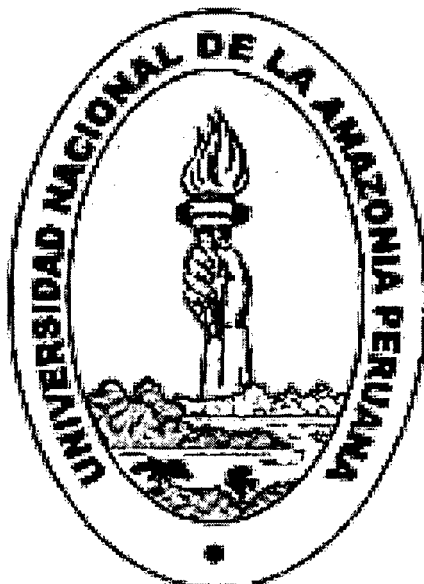


NO SALE A
DOMICILIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA
PERUANA



FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS

MEMORIA DESCRIPTIVA

“APLICACIÓN DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL
PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS”

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO (A) EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PR ESENTADO POR EL (LA) BACHILLER:
FERNANDO GUSTAVO VELA PASMIÑO

IQUITOS - PERU

DE: VELA PASMIÑO, FERNANDO G.
FERNANDO G. VELA PASMIÑO
Iquitos: 28 de 04 do 2014


2 0 1 3



296

Miembros del Jurado

Memoria Descriptiva aprobada en Sustentación Pública en la ciudad de Iquitos en las instalaciones del departamento académico de ciencia y tecnología de alimentos, llevado a cabo el día viernes 01 - 02 -2013 a las 9 am. Siendo los miembros del jurado calificador los abajo firmantes:



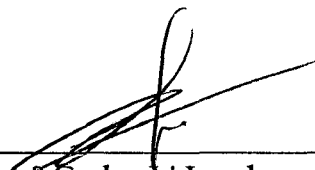
Ing° Jorge Torres Luperdi
Presidente



Ing° Elmer trevejo Chávez
Miembro



Ing° Juan Flores Garazatua
Miembro



Ing° Carlos Li Loo kung
Miembro Suplente

Dedicatoria

A, Dios que con su infinito amor, esta presente en cada acto de mi vida, y por el tengo la certeza de conseguirlo todo cuanto me proponga.

El presente trabajo está dedicado a mis padres, Fernando y Loyda, por el inmenso apoyo que me brindaron y por el amor y cariño que me supieron dar en toda mi vida.

A, mis queridos hermanos, Nandy y Luisana, por la felicidad que siempre compartimos, bendecidos con amor en unión familiar, por sus incanzable apoyo que me ha dado fuerza para seguir siempre adelante hasta alcanzar mis objetivos trazados.

Agradecimientos

A la Universidad de la Amazonia Peruana, gloriosa alma mater y en especial a la Facultad de industrias alimentarias, por haberme brindado la oportunidad de acogerme en sus aulas y culminar con éxito mi carrera.

A, mis padres, Fernando y Loyda por hacer el esfuerzo para poder participar en este proyecto.

A, mis amigos de universidad, por haber compartido conmigo durante esta trayectoria de estos años, alegrías y tristezas siempre alentándonos para seguir adelante.

A, mi amigo, Jaime Raul que se encuentra ahora en la gloria de nuestro Dios, por el apoyo que siempre me brindo y lo sigue haciendo para seguir adelante y cumplir las metas que alguna vez nos trazamos.

INDICE

	Pág.
Introducción	1
I. Antecedentes	2
II. Objetivos	
2.1. Objetivo General	4
2.2. Objetivos Específicos	4
III. Revisión Bibliografía	
3.1 Transferencia de calor en el procesado de alimentos	5
3.2 Conservación de alimentos por calor	5
3.2.1. Comportamiento de microorganismos y enzimas frente a la temperatura	6
3.2.2. Cinéticas de la destrucción de los microorganismos por el calor	8
3.2.3. Termorresistencia de los microorganismos	12
3.2.4. Tratamientos térmicos aplicados en la práctica	17
3.3. Metodos de transferencia de calor en el procesamiento de alimentos por calentamiento	20
3.3.1. Coccion	20
3.3.1.1 Los métodos de cocción más frecuentemente	21
a. Horneo y asado	21
b. Fritura en aceite	21
c. Hornos microondas	22
3.3.1.2. Otros procesos	23
a. Al vapor	23
b. salteados	23

3.3.2. Autoclave	23
3.3.2.1. Esterilización	24
3.3.2.2. Ciclos de Esterilización	25
3.3.3. Pasteurización	26
3.3.3.1. Procesos de pasteurización	27
a. Proceso VAT	27
b. Proceso HTST	28
c. Proceso UHT	29
3.3.3.2. Pasteurización de la leche	30
3.3.3.3. Pasteurización de zumos	31
3.3.3.3.1. Microorganismos frecuentes en los zumos	32
3.3.3.3.2. Efectos de la pasteurización en zumos	32
3.3.4. Procesos de secado	33
3.3.4.1. Secado de alimentos	33
3.3.4.2. Transferencia de calor en el secado	33
3.4. Transferencia de calor en el procesamiento de alimentos por enfriamiento	34
3.4.1. Congelación	34
3.4.1.1 Descripción cualitativa de la congelación de alimentos	34
3.4.1.2 Propiedades importantes en la congelación	36
3.4.2. Liofilización	37
3.4.2.1. La congelación del material	37
3.4.2.2. El secado por sublimación	38
3.4.2.3. Almacenamiento	39
3.4.2.4. Secado Primario	40
3.4.2.5. Secado Secundario	43

3.4.2.6. Equipos de Liofilización	44
3.4.3. Refrigeración	45
3.4.3.1. La importancia de la refrigeración	45
3.4.3.2. Los tipos de bacterias en alimentos refrigerados	45
3.4.3.3. La temperatura adecuada del refrigerador	46
Conclusiones	47
Recomendaciones	48
Referencias bibliográficas	49
Anexos	50
Glosario de Términos	54

RESUMEN

La termodinámica enseña que la transferencia de energía se conoce como calor. La ciencia de transferencia de calor no solo trata de explicar cómo puede ser transferida la energía calorífica, sino también como puede predecir la rapidez a la que se realizara este intercambio bajo ciertas condiciones específicas.

La transferencia de calor como la ciencia cuyo objeto es predecir la cesión de energía que se produce entre medios materiales, como consecuencia de la diferencia de temperatura.

La transferencia de calor es uno de los fenómenos más importantes dentro del procesado de alimentos; presentándose comúnmente en diversas operaciones unitarias, en las que juega un papel de capital importancia, al influir tanto en el diseño del proceso, como en aspectos de seguridad, nutricionales y sensoriales del producto. Algunos de estos procesos involucran el calentamiento o enfriamiento de partículas que se encuentran suspendidas en fluidos, como jarabes o salmueras. En este caso la transferencia de calor se presenta por convección, entre el fluido y la superficie del sólido, y por conducción, al interior de éste último.

En lo que respecta a la modelación, los modelos propuestos para la evaluación del coeficiente convectivo suelen presentarse demasiadas limitantes, siendo aplicables a sistemas muy específicos y teniendo poca exactitud en algunos casos. La transferencia de calor se aplica también por calor de enfriamiento.

La transferencia de calor, al ser un fenómeno de transporte, se rige principalmente por tres factores, una fuerza motriz, un área de superficie y un coeficiente, el cual depende del mecanismo por el cual se lleva a cabo la transferencia. En este caso, la fuerza impulsora es la diferencia de temperaturas entre los cuerpos involucrados. De esta forma, la energía es transmitida desde el cuerpo más caliente hacia el más frío. La velocidad de dicho proceso, se relaciona de forma proporcional con la magnitud de la fuerza impulsora.

La transferencia de calor se puede llevar a cabo por medio de uno o más de los siguientes mecanismos de transferencia: conducción, convección y radiación. La conducción es la transferencia de energía cinética entre moléculas adyacentes; las moléculas con más energía se encargan de impartirla a las moléculas colindantes que están a niveles energéticos más bajos. Este mecanismo se presenta en materiales continuos; no existiendo movimiento macroscópico de materia. Por otro lado, la convección es el flujo entálpico asociado a un fluido en movimiento; implicando el transporte de calor y la mezcla de elementos macroscópicos de porciones calientes y frías de un gas o un líquido. Finalmente, la radiación puede definirse como la transferencia de energía a través del espacio por medio de ondas electromagnéticas; difiere de la conducción y la convección en cuanto a que no se requiere un medio físico para su transmisión.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de algún tipo de tratamiento térmico a un alimento tiene como finalidad la destrucción de la carga microbiana que ocasione el deterioro en su calidad física, química o biológica, o que origine algún tipo de perjuicio en la salud del consumidor. Cada microorganismo tiene su propia resistencia al calor, y en función de dicha potencial carga y a las características del alimento se aplica un determinado tratamiento térmico; sin embargo, éste tiene que ser específico para así evitar efectos negativos que puede ocasionarle alteraciones físicas, químicas o biológicas debido a un sobre tratamiento o permitir la sobrevivencia de alguna forma de vida que ocasione problemas en la salud del consumidor, debido a un sub tratamiento de calor.

El tratamiento térmico, ocasiona no solo la destrucción de los microorganismos o la desnaturalización de sus enzimas, sino también la de sus componentes nutricionales.

El tratamiento térmico a alta temperatura, aplicado a los alimentos, son: escaldado, pasteurización y esterilización.

La velocidad de penetración del calor en un alimento, influye en el tiempo de tratamiento y se define como la cantidad de calor transferida por unidad de tiempo. Las operaciones de proceso como el escaldado, la pasteurización y la esterilización se basan en la transferencia de calor sensible.

Uno de los problemas comúnmente observados en las empresas dedicadas al procesamiento de alimentos es la aplicación de temperatura y tiempos de proceso iguales para diferentes alimentos que tienen como única similitud el tamaño de sus envases. Sin embargo, ello no garantiza que el tratamiento térmico al que fue procesado el alimento sea el apropiado considerando que cada producto es diferente uno del otro debido a las características químicas de ellos o a la utilización de diferentes líquidos de cobertura.

I. ANTECEDENTES

El hombre aprendió a lo largo de los siglos, por vía empírica a explotar las temperaturas extremas para la conservación de sus alimentos. Observó que enfriándolos se retrasaba su alteración; que manteniéndolos en estado congelado se conservaban durante largos períodos de tiempo; que el calentamiento eliminaba los agentes de la alteración de origen microbiano y que, si se evitaba la recontaminación mediante un envasado adecuado, los alimentos térmicamente tratados podían conservarse incluso a la temperatura ambiente (AGUADO *et al.*1999).

Del mismo modo, se conoce que algunos alimentos, mantenidos a temperatura ambiente, sufren modificaciones de sus propiedades organolépticas, pero siguen siendo aptos para el consumo y se vuelven más estables. Así fue desarrollando una amplia variedad de alimentos fermentados, muchos de ellos originalmente asociados a los alimentos frescos disponibles en la región y a una determinada raza o tradición. La sociedad moderna consume cientos de productos fermentados que siguen siendo esencialmente idénticos a los que se consumían hace varias generaciones pese a que muchos de ellos fueron favorecidos por la aplicación de los avances científicos y técnicos.

Probablemente la temperatura es el más importante de los factores ambientales que afectan a la viabilidad y el desarrollo microbianos. Aunque el crecimiento microbiano es posible entre alrededor de -8 y hasta +90°C, el rango de temperatura que permite el desarrollo de un determinado microorganismo rara vez supera los 35°C.

Cualquier temperatura superior a la máxima de crecimiento de un determinado microorganismo resulta fatal para el mismo, y cuanto más elevada es la temperatura en cuestión tanto más rápida es la pérdida de viabilidad (MAFART,1994).

Sin embargo, la letalidad de cualquier exposición a una determinada temperatura por encima de la máxima de crecimiento depende de la termorresistencia que es una característica fundamental del microorganismo considerado.

Por lo que se emplea el calor para impedir el crecimiento de los microorganismos aplicando temperaturas adecuadas para su destrucción o manteniéndolos a temperaturas algo por encima de las que permiten el desarrollo microbiano, como sucede cuando se mantiene caliente la comida después de su preparación, en espera de proceder a servirla. También pueden tener efectos antibacterianos los tratamientos térmicos a que se someten los alimentos persiguiendo otros objetivos. El escaldado, utilizado en la conservación de vegetales para inactivar las enzimas, fijar el color, reducir el volumen, etc., destruye la mayor parte de las células vegetativas bacterianas, así como los mohos y las levaduras. En forma similar, algunos sistemas de cocción o precocción, como los que se aplican a los crustáceos para facilitar la eliminación del caparazón, o al atún para su desengrasado antes del enlatado, ejercen efectos letales sobre las bacterias (AGUADO *et al.* 1999).

La aplicación de calor a los alimentos se remonta a los tiempos en que el ser humano descubrió cómo hacer fuego y observó empíricamente los beneficios que esta práctica aportaba. Actualmente, el térmico es uno de los tratamientos que hacen posible la existencia de productos sanos de larga vida comercial. El tratamiento térmico permite que las conservas se puedan almacenar el producto a temperatura ambiente garantizando su seguridad. Asimismo, el uso de los diversos tratamientos térmicos, junto con otras tecnologías como la refrigeración, facilita el comercio de productos alimenticios entre distintos países, incluso cuando están geográficamente muy alejados (AGUADO *et al.* 1999).

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la importancia de la aplicación de transferencia de calor en el procesamiento de alimentos para su conservación.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Conocer los métodos de aplicación de calor en el procesado de alimentos.
- ✓ Verificar si los métodos de aplicación de calor garantizan la inocuidad de los alimentos.
- ✓ Conocer la aplicación de transferencia de calor por calentamiento.
- ✓ Conocer la aplicación de transferencia de calor por enfriamiento.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL PROCESADO DE ALIMENTOS.

La transferencia de energía en forma de calor es una de las operaciones más importantes que tienen lugar en la industria de alimentos. De esta forma, procesos como la cocción, horneado, secado, congelación, refrigeración, pasteurización, esterilización, entre muchos otros, son parte del procesado de la gran mayoría de los alimentos. Es por eso que resulta relevante tener conocimiento de cómo es que se lleva a cabo la transferencia de calor en los alimentos, para así poder llevar a cabo procesos efectivos, seguros y controlados.

Uno de los problemas principales que se presentan en la ingeniería de alimentos es la destrucción de los microorganismos presentes en los productos alimenticios, no sólo para prevenir su potencial contaminante, sino también con el objetivo primordial de preservar los alimentos durante periodos de tiempo lo más largos posibles. Para conseguir la destrucción de las formas esporuladas y vegetativas, los alimentos son tratados térmicamente con el fin de obtener un producto final de alta calidad, minimizando las pérdidas de nutrientes y propiedades sensoriales (GEANKOPLIS 1998)

3.2 CONSERVACION DE ALIMENTOS POR CALOR

Uno de los procedimientos físicos de que dispone la Tecnología de los Alimentos para aumentar la vida útil de los mismos es la destrucción de los microorganismos por la acción letal del calor. Existen dos modalidades de tratamiento térmico: uno, denominado *pasteurización*, que pretende fundamentalmente la higienización del alimento, y el otro *esterilización* cuyo objetivo es la destrucción de los microorganismos presentes esporulados o no, o al menos todos aquellos, que pueden multiplicarse en el producto final.

Con el primero se intenta conseguir un alimento exento de microorganismos patógenos no esporulados y con el segundo, la obtención de un alimento microbiológicamente estable para poderlo almacenar durante largo tiempo a temperatura ambiente. Entre estos últimos alimentos se encuentran los denominados genéricamente como conservas (DESROSIER N.W.,2004).

Generalmente se admite que este tipo de procesado se inventó en la transición del siglo XVIII al XIX cuando Nicolás Appert, confitero francés, observó que los alimentos calentados en recipientes sellados se podían conservar durante largo tiempo si el recipiente no se abría. Los científicos de aquellas épocas explicaron el éxito de Appert diciendo que de una forma mágica y misteriosa el aire se combinaba con el alimento evitando la putrefacción. Evidentemente, eran totalmente ajenos a lo que en la realidad ocurría. Hubo que esperar medio siglo, hasta los descubrimientos de Pasteur, para explicar correctamente la causa de la estabilidad de los alimentos apertizados. Desde entonces aunque introduciendo sucesivas mejoras tecnológicas, se han venido esterilizando un buen número de alimentos por este procedimiento hasta nuestro días.

3.2.1. COMPORTAMIENTO DE MICROORGANISMOS Y ENZIMAS FRENTE A LA TEMPERATURA

Según GEANKOPLIS(1998). La temperatura es uno de los agentes que más influyen en el crecimiento microbiano, en la actividad de las enzimas y en la velocidad de muchas reacciones químicas.

Se ajustan pues a la ecuación de Arrhenius:

$$\log v = E_a/2,303 RT + \log A$$

Donde:

v = velocidad de la reacción

E_a = energía de activación (J/mol)

R = constante universal de los gases (8,3144 J/mol. K)

T = temperatura absoluta (K)

A = constante denominada factor de frecuencia

La representación gráfica de la ecuación predice que la velocidad de la reacción aumenta proporcionalmente a medida que lo hace la temperatura, lo que es válido para las reacciones químicas dependientes de la temperatura, como por ejemplo, la reacción de Maillard. Sin embargo cuando se representa la actividad enzimática y el crecimiento microbiano a partir de datos obtenidos experimentalmente, se obtiene respectivamente, las curvas generales, que indican que ambas se ajustan a la ecuación de Arrhenius solo en un intervalo de temperaturas.

La actividad enzimática disminuye proporcionalmente con el descenso de la temperatura del medio pero al aumentar esta, llega un momento en que se pierde la linealidad que se debe a la desactivación de la enzima por la acción del calor.

De forma similar, puede decirse que un microorganismo crece más velozmente (disminuye el tiempo de duplicación) al aumentar la temperatura hasta un valor (temperatura óptima de crecimiento) donde se observa primero un descenso acusado de la velocidad de crecimiento y después el cese del mismo; esto se debe a la destrucción del microorganismo por la acción letal del calor (GEANKOPLIS. 1998).

Sin embargo y a diferencia de lo que ocurre con las enzimas a medida que la temperatura desciende desde la óptima, se observa un descenso de la velocidad de crecimiento pero llega un momento en que el crecimiento se hace aún más lento hasta llegar a una temperatura (diferente para cada tipo o grupo microbiano), en que se detiene, que no necesariamente tiene que ser, en los microorganismos psicrotrofos y psicrófilos, cuando se congela el medio, ya que en alimentos congelados (hasta unos $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$), se ha detectado crecimiento de algunos microorganismos en la fracción líquida del mismo. La disminución de la velocidad de crecimiento microbiano y su cese a medida que la temperatura disminuye, se ha atribuido a la pérdida de actividad de las permeasas a baja temperatura y/o a los cambios en la arquitectura de la bicapa lipídica de la membrana que impedirán la combinación de las permeasas con los correspondientes sustratos.

3.2.2. CINÉTICAS DE LA DESTRUCCIÓN DE LOS MICROORGANISMOS POR EL CALOR

Según RODRÍGUEZ (2002). Al aumentar la temperatura desde la óptima de crecimiento de un determinado microorganismo, primero se inhibe éste, luego se provocan lesiones subletales en el microorganismo, pudiendo ser aún viable pero incapaz de multiplicarse hasta que no se repara la lesión y, si la temperatura es suficientemente elevada, se produce inevitablemente la muerte. Por tanto puede decirse de forma general, que cualquier temperatura por encima de la máxima de crecimiento de un microorganismo es letal para él.

Los tratamientos térmicos letales provocan en las poblaciones microbianas homogéneas un progresivo y ordenado descenso de sus tasas, tanto más elevado cuanto más prolongado sea el tiempo de exposición.

Aunque se ha observado excepciones está perfectamente establecido que la destrucción de los microorganismos por el calor no es fortuita sino que sigue una marcha ordenada; se ajusta esencialmente a un curso logarítmico. Así se demostró hace casi un siglo, en 1920, para las formas esporuladas de *Bacillusstearothermophilus* y otras bacterias causantes de la alteración *flatsour* (acidificación sin producción de gas) de algunas conservas.

La naturaleza logarítmica de la destrucción de los microorganismos por el calor se explica perfectamente de acuerdo con la ecuación general de las reacciones de primer orden:

$$N_t = N_0 \cdot e^{-kt}$$

Donde:

t = tiempo

N_t = número de microorganismos en un tiempo t.

N_0 = número inicial de microorganismos

K = coeficiente de letalidad térmica (tiempo⁻¹).

El coeficiente de letalidad térmica define la destrucción de los microorganismos durante un tratamiento térmico (K). Sin embargo en la bibliografía se encuentra más frecuentemente el parámetro denominado tiempo de reducción decimal (valor D) que se define como el tiempo necesario, a una temperatura determinada, para destruir el 90% de los microorganismos presentes. El valor D se calcula a partir de la gráfica de supervivencia, que es la recta obtenida al representar el logaritmo del número de supervivientes en función del tiempo (RODRÍGUEZ. 2002).

El valor D es el tiempo necesario para atravesar un ciclo logarítmico y viene definido por la expresión.

$$D = t / (\log N_0 - \log N_t)$$

Donde:

D = tiempo de reducción decimal (min)

t = tiempo (min)

N_0 = número de microorganismos originalmente presentes.

N_t = número de microorganismos tras el tratamiento térmico.

El valor D puede calcularse también a partir de la ecuación de la recta obtenida en la gráfica de supervivencia, en la que:

$$D = 1 / \operatorname{tg} \alpha$$

La naturaleza logarítmica de la muerte de los microorganismos por la acción letal del calor que no es posible llegar al acero absoluto de microorganismos, por mucho que se prolongue el tiempo de tratamiento. Por ejemplo, supóngase que las formas esporuladas de *Bacillus subtilis* presentan un $D_{110^\circ\text{C}} = 1$ min. Cada minuto de tratamiento a 110°C se destruirá el 90% de las células supervivientes obteniéndose reducciones sucesivas del 90%, 99%, 99.9%, 99.99%, etc, es decir los supervivientes serán 10%, 1%, 0.1%, 0.01%, etc. Como no es posible obtener una fracción de microorganismo viable, en términos prácticos las reducciones sucesivas significan que habrá una spora viable por una unidad de alimentos considerada (por ejemplo, por envase), 1 por cada 10 envases, el término esterilizado no implica necesariamente que el producto esté estéril en un sentido microbiológico estricto y, por ello, es más correcto hablar de esterilidad comercial, que suele situarse en

valores de $1/10^4$ - $1/10^5$, es decir que el tratamiento aplicado consiga una reducción tal de microorganismos que el riesgo de alteración sea de 1 envase por cada 10.000 o 100.000 fabricados. Evidentemente podría aumentarse la intensidad del tratamiento térmico y conseguir un grado de esterilidad mayor pero tal posibilidad se ve limitada por los cambios químicos adversos que siempre conlleva la aplicación de calor sobre todo en lo referente a la calidad organoléptica y valor nutritivo. El tecnólogo de los alimentos, pues se enfrenta al dilema de disminuir el riesgo de alteración o elaborar un producto con los mínimos cambios en la calidad sensorial y nutritiva. Hay que llegar a un compromiso para aplicar el tratamiento térmico mínimo con el que se pueda conseguir la esterilidad comercial, manteniendo el máximo de calidad original.

La naturaleza logarítmica de la muerte de los microorganismos por el calor indica también que el lograr la reducción de la carga microbiana hasta un nivel deseado depende del número inicial de que se parta, lo que implica en términos prácticos la conveniencia de procesar alimentos lo menos contaminados posibles (RODRÍGUEZ. 2002).

La relación entre el coeficiente de letalidad térmica, k y el valor D se deduce de la ecuación, que se puede expresar tomando logaritmos, como sigue:

$$\text{Log } N_t = kt \log e + \log N_0$$

$$K = (\log N_0 - \log N_t) 2,303/t$$

Cuando $\log N_0 - \log N_t = 1$, se tiene que $t = D$,

Entonces:

$$k = 2,303/D$$

Para cada microorganismo, el valor D es específico de la temperatura de tratamiento. Por ello, se requiere de un medio para relacionar los valores D a cada temperatura. Se hace a través del **valor Z** , que se calcula a partir de las gráficas de termo destrucción. Estas se construyen representando los logaritmos de los valores D en función de la temperatura. El valor Z se define como el número de grados centígrados que es necesario aumentar o disminuir la temperatura para que el valor D disminuya o aumente, respectivamente, 10 veces. De la gráfica de termo destrucción:

$$Z = (T_2 - T_1) (\log D_1 - \log D_2)$$

Donde:

Z = número de grados ($^{\circ}\text{C}$)

T_1 y T_2 = temperaturas de tratamiento ($^{\circ}\text{C}$)

D_1 y D_2 = valores D a las temperaturas anteriores.

Los valores Z para las esporas bacterianas suelen situarse entre 7 y 12 $^{\circ}\text{C}$ y para las bacterias no esporuladas entre 4 y 6 $^{\circ}\text{C}$.

3.2.3. TERMORRESISTENCIA DE LOS MICROORGANISMOS

Según RODRÍGUEZ (2002). La termorresistencia microbiana depende de diversos factores intrínsecos y extrínsecos. Los primeros se refieren al tipo de microorganismo de que se trate y de la forma en que se

encuentren. En general, aunque hay excepciones, la termorresistencia está relacionada con la temperatura óptima de crecimiento.

Los microorganismos psicocrófilos y psicrotrofos son más termolábiles que los mesófilos y estos más que los termófilos. Las bacterias esporuladas presentan una mayor resistencia al calor que las no formadoras de esporas y dentro de estas las termófilas más que las mesófilas.

Entre los factores extrínsecos cabe citar el pH, la actividad de agua y la composición (contenido de grasa, carbohidratos, sales) del medio de calentamiento. En el caso de las esporas, adquiere relevancia la composición del medio de esporulación y la temperatura a que la bacteria esporula.

En la práctica adquiere gran importancia el pH del alimento. Debido a ello, se ha hecho una clasificación de los alimentos respecto a este agente y a la termorresistencia de distintos microorganismos. Por ejemplo, la termorresistencia típica de distintos microorganismos esporulados. La separación entre alimentos poco ácidos ($\text{pH} > 4,5$) y alimentos ácidos (pH entre 4,0 y 4,5) radica en la termorresistencia del *Clostridium botulinum*, ya que las esporas de esta especie no pueden germinar en alimentos con un pH inferior a 4,5 y por lo tanto no es necesario tener en cuenta el concepto 12D. De forma similar, la separación de los alimentos ácidos y muy ácidos ($\text{pH} < 4,0$) se debe a que ninguna espora bacteriana puede germinar a pH inferiores a 4,0 y por lo tanto, se puede disminuir considerablemente la intensidad del tratamiento térmico para conseguir la estabilidad microbiológica (RODRÍGUEZ. 2002).

Valor F

Es un parámetro que se usa en la industria conservera y puede definirse como el tiempo que se requiere, a una temperatura definida, para reducir la población microbiana presente en un alimento hasta un nivel deseado. Cada microorganismo existente en el alimento tiene su propio valor F y el valor F se refiere a 121° C se designa como F₀. El valor F se calcula, suponiendo que el calentamiento y el enfriamiento son instantáneos, a partir de la expresión.

$$F = D (\log N_0 - \log N_1)$$

Donde:

F = tiempo (min) requerido para lograr el grado de reducción de la población microbiana hasta el nivel deseado.

D = tiempo de reducción decimal a la temperatura de tratamiento.

N₀ = número inicial de microorganismos.

N₁ = número final de m.o. al que se pretende llegar.

Cl. botulinum elabora una potente neurotoxina cuando se multiplica en los alimentos. Como es una bacteria anaerobia y en las conservas el medio es anóxico. *Cl. botulinum* puede crecer y producir la toxina. Dada la necesidad de salvaguardar la salud del consumidor, siempre se supone, al esterilizar un alimento de pH > 4,5, que existe una espora de *Cl. botulinum* por envase y es necesario reducir su número a una espora viable por cada billón de envases (10¹²), es decir, que el tratamiento

térmico ocasiona 12 reducciones decimales; es lo que se conoce como concepto 12 D.

Se sabe que el valor F_0 mínimo para las conservas de alimentos de $\text{pH} > 4,5$ es 2,52; se ha calculado a partir de la ecuación.

$$F_0 = D (\log 1 - \log 10^{-12})$$

Teniendo en cuenta que el valor D_{121} de las esporas de las cepas más termorresistentes de *Cl. botulinum* es 0,21 min. Entonces,

$$F_0 = 0,21 (\log 1 - \log 10^{-12}) = 2,52 \text{ min}$$

Este es el tiempo mínimo que hay que aplicar para la fabricación de alimentos esterilizados de $\text{pH} > 4,5$. Cuando se esterilizan alimentos a otras temperaturas habría que calcular el F equivalente teniendo en cuenta el valor Z del *Cl. Botulinum*, al que se asume un valor de 10 °C. En alimentos con un pH inferior a 4,5 no es necesario aplicar el concepto 12D (RODRÍGUEZ. 2002).

El cálculo del valor F de una conserva se va a ejemplarizar con un caso práctico:

Se pretende fabricar sardinas enlatadas ($\text{pH} 6,0$) aderezadas con laurel y pimienta negra en envases de 100 g. los análisis microbiológicos han revelado que los ingredientes, en su conjunto, contienen 1 espóra de *B. stearothermophilus*/100 g y 100 esporas de *Cl. Sporogenes*/100 g. Los valores D_{121} son, respectivamente, 4 min y 1,5 min y la esterilidad comercial se ha establecido en $1/10^4$. Calcúlese el F_0 .

Hay que aplicar el concepto 12D por ser el pH > 4,5.

Valor F_0 para Cl. Botulinum = 2,52 min

Valor F_0 para B. stearothermophilus.

$$F_0 = 4 (\log 1 - \log 1/10^4) = 16 \text{ min}$$

Valor F_0 para Cl. Sporogenes

$$F_0 = 1,58 (\log 100 - \log 1/10^4) = 9,0 \text{ min}$$

El valor F_0 de las conserva será de 16 min.

Todas las consideraciones hechas anteriormente son aplicables cuando los calentamientos y enfriamientos son instantáneos, lo que en la práctica no es siempre posible; sólo los procesos UHT se aproximan a esta situación ideal. En las conservas procesadas en autoclaves, es imposible; la temperatura sube lentamente, más aún si la transferencia de calor es baja, hasta alcanzar la temperatura de régimen programada. Lo mismo puede decirse del enfriamiento. Puesto que para cualquier microorganismo puede considerarse como letales todas las temperaturas superiores a la máxima de crecimiento, los efectos del tratamiento térmico comienzan cuando se supera ese límite. Por ello, hay que tener en cuenta también las distintas temperaturas por las que pasa el producto hasta alcanzar la de trabajo e, igualmente, durante el enfriamiento. En el caso de las bacterias esporuladas, se considera que

los efectos letales manifiestos comienzan cuando se llega a temperaturas de unos 90° C.

Es necesario pues, determinar el efecto letal del proceso completo; los métodos más frecuentes se basan en la construcción de curvas de calentamiento/enfriamiento, obtenidas representando las temperaturas por las que pasa el centro térmico del envase a lo largo del tiempo y transformarlas después en fracciones de tiempo. Posteriormente, se calcula el efecto letal del proceso completo se puede hallar mediante métodos gráficos o matemáticos. Como en la práctica, por las razones que se explican en el siguiente apartado, no puede evaluarse el valor F para cada partida, no es necesario extenderse más en este aspecto.

3.2.4. TRATAMIENTOS TÉRMICOS APLICADOS EN LA PRÁCTICA

El carácter perecedero de los alimentos no hace posible que en la práctica, para cada producto (o para cada partida), se hagan los análisis oportunos para determinar la carga microbiana, identificar los microorganismos presentes, aislarlos, propagarlos y determinar sus parámetros termo microbiológico con el fin de evaluar después, con precisión, el valor F en cada caso. Todas estas determinaciones llevan un tiempo demasiado largo, de tal forma que cuando se obtuvieran los resultados el alimento habría alterado inevitablemente. Por ello, en la práctica, se aplican tratamientos térmicos normalizados que se han calculado previamente teniendo en cuenta la carga microbiana normal que los distintos productos pueden presentar y la termorresistencia de una serie de microorganismos que se han aislados, con mucha frecuencia, de conservas alteradas (MAFART P. 1994).

Para los alimentos pocos ácidos ($\text{pH} > 4,5$), como carne, leche, pescado y algunas hortalizas, es necesario tener presente la posible presencia de *Cl. Botulinum* y, por lo tanto, se requiere aplicar el concepto 12D. Consecuentemente, el valor F_0 mínimo es de 2,52 minutos.

Sin embargo, como el alimento puede contener microorganismos esporulados más termorresistentes que *Cl. Botulinum*, el tratamiento térmico puede ser suficiente desde el punto de vista de salud pública pero insuficiente para lograr la esterilidad comercial. Por ello es necesario aumentar la intensidad del tratamiento. Los valores F_0 que se aplican son, pues superiores, del orden de 10-12 minutos, con lo que se consiguen reducciones de 7-8 D respecto a las formas esporuladas del microorganismo (*Cl. Sporogenes* PA-3769, $D_{121} = 15$ min) que se ha tomado habitualmente como modelo, siempre que el producto procesado esté destinado a su comercialización en países de clima templado donde las temperaturas estivales no suelen superar los 30-32 °C. Si la comercialización del alimento esterilizado va a ser en países, o zonas geográficas, de climas cálidos (temperaturas máximas superiores a 35-40 °C), es necesario considerar la posible presencia de bacterias esporuladas termófilas, cuya termorresistencia es notablemente superior a la *Cl. Sporogenes*, *Cl. Botulinum* y otras bacterias mesófilas. Es el caso de *Bacillusstearothermophilus* y *Thermoanaerobacterium (Clostridium) thermosaccharolyticum* ($D_{121} = 4,5$ min) que no se multiplican por debajo de los 33-36 °C. En estas circunstancias, se aplican valores F_0 de 14-20 min, que ocasionan reducciones de 4-5D de las esporas de dichos microorganismos que se toman como modelo (MAFART P. 1994).

En alimentos ácidos ($\text{pH} 4,0-4,5$), como concentrados de tomate, pimientos, alimentos con salsa de tomate u otras, no existe riesgo sanitario alguno respecto a la producción de toxina botulínica. Por otro lado, las bacterias esporuladas que pueden multiplicarse a estos valores del pH son más termolábiles que las anteriores, por lo que los

tratamientos térmicos que se utilizan son más suaves y se ajustan generalmente para reducir a un nivel aceptable el desarrollo de *Bacilluscoagulans* (D_{121} aprox. 0,07), lo que permite, al tiempo evitar la alteración por otras bacterias esporuladas mesófilas (por ejemplo, *Bacillusmacerans* o *Clostridiumbutyricum*) que son más termolábiles que la anterior. Es suficiente, en estas circunstancias, un valor F_0 de 0,7 min.

Los alimentos muy ácidos, de $pH < 4,0$, (frutas en general, alimentos escabechados, etc) no puede sufrir otras alteraciones que las derivadas del crecimiento de mohos y levaduras, dado que ninguna bacteria esporuladas, ni la gran mayoría de las vegetativas, pueden multiplicarse a estos valores del pH. Este tipo de alimentos no necesita tratamientos térmicos superiores a los $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ y pueden, por lo tanto fabricarse sin la necesidad de presión. Para tales productos no es conveniente utilizar la temperatura de $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ como referencia, por lo que los valores D de los microorganismos y los F se ofrecen a temperaturas mucho mas bajas ($65\text{-}85\text{ }^{\circ}\text{C}$). Se suelen aplicar tratamientos de F_{65} de 1-2 min. No obstante, si se sospecha la presencia de *Byssochlamys fulva* debe aumentarse la intensidad del tratamiento para evitar la alteración por este moho, cuyas ascoporas son muy termorresistentes; se ha señalado incluso que para la destrucción de este moho se requiere un valor $F_{80\text{ }^{\circ}\text{C}}$ de 2 min.

Los valores F_0 ofrecidos anteriormente sirven como referencia para conocer los tratamientos térmicos necesarios para conseguir la esterilización comercial en los distintos alimentos. Sin embargo, no siempre se utiliza en la práctica la temperatura de $121\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para conseguir dicho grado de esterilidad, oscilan entre 115 y $150\text{ }^{\circ}\text{C}$; las más bajas se emplean para la fabricación de alimentos apertizados (conservas) y las más altas para alimentos líquidos o semilíquidos en flujos continuos seguidos de envasado aséptico. La transformación del F_0 en el valor F a otra temperatura se logra haciendo uso del valor z, aplicando la

ecuación (8.8) donde el valor D se sustituye por el F. El valor z de las bacterias esporuladas suele situarse entre 7 y 12 °C. La mayoría de los autores opinan que, de forma general, puede utilizarse un $z = 10$ °C.

3.3. METODOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS POR CALENTAMIENTO.

3.3.1. COCCION

Uno de los temas más importantes en la salud alimentaria, y quizás el que más influencias puede tener en la generación de muchas enfermedades y estados patológicos, de acuerdo a los estudios e investigaciones de diversos científicos y especialistas en la materia, es la cocción y el cocinado mediante la aplicación del calor a los alimentos.

Su función es convertir los alimentos en productos digeribles, hacerlos apetitosos, dotarlos de una temperatura agradable para consumirlos y eliminar los posibles microorganismos.

Sin embargo, la cocción no sirve para conservar los alimentos y puede hacerlos incluso más sensibles al crecimiento bacteriano puesto que permite aumentar las poblaciones de bacterias patógenas, y la alteración y la producción de toxinas (FELLOWS, 1994).

La cocción puede destruir los microorganismos sensibles a las altas temperaturas a la vez que permite que sobrevivan las formas termorresistentes (que incluyen las esporas bacterianas), traduciéndose en una selección.

Lo más difícil es lograr la cocción de las partes internas de los alimentos y conseguir que el procedimiento sea letal para los agentes patógenos. Ello depende del espesor del alimento que está siendo cocido, la temperatura del aceite o del agua y la duración de la cocción

3.3.1.1 Los métodos de cocción más frecuentemente empleados son:

a. Horneo y asado

Son esencialmente la misma operación, ya que en ambas se hace uso de aire caliente para modificar las características de los alimentos. Sin embargo, la aplicación de uno u otro término depende del proceso. Tiene un objetivo secundario, que es la conservación del alimento por destrucción de su carga microbiana y por reducción de la actividad de agua en su superficie debido a la deshidratación (es decir, la disminución de la disponibilidad de agua, importante para el desarrollo de los microorganismos). No obstante, la vida útil de la mayor parte de los alimentos sometidos a esta operación es corta si no se complementase mediante la refrigeración o el envasado (FELLOWS, 1994).

En el horno, el calor pasa al alimento por radiación desde las paredes, por convección del aire circulante y por conducción a través de la bandeja sobre la que descansa. Si bien en algunos tipos de alimentos, como en algunos pasteles, el calor se transmite en los primeros momentos del horneo, por convección, la mayor parte del intercambio calórico se produce por conducción.

b. Fritura en aceite

La cocción lenta puede ser eficaz para destruir microorganismos por los efectos acumulativos de la exposición al binomio tiempo-temperatura. La fritura (tratamiento por calor en aceite a temperaturas entre 180 y 250°C) es una operación destinada a modificar las características organolépticas del alimento. Un objetivo secundario de la fritura es el efecto conservador que se obtiene por destrucción térmica de los

microorganismos y enzimas presentes en el alimento, y por la reducción de la actividad de agua en la superficie del mismo (o en toda su masa, en los alimentos cortados en rodajas finas). Cuando un alimento se sumerge en aceite caliente, su temperatura aumenta en la superficie y empieza a deshidratarse. Se forma una corteza y el frente de evaporación va trasladándose hacia el interior del producto. La temperatura en la superficie del alimento alcanza la del aceite caliente y la interna aumenta lentamente (FELLOWS, 1994).

c. Hornos microondas

En una forma de emisión de energía electromagnética que se transmite en forma de ondas penetrando en el alimento y se convierte en calor. Estas ondas producen la activación de las moléculas de agua que transmiten calor a los tejidos contiguos. El tiempo de calentamiento es menor que en los métodos convencionales y no provoca cambios relevantes en la superficie de los alimentos.

Durante la cocción con microondas, la distribución del calor es variable en los diferentes productos y en el interior de un mismo producto. Así, tienen una escasa profundidad de penetración en piezas grandes de alimentos. Además, la evaporación del agua en su superficie tiene efecto refrigerante, siendo la causa de la supervivencia de microorganismos en las superficies y sus proximidades. Si bien existen ya una ingente cantidad de estudios para determinar la repercusión microbiológica del calentamiento en microondas, las cosas todavía no están del todo claras aunque prevalece la impresión de que la inactivación bacteriana va simplemente en función de la relación tiempo- temperatura, al igual que en cualquier otro tratamiento térmico.

3.3.1.2.Otros procesos.

a. Al vapor: es una de las maneras más saludables. Los alimentos pierden menos nutrientes que hervidos (a excepción de la vitamina C, que se pierde toda siempre), si bien, es necesario estar muy pendientes de que el tiempo y la temperatura de cocción sean los mínimos.

b. Salteados: Saltear consiste en cocinar los alimentos en muy poco aceite y breve tiempo (pocos minutos) para que estos liberen los aromas y sabores. Puede ser menos nocivos que otros sistemas si a la brevedad en el tiempo le añadimos un calor no demasiado elevado. Con muchos alimentos, como carnes y verduras, y cortados a tiras o trozos pequeños, podría ser una alternativa válida a la cocción o fritura clásicas si, tras el salteado, añadimos algo de agua o caldo y los mantenemos unos minutos al fuego (FELLOWS, 1994).

3.3.2.AUTOCLAVE.

Según SING & HELDMAN (1998)El Autoclave es un equipo para esterilización por vapor o agua con sobrepresión de todo material y envase que soporte las condiciones de temperatura y presión del mismo. Debido a su bajo costo de proceso y eficiencia en la descontaminación, la Esterilización por vapor o agua es el método más difundido y el que debe aplicarse preferentemente sobre otros métodos. En el caso de esterilización de materiales que no soporten físicamente la presión de vapor el método a utilizar deberá diferir del propuesto por el Autoclave. En la industria Alimenticia también es muy común el proceso de Pasteurizado para aquellos alimentos que deban conservarse libre de bacterias y no soporten la temperatura de esterilización, aunque debe

tenerse en cuenta la actividad microbiológica dentro del producto para determinar cual es el método apropiado.

3.3.2.1.Esterilizacion.

Es un procedimiento más drástico, en el que se somete al alimento a temperaturas de entre 115 y 127 grados. Para alcanzarlas, se utilizan autoclaves o esterilizadores. El proceso se debe mantener un cierto tiempo (en algunos alimentos, hasta veinte minutos), y la temperatura afecta al valor nutricional (se pueden perder algunas vitaminas) y organoléptico de ciertos productos(RODRÍGUEZ, 2002).

Al realizar un tratamiento esterilizante hay que tener en cuenta algunos factores, como el pH del alimento y la termorresistencia de los microorganismos o las enzimas. De entre los microorganismos patógenos esporulados eventualmente presentes en los alimentos de baja acidez (pH mayor a 4,5), *Clostridium botulinum* es el más peligroso.

La esterilización UHT se basa en utilizar altas temperatura (135-150°C, durante 1 y 3 segundos). Es cada vez más utilizado, ya que su repercusión sobre el valor nutricional y organoléptico de los alimentos es menor que la esterilización convencional.

La esterilización se emplea en leche, zumos de frutas y concentrados, nata y otros muchos productos a los que alarga su vida útil como mínimo tres meses, sin que para ello se requiera refrigeración, pudiéndose prolongar entre dos a cinco años en función del tipo de alimento y el tratamiento aplicado.

3.3.2.2.Ciclos de Esterilización

Los Procesos de esterilización de alimentos varían en cuanto al tipo de envase en el que se colocan los alimentos. Debe tenerse en cuenta que un proceso de esterilización de alimentos se realiza siempre sobre el envase de uso final ya lleno.

Básicamente hay 3 procesos diferentes:

- a. De agua llena. Esto es cuando el medio de transmisión de calor hacia el producto es exclusivamente el agua calentada por sobrepresión. En este caso la cámara de trabajo se encuentra totalmente llena de agua. Este proceso es apto para esterilizar la totalidad de envases aptos para procesos de esterilización.
- b. De Spray. La cámara se encuentra llena solo por la cantidad de agua necesaria para producir un spray sobre el producto. Este proceso puede no resultar apto para productos que necesiten rotación dentro de la cámara de esterilización.
- c. De vapor. La cámara contendrá vapor como medio de transmisión de calor y no será posible una sobrepresión. Este proceso resulta útil para envases de latas o frascos herméticos de buena tapadura.
- d. Enfriamiento. En todos los casos el proceso termina con el ingreso de agua para enfriar el producto. Aquí es imprescindible un correcto control de la sobrepresión para evitar roturas y deformaciones de los envases (RODRÍGUEZ, 2002).

3.3.3.PATEURIZACION

Es un tratamiento relativamente suave (temperaturas normalmente inferiores a 100 grados), que se utiliza para prolongar la vida útil de los alimentos durante varios días, como en el caso de la leche, o incluso meses (fruta embotellada).

Este método, que conserva los alimentos por inactivación de sus enzimas y por destrucción de los microorganismos sensibles a altas temperaturas (bacterias no esporuladas, como levaduras y mohos), provoca cambios mínimos tanto en el valor nutritivo como en las características organolépticas del alimento.

La intensidad del tratamiento y el grado de prolongación de su vida útil se ven determinados principalmente por el pH. El objetivo principal de la pasteurización aplicada a alimentos de baja acidez (pH mayor a 4,5) es la destrucción de las bacterias patógenas, mientras que en los alimentos de pH inferior a 4,5 persigue la destrucción de los microorganismos causantes de su alteración y la inactivación de sus enzimas.

Aunque prolonga la vida comercial de los alimentos, la efectividad de la pasteurización es sólo relativa, pues debe ir acompañada por otros métodos de conservación, como la refrigeración.

Los tiempos y temperaturas de tratamiento varían según el producto y la técnica de pasteurización. Hay un método de temperatura alta y tiempo corto (pasteurización alta) en el que la temperatura es de 71,7 grados y el tiempo de 15 segundos; y otro de temperatura baja y tiempo largo: son 62,8 grados durante treinta minutos, de aplicación en la leche aunque pueden existir otros sistemas para derivados lácteos (AGUADO *et al.*, 1999).

3.3.3.1. Procesos de pasteurización.

La pasteurización es un proceso térmico realizado a los alimentos: los procesos térmicos se pueden realizar con la intención de disminuir las poblaciones patógenas de microorganismos o para desactivar las enzimas que modifican los sabores de ciertos alimentos. No obstante, en la pasteurización se emplean generalmente temperaturas por debajo del punto de ebullición (en cualquier tipo de alimento), ya que en la mayoría de los casos las temperaturas superiores a este valor afectan irreversiblemente ciertas características físicas y químicas del producto alimenticio; así, por ejemplo, si en la leche se sobrepasa el punto de ebullición, las micelas de la caseína se "coagulan" irreversiblemente (o dicho de otra forma, se "cuajan"). El proceso de calentamiento de la pasteurización, si se hace a bajas temperaturas, tiene además la función de detener los procesos enzimáticos. Hoy en día, la pasteurización realizada a los alimentos es un proceso industrial continuo aplicado a alimentos viscosos, con la intención de ahorrar energía y costes de producción (AGUADO *et al.*, 1999).

Existen tres tipos de procesos bien diferenciados: pasteurización VAT o lenta, pasteurización a altas temperaturas durante un breve período (HTST, High Temperature/Short Time) y el proceso a altas temperaturas (UHT, Ultra-High Temperature).

a. Proceso VAT

Fue el primer método de pasteurización, aunque la industria alimenticia lo ha ido renovando por otros sistemas más eficaces. El proceso consiste en calentar grandes volúmenes de leche en un recipiente estanco a 63 °C durante 30 minutos, para luego dejar enfriar lentamente.

Debe pasar mucho tiempo para continuar con el proceso de envasado del producto, a veces más de 24 horas.

b. Proceso HTST

Artículo principal: HTST.

Este método es el empleado en los líquidos a granel, como la leche, los zumos de fruta, la cerveza, etc. Por regla general, es el más conveniente, ya que expone al alimento a altas temperaturas durante un período breve y además se necesita poco equipamiento industrial para poder realizarlo, reduciendo de esta manera los costes de mantenimiento de equipos. Entre las desventajas del proceso está la necesidad de contar con personal altamente calificado para la realización de este trabajo, que necesita controles estrictos durante todo el proceso de producción.

Existen dos métodos distintos bajo la categoría de pasteurización HTST: en "batch" (o lotes) y en "flujo continuo". Para ambos métodos la temperatura es la misma (72 °C durante 15 segundos).

En el proceso "batch" una gran cantidad de leche se calienta en un recipiente estanco (autoclave industrial). Es un método empleado hoy en día sobre todo por los pequeños productores debido a que es un proceso más sencillo.

En el proceso de "flujo continuo", el alimento se hace circular entre dos placas de metal, también denominadas intercambiador de calor de placas o de forma tubular (PHE). Este método es el más aplicado por la industria alimentaria a gran escala, ya que permite realizar la pasteurización de grandes cantidades de alimento en relativamente poco tiempo (AGUADO *et al.*, 1999).



296

c. Proceso UHT

Artículo principal: UHT.

El proceso UHT es de flujo continuo y mantiene la leche a una temperatura superior más alta que la empleada en el proceso HTST, y puede rondar los 138 °C durante un período de al menos dos segundos. Debido a este muy breve periodo de exposición, se produce una mínima degradación del alimento.

La leche cuando se etiqueta como "pasteurizada" generalmente se ha tratado con el proceso HTST, mientras que la leche etiquetada como "ultrapasteurizada" o simplemente "UHT", se debe entender que ha sido tratada por el método UHT.

El reto tecnológico del siglo XXI es poder disminuir lo más posible el período de exposición a altas temperaturas de los alimentos, haciendo la transición de altas a bajas temperaturas lo más rápida posible, disminuyendo el impacto en la degradación de las propiedades organolépticas de los alimentos; por esta razón, se está investigando la tecnología basada en microondas, que permite este tipo de efectos (es empleado incluso en carnes). Este método es muy adecuado para los alimentos líquidos ligeramente ácidos (la acidez se mide con el pH), tal como los zumos de frutas y los zumos de verduras (como el gazpacho), ya que permite períodos de conservación de 10 a 45 días si se almacenan refrigerados a 10 °C (AGUADO *et al.*, 1999).

3.3.3.2. Pasteurización de la leche

Desde sus orígenes, la pasteurización se ha asociado con la leche. El primer investigador que sugirió este proceso para el producto lácteo fue el químico agrícola alemán Franz von Soxhlet en el año 1886, siendo Charles North quien aplicó dicho método a la leche por primera vez en el año 1907.

Los microorganismos activan sus poblaciones creciendo de forma óptima en el intervalo de temperatura de 25 °C a 37 °C. Por esta razón, durante el proceso de manufacturación y envasado de la industria láctea se evita que la temperatura de la leche esté en este intervalo después de la pasteurización. La leche es por regla general un medio ligeramente ácido con un pH menor que 7 (6,7).

La leche de vaca pasteurizada por el método HTST y que ha sido correctamente refrigerada tiene un periodo de caducidad extendido que puede llegar a dos o tres semanas, mientras que la leche ultrapasteurizada puede tener una vida extendida que oscila entre dos y tres meses.

Se puede llegar a periodos de conservación mayores (incluso sin refrigeración) cuando se combina la pasteurización UHT con la manipulación mediante tecnologías de contenedores esterilizados. Al mismo tiempo que se reducen las colonias, se eliminan también de la leche los microorganismos más termosensibles, como los coliformes, inactivándose la fosfatasa alcalina (el nivel de esta enzima define el grado de eficiencia aplicado a la pasteurización de la leche; véase test de la fosfatasa). A pesar de aplicar la pasteurización, la leche tratada sigue conteniendo actividad microbiana, por regla general bacterias lácticas

(no patógenas, aunque sí capaces de hacer fermentar la leche) y es necesaria la refrigeración (AGUADO *et al.*, 1999).

La pasteurización de la leche ha sido objeto poco a poco de una polémica creciente. Por una parte, se ha descubierto que algunos organismos patógenos han desarrollado una resistencia a la disminución de población con la temperatura, consiguiendo sobrevivir a la pasteurización en cantidades significativas. Los investigadores han desarrollado diagnósticos más sensibles, como la reacción en cadena de la polimerasa (denominada también PCR), que han permitido analizar la supervivencia de las cepas de diferentes microorganismos a la pasteurización de la leche. Se ha detectado que la pasteurización en ciertas condiciones destruye la vitamina A y la vitamina B.

3.3.3.3. Pasteurización de zumos

Según COSP & ABRIL (1999). Los zumos envasados (e incluso los néctares) se someten a dos tipos diferentes de procesos de pasteurización: por un lado existen los zumos sin procesar (crudos); por otro, los zumos ultrapasteurizados o zumos estériles.

Los productores de zumos están familiarizados con los procesos de pasteurización y con ambos métodos: el VAT o proceso "batch" (empleado en los productores de pequeño tamaño de producción) y el UHT (empleado en los productores de mayor producción). El método HTST es aceptado en la industria, ya que no produce una degeneración apreciable del sabor.

La pasteurización es muy efectiva en los zumos debido a que son medios ácidos y evitan la proliferación de microorganismos esporulados, los más resistentes a las altas temperaturas. En muchos países, como Estados Unidos, el 95% de los zumos comercializados son pasteurizados.

En algunas ocasiones se exige por parte de los organismos encargados de la vigilancia e higiene alimentaria que se le indique al consumidor que está tomando un "zumo crudo". Los zumos suelen ser tratados térmicamente por el método de pasteurización a 70 °C durante 30 minutos, pero la temperatura ideal en función del pH es en la actualidad objeto de investigación (COSP & ABRIL. 1999).

3.3.3.3.1. Microorganismos frecuentes en los zumos

Dependiendo de su origen, los zumos contienen diversos microorganismos y es necesario reducir la concentración total de sus poblaciones mediante la pasteurización.

De esta forma, se sabe que el zumo de manzana contiene de las especies *Salmonella typhimurium*, *Cryptosporidium* y *Escherichia coli*. En el zumo de naranja es habitual encontrar de las especies *Bacillus cereus*, *Salmonella typhi* y *Salmonella hartford*. En algunos zumos de verduras, como el zumo de zanahoria, existen de la especie *Clostridium botulinum* (generalmente en los zumos poco ácidos).

3.3.3.3.2. Efectos de la pasteurización en zumos

Los zumos pueden sufrir alteraciones en el color de la bebida y tienden al marrón debido al deterioro enzimático de la polifenoloxidasas. Esto obedece en parte a la presencia de oxígeno en el líquido. Por ello, a los zumos y los néctares se les suele sacar el aire antes de comenzar el

proceso de pasteurización. De la misma forma, la pérdida de vitamina C y de caroteno se ve disminuida mediante desaireación previa (COSP & ABRIL. 1999).

3.3.4.PROCESODESECADO

3.3.4.1. SECADODEALIMENTOS

Se entiende por secado de alimentos la extracción deliberada del agua que contienen, operación que se lleva a cabo en la mayoría de los casos evaporando el agua por adición de su calor latente de evaporación. Por tanto en la operación básica de secado intervienen dos factores importantes. Transmisión de calor, para suministrar el calor latente de evaporación necesario y el movimiento del agua o del vapor de agua a través del producto alimenticio y su separación del mismo.

El calor latente de vaporización es la cantidad de energía necesaria para evaporar 1 kg de agua en estado líquido y el calor latente de sublimación es la energía necesaria para evaporar 1 kg de agua en estado sólido. La energía térmica necesaria para vaporizar agua en cualquier estado se puede calcular por medio de los calores latentes.

(LARRAÑAGA, CARVALLO, RODRÍGUEZ & FERNÁNDEZ 1999).

3.3.4.2.TRANSFERENCIADECALOR ENELSECADO

La velocidad del secado está determinada por la velocidad de suministro de calor al agua a fin de proporcionarle su calor latente, pero a veces puede ser una limitante la velocidad de transferencia de masa (eliminación de agua). En el proceso de secado los tres

ecanismos de transferencias de calor tienen lugar y por lo regular siempre predomina uno (LARRAÑAGA, CARVALLO, RODRÍGUEZ & FERNÁNDEZ 1999).

3.4. TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS POR ENFRIAMIENTO.

3.4.1. CONGELACIÓN

La congelación es el proceso de preservación originado por la reducción de la temperatura por debajo de aquella en la que se comienzan a formar cristales en un material alimenticio. Como operación previa a la liofilización influye determinantemente en características tales como el color y la densidad del producto final, así mismo en la velocidad de sublimación (LARRAÑAGA, CARVALLO, RODRÍGUEZ & FERNÁNDEZ 1999).

3.4.1.1 Descripción cualitativa de la congelación de alimentos

Como en el caso de sustancias puras, en este proceso primero se verifica la eliminación del calor sensible por enfriamiento y luego se retira el calor latente durante la congelación, que es la porción energética más considerable; pueden presentarse otros efectos térmicos como el calor de disolución de sales, aunque casi siempre son muy pequeños. En los alimentos frescos debe eliminarse también el calor generado por la respiración metabólica.

Seguidamente se elimina el calor latente de congelación, lo que provoca la formación de cristales de hielo; también se retira el calor latente de otros componentes de los alimentos, como el de las grasas.

Las curvas entalpía-temperatura-composición para la congelación de alimentos demuestran que el proceso no se verifica a temperatura

precisa. Es decir, no hay un punto de congelación definido con un solo calor latente de congelación.

Si durante el proceso de congelación se registra la temperatura del alimento en su centro térmico (punto que se congela más tarde).

El proceso se discrimina en tres etapas:

- a. Precongelación, que es el período desde el inicio del enfriamiento hasta que comienza a cristalizarse el agua.
- b. Congelación, que es el período durante el cual, la temperatura del material es más o menos constante (cambio de fase) si la sustancia es pura. Antes de iniciar la congelación puede existir un ligero subenfriamiento seguido de un incremento de temperatura hasta el punto de fusión o congelación del material.

Para el caso de un alimento, que como una aproximación puede considerarse como una solución acuosa, la temperatura en la que comienzan a aparecer los primeros cristales de hielo, está siempre por debajo de la del punto de fusión del agua. Se puede presentar un sub-enfriamiento como en el primer caso, pero el cambio de fase se hace con temperatura variable, cristalizando inicialmente sólo agua pura hasta un punto en el que se comienzan a formar los cristales del "solute" (o del alimento o solución concentrada), lo que nuevamente causa un pequeño salto en la temperatura, conocido como punto eutéctico, seguido por una "meseta" de congelación (se ha dibujado horizontal, pero generalmente es curva) que finaliza en un punto generalmente difícil de determinar, en donde se considera que el producto está completamente congelado.

- c. Luego que los materiales se congelan por completo, sigue un descenso de temperatura aproximadamente lineal, causado por el retiro de calor sensible del producto sólido, fase que concluye cuando el material alcanza la temperatura del medio refrigerante o congelador utilizado para el proceso.

Si un alimento se enfriara en condiciones de equilibrio termodinámico, el agua se comenzaría a convertir en hielo a la temperatura de inicio de la congelación. El hielo puro se separaría de la solución alimenticia causando en ella su concentración en sólidos y el descenso de su temperatura (LARRAÑAGA, CARVALLO, RODRÍGUEZ & FERNÁNDEZ 1999).

El proceso continuaría hasta que se alcanzara la temperatura eutéctica. En la práctica, el proceso que más se aproxima a esta condición es el de crio-concentración endonde, mediante un alto grado de agitación del sistema, se podría decir que hay equilibrio.

En los procesos que buscan simplemente la congelación del alimento, el equilibrio de enfriamiento no se alcanza y siempre se llega a algún grado de sub-enfriamiento.

Otra desviación del equilibrio tiene su origen en la transición vítrea producida por la disminución de la movilidad molecular causada por el descenso en la temperatura; el soluto no se congela al llegar a la temperatura eutéctica, y al seguir enfriando el sistema, la solución se transforma en un sólido amorfo o vidrio.

3.4.1.2 Propiedades importantes en la congelación.

Temperatura inicial de congelación Durante la congelación del agua en un alimento, inicialmente sólo aparecen cristales de hielo puro; esto

ocurre a la temperatura de inicio de la congelación. A medida que prosigue la congelación llega un momento en el que ya comienzan a formarse cristales de soluto + agua en cierta concentración llamada eutética, asociada a la temperatura eutética ya mencionada, que es característica del alimento. Pueden existir varios puntos o temperaturas eutécticas, según la complejidad de la composición del alimento.

3.4.2. LIOFILIZACIÓN

Según COSP & ABRIL (1999). La Liofilización es un proceso de secado mediante sublimación que se ha desarrollado con el fin de reducir las pérdidas de los compuestos responsables del sabor y el aroma en los alimentos, los cuales se afectan en gran medida durante los procesos convencionales de secado.

La liofilización involucra varias etapas:

- Congelación (y acondicionamiento en algunos casos) a bajas temperaturas
- Secado por sublimación del hielo (o del solvente congelado) del producto congelado, generalmente a muy baja presión.
- Almacenamiento del producto seco en condiciones controladas.

Generalmente, al liofilizar adecuadamente un material se puede almacenar por períodos muy largos con reducciones muy bajas de sus características organolépticas, físicas, químicas y biológicas.

3.4.2.1. La congelación del material.

Cada producto debe congelarse de una manera tal que garantice que sufrirá pocas alteraciones en el proceso posterior de sublimación.

Se debe conocer con precisión:

- La temperatura en la que ocurre la máxima solidificación

- La velocidad óptima de enfriamiento
- La temperatura mínima de fusión incipiente

Se busca que el producto ya congelado tenga una estructura sólida sin intersticios en los que haya líquido concentrado para propiciar que todo el secado ocurra por sublimación. En los alimentos se pueden obtener distintas mezclas de estructuras luego de la congelación que incluyen cristales de hielo, eutécticos, mezclas de eutécticos y zonas vítreas amorfas. Estas últimas son propiciadas por la presencia de azúcares, alcoholes, cetonas, aldehídos y ácidos, así mismo como por las altas concentraciones de sólidos en el producto inicial (COSP & ABRIL.1999).

3.4.2.2 El secado por sublimación

El proceso de secado como tal puede ocurrir o no a bajas presiones pero en tales condiciones es mucho mas eficiente el proceso difusivo. El paso de hielo a vapor requiere gran cantidad de energía que suministrada en alto vacío pues la interfase de secado se mueve hacia el interior de la muestra y el calor tiene que atravesar capas congeladas (sistemas liofilizados en bandeja, sin granular) o secas (en granulados), generándose un considerable riesgo de fusión del material intersticial o quemar la superficie del producto que ya está seco.

Cuando en el proceso de liofilización se comienza el calentamiento empieza a formarse un frente de sublimación o interfase entre la capa seca y la capa congelada de la muestra el cual avanza progresivamente, y para un determinado instante, a una temperatura de interfase (T_S) le corresponde una determinada Presión de saturación (P_i).

Las tres fases que se distinguen son

Fase 1: Llamada etapa conductiva. Inicialmente, por el calentamiento de la muestra, la velocidad de sublimación crece rápidamente hasta llegar a un máximo. El tiempo para agotar esta fase es relativamente corto; en ella se lleva a cabo la mayor parte de remoción de agua del producto (entre un 75-90%), siendo el mecanismo preponderante la transferencia de calor por conducción (COSP & ABRIL.1999).

Fase 2: Primera etapa difusiva. Muestra un descenso importante de la velocidad de sublimación debido a la formación de una capa porosa de material seco que opone resistencia creciente al flujo de calor y al vapor a medida que procede el secado.

Fase 3: Segunda etapa difusiva. La velocidad de sublimación continúa decreciendo de forma que se aproxima a cero. Esto debido a que el calor necesario para retirar el agua ligada es mas alto que el calor de sublimación. Puesto que la difusividad de los aromas disminuye sensiblemente cuando la humedad es pequeña es posible en esta etapa incrementar la temperatura de calefacción y del producto hasta valores del orden de 50°C, dependiendo del material que se trate.

3.4.2.3.Almacenamiento

Los productos liofilizados y adecuadamente empacados, pueden ser guardados por largos periodos de tiempo ya que en buena medida retienen las propiedades físicas, químicas, biológicas y organolépticas de sus estados frescos. La liofilización, reduce las pérdidas de calidad debidas al deterioro por reacciones químicas, causado por degradación enzimática y no enzimática. Sin embargo, la oxidación de lípidos, inducida por los bajos niveles de humedad a los que lleva el producto durante el secado, es un problema a considerar para los productos liofilizados. Las reacciones de oxidación de lípidos se controlan,

empacando los productos liofilizados en recipientes impermeables al oxígeno.

La degradación no enzimática es evitada por la rápida transición de alto a bajo contenido de humedad. El uso de rangos bajos de temperatura también evita la desnaturalización de proteínas en los productos liofilizados. Los productos liofilizados pueden ser reconstituidos a su forma y estructura original por la adición de líquidos. La mayor desventaja del proceso de liofilización es el costo de energía y el tiempo empleado en el proceso de secado (DESROSIER N.W., (2004).

3.4.2.4. Secado Primario

El material congelado se somete a la acción del vacío produciéndose la sublimación. En esta etapa del proceso son dos los puntos críticos que deben considerarse con especial atención. En primer lugar hay que tener en cuenta un fenómeno de transferencia térmica, ya que la sublimación es un fenómeno endotérmico es necesario durante el proceso proporcionar calor a la masa congelada.

Si este calentamiento no se efectúa, se producirá un sobre enfriamiento de esta, dificultándose la sublimación. Este calor aportado es necesario para compensar el enfriamiento producido por el vapor de hielo y la temperatura de equilibrio recibe el nombre de temperatura de desecación.

La desecación se producirá desde la superficie del producto expuesta al vacío hacia abajo. El otro punto crítico a tener en cuenta lo constituye la transferencia de masa y se refiere a la eliminación del vapor de agua que

se produce en la sublimación. Si se considera que a la presión de 0.1 Torr un gramo de agua ocupa un volumen de 9.500 litros, se comprenderá la magnitud del problema que significa remover del sistema esta enorme cantidad de vapor de agua. Ambos problemas inciden en la velocidad del proceso (DESROSIER N.W., (2004).

Para que la sublimación se produzca en buenas condiciones todo el material debe estar congelado, por lo tanto al aportar calor durante el proceso es importante evitar que se funda la masa, lo que podría producir alteraciones debidas a la formación de soluciones hipertónicas y a la presencia de líquido intersticial que por acción del vacío, ebulle bruscamente con producción de abundante espuma la cual deforma la pastilla estructuralmente, fenómeno denominado "puffing" que puede llevar al deterioro del producto.

Se comprenderá entonces la importancia de conocer la temperatura hasta la cual se puede calentar el material sin que se funda, es decir la temperatura del producto no debe pasar el punto de eutexia en todo el proceso de secado primario. El peligro se presenta no a nivel de del producto desecado, enfriado instantáneamente por el vapor de hielo que lo atraviesa a través de la interfase producto del secado-hielo, si no a nivel de la zona de contacto del hielo con la placa del equipo liofilizador donde hay un intercambio constante de temperatura entre el frasco con el producto congelado y el entorno. (Dijimos que para que el fenómeno de sublimación exista debe haber un equilibrio entre el frío que se debe al vapor de hielo al producto que se esta desecando y el calor que el hielo debe entregar al vapor para que este se forme, este calor proviene de la placa del equipo de liofilización si esta no se da calor no hay sublimación, por lo tanto no es posible la desecación) El registro de la temperatura de la masa se efectúa introduciendo una sonda termométrica en el interior de uno de los recipientes con el producto a liofilizar (DESROSIER N.W., (2004).

La sublimación se llevara a cabo en mejores condiciones si la masa sublimada desde una superficie amplia y de poco espesor. De allí que la técnica de congelamiento del producto adquiriera gran relevancia.

La remoción del agua sublimada puede efectuarse por diversos procedimientos. Algunos autores han empleado bombas rotativas y de difusión para este objeto. Sin embargo los métodos más usados son el empleo de agentes desecantes químicos y el uso de condensadores.

Los desecantes químicos tienen la capacidad de combinarse con el agua o de adsorberla. El más utilizado es el pentóxido de fósforo que forma con el agua ácido metafosfórico. Se emplea en equipos de laboratorio para liofilizar pequeñas cantidades. Resulta poco económico para equipos industriales, en estos el método más frecuentemente usado para captar el vapor de agua consiste en el empleo de condensadores, sobre los cuales el vapor de agua se deposita al estado sólido.

En equipos pequeños las bajas temperaturas se pueden obtener con nitrógeno líquido ó con mezclas frigoríficas de hielo seco y alcohol. En los liofilizadores de uso industrial se emplean equipos frigoríficos de compresión mecánica. Estos funcionan expandiendo gases frigorígenos en serpentines, produciendo de esta manera el descenso de la temperatura. Las temperaturas que se alcanzan con estos equipos son de entre -60 y 70° C. Como agentes frigorígenos se emplean hidrocarburos fluorados y clorados del tipo de los freones.

Para que el vapor de agua se transfiera desde la masa que se liofiliza hasta el condensador, es necesario que la tensión de vapor de hielo del condensador sea menor que la de la masa del producto que se liofiliza. Por esta razón se debe mantener el condensador a una temperatura de alrededor de 20° C inferior al del producto (DESROSIER N.W., (2004).

3.4.2.5. Secado Secundario

La terminación del secado primario corresponde al momento en que se ha sublimado la última porción de hielo. El final de la sublimación se puede apreciar por una elevación de la temperatura del producto. Como durante el proceso, generalmente se aplica calor, la mayoría de los equipos tienen un sistema que permite fijar la temperatura y mantenerla automáticamente. Esta temperatura se establece para cada producto, dependiendo de su resistencia al calor, generalmente varía entre 30 y 50° C (DESROSIER N.W., (2004).

Finalizado el secado primario el producto contiene generalmente una cantidad apreciable de agua, esta permanece adsorbida en la superficie del mismo, la que es muy grande debido a su estructura porosa. Esta agua residual puede ser perjudicial para muchos productos que podrían deteriorarse al ser almacenados.

Es por esta razón que se efectúa el denominado secado secundario que corresponde a la desorción o liberación de gran parte del agua adsorbida.

Esta operación se realiza a temperatura constante y a alto vacío; junto con el agua se extrae el oxígeno adsorbido. La desorción es un proceso continuo e indefinido, es decir no se llega a contenidos de humedad igual a cero y no termina abruptamente como la sublimación. El secado secundario en la práctica finaliza cuando se estima que la humedad residual no afectará al producto final, asegurándole una buena conservación. Esta humedad residual se determina para cada producto. El

punto final del proceso, puede determinarse siguiendo una curva de peso del producto (método de Kart Fischer u otro confiable)

3.4.2.6. Equipos de Liofilización

un equipo de liofilización se compone, en esencia, de una cámara de desecación, un equipo de vacío, un dispositivo para retener el agua sublimada y algunos sistemas de control. (ver esquemas adjuntos) los equipos industriales son mucho más perfeccionados, pero constan de las mismas partes esenciales.

generalmente la cámara de desecación está constituida por un recipiente hermético del cual se puede evacuar el aire y obtener el grado de vacío necesario para el proceso, suele ser metálica con puertas amplias para la carga y descarga del material y con visores que permiten observar el proceso. la cámara está conectada al sistema de vacío, que en los equipos grandes, está constituido por 2 o más bombas asociadas, por lo general, una rotativa para efectuar el pre-vacío, y una de difusión para producir vacíos más elevados.

el sistema de condensación de agua funciona como ya se explicó anteriormente, con equipos refrigerados con gases frígidos. este sistema de condensación o cualquiera que se utilice, siempre de estar interpuesto entre la cámara de desecación y la bomba de vacío, para evitar que el vapor de agua extraído se introduzca en la misma (DESROSIER N.W., (2004).

3.4.3. REFRIGERACIÓN

SegunCOSP & ABRIL (1999).El refrigerador es una de las piezas de equipo en la cocina para mantener los alimentos inocuos. Estas unidades eléctricas, hoy son tan comunes, que nos olvidamos que alguna vez el refrigerador fue más que una pequeña caja con un bloque de hielo usado para suplir una fuente independiente de aire frío. Pero esto nos recuerda instantáneamente lo importante que es en nuestras vidas, cuando se va la corriente de luz o falla la unidad, poniendo la inocuidad de los alimentos en peligro.

3.4.3.1. La importancia de la refrigeración

La refrigeración detiene el crecimiento bacteriano. Las bacterias existen dondequiera en la naturaleza. Éstas están en el suelo, aire, agua y en los alimentos que comemos. Cuando estos tienen nutrientes (los alimentos), humedad y temperaturas favorables, éstas crecen rápidamente, aumentando en número hasta el punto donde otros tipos de bacterias pueden causar enfermedades. Las bacterias crecen rápidamente en un rango de temperatura entre 40 y 140 °F, (4.4 °C y 60 °C) la “Zona de Peligro”, algunas duplicándose en número en tan poco tiempo como en 20 minutos. Un refrigerador puesto a 40 °F (4.4 °C) o menos puede proteger la mayoría de los alimentos (COSP & ABRIL. 1999).

3.4.3.2. Los tipos de bacterias en alimentos refrigerados.

Existen dos tipos de familias de bacterias completamente diferentes: las bacterias patogénicas, la clase de bacterias que causan enfermedades

transmitidas por alimentos y las bacterias que deterioran los alimentos, la clase de bacteria que causa que los alimentos se deterioren y desarrollen olores, sabores y texturas desagradables.

Las bacterias patogénicas pueden crecer rápidamente en la “Zona de Peligro”, el rango de temperatura entre 40 y 140 °F (4.4 °C a 60 °C), pero que no generalmente afectan el gusto, olor ni la apariencia del alimento. En otras palabras, uno no puede decir que los patógenos están presentes.

Las bacterias que deterioran los alimentos pueden crecer a temperaturas bajas, como las del refrigerador. Eventualmente éstas causan que los alimentos desarrollen malos olores y sabores. Mucha de la gente, no escogería comer alimentos deteriorados, pero sí lo hacen, éstos probablemente no los enfermarán. Todo esto se reduce a ser cuestión de calidad versus inocuidad:

3.4.3.3. La temperatura adecuada del refrigerador

Para inocuidad, es importante verificar la temperatura del refrigerador. Los refrigeradores deben mantenerse a una temperatura de 40 °F (4.4 °C) o menos. Algunos refrigeradores tienen construido dentro de la unidad el termómetro para medir su temperatura interna. Para los refrigeradores sin esta característica, se puede mantener un termómetro para aparatos electrodomésticos para monitorear la temperatura. Esto puede ser crítico si ocurre un corte de luz. Cuando regrese la luz, si el refrigerador se ha mantenido a 40 °F (4.4 °C), los alimentos estarán inocuos. Los alimentos mantenidos sobre 40 °F (4.4 °C) por más de 2 horas no deben ser consumidos. Los termómetros de electrodomésticos están específicamente diseñados para proveer lecturas precisas a temperaturas frías. Asegúrese que las puertas de su refrigerador/congelador estén cerradas todo el tiempo. No abra la

puerta del refrigerador/congelador más de lo necesario y ciérrelas lo más pronto posible (COSP & ABRIL. 1999).

CONCLUSIONES

- Se debe distinguir la finalidad principal del tratamiento térmico, que es la destrucción de los microorganismos por el calor, como son los fines precisos de la pasteurización y la esterilización, a diferencia del escaldado y la cocción, donde la reducción de la flora microbiana es mínima.
- Las diferencias que existen en la aplicación de técnicas para el procesamiento térmico de los alimentos, se deben principalmente a la naturaleza del alimento y del envase, lo que determina la aplicación de la relación temperatura - tiempo.
- El escaldado incrementa la flexibilidad de los productos, lo que permite su manipulación, asegura al momento del envasado, reduciéndose las roturas y consiguiéndose un mejor aprovechamiento del volumen del envase.
- El tratamiento térmico debe estar enfocado a destruir las esporas de la bacteria anaerobia patógena más termorresistente, que para los productos poco ácidos es *Clostridium botulinum*.
- Si se pretende producir alimentos sin comprometer la salud pública, será necesario que para la probabilidad de supervivencia aceptada para los microorganismos patógenos sea muy baja; ya que nunca se puede garantizar la destrucción total de la flora microbiana presente en un alimento.
- Para alimentos poco ácidos se recomienda que esta probabilidad sea de 10^{-12} o mayor, con el que se consigue un 99.99 % de destrucción de los microorganismos iniciales.
- La eficiencia de un tratamiento térmico para un determinado alimento se consigue, ajustando los parámetros de forma que se consigan los resultados deseables y se minimicen los indeseables.
- El proceso de esterilización se aplica a los alimentos antes ó después de su envasado, requiriéndose en cada caso tecnologías diferentes.

RECOMENDACIONES

- Se debe tener en cuenta que para la conservación de los alimentos por enfriamiento el método de congelación es el más adecuado.
- El vapor es una de los métodos más saludables de tratar los alimentos, ya que conserva los componentes nutricionales del alimento.
- Para conservación de carnes se recomienda tratamiento térmico a altas temperaturas.
- Se recomienda utilizar el método del escaldado en frutas y verduras antes de ser consumidos.

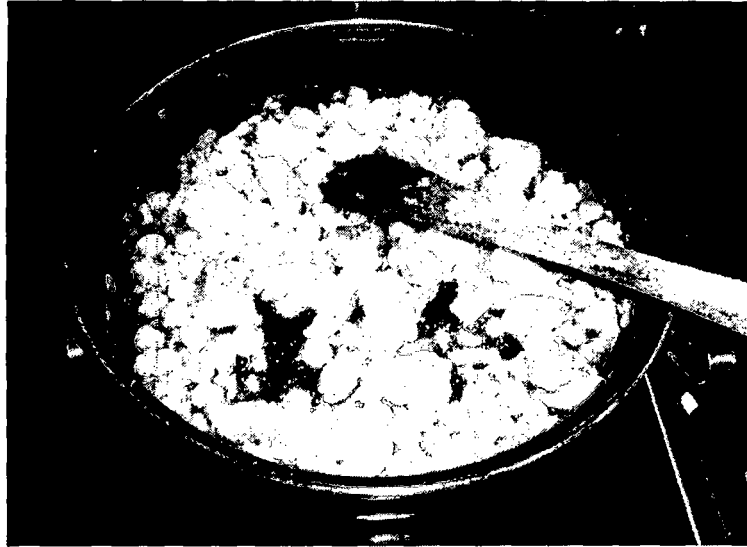
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUADO J., et al. (1999). Ingeniería de la Industria alimentaria, volumen I Conceptos básicos, Madrid, España: Editorial Síntesis S.A. Transferencia de calor, p 230.
- AGUADO J., et al. (1999). Ingeniería de la Industria alimentaria, volumen III Conservación de alimentos, Madrid, España: Editorial Síntesis.
- COSP A. & ABRIL J. (1999). Procesos de conservación de alimentos. Edit. Mundi-Prensa. Madrid – España. p. 127 – 231.
- DESROSIER N.W. (2004). Conservación de alimentos, México: Editorial CECSA, Trigésima reimpresión.
- FELLOWS P. (1994). Tecnología del proceso de los alimentos: principios y prácticas. Edit. Acribia. Zaragoza – España.
- GEANKOPLIS C. (1998). Procesos de transporte y operaciones unitarias, México: Editorial CECSA, 3era. edic.
- LARRAÑAGA I, CARVALLO J, RODRÍGUEZ M & FERNÁNDEZ J. (1999). Control e higiene de los alimentos. Edic. 1ª. Edit. McGraw Hill. Madrid -España. pp 191 -201.
- MAFART P. (1994) Ingeniería industrial alimentaria, volumen I: Procesos físicos de conservación, Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- RODRÍGUEZ (2002). Ingeniería de la industria alimentaria vol. III Operaciones de conservación de alimentos, Madrid, España: Editorial Síntesis S.A..
- SINGH P & HELDMAN D. (1998). Introducción a la ingeniería de los alimentos. Edic. 2ª. Edit Acribia. Zaragoza – España. p. 245 – 265.

ANEXOS

Anexo 1: ejemplos de transferencia de calor por cocción en los alimentos.

1. Cocción por fritura.



2. Cocción por ahumado.



Anexo 2: ejemplos de transferencia de calor por esterilización y pasteurización en los alimentos.

Esterilización

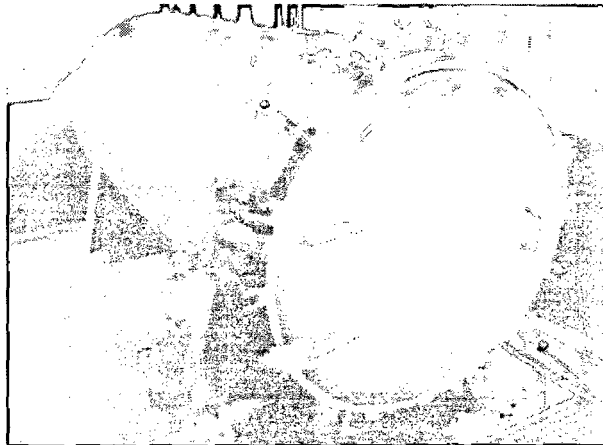


Pasteurización



Anexo 3: equipos donde se da la aplicación de transferencia de calor

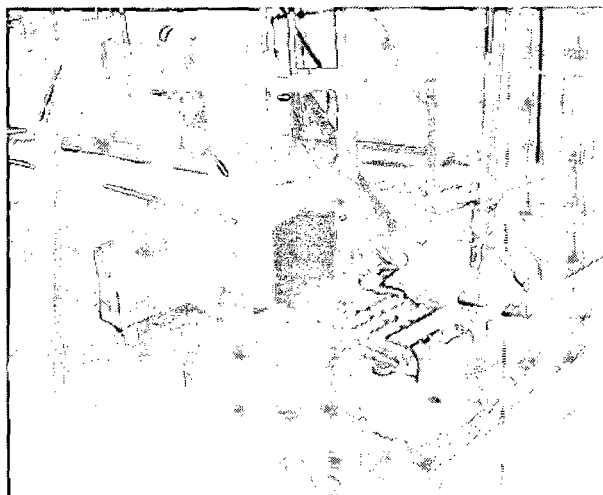
1. Autoclave



2. Marmita



3. Exhaurer



GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. Pasteurización HTST: pasteurización a altas temperaturas durante un breve período de tiempo.
2. Pasteurización UHT: proceso a altas temperaturas.
3. Termorresistentes: resistentes a altas temperaturas.
4. Energía Electromagnética: transferencia de energía en forma de ondas.
5. Flujo continuo: flujo de aire constante.
6. Esterilización UHT: se basa en utilizar altas temperaturas durante segundos.
7. Calor latente: es cuando cambia de fase de una materia.
8. Calor sensible: es cuando varía la temperatura de una materia.
9. Eutéctico: pequeño salto en la temperatura.
10. TS: temperatura de interfase.
11. Pi: Presión de saturación.
12. Valor de F: tiempo (min) requerido para lograr el grado de reducción de la población microbiana hasta el nivel deseado.
13. Valor D: tiempo de reducción decimal a la temperatura de tratamiento.