilizada en la ecuación 10) para evaluar la conductividad térmica.
D	Tiempo de reducción decimal (min), para que la curva de calentamiento atraviese un ciclo logarítmico.
Fo	Coefficiente de Fourier F250
R _{req}	Tiempo requerido a una Temperatura de referencia para destruir un porcentaje de microorganismos o factor de calidad termolábil dado, cuya resistencia térmica está caracterizada por Z
g	aceleración de la gravedad (doble para la evaluación de la ecuación 11) $g = 4.18 \times 10^8$ ft/hr)(hr)
$\frac{\partial r}{\partial X}$	Gradiente de Temperatura en la dirección X.
h	Coefficiente de Transferencia de calor BTU/hrft ² F

h_f	Altura de la lata
ΔH	Calor latente de condensación BTU/lb
k	Difusividad Térmica $k = K/\rho c_p$ Medida de transferencia de calor.
K	Conductividad Térmica del producto (BTU/ft·hr °F)
K_c	Conductividad Térmica del condensado a la temperatura de proceso.
L	Largo de la tubería o superficie vertical (ft)
m	Factor de resistencia superficial a la transferencia de calor $m = k/hrm$ ó k/rm Vo
n	Coficiente de nusselt o factor de la localización del punto considerado $n = r/rm$
N	número de tubos en la armadura (autoclave)
qx	Velocidad de transferencia de calor en la dirección X
R	dimensiones del cuerpo para la evaluación de la ecuación (3)
r	distancia desde el centro, al punto considerado (ft)
rm	Espesor medio del objeto infinito (ft)
θ	tiempo de calentamiento ó enfriado
T_o	temperatura inicial ó de enfriado del producto (°F)

T_e	Temperatura al tiempo 0
T_p	Temperatura del autoclave ó Temperatura de proceso ($^{\circ}F$)
T_s	Temperatura de la Superficie
T_{vs}	Temperatura del vapor saturado ($^{\circ}F$)
TMT	Tiempo muerte Térmica
U	Tiempo necesario para destruir un porcentaje dado de microor- ganismos a la temperatura de proceso (Ball). Conversión del tiempo equivalente requerido de la temperatura de referencia a la temperatura del autoclave.
U_o	Coefficiente de transferencia de calor total: dimensiones de Energía por tiempo - área - grados de temperatura.
μ_c	viscosidad del medio de calen- tamiento a la temperatura de proce- samiento. centiposes X 2.42 = lb ft hr.
W	pounds del condensado por hora
X	Factor de difusividad térmica $X = K_e / \rho C_{pm}^2 = Po$
Y	Factor de temperatura Residual $Y = (TR - T_e) / TR - T_o$
Z	Valor que mide el cambio en la muerte térmica respecto a un cambio en la Temperatura (ΔF). valor característico de un microorganismo o factor de cali- dad termolábil.
ϕ	diámetro del envase (lata)

Ejemplo de cálculo

Determinar el tiempo de proceso para:

Producto: manzana

Tamaño de la lata: 307 X 409

$$TR = 250 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_o = 185 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Z = 18 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$F_o = 2.4 \text{ min}$$

$$C_p = 0.9 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$$

$$h = 200 \frac{\text{BTU}}{\text{hr ft}^\circ\text{F}}$$

$$k = 0.24 \frac{\text{BTU}}{\text{ft hr}^\circ\text{F}}$$

$$\beta = 54.8 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

Q ?

Determinación del espesor medio del objeto.

1.a) Sección cilíndrica

$$r_m = \beta / 2$$

$$\beta = 307 = \frac{3 \cdot 7}{16}$$

$$\beta = 3.4375 \text{ in} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} =$$

$$\beta = \frac{0.2864}{2} \text{ ft}$$

$$\beta / 2 = 0.1432 \text{ ft}$$

$$r_m^2 = (\beta / 2)^2 = 0.0205 \text{ ft}^2$$

2.a) Sección plana

$$r_m = h_1 / 2$$

$$h_1 = 409 = 4 \frac{\text{in}}{12}$$

$$h_1 = 4.5625 \text{ in} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} =$$

$$h_1 / 2 = \frac{0.3802 \text{ ft}}{2}$$

$$h_1 = 0.1901 \text{ ft}$$

$$r_m^2 = (h_1 / 2)^2 = 0.03613 \text{ ft}^2$$

Determinación del Factor de Difusividad Térmica ecuación (6)

1b) cilíndrica

$$X = \frac{kQ}{c_p r_m} = \frac{0.24 \cdot 0}{(54.8)(0.9)(0.0205)}$$

$$X = 0.2374 \text{ } ^\circ\text{F}$$

2b) plana

$$X = \frac{0.24 \cdot 0}{(54.8)(0.9)(0.03613)}$$

$$X = 0.13460 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Eliminación relativa PTO	1/ TMT	Letalidad L TMT	% Eliminación
0 tiempo			
704.67	0.0014	0.0014	0.14
552.62	0.0018	0.0032	0.32
215.54	0.0046	0.0078	0.78
29.48	0.0339	0.0417	4.17
11.37	0.0879	0.1296	12.96
5.47	0.1828	0.3124	31.24
2.46	0.4060	0.7185	71.85
7.67	0.1302	0.8487	84.87
3.53	0.2831		
10.77	0.09280	0.9415	94.15
17.67	0.05699	0.9980	99.80
212.04	0.0047	0.0027	1.0027

- c' Factor de Resistencia Superficial a la transferencia de calor, ecuación (8) $m = k/hrm$
 Asumiendo que $h = 200 \text{ BTU/ft}^2 \text{ hr } ^\circ\text{F}$

1c) cilíndrica

$$m = \frac{0.24}{(200)(0.2432)}$$

$$m = 0.0083 \approx 0$$

2c) plana

$$m = \frac{0.24}{(200)(0.2501)}$$

$$m = 0.0066 \approx 0$$

La resistencia superficial en ambos casos es insignificante

- d) Factor de localización del punto considerado ó coeficiente de Nusselt. Ecuación (9) $h = r/rm$
 considerando a r el punto frio tendremos entonces:

1 d) cilíndrica

$$\frac{r}{rm} = \frac{0}{0.1432} = 0$$

2d) plana

$$\frac{r}{rm} = \frac{0}{0.1901} = 0$$

- e) Factor de Temperatura residual. Ecuación (7)

$$Y = \frac{TR - T\theta}{TR - T_0}$$

Se obtiene de :

1 c) Sección plana fig. 7.1

2 c) Sección cilíndrica fig. 7.2

- f) Para la temperatura residual del cilindro finito. De la ecuación (5)

$$\left(\frac{TR - T\theta}{TR - T_0} \right)_{\text{cilindro infinito}} \times \left(\frac{TR - T\theta}{TR - T_0} \right)_{\text{placa infinita}} = \left(\frac{TR - T\theta}{TR - T_0} \right)_{\text{cilindro finito}}$$

Sabiendo que $TR = 250^\circ\text{F}$ y $T_0 = 70^\circ\text{F}$

$$Y = \frac{250 - T\theta}{250 - 185} = \frac{250 - t\theta}{65}$$

$T\theta = 250 - 65 Y$ cilindro finito

g) Determinación de PTe ecuación (14) Es equivalente a W.

$$P_{Te} = \text{Freq. } 10 \frac{T_{rel} - T_e}{Z}$$

Sabiendo que Freq. en este caso es igual al Fo

$$y F_o = 2.4 \text{ min } y Z = \frac{28}{250 - T_o/18}$$

$$F_{ro} = 2.4 \times 10$$

$$\text{Ejemplo: para } T_e = 187.58 \\ 250 - 187.58/18$$

$$F_{ro} = 2.4 \times 10$$

$$F_{Te} = 7046.75$$

h) Determinación de Eliminación relativa = $\frac{P_{Te}}{\Delta t}$ transcurrido

i) Determinación $1/TMT$ = Inverso de la Eliminación relativa

j) Determinación de la letalidad

$$\text{Letalidad} = \sum 1/TMT \Delta t$$

Cuando la letalidad sea igual a 1 se podrá saber el tiempo de proceso.

k) Tabular los resultados de acuerdo a la siguiente tabla: 7.4

TABLA 7.3 TABULACION DE RESULTADOS

tiempo min.	hr.	Sección cilíndrica X _{rm}	Sección Plana X _{rm}	Sección cilíndrica Y	Sección Plana Y	Y total Y cilíndrica finito	T ₀	FT ₀
10	0.166	0.0394	0.0224	0.97	0.99	187.58	187.58	7046.76
20	0.333	0.0791	0.0448	0.95	0.98	0.931	189.48	5526.28
30	0.5	0.1187	0.0673	0.97	0.97	0.8439	196.84	2155.48
40	0.666	0.1582	0.0897	0.95	0.95	0.6175	212.39	294.8
50	0.833	0.1977	0.1121	0.93	0.89	0.464	219.84	113.7
60	1.00	0.2374	0.1346	0.46	0.81	0.37	225.56	54.70
70	1.666	0.2768	0.1571	0.35	0.80	0.28	231.8	24.62
73	11.2166	0.2883	0.1637	0.34	0.80	0.272	232.32	23.03
78	1.3	0.3086	0.1746	0.3	0.8	0.24	234.4	17.65
75	1.25	0.2967	0.1682	0.33	0.8	0.264	232.84	21.59
76	1.266	0.3007	0.1704	0.3	0.8	0.24	234.4	17.65
76 5"								17.65
								0.08333

tiempo de Proceso = 76 min 5 segundos

B.- Valor Integrado de Esterilización

Fundamento.

El valor integrado de esterilización VIE es el equivalente del proceso en términos de minutos a 250° del calor total en el contenido total de recipiente. El VIE es similar al valor F₀. La diferencia consiste en que el F₀ se determina para un solo punto el punto (firo), mientras que el VIE, integra la letalidad del proceso del contenido total del recipiente. 151, 25, 267.

Principios Básicos.

Sin importar el origen del microorganismo hay una temperatura elevada a la cual este comienza a morir. Para determinar la resistencia del microorganismo se calienta una población conocida a una temperatura fija y se determina el tiempo para destruir 90% de su población. Este 90% de destrucción es el tiempo fundamental unitario conocido como el valor D a esta temperatura. 151, 261.

Se debe hacer hincapié que a pesar de que un tratamiento térmico sea severo siempre habrá la oportunidad de daño. Esta probabilidad de daño puede ser automáticamente pero desgraciadamente en teoría es casi imposible lograr una esterilización absoluta. La probabilidad de supervivencia en cualquier proceso es directamente proporcional a la población original.

Como se ha descrito anteriormente la resistencia de un microorganismo se da en la fórmula:

$$L = \frac{D}{\log \frac{N}{N_0} - \log D}$$

Si suponemos una cuenta inicial de $N = 1,000,000$ y una cuenta final de 100 por 4.8 min de calentamiento a 250° F se tiene:

$$L = \frac{4.8}{\log 10^6 - \log 10^2} = 1.2 \text{ min.}$$

Para evaluar el VIE, se utiliza el sistema de reducción de cuentas para la evaluación de la mortalidad del proceso.

Se recomienda usar un microorganismos del tipo FC1918 o FA9676 ya que son fáciles de contar.

Producción de Esporas.

El medio para producir esporas es un medio de infusión de suelo - agar. Se toman 50 g de suelo de jardín por litro de medio, se hierve en agua y se clarifica por filtración a continuación se le añade por litro:

3 g de extracto de res y 5 g de peptona. La solución se calienta a ebullición con agitación vigorosa y se le añaden 15 g de agar. Se esteriliza por 30 min a 250 F (125°C) para:

El medio se distribuye en cajas petri y se inocula con 1.0 ml de una suspensión de FC1918, se incuba a 125 - 130°F x 48 - 72 hrs. En general una placa puede producir un suficiente número de esporas para una suspensión de 1 ml. Las esporas se cosechan por lavado con agua destilada y pinocel.

El medio que se extraiga se separa por filtración. Las células (esporas) se centrifugan a 2000 rpm por 30 - 45 min. Las esporas así aisladas se lavan por lo menos tres veces para eliminar nutrientes y evitar crecimiento de ellas o de contaminantes. CAT. E10.

Se recomienda usar 10⁶ - 10⁷ por ml para la mayoría de las condiciones de los procesos termófilos. Procesos con $F_0 = 6$ o menos se pueden evaluar a una concentración de esporas de 50,000 - 100,000 por ml.

Se inoculan por lo menos 10 latas por variación de proceso. Cada lata con 1 ml de la suspensión de esporas.

Para evaluar el VIE, se utiliza el sistema de reducción de cuentas para la evaluación de la mortalidad del proceso.

Se sugiere que al menos seag estudiadas 10 latas, lo cual permite tener suficientes datos para el análisis estadístico.

Procedimiento:

- 1) Tabular los resultados en orden creciente de su VIE, indicar en una segunda columna el número de latas a cada valor VIE.
- 2) En la tercera se ponen las latas que tengan un valor VIE mayor.
- 3) Calcular el % de las latas cuy VIE exceda el valor de la primera columna.
- 4) Usar papel de probabilidad para graficar VIE vs. % de latas que excedan VIE.

Ya que se desea estudiar las condiciones de un proceso se debe inocular antes del enjargado, y simular las condiciones de precalentado. A las latas inoculadas se les da diferentes tratamientos de esterilización.

Las latas se examinan tomando una parte del líquido en caso de que se haya usado una salmuera o bien diluyendo el alimento (ejem. arena de sílice), se deja que se sedimente el producto y se toma el líquido para su análisis. Si el alimento es sólido se lo muele. Una lata control se examina con el mismo tipo de inculo pero sin procesar, esta servirá para obtener la cuenta inicial N_0 .

Para contar las esporas del tipo *BS 1518* es necesario hacer diluciones. Las cuentas se hacen en Dextrosa - triptona, agar con purpura de bromo cresol. Se incuba a 48 hrs. a 35 - 37°C en S.O. Las colonias son aproximadamente de 1 a 2 mm en diámetro y con 1 mm de diámetro si están por abajo de la superficie con forma de lente o de estrella.

Interpretación de Resultados.

El valor VIE se determina a partir de las reducciones en las cuentas y si se modifica igualmente el concepto del valor F_0 la nueva ecuación sería:

$$VIE = \frac{D_{250}}{119} \cdot \log \frac{N_0}{N}$$

a = Cuenta inicial (blanco)
 b = Sobrevivientes

Para obtener el VIE se necesita conocimiento previo del valor $\frac{b}{a}$.

Ejemplo de cálculo.

Si se pone una cuenta inicial de $a = 1\,000\,000$ y una cuenta final de 100 por 4.8 min se calentado a $250^{\circ}F$ se tiene:

$$D = \frac{+4.8}{\log 10^6 - \log 10^2} = 1.2 \text{ min}$$

Para un paquete inoculado de 10 latas. La tabulación de los resultados se muestra a continuación.

VIE	No. de Latas	No. de latas en VIE mayor	% de latas que exceden VIE
5.1	1	9	90
5.4	1	8	80
5.5	1	7	70
5.6	1	6	60
5.8	1	5	50
6.0	1	4	40
6.1	1	3	30
6.3	1	2	20
6.5	1	1	10
6.6	1	0	0

La gráfica de VIE vs. % de latas que exceden VIE se muestra en la fig. 5.11.

El valor medio del VIE del lote, está representado por el 50% es decir VIE = 5.81 (fig. 5.11).

Las desviaciones estándar (σ) se pueden determinar de la siguiente forma.

50% de latas tienen un VIE entre $\pm \sigma$

95.5% de las latas tienen un VIE entre $\pm 2\sigma$
99.7% de las latas tienen un VIE entre $\pm 3\sigma$

Así para el ejemplo dado:

la desviación estandar es de 0.529

El significado de la desviación estandar es:
a una media de 5.81

68% de las latas tienen VIE entre el rango de:

$$5.81 + 0.54 = 6.35$$

$$5.81 - 0.54 = 5.27$$

95% de las latas tienen un VIE en el rango de:

$$5.81 + 1.06 = 6.87$$

$$5.81 - 1.06 = 4.75$$

99.7% de las latas tienen un VIE entre el rango de:

$$5.81 + 1.62 = 7.43$$

$$5.81 - 1.62 = 4.19$$

Los análisis estadísticos pueden ser importantes en procesos continuos, donde se calienta al producto por convección inducida (la agitación debe ser lo suficientemente alta para mezclar el contenido). El análisis estadístico del VIE permite detectar algún problema de agitación ya que el coeficiente de variación se debe

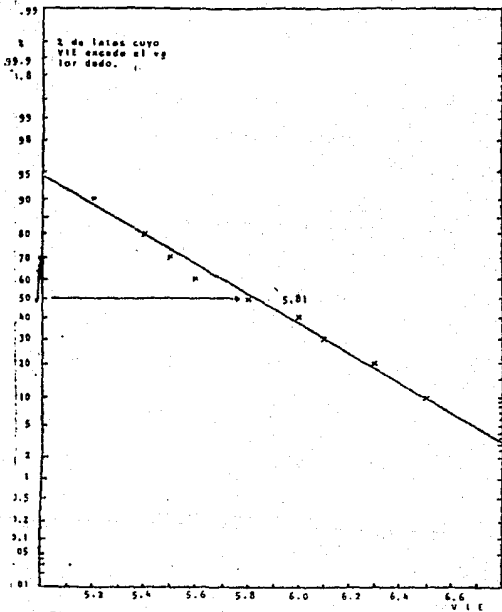
Es conveniente obtener el producto deseado tener temperaturas de cocción - temperaturas superiores a los requeridos para destruir el D.D. deshidratado.

La carga inicial se determina posteriormente. Se debe asumir a una contaminación inicial de 1.0 m.c. por lata, la unidad del lote era de 10 m.c. latas, que se tiene la recombinación por cada 10 m.c. por la anterior, la población total del lote es $10^7 = 10,000,000$ m.c. de esporas. La resistencia térmica de estas esporas se puede estimar como $D_{121} = 1.2$ min. entonces:

$$D_{121} = D_{121} \log e = \log e$$

$$D_{121} = 1.2 \log 10^6 = \log 10^6 = 7.2 \text{ min.}$$

Un D₁₂₁ de 7.2 asegurará una calidad que resorte en una lata recombinada solo máximo en un lote de 10 m.c. latas. Este proceso es suficiente para garantizar la esterilidad del lote y evitar un aborrecimiento del producto.



C A P I T U L O I V .

DISCUSION Y RESULTADO DE LA EVALUACION DE LOS METODOS.

A continuación se hace una discusión breve de cada uno de los métodos.

1.- METODO MATEMATICO DE FORMULA O DE BALL.

Es usado cuando la curva de penetración de calor puede ser representado por líneas rectas sobre papel semilogaritmico.

En este tipo de método se puede proveer de un mecanismo para calcular empíricamente ó teóricamente la evolución de las temperaturas en el alimento.

Se puede utilizar la información obtenida para diferentes temperaturas iniciales "T_i" de aquellas bajo las cuales se obtuvieron el calor de cuerte térmica y también para otro tamaño de lata, no es necesario hacer nuevos cálculos, ya que existen factores de conversión, y considerando los productos que se calientan por conducción ó convección separadamente. Esto se aplica exclusivamente a curvas de calentamiento simples, no recomendándose para curvas de calentamiento quebradas, ya que no es posible predecir la posición del quiebre de la curva.

Es aplicable a cualquier tipo de esterilización, es de los métodos confiables útiles en investigación.

La viabilidad de este método esta restringida por las suposiciones en las que se basa, su desarrollo. Esto es el considerar que la desviación a la linealidad en la curva de calentamiento no afecta seriamente el valor de esterilización del proceso ($J_c=1$). Cabe señalar que esta suposición se refiere a la elaboración de las gráficas para la determinación de la temperatura máxima de calentamiento y no a la ecuación en la que se obtiene el tiempo de calentamiento.

$$t_c = f_c \log J_c (T_R - T_o) - f_c \log (T_R - T_c). "$$

Asímismo se asume que las pendientes de la curva de enfriamiento y calentamiento son iguales y permanecen constantes durante todo el proceso.

El método matemático de fórmula ó de Ball requiere de un equipo sencillo: termopares, autoclaves, papel lápiz y su cálculo se facilita auxiliándose de las diferentes gráficas de f/U vs $\log g$.

2.- METODO GENERAL-GRAFICO PARA EL CALCULO DEL TIEMPO DE TRATAMIENTO TERMICO EN LATA SANITARIA.

En este método se describe una forma simple de combinar las curvas de TMT y de penetración de calor para calcular un proceso, lo que permite, atenderlos más fácilmente que el método matemático, el cual requiere una interpretación más precisa de la transferencia de calor.

El método general-gráfico es el mejor procedimiento a seguir cuando se requiere medir valores de esterilización absoluta para una prueba particular y cuando las condiciones de Tiempo de Ajuste del Autoclave, Temperatura de entrada de la lata, Z, tiempo de retención entre el calentado y el enfriado son diferentes de lo normal. Los valores que se obtengan en las condiciones antes mencionadas no serán útiles cuando la Temperatura del autoclave y/o la Temperatura iniciales son diferentes a los que se tomaron en cuenta para obtener los factores térmicos originales del proceso, para lo cual en contraste con el método matemático de fórmula se tendrán que realizar nuevos cálculos, así como cuando se cambie el tamaño de la lata.

Es un buen método para líneas rectas pero también es efectivo en curvas de penetración de calor con una ó más desviaciones.

El método general-gráfico es bastante laborioso, confiable como el de fórmula matemático, útil en la investigación de nuevos productos a elaborar ó en nuevas industrias. Este método a sido la base para el desarrollo de muchas otras alternativas en el cálculo de tiempo de proceso en productos enlatados.

El método es ampliamente usado ya que se requiere de termopares, potenciómetro, autoclaves, papel, y lápiz. Es conveniente pero no indispensable utilizar un planímetro.

3.- METODO DE LA FORMULA DE INTEGRACION GAUSSIANA.

Este método es útil cuando el proceso es conocido y únicamente se requiere supervisarlos.

El método no es muy confiable ya que aunque el valor de F de proceso que se obtiene tiene un 8% de error al valor obtenido por el método gráfico se debe considerar que el F de proceso obtenido en un ciclo de tiempo-Temperatura que se obtiene puede ó no producir un producto estéril, ya que este estará determinado por un F requerido. Es decir que si el F de proceso es mayor al F requerido

do, el proceso es adecuado; pero si F de proceso es menor que el F requerido es muy probable tener problemas con microorganismos patógenos. El error en el valor de cálculo de F de proceso por la fórmula de integración es evaluada numéricamente usando valores de Z de 20°F y curvas de T_{HC} experimentales de varios alimentos, obtenidos para cada HTST ó procesos convencionales.

Para la evaluación del método se requiere de termopares, autoclave, papel, lápiz, planímetro y regla gúfa.

4.- ECUACIONES SIMPLS PARA EL CALCULO LETAL DE LAS FASES DE CALENTAMIENTO Y ENFRIADO PARA LA DETERMINACION DE INACTIVACION TERMICA.

La letalidad de las fases de calentamiento y enfriado de la inactivación térmica experimental puede ser calculada en menos de un minuto usando las tres ecuaciones descritas en el método. Estas son breves y no requieren la evaluación logarítmica u otras funciones matemáticas.

Este método es utilizado generalmente, para procesos HTST, donde los cambios de temperatura son rápidos.

Este método es útil en producción donde los procesos son conocidos, ya que no se requiere de gente especializada para elaborar los cálculos de las ecuaciones.

5.- EVALUACION DE LETALIDAD DEL PROCESO TERMICO. METODO UTILIZANDO LAS TABLAS DE HICK'S.

Por medio de este método es posible para el Tecnólogo de alimentos ó microbiólogo el cálculo de letalidad del proceso térmico de procesamientos simples, como para procesamientos de calentamiento complejos.

Utilizando los datos de las tablas de Ball, se mejora la exactitud del método.

Por medio del método el Tecnólogo supervisará directamente la letalidad en la porción de calentamiento y enfriado del proceso.

En el caso de utilizar el método para investigación la evolución en las temperaturas del alimento se determinará experimentalmente con el equipo que requiere el método de fórmula.

6.- METODO DEL NOMOGRAMA.

El uso del método es limitado ya que requiere de condiciones específicas

tales como que el $Z=18$ y $n+g = 18^{\circ}\text{F}$. No requiere de personal especializado ya que unicamente se interrelacionan las columnas para obtener el tiempo de proceso. Su uso se limitará a supervisión o producción donde los procesos son muy conocidos.

Su exactitud dependerá de los datos de referencia que se tomen para su cálculo.

Para otro tamaño de lata, se puede asumir el mismo valor de J, pero se debe calcular el nuevo valor de f (de igual manera que en el método de formula).

7.-METODO DE CALCULO PARA EL PROCESO TERMICO UTILIZANDO LAS CARTAS DE GURNIE-LAURIE.

Método útil para alimentos que transmiten el calor por conducción y para estudiar pérdidas reales de los factores nutritivos o de calidad de un alimento procesado y definir la cinética de su degradación.

Es un método laborioso, que requiere de datos específicos para cada producto, envase y condiciones de proceso. Lo cuál lo hace un método exacto con fiable, útil en la investigación.

Solo requiere de el uso de las tablas, papery lápiz.

Es un método matemático que requiere una interpretación específica de la transferencia de calor.

8.- VALOR INTEGRADO DE ESTERILIZACION.

En este método se describe de una manera biológica el efecto mortal de bacterias debido al calor letal recibido.

En este método se mide la letalidad del proceso de cada una de las latas.

Su confiabilidad y exactitud dependerá del tecnólogo o microbiólogo que elabore el proceso y las mediciones. Por lo anteriormente dicho requerirá de personal especializado con conocimiento en microbiología. Es un método laborioso y tardado. El equipo que requiere es: incubadora, centrifuga, cajas de petri, equipo para siembra y cuenta de esporas, autoclave, papel para graficar lápiz.

Su uso se limitará a un control estricto de calidad.

El método es imprescindible, para alimentos que transmiten el calor por conducción y para estudiar las pérdidas reales de los factores nutritivos ó de calidad de un alimento procesado y definir la cinética de su degradación.

C A P I T U L O V .

CONCLUSIONES

De los métodos de cálculo para esterilización por calor para alimentos, presentados en este trabajo, se concluye que no es posible generalizar su uso; ya que en cada alimento a procesar intervienen diferentes factores tales como:

- a) Los relacionados con la penetración de calor.
- b) Los que determinan la termoresistencia de microorganismos y enzimas.
- c) Los que influyen sobre la calidad sensorial y nutritiva.

Dicho lo anterior y dado que los factores no actúan aisladamente es preciso determinar para cada producto y proceso sus características particulares y la evolución que sufren en el tratamiento térmico para definir el sistema, equipo y condiciones de trabajo más adecuados y establecer así los tiempos y temperaturas de esterilización óptimos.

Se deben fomentar nuevos estudios hacia el desarrollo de la Tecnología de Alimentos que permita la manufactura, manejo y procesamiento adecuados en cuanto a envases y sistemas de esterilización, con el objeto de aumentar la producción, reducir los costos de proceso, y obtener productos de calidad nutricional y sensorial aceptable.

C A P I T U L O VI.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Adams, J.P.; WR Peterson and W.S. Otwell (1983). Processing of Seafood in Institutional - Sized Retort Pouches. Food Tech. 37 (4): 123-127. 142.
- 2.- Aguilar, M.R. Envase Flexible esterilizable (1984). Rev. Información Científica y Tecnológica. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología Vol. 6, Num. 95: 33 - 35.
- 3.- Albright, J.A. (1982) Lamination and Composite Structures in The 1982. Encyclopedia of Package Engineering. Chicago Division Canners Publishing Co. Denver, Colorado.
- 4.- Arana, A.R. (1980). Construcción higiénica de Edificios y de Equipo para Alimentos. Rev. Tecnológica Alimentos. Vol.1, Num. 1.
- 5.- Almanac, The. (1980). Of the Canning, Freezing, Preserving Industries. Edward E. Judge Sons, Inc. Westminister, Maryland.
- 6.- Anónimo (1975) Sanidad e Higiene en las Fábricas de Productos Alimenticios. Instituto Mexicano de Comercio Exterior.
- 7.- Association of Official Analytical Chemists. A.O.A.C (1975) Official Methods of Analysis of the A.O.A. C. Washington 20044.
- 8.- Baingartner y Herson (1956) Canned Foods. An Introduction to they microbiology. J.A. Churchill Ltd. England.
- 9.- Baoui, D.S., (1979) Apuntes Enzimología Aplicada a los alimentos. Facultad de Química. UNAM.
- 10.- Baoui, D.S. (1981) Química de los Alimentos. Ed. Alhambra. 1a. Edición México.
- 11.- Ball, C.O. (1967) Flexible Packaging in Food Processing. Chap. 25 in Fundamentals of Food Processing Operations. J.L. Heid and M.A. Joslyn (eds). The Av. Publishing Co. Inc.

Westport, Connecticut.

- 12.- Ball, I. and Olson. (1957) Sterilization in food technology. Ed. Mc Graw Hill Book Co. New York.
- 13.- Bever, A.G. J. Strosser and P. Wright (1980) Critical Factors in Filling and Sterilizing of Institutional Pouches. Food Tech. 34 (5): 44-48.
- 14.- Blake Roland R. (1980) Seguridad Industrial Ed. Diana 7a. Reimpresión México.
- 15.- Blandon, A.M. Dr: Maître Dinailov, M. Petricelli y M. Ironcy (1984) Parámetros tecnológicos que influyen en la duración de vida de los Productos Alimenticios. Ed. Iste Alimentaria.
- 16.- Book J.H. (1978) Reports For Canning, Center Metal Division, Research and Development Continental Can Co. Inc. Chicago, Illinois.
- 17.- Bolley, W.J. (1984). A Guide to Effective Industrial Safety. Gulf Publishing Company Book Division, Houston Texas.
- 18.- Longton, G. (1968) Principles of food Science. Ed. Mc. Millan New York.
- 19.- Brennan, J.G., J.R. Butters, N.C. Cowell and A.F. Lill, (1978) Food Engineering Operations. Applied Science Publishers Limited London.
- 20.- Bourdon, Jt Williams, R. (1978) Microbiología. Ed. Publicaciones Cultural S.A. 1a. Edición México.
- 21.- Caga, J.F. and W.L. Clark. (1980) Opportunities and Constraints for Flexible Packaging of Foods. Foods Techn. 34 (7): 26-31.
- 22.- Charn, S.E. (1971) The Fundamentals of Food Engineering The AVI Publishing Co. Inc. Westport, Connecticut.
- 23.- Chertel, R y Thomas, G. (1963) Principles and methods for establishing thermal processes for canned food. Office of technical Services, U.S. department of commerce, Washington D.C.
- 24.- De Reamer, R. (1960) Modern Safety Practices New York: John Wiley & Sons, Inc.

25. - Desrosier, N.W. (1978) *Conservation of Aliments*. C.E.C.S.A. Mexico.
26. - Desrosier, N.W. (1977) *Elements of Food Technology* Ed. AVI Pub. Co. Westport.
27. - Division of Sanitary Engineering Springfield (1973) Dept. of Public Health, Illinois.
28. - Dietrich, J. G. (1976) *Calculo da Intensidade de Esterilizacao e de cozimento de Alimentos*. Instituto de Tecnologia de Alimentos CITALP Campinas Sao Paulo - Brasil. No. 11 Agosto.
29. - *Canned Foods* (1964) *Principles of Thermal Process Control, Acidification and Closure Containers Evaluation* Ed. N.C.A.
30. - Ellis, P.F. (1963) *Metal Containers for Food* Chapter 32 in *Food Processing Operations*. Vol. II J.L. Held and M.W. Jorlyn (eds). The AVI Publishing Co. Inc. Westport, Conn.
31. - *Envase y Embalaje para productos enlatados alimenticios* Curso (1962) *Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial*. Apuntes.
32. - Fields, L. M. (1977) *Laboratory Manual in Food Preservation*. The AVI Publis. Co. Inc.
33. - Fox, B.; Cameron, A. (1978) *Food Science* Hodder and Stoughton (ed) London.
34. - Frazier, W. (1976) *Microbiologia de los alimentos*. Ed. Acribia 2a. Edicion. Zaragoza.
35. - Flamhart, P. (1978) Localization of the critical area in thermally processed conduction heated canned food. *Lebensm. Wiss un Technol J* No.1 7-13.
36. - Flamhart, C; Deltour, J. Dictersin R. and Hayarawa, K. Lethal effect of food temperature on linear portion of a heating curve. *Journal. Food Science* Vol. 42.
37. - Franco, G. (1981) del controllo dell'igiene ambientale nella produzione Alimentare. *Tecnica Alimentaria* 249-252.
38. - Garcia G.F. (1980) *Higiene en Fabricas de Alimentos*.
39. - Gillespy, T. Estimation fo Sterilizing value of processes at

40. - Goldblith, Joslyn and Nickerson. An Introduction to the Thermal processing of Foods. AVI Pub. Co.
41. - Hanlon, J.F. (1971) Handbook of Package Engineering Mc Graw Hill Book Co. New York.
42. B. - Harpur Harold A (1980) Manual de Quimica Fisiologia Ed.El Manual Moderno.-Mexico.
43. A. - Hayakawa, K. (1970) Experimental formulas for accurate estimation of food temperatura and their applications to thermal process evaluation. Food Technology Vol.24 Diciembre.
43. B. - Hayakawa, K.
44. - Heinz, D.A. (1980) Marketing Opportunities for the Retort Pouch. Food Tech. 34 (9): 32-36.
44. - Heldman, D.R. (1975) Food Process Engineering. The AVI Publishing Co. Inc. West port, Connecticut.
45. -Herson, A.G. y E.D. Holland (1974) Conservas Alimenticias. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
46. -Jamieson, M.; Jobber, P. (1974) Manejo de los Alimentos. Técnicas de Conservación Vol.2. Editorial Pan...Mexico.
47. - Javetz, E Heinz, J. Adelsberg, E. (1975) Manual de microbiologia Medica. Ed. El Manual Moderno, S.A. 7a. Edición. Mexico.
48. -Karel, M. (1979) Effect of Storage on Nutrient Retention of Foods. Food Tech 33 (2): 36-37.
49. -Karnas, E (1975) Nutritional Aspects of Food Processing Methods. Chapt 5 in Nutritional Evaluation of food Processing. R. E. R.S.Harris and E. Karnas Ceds.) The AVI Publishing Co.Inc.Westport, Connecticut.
50. -Kern, D.R. (1981) Procesos de Transferencia de Calor. CECSA. Mexico
51. -Lemondour, M.L. et Pinel M. (1981) Destruction Thermique des Microorganismes. Ingenier a l'ACHIE. Les Industries Alimentaires.
52. -Lengyel, R.A. and W.A Deryverlo (1975) Food Process Engineering. D.Reidel Publishing Co.Dordrecht, Holland.

53. - Lenz, M.K., Lound D.B. (1977) The Lethality Fourier Number Method, Experimental. J. Food Science 42 999-1007.
54. - Leonard, D.S. et alii (1975) Flame Sterilization of Canned Foods J. Food Science 40, 248-252.
55. - Litaler (1980) Manual de Farmacología Experimental y Clínica Ed. El Ateneo Ga. Edición.
56. - Longreé B.G. Técnicas Sanitarias en el manejo de los alimentos Ed. Pax - México Librería Carlos Coserman S.A.
57. - Lopez, A. (1961) A Complete Course in Canning The Canning Trade Baltimore, Maryland.
58. - Lund, D.B. (1975a) Effect of Heat Processing on Nutrients. Part I. Effect of Blanching, Pasteurization and Sterilization on Nutrients Chap. 9 in Nutritional Evaluation of Food Processing, R.S. Harris and E. Karnas (eds.) The AVI Publishing Co. Inc. Westport, Connecticut.
59. - Lund, D.B. (1975 b) Heat Processing Part II. Physical Principles of Food Preservation. Chap. 10 in Principles of Food Science, M. Karel, O.R. Fennema and D.B. Lund (eds.) Marcel Dekker Inc. New York.
60. - Lund, D.B. (1977) Design of Thermal Processes to Maximizing Nutrient Retention. Food Tech. 31 (2): 71-78.
61. - Morales - Anzaldúa y Laver C.A. (1984) El Botulismo y su importancia en los Alimentos Rev. Información Científica y Tecnológica Vol. 8, num. 95, México.
62. - Maltun, A. (1984) Avian botulism outbreak kill 1,200 ducks in water basin. (Rio Hondo California), Los Angeles, Mayo.
63. - Manual para Educación Agropecuaria (1981) Taller Frutas y hortalizas. Area Industrias Rurales Mex. D.F.
64. - Manual para Educación Agropecuaria (1981) Taller de Carne. Area Industrias Rurales México, D.F.
65. - Merson, P.L. (1977) Procesamiento Térmico de Alimentos Enlatados. Food Science, VCD, Davis CA. 95616.
66. - Merson, P.L., Singh R.F. and p.A. Carread (1978) An Evaluation of

Ball's Formula Method of Thermal Process Calculations. Food Technology.

67. - Mermelstein, N., H. (1975) A. Overview of the Retort. Pouch in the U.S. Food Tech 30 (2) 29-37-
68. - Mc Williams, M. (1979) Food Fundamentals, 3a. Ed. John Wiley Sons, NEW York.
69. - National Cannery Association Research Laboratory (1975). Principios para control del procesamiento térmico y evaluación de envases 1a. edición. Berkeley.
70. - National Cannery Association Research Laboratory (1976) Processes for Low-acid canned foods in metal containers 11 th edition. Washington D.C.
71. - Norma Oficial Mexicana (1981) NOM-F 358-S Alimentos Enlatados - Análisis Microbiológico. D. G.N. México.
72. - Norma Oficial Mexicana NOM-F-144 Determinación de Vacío en recipiente rígido hermético. D.G.N. Mexico.
73. - Norma Oficial Mexicana NOM-EE-11-S Envase y Embalaje, - Metales. -Envases de hojalata cilindros sanitarios, para contener alimentos. Especificaciones Dirección General de Normas México.
74. - Odlaug, T. and Plug I (1976) Clostridium botulinum and Acid Food. Dpto. of Food Science and Nutrition. Journal Food Proc... Vol 41 (7): 555-573).
75. - Ohlsson, T. (1980) Optimal Sterilization Temperatures for Sensory Quality in Cylindrical Containers. Vol. 45 (4). Journal of Food Science. 1571 - 1521.
76. - Ohlsson, T. (1980) Temperatura Dependence of Sensory Quality Changes During Thermal Processing. J. Food Science 45 (4): 835-839. 847.
77. - Overview (1980) Food Quality Improvement Through Genetic

66. - Merzson, P.L., Singh R.P. and p.A. Carrood (1978) An Evaluation of Ball's Formula Method of Thermal Process Calculations. Food Technology.
67. - Hernestein, N., H. (1976) A Overview of the Retort. Pouch in the U.S. Food Tech 30 (2) 28-37-
68. - Mc Williams, M. (1979) Food Fundamentals, 3a Ed. John Wiley Sons, New York.
69. - National Canners Association Research Laboratory (1975). Principios para control del procesamiento térmico y evaluación de envases 1a. edición. Berkeley.
70. - National Canners Association Research Laboratory (1976) Processes for Low-acid canned foods in metal containers 11 th edition. Washington D.C.
71. - Norma Oficial Mexicana (1981) NOM-F 358-S Alimentos Enlatados - Análisis Microbiológico. D. G.N. México.
72. - Norma Oficial Mexicana NOM-F-144 Determinación de Vacío en recipiente rígido hermético. D.G.N. México.
73. - Norma Oficial Mexicana NOM-EE-11-S Envase y Embalaje.- Metales.-Envases de hojalata cilindros sanitarios, para contener alimentos. Especificaciones Dirección General de Normas México.
74. - Odlaug, T. and Plug I (1978) Clostridium botulinum and Acid Food. Dpto. of Food Science and Nutrition. Journal Food Proc... Vol. 41 (7): 566-573).
75. - Ohlsson, T. (1980) Optimal Sterilization Temperatures for Sensory Quality in Cylindrical Containers. Vol. 45 (4). Journal of Food Science. 1571 - 1521.
76. - Ohlsson, T. (1980) Temperatura Dependence of Sensory Quality Changes During Thermal Processin. J.Food Science 45 (4): 836-839, 847.

77. - Overview (1980) Food Quality Improvement Through Kinetic Studies and Modeling. Food Technology February 1980
78. - Patashnik, M. (1952) Simplified Procedure for Thermal Process Calculation. Food Tech. 7 (10): 1-6
79. - Pflug, I.J.; J.H Bock and E.E. Long (1964) Sterilization of Food in Flexible Packages. Food Tech. 17 (9) 87-92.
80. - Pflug, I.J. and W.B. Esselen (1963) Food Processing By Heat Sterilization. Chapt 38 in Food Processing Operations. Vol. II J.L. Heid and M.A. Joslyn (eds) The AVI Publishing Co- Inc. Westport, Connecticut.
- 80A. Pflug, I.J. (1968) Evaluating the Sethylity of Hea Processes Using Method Employeng Hicks Talbe Food Technology Vol.22. 1153.
81. - Pflug, I.J. (1980) Syllabus for an Introductory Course in the Microbiology an Engineering of Sterilization 1 the ed .Environment Sterilization Services. S. Paul Minnesota.
82. - Peeckzar, M.J. (1977) Microbiologia. Ed. Mc.Graw Hill Mexico.
83. - Potter, Norman. (1973) La Ciencia de los Alimentos Ed. Edutor. S.A. Mexico.
84. - Rodrigo, M. (1980) Optimización de las Técnicas de Esterilización de Alimentos por calor. I. Planteamientos Generales. Rev. de Agroquímica y Tecnología de Alimentos 20 (2); 50-149.
85. - Rodrigo, M.F. Lorenzo y J. Sañín (1980) Optimización de las Técnicas de Esterilización de Alimentos por calor. II Concepto Actualizado de la Esterilización por calor y Efectos de la misma sobre los alimentos. Cinética y Parametros. Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. 20 (4): 425-443.
86. - Roa, M.A; C.Y. Lee; Katz; and Cooke; (1991) A Kinetic Study of the Loss of Vitamin C, Color, and Firmness During Thermal Processing of Canned Peas. Journal Food Sci. 46: 636-637.
87. - Ruiz Iturregui. (1984) Conocimientos Básicos de Higiene y Seguridad en el trabajo Ed. Doustaco.

88. - Satez C.J. (1977) Microbiología General Ed. Alhambra Mex.
89. - SeguraJauregui S.J. (1980) Descripción del método de fórmulas para el cálculo de procesamiento térmico. Rev. Tecnología de Alimentos, México. Vol. 9 (8)
90. - Sillener H.R.B. Ed. (1976) The Basis of Heat Sterilization Process Evaluation. Process Technology.
91. - Singh, R.P. (1982) Thermal Diffusivity in Food Processing. Food Tech. 35 (2): 87-91
92. - Spencer, R. (1967) Processing of Foods. 1. Heat Persistence of Microorganisms. Food Manufacture. June
93. - Spencer, R. (1967) Heat Processing of Foods. 2. Heat Resistance of Microorganisms. Food Manufacture. July.
94. - Spencer, R. (1967) Heat Processing of Foods. 3. Heat Resistance of Microorganisms. Food Manufacture. August.
95. - Stumbo, G.R. (1973). Thermobacteriology in Food Processing. Department of Food Science and Technology University of Massachusetts. Academic Press. New York and London.
96. - Ticcato E. (1961) Immediato di trattamento dell'Industria Alimentare. Tecnica Molitoria. April. 253-263.
97. - Thijssen, H. A. C. and L.H.P.J.M. Koche. (1980). Calculation of Optimum Sterilization Condition for Packed Conduction - Type Food. Journal of Food Science Vol. 45. 1287-1292.
98. - Valle, V.P. y L. Marson (1981) Cálculo del tiempo de tratamiento térmico en lotes. Método General y Gráfico. Rev. Tecnología de Alimentos, México. Vol. 5 (5).
99. - Valle, V.P. y Moreno P. Retención de nutrientes durante el enlatado. Rev. Tecnología de Alimentos Mex. Vol. 7. (5).
100. - R.W. Dudson J. (1968) Simplified Equations for Calculating Letnality of the Heating and Cooling Phases of Thermal Inactivation Determination. Food Technology Vol. 22. 382.
101. - Villa, Peña, Arroyo, Taura, Gomez (1970) Bioquímica Ed. Limusa

C A P I T U L O V I I .

INDICE DE CUADROS Y TABLAS.

1.- Generalidades

- Cuadro No. 1.1 Clasificación de los lípidos.
1.2 Estructura de los ácidos grasos más comunes.
1.3 Vitaminas liposolubles
1.4 Vitaminas hidrosolubles
1.5 Elementos minerales en la nutrición
1.6 Requerimientos diversos en la dieta
1.7 Composición de alimentos
- Tabla No. 1.1 Lista de componentes nutricionalmente esenciales en la dieta humana.
1.2 Alimentos y sus respectivos pH.
1.3 Alimentos procesados con valores de pH arriba de 4.0 (alimentos poco ácidos ó de baja acidez).
1.4 Alimentos procesados con valores de pH abajo de 4.0 (alimentos ácidos ó de alta acidez).
2.1 Relación de la microbiología
2.2 Coloración Gram
2.3 Algunas características de las bacterias gram - positivas y gram - negativas.
2.4 Bacterias formadoras de esporas en el deterioro de alimentos enlatados.
- Cuadro 3.1 Estructura de los barnices de uso común.
- Tablas 3.1 y 3.2 Características y usos principales de los barnices de uso común para el envasado de alimentos.
3.3 Medidas para doble cierre de latas.
3.4 Efecto de Gas Residual sobre el tiempo del proceso de esterilización.
- Cuadro 5.1 Ventajas y Desventajas del uso de cloro gaseoso y del hipoclorito.
- El Proceso
- Tabla 1.1: Diferentes tiempos de escaldado para vegetales previo al

congelamiento.

- 1.2 Pasteurización de algunos alimentos.
- 2.0 Efecto de pH sobre la termoresistencia de las esporas del *Bacillus subtilis*.
 - 2.0.1 Resistencia térmica de bacterias esporuladas a diferentes condiciones.
 - 2.0.1.1 Resistencia térmica de microorganismos formadores de esporas.
 - 2.0.2 Estabilidad de los nutrientes al tratamiento térmico y sus pérdidas.
 - 2.0.2.1 Pérdidas de vitaminas (%) en el proceso de elaboración de conservas de hortalizas.
 - 2.0.3 Valores de algunos parámetros cinéticos de la destrucción o degradación por el calor de microorganismos y factores termolábiles.

III Métodos.

- Tabla 1.1 Factores de conversión para calentamiento diferentes tamaños de latas.
- 1.2 Datos experimentales de temperatura vs tiempo para un producto cárnico.
 - 1.3 Valores de F_1 cuando F_{250}
 - 1.4 y 1-5 Tablas de tabulación de datos para el método de fórmula.
- Cuadro 2.1 Efecto de la temperatura y resistencia de microorganismos en un alimento hipotético.
- 2.2 Valores de penetración y pérdidas de calor en el punto frío durante el proceso de esterilización.
- Tabla 3.1 Valores de A_t y X_t para el método de fórmula de integración Gaussiana.
- 3.2 Temperaturas para el ejemplo de cálculo para el método de fórmula de integración Gaussiana.

Índice de Figuras y Gráficas

1.- Generalidades

Figura 2.1 Células vivas microscópicas

- 3.1 Características de la construcción de la lata sanitaria.
- 3.2 Diagrama de mordaza y rodillo del cabezal sellador.
- 3.3 Operaciones y Térmicos para evaluar la calidad del doble Sello.
- 3.4 Métodos de soporte de las bolsas en las autoclaves.
- 3.5 Limitaciones apropiadas para la obtención de un espesor máximo en bolsa esterilizable.
- 3.6 Efecto sobre el espesor de las Bolsas.

Gráfica 3.1 Efecto del Espesor de las bolsas sobre el pendiente de calentamiento en la autoclave.

- 3.2 Producto expuesto al calentamiento en bolsa esterilizable.
- 3.3 Efecto del volumen de llenado sobre el espesor de la bolsa.

Figura 4.1 Autoclave estacionaria vertical

- 4.2 Autoclave estática horizontal
- 4.3 Diagrama de autoclave con canastilla con salida de envases por el fondo.
- 4.4 Serie de autoclave verticales adaptadas a sistema de transporte automático.
- 4.5 Diagrama Esquemático de una línea de enlatado acéptico.
 - 4.5.1 Sistema de llenado acéptico en cilindros de 55 galones.
- 4.6 Esterilizador Hidrostático.
- 4.7 Diagrama de Sistema de Esterilización Flash. 15.
 - 4.8a Diagrama de flujo Esterilización a la Flama y vacío.
 - 4.8b Esterilización a la Flama.
- 4.9 Cerradura Hidráulica (Hydrolock)
Cocinado - Esndriado Continuo.

- 5.1 Recipientes para basura
- 5.2 Transmisión directa de Microorganismos del hombre a los alimentos.
- 5.3 Transmisión de microorganismos al alimento por diversas vías.

II Proceso.

Fig.1. Sala de elaboración

- 1.1 Diagrama de bloques de una enlatadora tipo.
- 2 Localización del punto crítico en lata sanitaria dependiendo del tipo de transferencia de calor.
 - 2.1 Curva de penetración de calor en coordenados semi-logarítmicas.
 - 2.2 Curva de supervivencia de microorganismos o de conservación de un factor de calidad termolábil.
 - 2.2.1 Curva de destrucción térmica.
 - 2.3 Curva de crecimiento de cultivos microbianos vs amplitud del fenómeno.

III Métodos

- 1.1 Curva de calentamiento graficado sobre escala logarítmica.
- 1.2 Curva de tiempo - temperatura, en el punto mas lento de calentamiento en el envase durante el proceso térmico.
- 1.3 Curva logarítmica de calentamiento.
- 1.4 Curva logarítmica de enfriamiento.
- 1.5 t_z y $\log q$, $T_A - T_E$ O $160^\circ F$
- 1.6 Efecto del tiempo de ascenso en la curva de penetración de calor.
- 1.7 Curva idealizada interrumpida. Nomenclatura para el método de fórmula.
- 1.8 Curva de calentado. Nomenclatura para el método de fórmula.
- 1.9 Curva de penetración de calor para el ejemplo de cálculo.
- 1.10 Curva hipotética de sobrevivientes (esporas) del *C. botulinum*.
- 1.11 Curva de calentamiento en coordenadas semilogarítmicas.
- 1-12 Curva de tiempo de Muerte térmica.

- 2.1 Penetración de calor ciclo de calentamiento.
- 2.2 Penetración de calor curva de enfriamiento.
- 2.3 Curva hipotética de *C. botulinum*
- 2.4 Curva de TMT. preliminar. Cálculo de D_0 Fo.
- 2.5 Curva de muerte térmica
- 2.6 Relación de velocidad de muerte vs tiempo de proceso para el cálculo de letalidad.
- 2.7 Relación de las áreas de las curvas de letalidad respecto al tiempo de proceso.
- 3.1 Regla, guía para el método de fórmula de integración, Gaussiana.
- 3.2 Ilustración de localización t_1 , t_2 , t_3 sobre el tiempo equis usando la regla guía.
- 4.1 A Ejemplo de curva de inactivación térmica
- 4.1 B Alentamiento y Enfriado logarítmico.
- 5.1 Valores de H_{12} vs $\log q$.
- 5.2 Diagrama de curvas de calentamiento y símbolos
- 6.1 Curva de penetración de calor
- 6.2 Nomógrama
- 7.1 Transferencia de calor por conducción Unidireccional
- 7.2, 7.3 y 7.4 Cartas de Gornie Launne
- 7.2 Solución a la ecuación de Fourier expresando la temperatura como una función del tiempo en una determinada posición a una posición a una sección plana infinita.
- 7.3 Solución a la ecuación expresando la temperatura como función del tiempo en una determinada posición de un cilindro infinito.
- 7.4 Solución a la distribución de temperatura en una esfera.