



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

EL PROCESO DE LA PASTEURIZACION
DE LA CERVEZA.

MONOGRAFIA

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a :

RAUL MENDOZA PISSI



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

CLAS TESIS 1979.
AÑO M.8.
FECHA 229
PÁG. _____
• _____



CON MUCHO CARÍÑO Y AGRADECIMIENTO
A MIS PADRES Y HERMANOS

A LA FACULTAD DE QUIMICA.

A MIS MAESTROS.

JURADO ASIGNADO

Presidente	Prof. Enrique García Galzano.
Vocal	Prof. Alfredo Echegaray Alemán.
Secretario	Prof. José Antonio Ortiz Ramírez.
1er. Suplente	Prof. Fidel Figueroa Martínez.
2º Suplente	Prof. Eduardo Bárzana García.

Sitio donde se desarrolló el tema:

Cervecería Modelo S. A.

Sustentante: Raúl Mendoza Pissi.

Asesor: Ing. José Antonio Ortiz Ramírez.

I N D I C E

INTRODUCCION.	1
CAPITULO I. CONSIDERACIONES GENERALES.	1
A. Antecedentes históricos.	1
B. Ubicación de la pasteurización en el proceso de elaboración de la cerveza.	3
CAPITULO II. LA PASTEURIZACION COMO METODO DE CONSERVACION.	7
A. Métodos de conservación de los alimentos.	7
B. Ventajas y desventajas de los métodos empleados en la estabilización de la cerveza.	10
CAPITULO III. CONSIDERACIONES MICROBIOLÓGICAS.	18
A. Curva de crecimiento de los cultivos microbianos.	18
B. Termorresistencia de los microorganismos.	21
C. Microorganismos termorresistentes en la cerveza.	27
D. Curvas de destrucción térmica.	31
E. Medidas matemáticas de la pasteurización de la cerveza.	41
CAPITULO IV. ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA TRANSMISION DE CALOR.	52
A. Métodos de producción y aplicación de calor para el tratamiento térmico de los alimentos.	52
B. Transmisión de calor en la pasteurización de la cerveza.	56

	C. Características térmicas de la pasteurización.	69
CAPITULO V.	EQUIPO PARA EL PROCESO.	73
	A. Evolución de la maquinaria para pasteurizar (tipos de pasteurizadores a través del tiempo).	73
	B. Puntos generales en pasteurizadores de tipo inmersión y aspersion.	82
CAPITULO VI.	CONTROL DEL PROCESO EN LA PRACTICA.	88
	A. Factores que afectan el proceso.	89
	B. Problemas que pueden presentarse en el proceso.	96
	C. Tratamiento de agua y limpieza de pasteurizadores.	99
BIBLIOGRAFIA.		109

INTRODUCCION

Día a día se ha hecho mayor la necesidad de conservar los alimentos principalmente por el aumento masivo de la población mundial y el desarrollo industrial, que ha conducido a un apilamiento humano en pueblos y ciudades creando una situación que requiere un suministro amplio de alimentos.

En la actualidad nuestro conocimiento de los microorganismos y su relación con el tratamiento de alimentos junto con otros conocimientos básicos relacionados, por ejemplo, con la transmisión de calor, han permitido realizar progresos en los métodos de conservación y transporte de los alimentos, resolviendo así los problemas alimenticios en regiones incapaces de cubrir sus propias necesidades y en grandes ciudades y zonas superpobladas.

De los progresos logrados, se han obtenido métodos seguros de conservación que producen alimentos estables, de calidad uniforme y que incrementan su almacenaje. Un ejemplo es la conservación de los alimentos por calefacción, donde dos son los métodos principales: Esterilización y Pasteurización.

La finalidad de este trabajo es condensar en un volumen de tamaño relativamente reducido todo lo referente al método de pasteurización de la cerveza.

El trabajo se enfoca principalmente a la pasteurización de la cerveza después de haber sido envasada, ya que es la práctica común en cervecías, aunque también se habla brevemente de otros métodos de conservación o estabilización de la misma. Por otro lado como métodos que resuelven problemas similares en la industria de alimentos enlatados son aplicables a la cerveza, se darán consideraciones que son comunes tanto para los alimentos enlatados en general, así como para la cerveza.

A lo largo del presente trabajo se dará un marco teórico que abarca las consideraciones microbiológicas y las formas de transmisión de calor. Además se describe el equipo y los controles que se llevan a cabo para el proceso.

Así pues, el contenido del trabajo comprende seis capítulos: el primero se refiere a las generalidades; en el capítulo segundo se comparan los diferentes métodos de estabilización de la cerveza; en el tercer capítulo se estudian las consideraciones microbiológicas y las medidas de destrucción térmica de los microorganismos; el capítulo cuarto indica los aspectos fundamentales de la transmisión de calor así como los principios de intercambio térmico; en el capítulo quinto se describe el equipo utilizado en el proceso de pasteurización, y por último, el capítulo sexto trata sobre los controles e instrumentación que deben chequearse constantemente para obtener una buena pasteurización del producto y prolongar la vida del equipo.

CAPITULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

A. ANTECEDENTES HISTORICOS.

El primer proceso de conservación de alimentos en recipientes cerrados por el método de calefacción, fue descubierto por Nicholas Appert, que publicó la primera descripción en 1810, pero no fue sino hasta 1895, cuando los resultados del descubrimiento de Pasteur acerca de la deterioración del vino por microorganismos, que se pudieron explicar la deterioración de los alimentos enlatados. Por esta razón, el nombre con el que se conoce mundialmente a este método es en honor a la memoria del científico francés Louis Pasteur (1822-1895), quien fue uno de los pioneros en el estudio de los fenómenos de la fermentación. Estudió la industria de la cervecía y de la destilería y pudo establecer que la fermentación se debe a un organismo microscópico (que más tarde Sedillot llamó microbio), y que a cada fermentación corresponde un microbio específico.

Fue el gran problema de la industria de vinos francesa, que sufría grandes pérdidas debido a la descomposición de los vinos, lo que atrajo la atención de Pasteur y lo impulsó a emplear calor moderadamente como un posible medio de control de levaduras salvajes e infecciones bacterianas, en aquel tiempo excesivas en las industrias francesas de vino.

La idea había sido propuesta anteriormente y se había experimentado en esa dirección por los alemanes Kircher (1657) y Scheele (1762) y el italiano Spallanzani (1765). Sin embargo, considerando que sus esfuerzos habían sido más o menos esporádicos, Pasteur fue el primero en hacer un estudio sistemático del papel que los microorganismos juegan en la descomposición de alimentos. Sus esfuerzos culminaron con magníficos logros, y sus

argumentos fueron confirmados de una manera bastante espectacular, cuando en 1868, una carga entera de vino, fue llevada alrededor del mundo sobre un buque de vela lento, la fragata "La Sibylle", sin la descomposición de ninguna botella o barril de vino tratado térmicamente.

En 1870, Pasteur aplicó el tratamiento térmico a la cerveza con gran éxito. Fue entonces rápidamente usada por cerveceras alemanas y otras europeas. Está reportado que la bien conocida cervecera Tuborg en Copenhague fue entre las primeras plantas que usó la pasteurización ya en escala industrial.

El nuevo método de conservación de la calidad de la cerveza embotellada fue rápidamente adoptado por cerveceras americanas. Pasteurizadores de tina son los que se usaban durante los años ochenta del siglo pasado. Durante esa época se pasteurizaban a una temperatura de 60°C manteniendo un tiempo de 15 min. Las partes de elevación y caída de la curva tiempo-temperatura eran despreciadas.

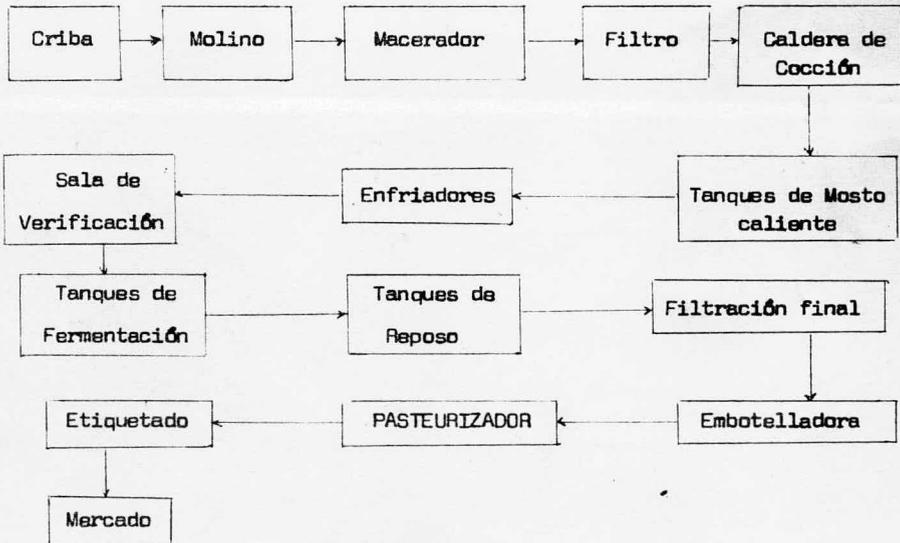
Autores más recientes indicaron que los métodos que resuelven problemas en la industria alimenticia de enlatado, se podían aplicar para la cerveza. Del Vecchio determinó una curva del tiempo de muerte térmica para organismos que producían descomposición a la cerveza, usando los términos desarrollados en la industria alimenticia.

En esa última parte del siglo 19, se usaban corchos para cerrar los recipientes y tenían que ser atados con alambre para soportar la presión. Introducciones más o menos simultáneas de corcholatas y pasteurizadores continuos en 1904, fueron desarrollos básicos en la modernización y perfección del proceso tal y como se practica en las cerveceras actualmente.

B. UBICACION DE LA PASTEURIZACION EN EL PROCESO DE ELABORACION DE LA CERVEZA.

Como se había indicado en la introducción, este trabajo se refiere a la pasteurización de la cerveza después de haber sido envasada. Así pues, para ubicar en qué parte del proceso de elaboración de la cerveza se lleva a cabo la pasteurización, y al mismo tiempo tener una somera visión del proceso de elaboración, se da a continuación el diagrama de bloque junto con las notas explicativas de cada paso seguido en el proceso de elaboración de la cerveza.

DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROCESO DE ELABORACION



Explicación del proceso:

Cribas.- El proceso de elaboración de la cerveza comienza cribándose la malta (o sea, limpiándose con cribas).

Molinos.- Después se tritura en molinos, quedando transformada en una harina tenue con algo de su propia cascarilla.

Macerador.- En seguida se mezcla con agua a temperatura y tiempos perfectamente definidos con el objeto de convertir el almidón en azúcares fermentables. Aquí mismo se añaden los adjuntos (grits y arroz) ya cocidos con el objeto de aumentar los azúcares fermentables.

Filtros.- La mezcla proveniente del macerador se filtra a fin de separar la materia soluble, que se llama mosto, del residuo o bagazo.

Calderas de Cocción.- El mosto ingresa a las calderas de cocción en las que se calienta generalmente de dos a dos horas y media, dependiendo de la cerveza que se trate, tiempo en el que se adiciona en dos o tres pequeñas proporciones el lúpulo y colorante.

Tanques de mosto caliente.- El mosto amargo o lupulado, se pasa a los tanques de mosto caliente donde permanece en reposo por un corto tiempo con el objeto de que los sólidos que contenga se asienten, y de ahí se le envía al cuarto de enfriamiento.

Enfriadores.- En este departamento, que es un recinto cerrado en el que circula aire previamente filtrado y esterilizado, se hace descender la temperatura del mosto de 70°C a 6°C, con lo cual su pureza es completa. (APV).

Sala de verificación.- Aquí se inocula la levadura que es una célula pequeñísima de forma ovalada o casi redonda, cuyo tamaño varía entre

6 y 10 milésimas de milímetro y a la vez se da la aereación necesaria para que la levadura pueda actuar en forma normal en el proceso siguiente.

Tanques de fermentación.- En estos tanques, por la acción de la levadura, los azúcares fermentables del mosto se transforman en alcohol y gas carbónico. Esto significa que la pequeña dosis de alcohol que contiene la cerveza -3.4% por peso aproximadamente- no es una sustancia extraña que se le agregue, sino que es un resultado natural de una de las etapas del proceso de elaboración.

Tanques de reposo.- Terminada la fermentación, que por lo general dura de 7 a 12 días, se lleva la cerveza a los tanques de maduración en donde permanece en reposo absoluto de 6 semanas a 3 meses, hasta que adquiere su peculiar transparencia, requisito éste que los consumidores desde la antigüedad han exigido perentoriamente.

Filtración final.- En seguida se le somete a un nuevo proceso de filtración, con lo cual queda lista para ser envasada, ya sea en botellas, en barriles o en latas.

Embotelladoras.- Las tres clases de recipientes se utilizan en México siendo desde luego el más favorecido en proporción de un 87.2% la botella contra un 2.2% que se envasa en barriles y un 10.6% en latas.

PASTEURIZADORES.- Aquí es donde se suprimen las causas de cualquiera posible alteración microbiana y es el objeto de nuestro estudio.

Por último, las botellas son etiquetadas para tener buena presentación y finalmente enviarlas al mercado.

CAPITULO II

LA PASTEURIZACION COMO METODO DE CONSERVACION

A. METODOS DE CONSERVACION DE ALIMENTOS.

La mayoría de los alimentos son fácilmente alterables por los microorganismos, a no ser que se sometan a ciertos tratamientos conservadores, los cuales prevengan o retrasen la descomposición bacteriana o la autodescomposición de los alimentos.

Los principales métodos de conservación son:

1. Asepsia, o impedir que los microorganismos lleguen al alimento.
2. Eliminación de microorganismos (filtración).
3. Mantenimiento de condiciones anaerobias, por ejemplo, en un recipiente cerrado a vacío.
4. Empleo de temperaturas altas.
5. Empleo de temperaturas bajas.
6. Deseccación, en la que se incluye la retención del agua por solutos, coloides hidrófilos, etc.
7. Empleo de conservadores químicos, que pueden ser producidos por microorganismos o adicionados al alimento.
8. Irradiación.
9. Destrucción mecánica de microorganismos: por trituración, presiones grandes, etc. (no empleado industrialmente).
10. Combinación de dos o más métodos de los citados. En contadas ocasiones es efectivo el empleo de un solo método, y habitualmente se combinan varios.

De los métodos enunciados, la pasteurización entra en el de con-

servación por empleo de temperaturas altas. Pero cabe aclarar que en la conservación de la cerveza se emplean la combinación de varios métodos, y así necesitar una intensidad menor de cada uno de ellos que si se empleasen aislados.

Así pues, en la industria cervecera se deben mantener condiciones de asepsia; llevar a cabo filtraciones; evitar altos contenidos de aire dentro de los envases; etc., y por último llevar a efecto la pasteurización.

1. Conservación mediante el empleo de temperaturas altas.

Se supone que la destrucción de los microorganismos por el calor se debe a la coagulación de sus proteínas y especialmente a la inactivación de las enzimas necesarias para su metabolismo. El tratamiento calórico necesario para destruir los microorganismos o sus esporas varía con la clase de organismo, su estado y las condiciones ambientales. Según el tratamiento térmico empleado se destruirán todas las células vegetativas o sólo una parte de ellas, todas las esporas bacterianas o sólo una parte. El tratamiento térmico elegido depende de la clase de microorganismos que van a destruirse, de otros métodos de conservación que vayan a emplearse y de los efectos del calor sobre el alimento. Algunos alimentos, como la leche y la cerveza, sólo pueden calentarse hasta cierto límite, pues más allá de éste se producen cambios en su aspecto, pérdida de sabor, valor alimenticio, mientras que otros, como el maíz y calabazas, se pueden someter a temperaturas más elevadas sin cambios manifiestos.

Dos son los métodos principales para la conservación de los alimentos por calefacción: la esterilización y la pasteurización. Sin embargo, hay tres diferentes grados de calentamiento usados: 1) pasteurización,

2) calentamiento alrededor de los 100°C; y 3) calentamiento por encima de los 100°C. Cuanto mayor sea el tratamiento térmico, tanto mayor número de gérmenes se destruirán hasta llegar al calentamiento que ocasiona la esterilidad del producto. Aunque la esterilidad absoluta se logra raras veces en los procesos industriales de este tipo, también es cierto que tampoco es necesaria. Lo que se precisa es: a) que el alimento quede exento de organismos patógenos, y b) que tenga una vida de almacenamiento aceptable. Lo que se conoce por "esterilización comercial" es un proceso de calefacción diseñado para eliminar todas las esporas y microorganismos que, de estar presentes, serían capaces de crecer en el producto alimenticio en condiciones definidas de almacenamiento. La pasteurización es un proceso de tratamiento térmico diseñado para matar todos los organismos patógenos y algunos, no necesariamente todos, los microorganismos que podrían deteriorar el alimento si estuvieran presentes al crecer en condiciones de almacenamiento de finidas. La esterilización y la pasteurización difieren, por tanto, en el grado en que destruyen los microorganismos viables.

2. Pasteurización.

La pasteurización es el proceso de someter productos de fácil descomposición tales como la cerveza, a un grado de calor suficiente para destruir la vida microbiana, o por lo menos, inactivarla, pero generalmente no tan intenso que pueda producir esterilidad o dañar la calidad del producto. Tiene como cometido principal la destrucción de organismos vegetativos, levaduras y esporas de hongos, mientras que la esterilización tiene por objetivo principal la destrucción de bacterias esporuladas (productoras de esporas).

El proceso de pasteurización se realiza muy por debajo de los

100°C. El calentamiento se verifica por medio de vapor, agua caliente, calor seco o corrientes eléctricas. Se emplea la pasteurización: 1) Cuando tratamientos más elevados dañarían la calidad del producto, como en la cerveza; 2) cuando uno de los fines perseguidos es la destrucción de los gérmenes patógenos, como en la leche; 3) cuando los agentes de alteración más importantes no son muy resistentes a la temperatura (termorresistentes), como la levadura de la cerveza; 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 beneficiosa que generalmente se realiza por la adición de algunas enzimas o cultivos iniciadores, como en la elaboración del queso.

B. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS METODOS EMPLEADOS EN LA ESTERILIZACION DE LA CERVEZA.

La meta de un cervecero es darle al consumidor una cerveza envasada que tenga un sabor fresco de igual calidad que la cerveza recién salida del barril. En la práctica este meta se logra por muchos medios debido a la tecnología del envasado de la cerveza en grandes cantidades dentro de las botellas ó latas. Al mismo tiempo se tiene la necesidad de proporcionar estabilidad microbiológica en la cerveza envasada a un costo razonable. Se considerará un balance de ventajas y desventajas de las alternativas para estabilizar la cerveza que están en uso comercial actual.

En el esfuerzo para obtener estabilidad biológica y mantener la calidad de sabor de la cerveza de barril, el cervecero ha desarrollado algunas alternativas a la práctica tradicional de la Pasteurización Túnel. Debido a que el calor afecta el sabor y la estabilidad del mismo, se desarro-

lló el proceso de Pasteurización Flash. En este proceso el efecto del calor se minimiza debido a un tiempo corto de exposición a alta temperatura, pero aún así no se ha eliminado totalmente.

Para eliminar todo contacto con el calor y tener realmente cerveza de barril embotellada, se desarrolló el proceso de Filtración Estéril. Este proceso hace uso de hojas o membranas de suficiente baja porosidad para no dejar pasar los organismos contaminantes.

Otro proceso como alternativa puede ser la Refrigeración del producto expuesto a contaminación desde su almacenaje, luego a través del trabajo de distribución hasta llegar al consumidor. No se conoce de algún cervecero que use este sistema totalmente, pero sí de alguno que lo lleva a cabo pero antes usando filtración estéril.

En contraste a todos estos métodos se ha desarrollado un estabilizador biológico exitosamente en la forma de un aditivo alimenticio para cerveza. Por más de 10 años, heptilparaben o heptil-p-hidroxibenzoato (Stay pro WS-7) ha estado en uso por cerveceros.

No ha habido difusión del uso del heptilparaben dentro de la industria cervecera debido a que su uso causa algunas deficiencias en ciertas propiedades de la cerveza. Las propiedades que se afectan adversamente, son la vida de la espuma, el tiempo de retención de la espuma y desarrollo de turbiedad. El alcance de los efectos adversos depende de la composición y la fisicoquímica de la cerveza en particular. Estas deficiencias pueden vencerse, en parte, por el uso de propilen glicol alginato. Ya que el heptilparaben es de superficie activa, puede ser absorbido-adsorbido en algunos revestimientos de latas y revestimientos plásticos de las corcholatas, particularmente si las botellas coronadas son puestas sobre sus lados. Al cabo del tiempo se reduce la concentración del estabilizador resultando un

peligro de contaminación biológica.

Ya que hay ventajas y desventajas inherentes en todos los métodos mencionados, estas se mencionarán y discutirán las sobresalientes:

1. Pasteurización Túnel (la más común).

Ventajas:

- a) El proceso usando calor tiene una larga historia, usándose con éxito para la cerveza y otras sustancias.
- b) No hay manifestaciones futuras en la presentación final del envase.
- c) No existe un efecto inmediato sobre las propiedades de la cerveza, incluyendo sabor.
- d) Las temperaturas de la cerveza ya afuera del pasteurizador son generalmente lo suficientemente altas para evitar un envase lloroso.

Desventajas:

- a) El uso de calor inicia una más rápida deterioración en la calidad del sabor al paso del tiempo.
- b) El equipo es costoso y su tamaño requiere un volumen significativo de construcción y un gran espacio libre.
- c) El proceso usa grandes cantidades de vapor y agua. Esto refleja serios costos en el presente y para el futuro y serias consideraciones en cuanto a conservación ambiental.
- d) Las latas metálicas requieren más metal para proporcionarles fuerza para soportar las presiones del CO_2 producidas por las temperaturas usadas.

2. Pasteurización Flash.

Ventajas:

- a) Hay algunas reducciones en cuanto costo de equipo y espacio construido requerido en comparación a la pasteurización túnel.
- b) La rapidez de la deterioración del sabor con el tiempo es algo reducida ya que hay un más bajo impacto tiempo-temperatura sobre el producto.
- c) Se pueden usar latas de más bajo costo ya que se requiere menos metal para las presiones bajas en envases fríos.
- d) No hay manifestaciones futuras en el etiquetado final.

Desventajas:

- a) El llenado-cerrado de los envases requiere de una forma aséptica de operación. Debido a que sólo la cerveza ha sido pasteurizada, la recontaminación al llenarse los envases es altamente probable.
- b) Hay también algunas dudas acerca de la efectividad del tratamiento térmico dentro del intercambiador. Puede no haber siempre un 100% en el efecto letal.
- c) Ya que la cerveza es envasada a baja temperatura, puede resultar que los envases salgan llorosos con peligro de no etiquetar bien y dañar los empaques (cartón).
- d) Como la cerveza se eleva a altas temperaturas y se enfría a contracorriente, grandes pérdidas de energía son inevitables, con ello, costos adicionales.
- e) Personal altamente calificado es requerido para operar el equipo, mantener el aspecto aséptico y el control de calidad microbiológico para lograr estabilidad biológica comercial.

3. Filtración estéril.

Ventajas:

- a) Ya que el equipo es bastante compacto es posible montarlo cerca de la llenadora-cerradora. Se puede entonces tener un equipo de envasado en la planta bastante reducido.
- b) El producto no siendo calentado, puede decirse que es cerveza de barril embotellada.
- c) Pueden usarse latas ligeras.
- d) Debido a que el calentamiento ha sido eliminado, puede resultar mejor estabilidad en el sabor.

Desventajas:

- a) La filtrabilidad de la cerveza es una de las más importantes propiedades de la cerveza que dicta el flujo por la hoja o membrana. Ya que la cerveza es una solución coloidal que también tiene proteínas y otras micelas en suspensión, hay baja filtrabilidad cuando las hojas llegan a estar fácilmente obstruidas. El costo de las hojas o membranas es significativo cuando el flujo es bajo.
- b) Personal bien entrenado se requiere para montar los filtros y hacerles las pruebas por fugas.
- c) Si la filtrabilidad es demasiado baja, prefiltros con membranas de mayor porosidad se pueden usar en una serie de filtros sucesivamente montados. Por lo que los costos se incrementan.
- d) La operación aséptica también se requiere para las llenadoras-cerradoras pues la recontaminación es siempre probable.

- e) Los materiales de que estén hechas las membranas deben reunir ciertas características.
- f) Para los envases que lloran puede requerirse de calor adicional pues pueden causar daño a los empaques.

4. Refrigeración Continua:

Ventajas:

- a) Cuando se lleva a cabo de una manera completa, el proceso prevendrá de desarrollo microbiológico.
- b) Las bajas temperaturas de almacenaje mantendrán significativamente el sabor fresco de una cerveza de barril.
- c) El producto puede ser anunciado como una cerveza de barril.
- d) Latas ligeras se pueden usar.
- e) Es posible equipo de envasado en la planta bastante reducido.
- f) No se presentan aspectos marcados en el envase etiquetado.

Desventajas:

- a) Los costos para aislar el edificio, equipo de refrigeración y camiones de refrigeración aislados, son altos. Las pérdidas de refrigeración al pasar de un camión a los almacenes o viceversa, pueden ser considerables.
- b) El producto lloroso durante la entrega puede causar daños, necesitando volver a empacar a mano con sus respectivos costos.
- c) Se requiere que el consumidor mantenga el producto almacenado bajo refrigeración. Las quejas de los consumidores serían más altas.
- d) Grandes monitores serían necesarios para asegurar una refrigeración

adecuada para proteger el producto.

5. Adición Directa de un Estabilizador (heptilparaben).

Ventajas:

- a) El estabilizador se añade a la cerveza en el proceso después de la filtración final pero antes de bombearla al embotellado. No se necesita equipo adicional en la planta de embotellado, el cual permite menos equipo en cada línea de la planta embotelladora.
- b) La cerveza está protegida a través del envasado, así que no necesita operaciones de asepsia. Limpieza normal de las llenadoras-secadoras con agua caliente una o dos veces por semana las protegen contra el desarrollo de microbios debido a contaminación en las llenadoras-coronadoras.
- c) Un costo moderado se requiere para introducir un sistema digital, el que incluye un analizador.
- d) Latas ligeras se pueden usar.
- e) La cantidad de electricidad, vapor y agua u otros, es sólo nominal así que los costos en esta área son bastante bajos.
- f) El producto puede ser ~~anunciado~~ como cerveza de barril.

Desventajas:

- a) Se requieren calentadores para ciertos envases para evitar que salgan llorosos.
- b) Probablemente se requeriría que apareciera en la etiqueta una indicación: "heptilparaben" "para mantener el sabor".
- c) Con heptilparaben existen algunas deficiencias en la vida de la espuma, el tiempo de retención de la espuma y turbiedad, dependiendo de la

composición del producto. El uso de propilen glicol alginato compensará grandemente, sin embargo, hay un costo adicional. el P.H.M.B. (poli hexametilén biguanide, hidroclorado) no tiene ese problema.

- d) La solubilidad limitada en agua y cerveza del heptilparaben requiere atención en su uso, e introduciendo P.H.M.B. no se tiene ese problema.

Al parecer, el uso de un estabilizador biológico como un aditivo directo tiene ventajas sobre las otras cuatro alternativas. Es el más fácilmente controlado (introduciéndolo con precisión) y protege el producto desde el punto de adición pasando por el envasado y por último al consumidor. Los costos son más bajos que las otras técnicas. Debido a que el potencial para este método era considerablemente alto, continuos estudios se llevaron a cabo para encontrar un estabilizador el cual eliminaría las deficiencias que causaba el heptilparaben en la cerveza. Se encontró un nuevo material. Es el P.H.M.B.

Las propiedades de este nuevo estabilizador son tales que proporciona la mejor solución aprovechable para el problema de la estabilización de la cerveza.

Pero hay que recordar que siendo éste un producto nuevo se tiene que hacer un estudio meticoloso para introducirlo como estabilizador biológico en una cerveza específica.

Por lo pronto, en una planta cervecera ya instalada donde se tienen todos los medios para proporcionar la energía requerida, la Pasteurización Tónel es la que mayores ventajas tiene sobre los otros métodos (no olvidando que puede ser desplazada por el método de adición de un aditivo en el futuro, dependiendo de las condiciones que prevalezcan).

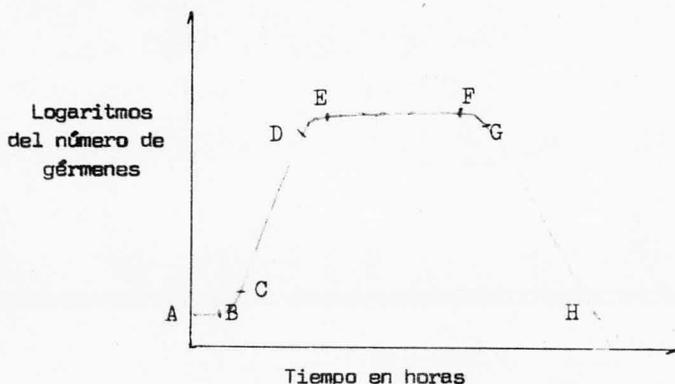
CAPITULO III

CONSIDERACIONES MICROBIOLÓGICAS

Como ya hemos dicho, la pasteurización de un producto tiene como principal objetivo el de destruir la vida microbiana, o por lo menos, inactivarla para evitar su acción. Así pues, para llevar a cabo una buena pasteurización es necesario conocer algunas características que presentan los microorganismos tales como: la curva de crecimiento de sus cultivos; su termorresistencia y las curvas de destrucción térmica de microorganismos que más afectan en la descomposición del producto. Conociendo esas características podemos dar el tratamiento térmico adecuado.

A. CURVA DE CRECIMIENTO DE LOS CULTIVOS MICROBIANOS.

Cuando los microorganismos llegan a los alimentos, si las condiciones son favorables, inician su multiplicación y crecimiento, que pasa por una serie de fases sucesivas. Si se realizan cuentas microbianas periódicas y los resultados expresados como logaritmo del número de microorganismos por mililitro se representan gráficamente en ordenadas y las unidades de tiempo en abscisas, se obtiene una Curva de Crecimiento semejante a la representada en la figura.



Como puede apreciarse, 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 o constante; 4) Fase de Aceleración Negativa (de D a E), en la que disminuye el ritmo de multiplicación; 5) Fase Máxima Estacionaria (de E a F), en la que el número permanece constante; 6) Fase de Destrucción Acelerada (de F a G); y 7) Fase de Destrucción Final o Fase de Declive, durante la cual el número de gérmenes decrece a ritmo constante. Sucede con muchas bacterias (u otros microorganismos) que el número no desciende desde un nivel determinado hasta cero, como indica la línea continua de la figura, sino que disminuye paulatinamente cuando se ha alcanzado un nivel bastante bajo, como indica la línea de puntos, y durante algún tiempo se conserva cierto número de células viables.

Aplicación en la conservación de alimentos.

Es de un interés extraordinario en la conservación de los alimentos, que es lo mismo que evitar su alteración, el prolongar al máximo las fases de latencia y de aceleración positiva, a menudo encuadradas bajo la denominación común de fase de Latencia. Esto puede lograrse de diferentes modos: 1) Procurando que llegue al alimento el menor número posible de microorganismos, es decir, reduciendo el grado de contaminación, pues cuanto menor es el número de organismos tanto mayor es la fase de latencia. 2) Evitando la contaminación por gérmenes en crecimiento activo (en fase logarítmica). Tales microorganismos suelen estar presentes en recipientes, maquinaria o utensilios sucios con los que entran en contacto los alimentos. 3) Creando condiciones ambientales desfavorables para los gérmenes: alimen

to, humedad, temperatura, pH o potencial O-R (Oxido-reducción) desfavorables, o presencia de inhibidores microbianos. Cuanto mayor sea el número de condiciones desfavorables tanto más tardará en iniciarse el crecimiento. 4) Por acción directa sobre los microorganismos de ciertos tratamientos como calor e irradiaciones. Se ha visto, por ejemplo, que las bacterias o sus esporas sometidas a tratamientos térmicos subletales, requieren mejores medios de cultivo para desarrollarse que los microorganismos que no lo son. Con frecuencia es suficiente el empleo de una combinación de estos métodos para prolongar la conservación de un alimento durante el tiempo deseado.

A partir de la curva de crecimiento puede calcularse el tiempo de generación de los microorganismos, es decir, el período de tiempo transcurrido entre la formación de la célula hija y su división en dos nuevas células. El tiempo de generación más corto es el de la fase de crecimiento logarítmico, y su duración variará con una serie de condiciones ambientales tales como tipo de alimento, pH del mismo, temperatura, potencial de óxido-reducción, humedad disponible y presencia de inhibidores. El tiempo de generación se acorta cuando las condiciones se hacen más favorables y se alarga a medida que se hacen menos favorables. Cualquier cambio en las condiciones ambientales que prolongue el tiempo de generación alargará más que proporcionalmente el período de conservación del alimento. Por ejemplo, un descenso brusco en la temperatura prolongará el tiempo de generación y por lo tanto el período de conservación. Si se considera una sola célula que se divide cada 30 minutos se originarán alrededor de un millón en 10 horas, 1,000 si el tiempo de generación es de 60 minutos y únicamente 32 si es de 120 minutos. Esto resalta la importancia de evitar la contaminación en los alimentos con microorganismos en fase logarítmica, cuando menor es su tiempo de generación, porque la fase de latencia será breve y su velocidad de multiplicación máxima.

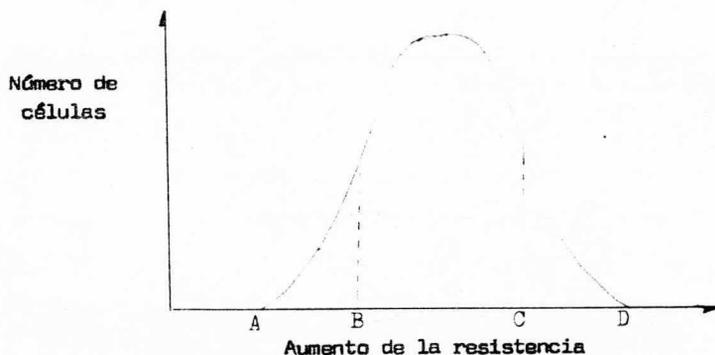
Prevención de la descomposición microbiana.

Se evita la descomposición de los alimentos cuando se destruyen (o se separan) todos los microorganismos causantes de alteración y se impide una nueva contaminación. En cambio, no se evita necesariamente la descomposición limitándose a detener la multiplicación de microorganismos, por que pueden continuar activos algunos organismos viables o sus enzimas. Como indicaremos más adelante, la destrucción de los microorganismos por casi todos los métodos es más fácil cuando el número inicial de los mismos es pequeño que cuando es grande, lo que resalta nuevamente la importancia del grado de contaminación. Es especialmente importante la introducción o aparición posterior de formas marcadamente resistentes al agente destructor usado, de esporas bacterianas termorresistentes cuando se usa el tratamiento por el calor para conservar los alimentos, o de organismos resistentes a la irradiación si se aplican radiaciones iónicas. Las formas vegetativas en fase de crecimiento logarítmico son menos resistentes a los agentes destructores; la máxima resistencia la presentan cuando se encuentran en los últimos períodos de la fase de latencia o en la fase máxima estacionaria.

B. TERMORRESISTENCIA DE LOS MICROORGANISMOS.

Los microorganismos y sus esporas difieren muchísimo en su resistencia a altas temperaturas. Algunas de estas diferencias son el resultado de factores que pueden controlarse; otras, sin embargo, son propias de los microorganismos y no siempre pueden ser explicadas. Según indica la curva de frecuencias de la figura siguiente, existen diferencias en la termorresistencia dentro de una población de formas vegetativas o esporuladas. Unas pocas presentan escasa resistencia (puntos A-B); la mayoría tienen una resistencia media (puntos B-C), y otro pequeño número son altamente resistan-

tes (puntos C-D). Diferentes condiciones de crecimiento pueden favorecer a alguno de estos grupos y se pueden originar por selección cultivos cuya termorresistencia sea mayor o menor que la corriente.



Curva de distribución de frecuencias en las que se aprecia la termorresistencia de los gérmenes de un cultivo.

Se sabe que ciertos factores afectan la termorresistencia de las formas vegetativas o esporuladas, lo que debe tenerse presente al comparar microorganismos y al examinar los tratamientos térmicos que los destruyen.

Los más importantes de dichos factores son:

1. Las relaciones de temperatura y tiempo. El tiempo necesario para destruir células o esporas bajo condiciones definidas disminuye al aumentar la temperatura. Los resultados de Bigelow y Esty con 115,000 esporas por mililitro de cultivo de las bacterias de la fermentación en jugo de maíz a pH 6.1, confirman lo dicho en el párrafo anterior, como puede verse en la siguiente tabla. Se hubieran obtenido resultados análogos calentando células vegetativas a diferentes temperaturas letales.

Efecto de la temperatura de calentamiento sobre el tiempo necesario para destruir las esporas de bacterias de la fermentación simple.

Temperatura (°C)	Tiempo para destruir las esporas (min)
100	1,200
105	600
110	190
115	70
120	19
125	7
130	3
135	1

2. Concentración inicial de esporas (o células). Cuanto mayor es el número de esporas o bacterias presentes, tanto más intenso es el tratamiento térmico necesario para destruirlas. En la tabla siguiente se señalan los resultados obtenidos por Esty y Bigelow al calentar a 120°C las esporas de un germen termófilo procedente de un alimento enlatado en malas condiciones, cultivado en jugo de maíz a pH 6.0.

Efecto de la cantidad inicial de esporas sobre el tiempo necesario para su destrucción.

Concentración inicial de esporas (Cantidad/ml)	Tiempo necesario para destruirlas (min)
50,000	14
5,000	10
500	9
50	8

3. Condiciones previas de las bacterias y esporas. Las condiciones en que las bacterias crecieron y las esporas se produjeron, así como el tratamiento posterior, influirán en su resistencia al calor.

a) Medio de cultivo. El medio en que tiene lugar el crecimiento es especialmente importante. La acción de los nutrimentos del medio, su tipo y cantidad, varían para los distintos microorganismos, pero, en general, cuando más complejo es el medio de cultivo para el desarrollo bacteriano tan to más resistentes serán las bacterias o esporas que en él crezcan. La presencia de cantidades adecuadas de factores accesorios del crecimiento favorece generalmente la producción de células o esporas termorresistentes. Una pequeña cantidad de glucosa en el medio puede determinar un aumento en la termorresistencia, pero cantidades mayores determinan la formación de ácido en cantidad suficiente para disminuir la termorresistencia. La acción prolongada a productos metabólicos disminuye la resistencia de bacterias y esporas.

b) Temperatura de incubación. La temperatura de crecimiento de las bacterias y la de producción de esporas influye en su termorresistencia. En general, la resistencia aumenta al elevarse la temperatura de incubación aproximadamente a la óptima del microorganismo y en muchos gérmenes sigue aumentando hasta que la temperatura se aproxime a la máxima de crecimiento.

c) Fase de crecimiento o edad. La termorresistencia de las formas vegetativas varía con el estado de crecimiento y la de las esporas con su edad. Las bacterias presentan la máxima resistencia durante las últimas etapas de la fase de latencia, aunque es casi la misma durante su fase máxima estacionaria, seguida por una disminución de la resistencia. Las bacterias presentan la mínima resistencia durante la fase de crecimiento logarítmico. Las esporas muy jóvenes (inmaduras) son menos resistentes que las ma

duras. Ciertas esporas ganan en resistencia durante las primeras semanas de almacenamiento; después, aquélla comienza a decrecer.

d) Desecación. Las esporas desecadas de algunas bacterias son más difíciles de destruir por el calor que las húmedas, pero esto no ocurre con todas las esporas bacterianas.

4. Composición del sustrato en que se calientan las bacterias o esporas. El material en que se calientan las esporas o bacterias es de tal importancia que aún está por determinar si tiene alguna significación el tiempo de destrucción térmica.

a) Humedad. El calor húmedo es un agente bactericida más potente que el seco; de donde se deduce que los productos secos necesitan más calor para su esterilización que los húmedos. El material ordinario de los laboratorios bacteriológicos se esteriliza perfectamente sometiéndolo en el autoclave durante 20 a 30 minutos al calor húmedo a 120°C, pero si se emplea el calor seco del horno se necesitan 4 horas a 160-180°C.

b) Concentración de hidrogeniones (pH). En general, tanto las bacterias como sus esporas son más resistentes al calor cuando están en un 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. En la siguiente tabla se exponen los resultados obtenidos por D.W. Williams al calentar las esporas de *Bacillus subtilis* a 100°C en soluciones de fosfato 1/15 molares ajustadas a distintos valores de pH.

pH	Tiempo de supervivencia (min)
4.4	2
5.6	7
6.8	11
7.6	11
8.4	9

Cameron ha dividido los alimentos envasados en alimentos ácidos cuyo pH es inferior a 4.5, y alimentos de acidez baja cuyo pH es superior a 4.5. El sugiere una subdivisión en:

- 1) Alimentos de acidez baja, con un pH superior a 5.3, donde la esterilización es necesaria, aclarando que sólo se lleva a cabo si no afecta la calidad del producto.
- 2) Alimentos de acidez media, cuyo pH comprende entre 5.3 y 4.5. A pH de 4.5 se inhiben los microorganismos que envenenan los alimentos como es el caso del *Clostridium botulinum*.
- 3) Alimentos ácidos, con un pH entre 4.5 y 3.7, donde la pasteurización es adecuada. Este es el caso de la cerveza que tiene un pH aproximado de 4.5.
- 4) Alimentos muy ácidos, con un pH de 3.7 o menor, estos alimentos se auto-preservan, aunque puede llegar a ser necesario cierto tratamiento térmico suave a fin de inactivar las enzimas deteriorantes.

El tratamiento requerido durante el enlatado de los alimentos aumentará al hacerlo su pH y el tipo más frecuente de alteración de estos alimentos variará con el grupo a que según pertenezca su pH.

El efecto del pH del sustrato se complica porque al calentar a

temperaturas altas se ocasiona una disminución del pH de los alimentos de acidez baja y media; cuanto mayor es el pH original, tanto más grande es la caída del pH causada por el calentamiento. Los alimentos cuyo pH es menor de 5.5 - 5.8, varían poco en acidez como resultado del 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 9.0.

c) Otros constituyentes del sustrato. El cloruro de sodio como el azúcar protegen algunos organismos o esporas, pero no a otros. Pero una vez sobrepasado el óptimo tolerado por el microorganismo se aumenta el efecto destructor del calor.

La presencia en el sustrato de sustancias antisépticas o germicidas ayuda a la acción destructora del calor.

C. MICROORGANISMOS TERMORRESISTENTES EN LA CERVEZA.

El objeto primordial de la pasteurización es inactivar levaduras y en ocasiones bacterias no patógenas, las cuales pueden estar presentes, y así destruir su habilidad de propagación. En otras palabras, la finalidad es prevenir el caso de cualquier "fermentación posterior" debida a levaduras salvajes o normales o el desarrollo de una infección bacteriana y como resultado turbidez. Se acepta generalmente que esta meta se logra a una temperatura de pasteurización de 140°F y bajo estas condiciones todas las levaduras y organismos que producen descomposición en la cerveza son activados o muertos. Debe recordarse que un filtrado a la cerveza terminada la está prácticamente liberando de cualquier organismo, así que la pasteurización constituye un tratamiento severo aún en las mejores condiciones.

Del número de microorganismos que entran en la elaboración de cerveza por aire u otros medios, afortunadamente sólo algunos pueden crecer

en la cerveza. Primero que todo podemos excluir los numerosos tipos de mohos. Sin embargo, las levaduras salvajes son termorresistentes y son responsables de la turbidez de algunas cervezas y el desarrollo de sabores desagradables. Las principales especies incluyen *Saccharomyces pastorianus* y *Saccharomyces ellipsoideus*. Gracias al cultivo puro de levaduras, métodos avanzados de manejo de levaduras y el alto estándar de sanidad en la elaboración de cerveza y su manejo, las levaduras salvajes ya no constituyen un problema en la actualidad. La única excepción puede ser el tipo de películas formadas, especialmente de *Mycoderma*, pero generalmente éstas no son de gran importancia debido a su necesidad por el oxígeno.

Las bacterias son los microorganismos más peligrosos en las cervecías. Las más temidas son las bacterias de ácido láctico, ambas de forma de bastón, especies de *Lactobacillus* y el *Pediococci*, los cuales causan turbidez y sabor desagradable por producir ácido láctico y diacetilo. Bacterias del ácido acético, pertenecientes a las especies de *Acetobacterias* ocasionalmente causan acidez en cervezas con fermentaciones de levadura flojante, pero las oportunidades de su desarrollo son mínimas en cervecías correctamente operadas con fermentaciones de levaduras floculantes.

Para averiguar justamente qué temperatura y tiempos son necesarios para dar la más común inactivación de los organismos que producen descomposición en la cerveza, numerosos investigadores han hecho experimentos para establecer los puntos de muerte térmica de estos organismos. Publicaciones encontradas sobre los puntos de muerte térmica de levaduras y bacterias como las obtenidas por Lund están señaladas más adelante. La cerveza empleada fue de la fermentación de levadura floculante y tuvo un extracto original de cerca del 10% Plato, un contenido de alcohol de 3.2% en peso y un pH de 4.4, 10 ml fueron introducidos dentro de botellas estériles de 15

ml. Las botellas frías fueron calentadas en un baño de agua, el tiempo para alcanzar la temperatura deseada fue de 10-15 minutos. Fueron mantenidas a esa temperatura durante 15 minutos, y enfriadas luego a la temperatura del cuarto. Los resultados obtenidos por este método con varios microorganismos pueden ser establecidos como sigue:

. Puntos de muerte térmica de los microorganismos en la cerveza.

Levaduras inactivadas a 50°C (122°F).

Saccharomyces cerevisiae. Cultivo de levadura flotante. (Cerveza tipo Ale). Las células jóvenes son redondas, ovaladas u ovoides. De 3 a 7 x 4 a 14 micras (U). Los límites de temperatura para la formación celular son 3°C y 40°C (37.4° y 104°F). Temperatura óptima para la formación de esporas es 30°C (86°F).

Saccharomyces carlsbergensis. Cultivo de levaduras floculantes. (Cerveza tipo Lager. Consumo en todo el país). Las células jóvenes son ovaladas u ovoides, de 3 a 5 x 7 a 10 U.

Saccharomyces pastorianus. Levadura salvaje. Las células son ovaladas o alongadas, 3 a 7 x 4 a 15 U. Los límites de temperatura para la formación de células son 0.5°C y 34°C. Los límites de temperatura para la formación de esporas son 0.5°C a 4°C, y 29.5°C a 31.5°C. Esta es una levadura salvaje peligrosa que imparte a la cerveza un desagradable sabor agrio y un olor indeseable; puede también producir turbidez.

Hansenula anomala. Forma una capa fina, opaca, altamente arrugada en un tiempo breve. Las células son de forma de salchicha midiendo de 3 a 5 x 7 a 15 U. Se encuentran en cervecerías con fermentación de levadura floculante, pero nunca en cantidades tales como para causar cualquier daño. La temperatura óptima para la formación de esporas es 30°C (86°F).

Mycoderma cerevisiae. Levadura salvaje. Las células son ovaladas o cilíndricas, midiendo de 3 a 5 x 6.8 a 9.5 U. Se encuentran en pares o cadenas cortas. Forma una capa lisa delgada y opaca. Puede encontrarse en bodegas, en tanques mal cerrados (aerobias). Ataca el alcohol, pero el efecto sobre el sabor, color y turbidez de la cerveza es dudoso.

Torula. Forma películas gruesas y viscosas. Inofensivo en cervecías con fermentación de levadura floculante.

Levaduras inactivadas a 54-56°C (129-132.8°F).

Saccharomyces ellisoideus. Cultivo y levadura salvaje. Células elípticas, de 3 a 6 x 6 a 11 U. En la cerveza nueva que no ha fermentado, esta levadura forma una capa delgada y un anillo delgado. Fácilmente forma esporas alrededor de 40 horas a 25°C. (77°F). Generalmente se conoce como las levaduras del vino. Algunas variedades producen arriba del 17% de alcohol.

Saccharomyces turbidans. Levadura salvaje. Las levaduras jóvenes son aproximadamente ovaladas a elipsoidales. La temperatura óptima para la formación de esporas es 29°C (84.2°F). Puede dar origen a infecciones peligrosas en cervecías con fermentación de levadura floculante, causando turbidez y un desagradable sabor en la cerveza.

Bacterias inactivadas a 50°C (122°F).

Pediococcus perniciosus y *Pediococcus damnosus*. Dos especies de cocos Gram positivos aparecen como tetradas o como diplococos. Imparten sabor desagradable a la cerveza. Ambos crecen bien en el mosto y la cerveza. Su crecimiento es principalmente anaerobio.

Bacterias inactivadas a 54-56°C (129-132.8°F).

Acetobacter viscosum. Produce aglutinamiento en la cerveza.

Prácticamente no existe en la fermentación de levaduras floculantes en la actualidad.

Lactobacillus pastorianus. Son bastones de ácido láctico. Comparativamente delgadas, Gram positivas, y varían desde uno a 21 U en longitud. Aparecen separadamente, en pares o cadenas. Anaerobios. Producen un mal sabor en cervezas tipo ale así que son comunes solamente en las fermentaciones de levaduras flotantes.

Bacterias inactivadas a 60°C (140°F).

Lactobacillus lindneri. Las mismas características de los *lactobacillus pastorianus*, pero crecen solamente en cervecerías con fermentación de levaduras floculantes. Causan turbidez y mal sabor en la cerveza.

Lund confirmó que la pasteurización a 60°C x 20 minutos asegura la completa prevención del desarrollo de microorganismos ya sean levaduras y bacterias. Shimwell establece que él ha pasteurizado completamente la cerveza sin filtrar en botellas de media conteniendo levaduras y bacterias a una temperatura que no excede de los 54°C por 15 minutos.

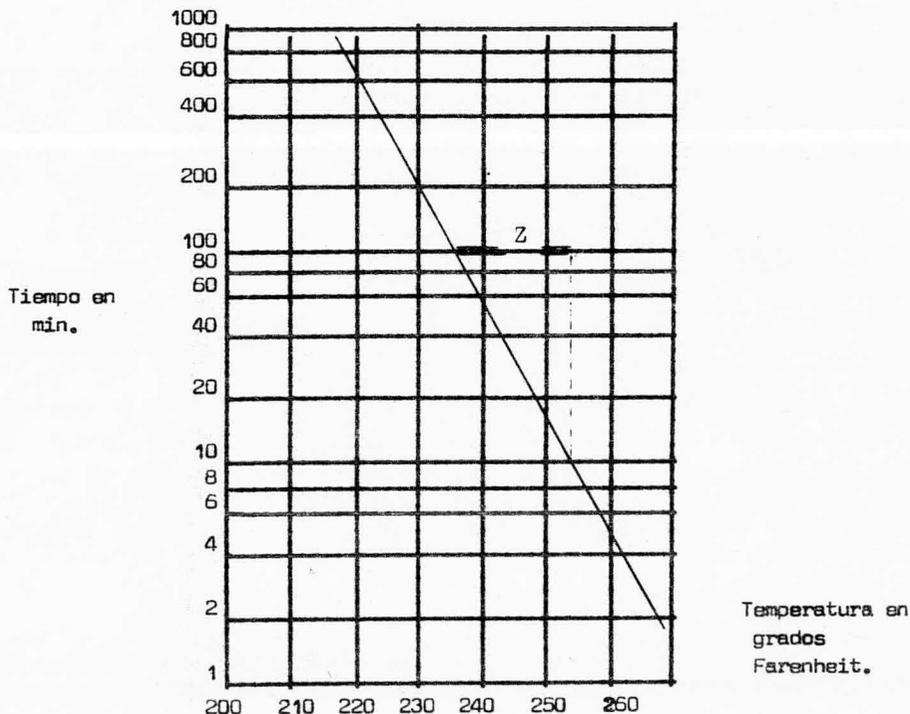
D. CURVAS DE DESTRUCCION TERMICA.

La resistencia al calor de los microorganismos se expresa generalmente como tiempo de destrucción térmica, que se define como el tiempo necesario para destruir, a una temperatura dada, un número determinado de organismos deteriorantes (o esporas) en condiciones específicas. A veces se le asigna con el nombre de destrucción térmica absoluto para distinguirlo del tiempo de destrucción térmica mayoritario, que es el necesario para destruir la mayoría de las bacterias o esporas presentes, y del ritmo de destrucción térmica, que representa la velocidad de destrucción. El punto de destrucción térmica, ahora muy poco usado, es la temperatura necesaria

para destruir todos los organismos en 10 min.

Graficando los tiempos de destrucción térmica y sus correspondientes temperaturas, darán como resultado una Curva de Destrucción Térmica, que tendrá una forma aproximadamente hiperbólica si graficamos con valores aritméticos, y obtendremos una línea recta si graficamos en papel semilogarítmico, en donde los tiempos de destrucción térmica se representan como logaritmos.

Si graficamos en papel semilogarítmico obtendremos curvas semejantes a la de la figura siguiente para las esporas de la fermentación simple, basados en los resultados de Bigelow* y Esty.



* Bigelow fue el que dio la primera aproximación matemática al problema de la esterilización en la industria alimenticia con su método gráfico.

Fig. D-1. Curva de destrucción térmica de las esporas de las bacterias de la fermentación de jugo de maíz. Datos de Bigelow y Esty; 145 000 esporas por ml en medio de maíz; pH 6.1 ($Z = 19$).

La línea recta obtenida indica que el grado de destrucción térmica es logarítmica, o en otras palabras, constante. A partir de dicha línea, o de su prolongación, pueden deducirse los tiempos de destrucción térmica para temperaturas y tiempos no señalados en ella. La inclinación de la línea, después de ciertas correcciones, se denomina valor z (denominado así por Ball) y corresponde al intervalo de temperaturas, en grados Fahrenheit, necesario para que la línea atravesase un ciclo logarítmico en el papel semi logarítmico. En otras palabras, z representa los grados Fahrenheit requeridos para reducir el tiempo de destrucción térmica 10 veces. F es el tiempo en minutos necesario para destruir el organismo en un medio específico a una temperatura θ de referencia.

Esa temperatura θ de referencia es un concepto muy importante en la solución de estos problemas, y se toman como sigue:

Para alimentos de baja acidez o no ácidos, la temperatura θ de referencia es 250° F (121°C o 97°R).

Para alimentos ácidos la temperatura θ de referencia es 180°F (82°C, 66°R).

Benjamin sugirió la temperatura θ de referencia para la cerveza de 140°F (60°C, 48°R).

(En el ejemplo de la figura anterior la temperatura θ de referencia es 250°F y da como consecuencia valores de $z = 19$ y $F = 16.4$ min. Tales valores variarían con la termorresistencia y concentración de los microorganismos del experimento y con el medio en que se calientan).

A partir de la curva de destrucción térmica podemos obtener la ecuación que se emplea en el cálculo del tiempo (t) en minutos necesario para destruir cierto número de organismos (o esporas) en el alimento contenido en un recipiente determinado, mediante el calentamiento a una temperatura T, conociendo los valores de z y F.

Por lo tanto, de la gráfica obtenemos:

$$\frac{\log F - \log t}{\theta - T} = \frac{-\log 10}{z}$$

multiplicando (-1) $\frac{\log t - \log F}{\theta - T} = \frac{\log 10 (=1)}{z}$

$$\log \frac{t}{F} = \frac{\theta - T}{z}$$

$$t = F \text{ antilog } \frac{\theta - T}{z}$$

Ecuación general

del ejemplo de la gráfica anterior tenemos:

$$t = F \text{ antilog } \frac{250 - T}{19})$$

Un concepto también importante es el de Unidad Letal que es la destrucción de cierto número de organismos en 1 min. a la temperatura θ de referencia.

(En el ejemplo del que se ha estado hablando, una unidad letal sería la correspondiente a la destrucción de cierto número de organismos en 1 min. a 250°F).

O sea, que si consideramos unidades letales, entonces $F = 1$ por

lo que la ecuación general queda:

$$t = \text{antilog} \frac{\theta - T}{z}$$

en donde:

(t) es el tiempo en minutos a la temperatura T, equivalentes a 1 minuto a la temperatura θ de referencia.

El recíproco de este tiempo (t) es la tasa de mortalidad o coeficiente letal (L).

$$L = \frac{1}{t} \quad \text{o} \quad L = \frac{1}{\text{antilog} \frac{\theta - T}{z}} \quad \text{o} \quad L = 10^{\frac{T - \theta}{z}}$$

La estabilidad microbiológica y calidad comestible de los alimentos tratados térmicamente resultan afectadas por la temperatura y la duración del proceso térmico. Los alimentos poco procesados pueden ser deteriorados por las bacterias, y los alimentos tratados en exceso son inferiores desde el punto nutritivo y el organoléptico. Los parámetros de un proceso térmico adecuado se pueden estimar a partir de supuestos relacionados con la resistencia térmica de los microorganismos deterioradores y con el conocimiento de la historia térmica de los alimentos durante el tratamiento.

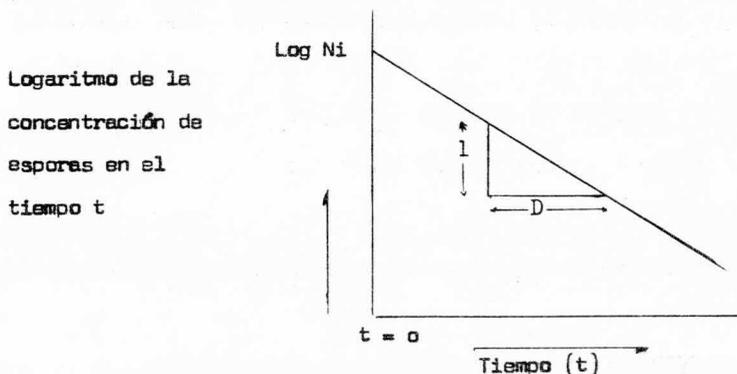


Fig. D-2. Relación entre la concentración de esporas y el tiempo

A todos fines prácticos se puede suponer que las esporas bacterianas (lo mismo que las células vegetativas) tienen un orden de muerte logarítmico, es decir, cuando una preparación de esporas dada se mantiene a una temperatura constante suficientemente alta para que tenga lugar la destrucción térmica, el número de esporas por unidad de volumen decrece como se muestra en la figura D-2. De ella se deduce que si la concentración de esporas es N_i esporas/cc. de suspensión en el tiempo $t = 0$ y N esporas/cc. al tiempo $t = t$:

$$\log \frac{N}{N_i} = - \frac{t}{D} \quad (a)$$

en la que D es una constante que se conoce por "Tiempo de Reducción Decimal", siendo el tiempo necesario para que la concentración de esporas se reduzca diez veces ($\log 10 = 1$). Para los cálculos del proceso térmico se supone que el tiempo de reducción decimal es independiente de la concentración inicial de esporas y que depende de la temperatura. También depende de las esporas de la raza de las especies bacterianas, el medio en que las esporas se calientan, de la historia previa de las esporas y de las técnicas utilizadas para detectar los supervivientes (lo que suele medir es el número de esporas supervivientes que crecen en las condiciones experimentales que no es necesariamente una medida absoluta del "número de supervivientes").

Un resultado inmediato de la ecuación (a) es que como N puede hacerse igual a cero sólo cuando t se haga infinito, da la impresión de que es imposible esterilizar una concentración de esporas con certeza absoluta. De ello ha emergido el concepto de "esterilidad comercial". Si la concentración de una raza dada de bacterias o esporas bacterianas en un producto alimenticio se reduce por debajo de cierto valor (N_0 /cc) justamente bajo para que presente un riesgo de deterioración aceptable comercialmente

te, se dice que el producto es "comercialmente estéril" con respecto a aquel organismo. Si N_i es la concentración inicial de una espora bacteriana particular en un producto alimenticio dado antes de ser tratado térmicamente, la cantidad:

$$\log \frac{N_i}{N_o} \quad (= m, \text{ por ejemplo})$$

se ha denominado "factor de orden del proceso". Se tienen tablas* donde muestran valores, generalmente, aceptados para m y diferentes organismos deteriorantes. Debe observarse que estas cifras se basan en un valor de N_i tomado de la buena práctica higiénica en la preparación del producto. Además los valores de m adoptados son de tal género que se asume implícitamente la validez de la ecuación (a) a concentración de esporas muy por debajo de aquellas para las cuales se ha comprobado. Resulta así que los métodos de cálculo para los procesos térmicos que se describen se justifican principalmente por su éxito en la práctica.

*Tabla

Datos aproximados de tratamiento térmico de algunos organismos deteriorantes importantes.

Organismo	0°F	D_o (min)	Z°F	m	Tipo de producto preciso de protección contra la deterioración por el organismo.
C. botulinum	250	.1-.3	15-18	12	Alimentos poco ácidos (pH 4.5).
C. sporogenes	250	.8-1.5	16-20	5	Carnes.
B. stearothermophilis	250	4-6	17-18	5	Legumbres y leche.
B. subtilis	250	.4	12	6	Productos lácteos.
C. pasteurianum	212	.1-.5	15	5	Alimentos de pH 4.2-4.5 p.ej. peras.

Estas cifras son sólo a título de ejemplo. La naturaleza del producto alimenticio afecta la resistencia térmica de los organismos deteriorantes, por lo que debe consultarse la bibliografía especializada para encontrar información más precisa respecto al producto particular de que se trate.

En realidad, la muerte de las bacterias no se realiza normalmente a una temperatura constante, ya que ésta aumenta desde el principio del calentamiento y disminuye durante el enfriamiento. Por lo tanto consideremos los cambios de temperatura.

Considérese una suspensión de esporas bacterianas de igual resistencia al calor, sometidas a una temperatura uniforme que varía con el tiempo. Supóngase que al comienzo del proceso ($t = 0$) la concentración de esporas es de N_i y que al final del proceso ($t = t_f$) se ha reducido a N_f . De la ecuación (a) resulta:

$$\log \frac{N_f}{N_i} = - \int_0^{t_f} \frac{dt}{D} \quad (b)$$

Para lograr la esterilidad comercial N_f no puede ser mayor que N_0 o en otras palabras:

$$\log \frac{N_f}{N_i} \ll \log \frac{N_0}{N_i}$$

De forma que a partir de la ecuación (b) resulta:

$$\int_0^{t_f} \frac{dt}{D} \gg m \quad (c)$$

Corrientemente se supone que el tiempo de reducción decimal varía logarítmicamente con la temperatura (Fig. D-3), por lo que si el tiempo de reducción decimal a una temperatura de referencia θ es igual a D_0 el tiempo de reducción decimal D a la temperatura T viene dado por:

$$\log \frac{D}{D_0} = - \frac{T - \theta}{z}$$

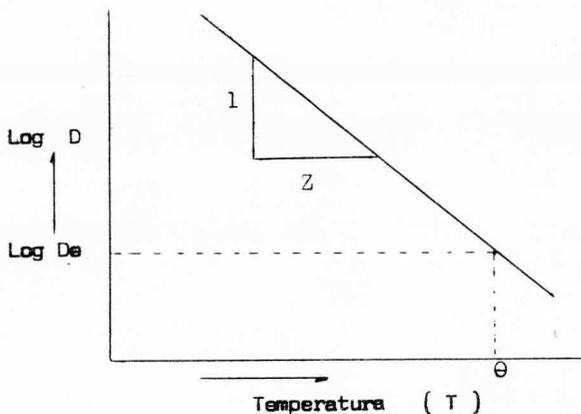


Fig. D-3 Variación del tiempo de reducción decimal con la temperatura.

La ecuación (c) se puede escribir como:

$$\frac{1}{D_0} \int_0^{t_f} 10^{\frac{T - \theta}{z}} dt \gg m$$

O bien por ser $L = 10^{\frac{T - \theta}{z}}$, así:

$$\int_0^{t_f} L dt \gg m D_0 \quad (d)$$

Las desigualdades de las ecuaciones (c) y (d) ofrecen formas diferentes, aunque relacionadas entre sí, para establecer la severidad de un proceso térmico, ya que si se satisface la desigualdad se ha logrado la "esterilidad comercial". En uno y otro caso, el término de la izquierda se puede valorar por integración gráfica si se conoce la forma en que la temperatura de la suspensión varía con el tiempo (esto es la "historia térmica" de la suspensión).

O sea que teniendo como datos: la temperatura θ de referencia, el valor z y la historia térmica del proceso, se puede construir una gráfica de L en función del tiempo (Fig. D-4) a lo largo de todo el proceso. El área bajo la curva de esta gráfica es la integral buscada y debe ser mayor que mD_e para alcanzar la esterilidad comercial. Esta integral tiene las dimensiones de un tiempo y se ha denominado "tiempo equivalente" del proceso y se le representa por el símbolo F .

Al hacer la integración gráfica para conocer el tiempo equivalente de un proceso debe tenerse en cuenta que la unidad de área a utilizar es la de un rectángulo de altura igual a una unidad de L y anchura igual a la de una unidad de tiempo (1 min.).

Ejemplo:

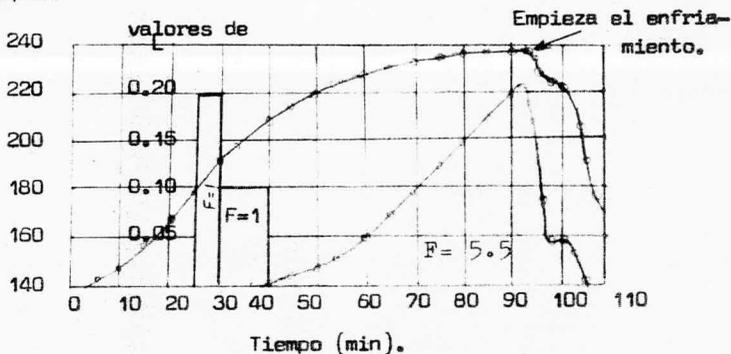


Fig. D-4 Historia térmica típica media en una lata de 300 x 406 de alimento sólido y curva de L en función del tiempo que muestra un tiempo equivalente (F) de 5.5 minutos a 250°F para un valor de $z = 18^\circ\text{F}$.

E. MEDIDAS MATEMATICAS DE LA PASTEURIZACION DE LA CERVEZA.

Para lograr una buena pasteurización manteniendo la buena calidad del producto y al más bajo costo posible, se debe establecer el mínimo tiempo y temperatura requeridos para destruir toda posibilidad de contaminantes biológicos de un alimento particular o bebida.

A lo largo de todo este capítulo hemos dado las bases de las medidas matemáticas del tratamiento térmico para alimentos enlatados, las cuales pueden ser aplicadas a la pasteurización de la cerveza con sus respectivas correcciones, ya que con alimentos los cuales pueden llevar bacterias esporógenas (productoras de esporas) el nivel de tratamiento de calor tiene que ser considerablemente más alto que para la cerveza. Por esta razón, unidades letales de pasteurización temperatura/tiempo para leche o alimentos enlatados no tiene el mismo valor como para esas unidades letales de pasteurización en la elaboración de cerveza.

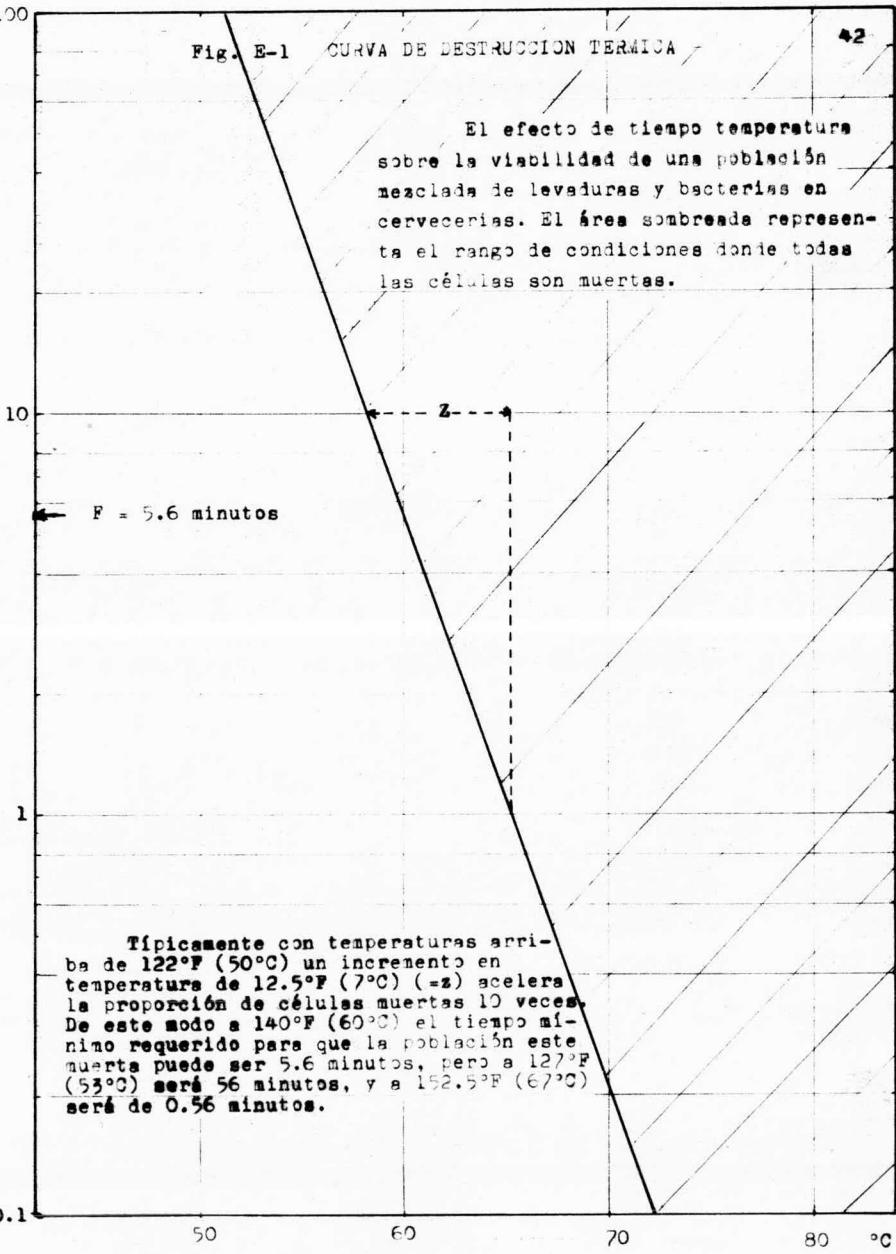
Benjamin sugirió como una Unidad de Pasteurización (U.P.) para la cerveza, al efecto letal producido sobre los microorganismos al mantener la temperatura de referencia de 140°F por un minuto.

Para obtener la Curva de Destrucción Térmica se determinaron los tiempos de muerte térmica para un grupo de organismos comunmente encontrados en la cerveza, incluyendo células de levadura, bacterias de ácido acético, bacterias de ácido láctico y termobacterias. Luego estos tiempos de muerte térmica se determinaron a varias temperaturas y se graficaron en papel semilogarítmico (Fig. E-1).

Del Vecchio reportó la pendiente de la curva de destrucción térmica para organismos que crecen en cerveza como 12.5°F (= z) y encontró una máxima resistencia (la del microorganismo más termorresistente) de 5.6 minu

Fig. E-1 CURVA DE DESTRUCCION TERMICA

El efecto de tiempo temperatura sobre la viabilidad de una población mezclada de levaduras y bacterias en cervecerías. El área sombreada representa el rango de condiciones donde todas las células son muertas.



F = 5.6 minutos

z

Típicamente con temperaturas arriba de 122°F (50°C) un incremento en temperatura de 12.5°F (7°C) (=z) acelera la proporción de células muertas 10 veces. De este modo a 140°F (60°C) el tiempo mínimo requerido para que la población este muerta puede ser 5.6 minutos, pero a 127°F (53°C) será 56 minutos, y a 152.5°F (67°C) será de 0.56 minutos.

0.1

50 60 70 80 °C

tos (= F) a 140°F, o sea 5.6 U.P., bajo las condiciones de crecimiento más favorables y con poblaciones bacterianas extremadamente altas. Esto quiere decir que para asegurar una pasteurización efectiva con este grupo particular de organismos, es necesario mantener la temperatura de pasteurización de 140°F en un periodo de tiempo que sea mayor a 5.6 minutos (Fig. E-1).

Baselt reportó que bajo condiciones cuidadosamente controladas en las operaciones de elaboración de la cerveza, tan sólo 0.4 U.P., con una temperatura máxima de 126°F durante el proceso, era suficiente para obtener estabilidad biológica.

Finalmente, como el proceso de pasteurización no se lleva a efecto a temperatura constante sino que varía con el tiempo, pudo hacerse un arreglo más amplio de esta teoría encontrándose que las partes más frías durante el proceso, también deben ser aprovechadas.

Así es que en un proceso donde la temperatura está cambiando, y sabiendo que los efectos letales a cualquier temperatura del proceso son aditivos, o sea que contribuyen al efecto letal final, podemos valorar esos efectos letales a cada temperatura del proceso haciendo la equivalencia en unidades de pasteurización por minuto. De esta manera y conociendo previamente la Historia Térmica del proceso*, podemos construir una curva para Unidades de Pasteurización por minuto contra Minutos de Aplicación y el área bajo la curva calcularse obteniéndose las Unidades de Pasteurización del Proceso.

* Historia térmica del proceso. Son las temperaturas de pasteurización que va adquiriendo el producto (la cerveza) desde el inicio hasta el final del proceso de pasteurización y se registran en un reloj viajero (termopar registrador).

Procedimiento para el cálculo de las
Unidades de Pasteurización del Proceso.

De la curva de destrucción térmica (Fig. E-1) tenemos:

$$t = F \text{ antilog } \frac{140 - T}{z} \quad (\text{ec. general})$$

Donde:

- (t) Es el tiempo en minutos necesario para destruir cierto número de organismos (o esporas) en el alimento contenido en un recipiente determinado mediante calentamiento a una temperatura T (tiempo de destrucción térmica).
- (F) Es el tiempo necesario para destruir los organismos en la cerveza a la temperatura de referencia de 140°F.
- (z) Representa los grados Fahrenheit requeridos para reducir el tiempo de destrucción térmica 10 veces.

Pero como ese tiempo (t) lo queremos tener en función de Unidades de Pasteurización, y éstas están basadas en la destrucción de organismos obtenida en un minuto a 140°F, entonces hacemos $F = 1$.

Por lo que resulta:

$$t = \text{antilog } \frac{140 - T}{z}$$

Donde ahora:

- (t) Es el tiempo en minutos a la temperatura T equivalente a un minuto a 140°F (1 U.P.).

El recíproco del tiempo de destrucción térmica (t) para una tem-

peratura (T) dada es el Coeficiente Letal (L) o Unidad de Pasteurización equivalente a dicha temperatura.

O sea que:

$$L = \frac{1}{t} \quad \text{o} \quad L = \frac{1}{\text{antilog} \frac{140 - T}{z}}$$

* Valores de L a diferentes temperaturas se indican en la tabla E-1.

Ahora, para obtener las Unidades de Pasteurización Totales del proceso, debemos tener la historia térmica del mismo proceso y con ésta y la ayuda de la tabla E-1, tomar los puntos para poder graficar las Unidades de Pasteurización por minuto aplicadas en cada paso del proceso contra los Minutos de Aplicación, y el área bajo la curva resultante nos dará las Unidades de Pasteurización Totales del proceso.

Para mejor comprensión a continuación citaré un ejemplo.

Ejemplos:

Obtener las U.P. totales de los procesos de pasteurización (a) y (b), cuya historia térmica se encuentra en la Figura E-2.

Para el proceso (a):

De la historia térmica		De la tabla E-1	
A los X min.	una T (°C)	y a esa T	una L o LP
8	49.5		0.032
10	54.5		0.16
12	56		0.27
14	57		0.37
16	57.75		0.50
18	57.5		0.45
20	57		0.37
22	57.5		0.45
24	57.75		0.50
26	58		0.52
28	58		0.52
29	58		0.52
30	54		0.14
32	47.5		0.016

Ahora graficamos los minutos de aplicación contra las U.P. por minuto de tratamiento (o sea las dos columnas de los extremos), Fig. E-3, y el área bajo la curva resultante nos da los U.P. totales del proceso (a).

Suma de las áreas	1 = 1635
bajo la curva de	2 = 2056.75
la Fig. E-3	3 = 187
	4 = $\frac{456.5}{4334.75} \text{ mm}^2$ Area total

En la escala de la gráfica, 1 UP = 497.5 mm^2 , por lo que:

U.P. totales del proceso (a) = 8.7 UP.

Para el proceso (b) :

De la historia térmica		De la tabla E-1
A los X min. →	una T (°C)	y a esa T → una L o UP
13	51.5	0.062
14	55	0.19
15	57.5	0.45
16	59	0.72
17	60	1.0
18	60.25	1.1
19	60.5	1.2
20	60.25	1.1
21	60	1.0
22	59.75	0.93
23	58	0.52
24	56	0.27
25	54.5	0.16
26	53	0.1
27	51	0.052
28	47.5	0.016

Ahora graficamos minutos de aplicación contra U.P. por minuto de tratamiento y obtenemos la curva de la Fig. E-4.

Suma de las áreas	1 = 720
bajo la curva de	2 = 575
la Fig. E-4.	3 = 940
	4 = 1110
	5 = 577.5
	6 = 180
	7 = 185

$\frac{4287.5}{\text{mm}^2}$ Area total

En la escala de la gráfica: 1 UP = $\frac{497.5}{\text{mm}^2}$ por lo que:

U.P. totales del proceso (b) = 8.6 UP

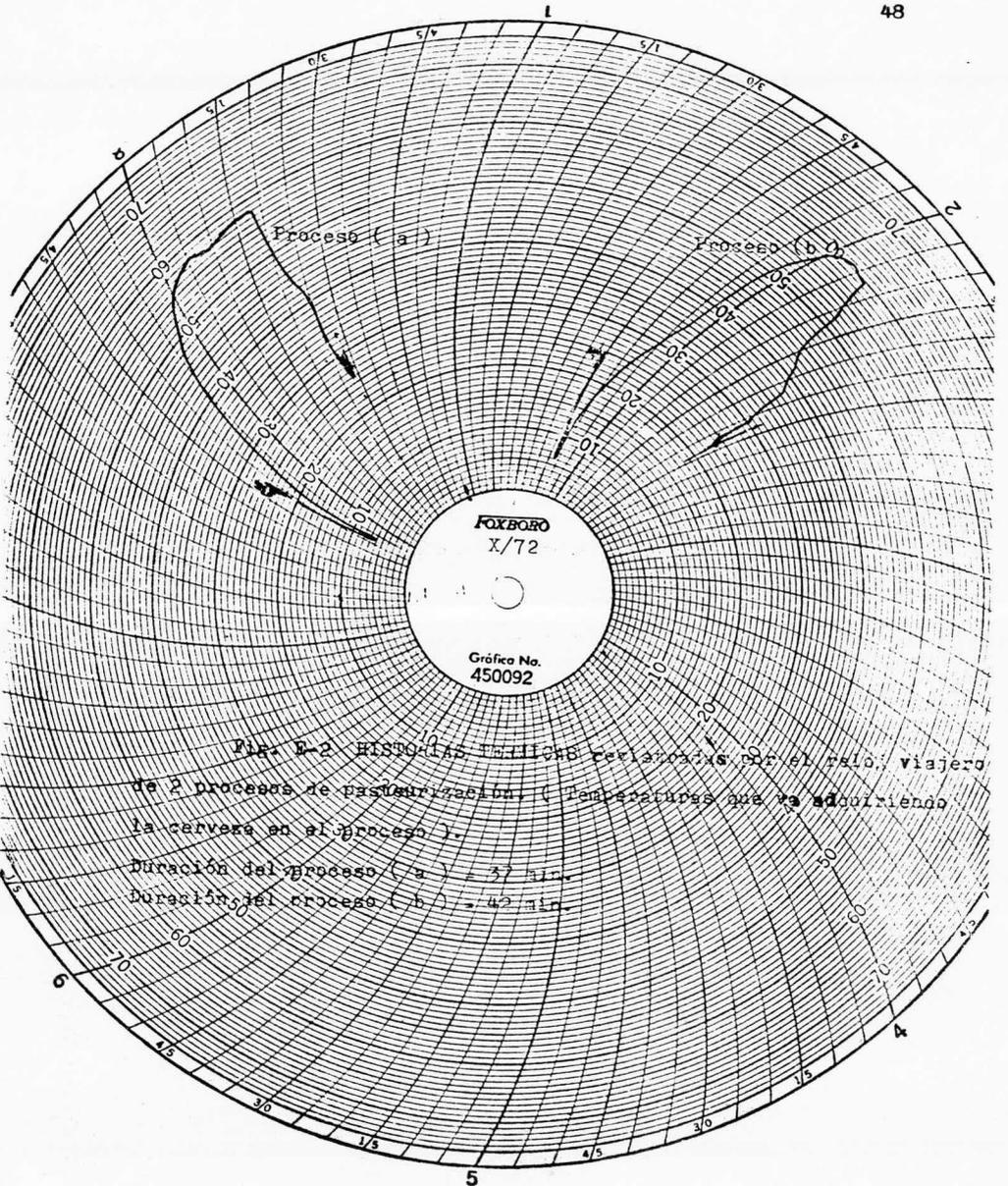


Fig. E-2 HISTORIAS TEMPERATURAS relacionadas por el radio, viajero de 2 procesos de pasteurización. (Temperaturas que va adquiriendo la cerveza en el proceso).
 Duración del proceso (a) = 37 min.
 Duración del proceso (b) = 42 min.

Fig E-3. Curva para la determinación de UP totales para el proceso de pasteurización (a). Se grafica minutos de aplicación contra UP por minuto de tratamiento.

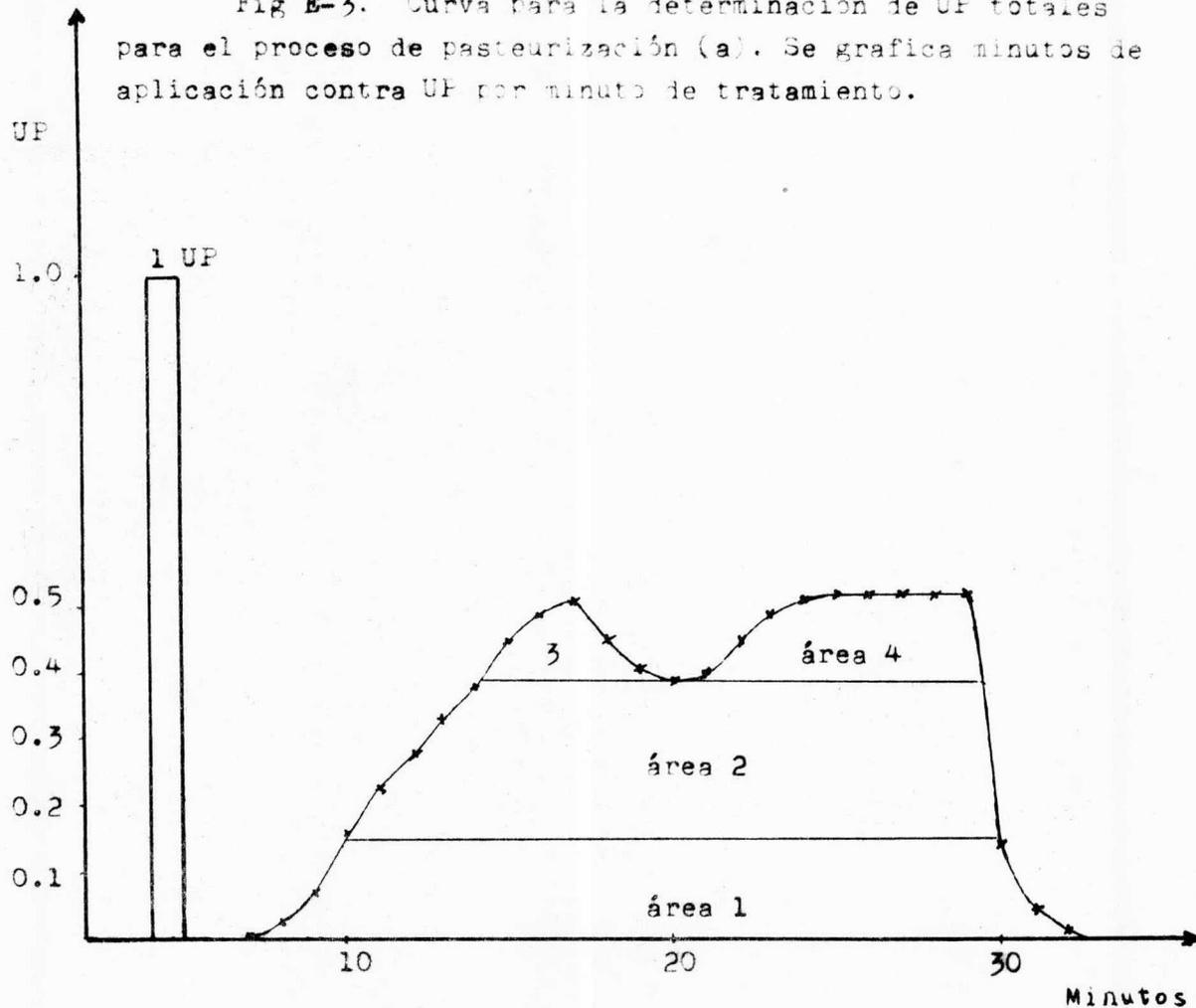


Fig. E-4. Curva para la determinación de UF totales para el proceso de pasteurización (b). Se grafica minutos de aplicación contra UF por minuto de tratamiento.

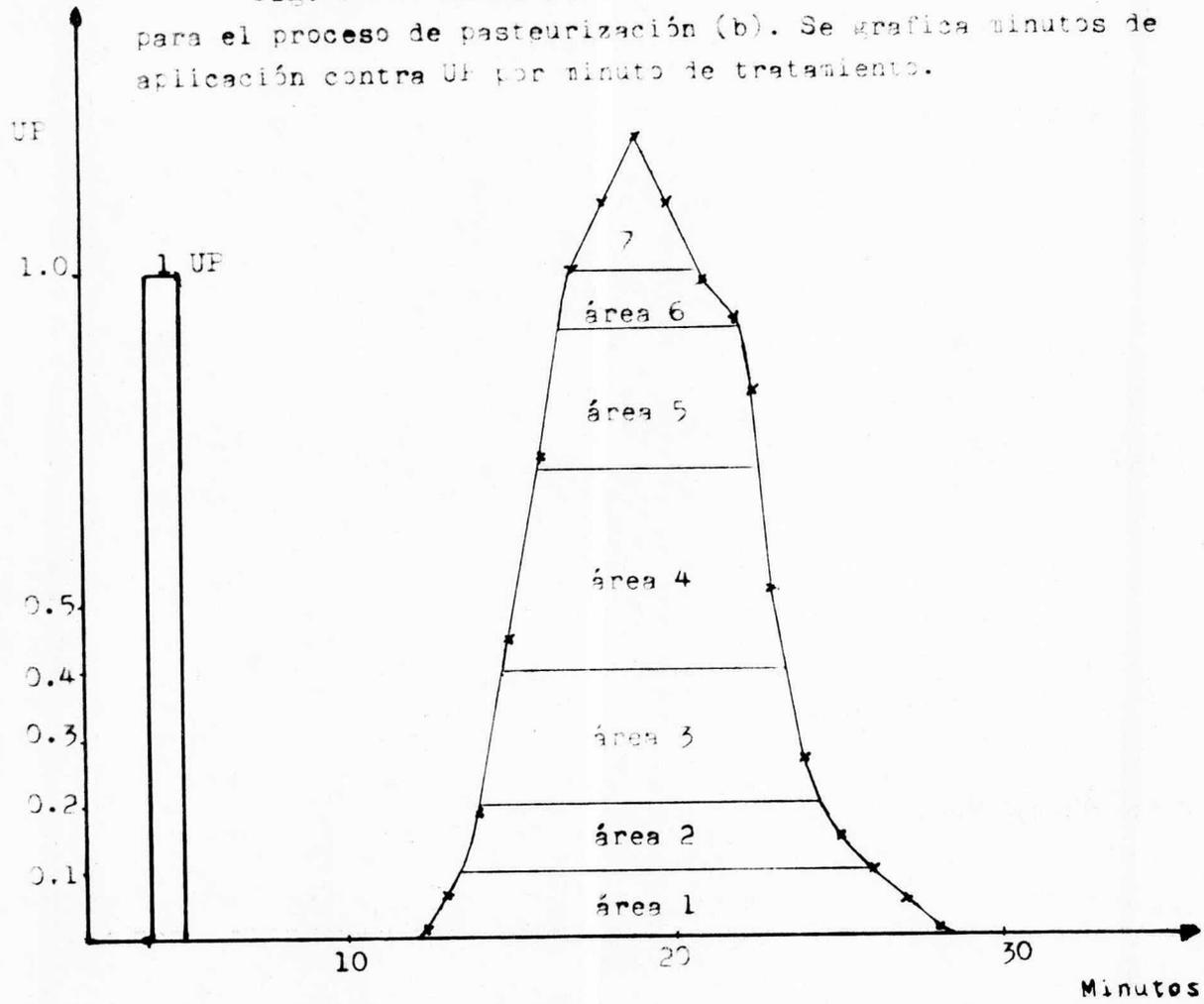


TABLA E - 1

Relación entre la temperatura y el coeficiente letal o unidades de pasteurización por minuto de tratamiento

Temperatura en (°C)	Coeficiente letal y UP	Temperatura en (°C)	Coeficiente letal y UP
46	0.01	63.5	3.2
46.5	0.012	64	3.7
47	0.014	64.5	4.5
47.5	0.016	65	5.2
48	0.019	65.5	6.2
48.5	0.023	66	7.2
49	0.027	66.5	8.6
49.5	0.032	67	10
50	0.037	67.5	12
50.5	0.045	68	14
51	0.052	68.5	16.5
51.5	0.062	69	19
52	0.072	69.5	23
52.5	0.086	70	27
53	0.1	70.5	32
53.5	0.12	71	37
54	0.14	71.5	45
54.5	0.16	72	52
55	0.19	72.5	62
55.5	0.23	73	72
56	0.27	73.5	86
56.5	0.32	74	100
57	0.37	74.5	119
57.5	0.45	75	139
58	0.52	75.5	166
58.5	0.62	76	196
59	0.72	76.5	231
59.5	0.86	77	268
60	1	77.5	320
60.5	1.2	78	373
61	1.4	78.5	445
61.5	1.65	79	519
62	1.9	79.5	620
62.5	2.3	80	720
63	2.7	80.5	860

CAPITULO IV

ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA TRANSMISION DE CALOR

A. METODOS DE PRODUCCION Y APLICACION DE CALOR PARA EL TRATAMIENTO TERMICO DE LOS ALIMENTOS.

El flujo de calor en algunos alimentos es susceptible de ser analizado según las teorías clásicas de la conducción, convección y radiación. Sin embargo, en muchos casos tiene lugar la combinación simultánea de 2 o todos los 3 modos de transmisión de calor, por lo que el estudio matemático de los mismos resulta muy complicado y poco práctico. La situación es totalmente más complicada porque el tratamiento térmico, al cambiar la naturaleza química de los alimentos, también produce cambios físicos de sus propiedades. Así, la viscosidad y densidad cambia, con frecuencia continuamente, durante la calefacción y tales cambios afectan profundamente la conducta térmica de los alimentos. A ello se suma el hecho de que hay una gran escasez de conocimiento en relación con las propiedades físicas y químicas de los alimentos. Finalmente, raras veces los alimentos tienen forma geométrica sencilla o composición homogénea. De lo que precede resulta obvio las dificultades que se encuentran para el estudio matemático preciso del flujo del calor en la mayoría de los sistemas prácticos. Sin embargo, se han realizado progresos enormes en el tratamiento matemático de la transmisión del calor. Estos estudios, aunque de valor inestimable para facilitar nuestro entendimiento de la interacción de los factores que controlan el flujo de calor en los alimentos, son o excesivamente generalizados o demasiado específicos, o demasiado empíricos.

. METODOS DE PRODUCCION DE CALOR.

El calor se produce a partir de 4 fuentes principales de energía:

- a) Combustibles sólidos como el carbón, coque o la madera.
- b) Combustibles líquidos como los fuel-oils, parafinas o queroseno.
- c) Combustibles gaseosos como el gas de carbón, gas natural, gases de petróleo, etc.
- d) Energía eléctrica generada por combustibles sólidos, líquidos, gaseosos o nucleares, o por saltos de agua.

La selección de la fuente de calor para el tratamiento térmico de los alimentos requiere de la consideración no sólo de las propiedades económicas generales de la fuente de energía, sino también de los efectos del combustible y sus subproductos sobre los alimentos. En general se ha de llegar al mejor compromiso considerando los siguientes requerimientos:

- a) El costo más bajo de combustible por unidad de calor útil.
- b) El capital y costo de mantenimiento más bajos para la instalación de combustión y transmisión del calor.
- c) El costo de mano de obra más bajo por unidad de calor útil.
- d) El peligro de incendio y explosión más pequeño en condiciones pulverulentas.
- e) El riesgo de contaminación más pequeños de los productos por el combustible y sus subproductos.
- f) El máximo de flexibilidad en el manejo y control.
- g) El máximo de confianza en la continuidad de los suministros.

• METODOS DE APLICACION DE CALOR:

Los alimentos se calientan por métodos directos e indirectos. En la calefacción indirecta se aplica calor al alimento por medio de cambio

dores de calor y los productos de la combustión se aíslan del alimento. En los sistemas directos la energía térmica se añade directamente al alimento sin la intervención de cambiadores de calor, estando el producto de la combustión en contacto directo con el alimento. Los métodos de aplicación del calor en uso o siendo desarrollados para el tratamiento térmico de los alimentos se pueden clasificar como sigue:

1) Calefacción indirecta por:

- a) Vapores o gases como el vapor de agua o el aire.
- b) Líquidos como el agua o cambiadores de calor de líquidos orgánicos.
- c) Electricidad, en sistema con resistencia o calor radiante.

2) Calefacción directa:

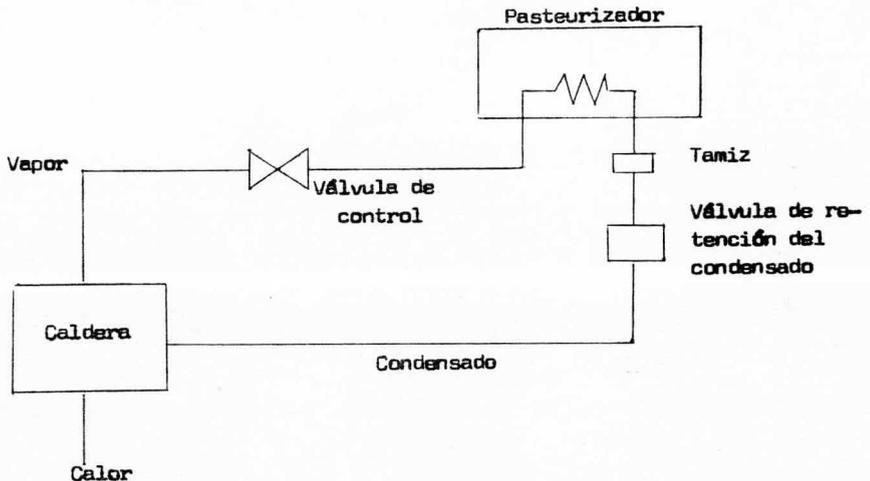
- a) Usando gas, aceite o combustibles sólidos.
- b) Usando electricidad por métodos dieléctricos o microondas.

Para aplicar el calor en la pasteurización de la cerveza, lo más común es usar el método de calefacción indirecta, utilizando vapor de agua. Debido a sus propiedades; calor latente grande, conductividad térmica grande, no es tóxico, no hay riesgo de incendios o explosivos, carece de olor, se le produce a partir de una materia prima barata y abundante; el vapor de agua es un requerimiento esencial en una fábrica de alimentos.

Los sistemas de calefacción están compuestos básicamente por cuatro componentes: a) una cámara de combustión en la que se quema el combustible y se desalojan los productos de la combustión desechándolos; b) un

cambiador de calor, en el que el calor de la combustión es dado al líquido transmisor del calor; c) un sistema de transmisión, en el que el fluido transmisor de calor se desplaza hasta el elemento utilizador del calor; d) un cambiador de calor en el final del elemento utilizador del calor, en el que el fluido de transmisión cambia su calor con el alimento.

Esto se muestra en la figura siguiente:



Los componentes a) y b) acabados de mencionar son en este caso una caldera de ebullición.

Entre las variaciones de este sistema básico se incluyen:

- a) El uso de medios de transferencia gaseosos tales como aire o vapor de agua que se pasan por el interior o sobre los alimentos.
- b) La calefacción de los alimentos poniéndolos en contacto directo con un cambiador de calor (pasteurización Flash); y

c) La calefacción radiante de los alimentos por medio de radiadores calientes.

B. TRANSMISION DE CALOR EN LA PASTEURIZACION DE LA CERVEZA.

Como ya se dijo en el inciso anterior, para la pasteurización de la cerveza el método más comunmente usado es el de calefacción indirecta utilizando vapor de agua como transmisor de calor. Por este método se puede pasteurizar ya sea antes o después de envasada la cerveza. Cuando se pasteuriza antes de envasarse, el método utilizado es el llamado Pasteurización Flash. Cuando se pasteuriza después de envasarse la cerveza, el método más utilizado es el llamado Pasteurización Túnel (en el siguiente capítulo lo veremos las variaciones que existen para pasteurizar después del envasado).

. Pasteurización Flash.

La pasteurización Flash es característicamente llevada a cabo en un intercambiador de calor de placas en el cual hay tres secciones: 1) una sección de regeneración; 2) una sección de calentamiento; y 3) una sección de enfriamiento (fig. B-1). La cerveza es bombeada a (1) donde fluye a contracorriente con cerveza caliente y es por lo tanto calentada. En (2) se le hace subir a la temperatura de pasteurización por el paso a contracorriente de agua caliente o vapor y se mantiene por un cierto período en un tubo retenedor. Luego regresa a (1) donde pierde calor con la cerveza de entrada y subsecuentemente corre en contracorriente con alcohol o salmuera fría en la sección (3) (fig. B-1).

Es importante que toda la cerveza que fluye a través del intercambiador de calor reciba el mismo tratamiento de pasteurización. Si la ve

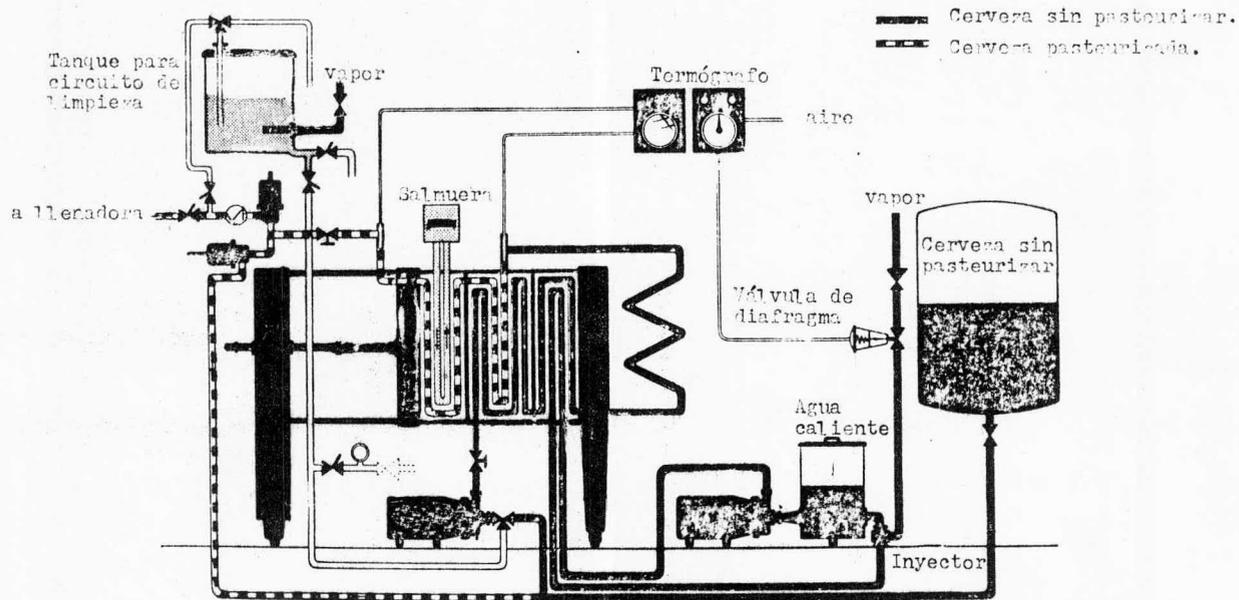


Fig. B-1. Pasteurización Flash. (1) sección de regeneración;
 (2) sección de calentamiento; (3) sección de enfriamiento.

→ locidad de flujo a través del intercambiador es demasiado baja, la cerveza cerca de las placas metálicas, fluirá más lentamente que la cerveza en el medio de la corriente debido a la estratificación y el arrastre. El número de Reynolds provee una guía usual en elección de condiciones que no permitan flujo laminar. El flujo turbulento a través del intercambiador de calor asegura que toda la cerveza recibe el mismo tratamiento.

La transferencia de calor en el intercambiador se lleva a cabo principalmente por conducción y la superficie del área requerida para la transferencia está dada por la expresión $A = Q / U T$, donde Q es la carga térmica en BTU/hr; A es el área en ft^2 , U es el coeficiente total de transferencia; $\text{BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$ y T es la temperatura media logarítmica en grados Fahrenheit. El coeficiente total de transferencia (U) es integrado por la suma de los recíprocos de las resistencias calóricas incluyendo (i) la capa fina de líquido arrastrado sobre la superficie de la placa; ya sea a bajo número de Reynolds o a la superficie rugosa, (ii) la placa misma, y (iii) a cualquier incrustación depositada sobre la placa desarrollada por proteínas o dureza del agua. Reducciones muy significantes en el coeficiente provienen de (i) y más de (iii). Por lo tanto, desde este punto de vista es deseable tener flujos muy turbulentos y platos limpios.

Posiblemente debido a flujos muy turbulentos y altas temperaturas usadas, es a menudo considerado que más cambios en el sabor ocurren durante la pasteurización Flash que en la pasteurización convencional (Túnel). Una desventaja conocida es que después de la pasteurización Flash se tiene que llenar las botellas o latas bajo condiciones estériles con los envases también estériles, por lo que no es práctica común la pasteurización Flash, prefiriendo la pasteurización Túnel.

• Pasteurización Túnel.

Los pasteurizadores de túnel son empleados después de que los bottes o botellas han sido llenados y cerrados (Figura B-2). Ellos comprenden una larga cubierta metálica dividida, encerrando una cadena-transportadora continua o un tipo de cadena balancín (viguetes movibles). Las botellas son llevadas a la entrada del pasteurizador y pasan a un espreado de agua. Las espreas son acomodadas de tal modo que las botellas están sujetas a agua caliente incrementándose hasta que la temperatura de pasteurización es alcanzada por la cerveza en las botellas. Después estas botellas pasan bajo otras espreas las cuales las enfriarán gradualmente hasta que salgan del pasteurizador. Algunos pasteurizadores tienen un piso mientras que otros tienen dos. Las capacidades están normalmente en los límites de 2,000 - 6,000 botelles/hr.

Todo este tipo de máquinas usan agua como medio atemperante.

El intercambio de calor en este tipo de pasteurizadora tiene esencialmente dos circuitos a través de los cuales el agua es circulada por bombeo.

- a) En la zona de pasteurización, la pasteurización propiamente dicha se logra por medio de un circuito cerrado siguiendo el agua una trayectoria desde el tanque de depósito hasta los cabezales de espreado o panales de distribución, luego sobre las botellas, y regresar al tanque. Serpentinnes de vapor o inyectores compensan la pérdida de calor (sólo en la zona de pasteurización).
- b) Uno o más circuitos regenerativos llevan a cabo el intercambio de calor entre el calor consumido en calentar las botellas que entran al pasteurizador y el calor ganado al enfriar las botellas después de la pasteurización.

En la figura B-2 podemos observar los circuitos regenerativos (conexiones de tanques 1 con 7 y 2 con 5) y el circuito cerrado en la zona de pasteurización (tanques 3 y 4).

Los circuitos regenerativos tienen el siguiente principio:

El agua del 5º tanque que ganó calor al enfriar las botellas que salen de la zona de pasteurización se bombea a las espreas o rociadores del precalentamiento (arriba del 2º tanque), y cae sobre el producto frío que entra en el pasteurizador. El calor impartido al producto es extraído del agua y el agua enfriada del 2º tanque se bombea a los rociadores o espreas del preenfriamiento (arriba del 5º tanque). El calor extraído del producto caliente es ganado por el agua, que cae en el 5º tanque. Y así, sucesivamente se repite el ciclo.

En los tanques 1 y 7 sucede lo mismo, sólo que con más bajas temperaturas.

En prácticamente todos los sistemas, el intercambio de calor es imperfecto. Agua fría fresca es necesaria para el enfriamiento. Para lograr velocidades razonables en el calentamiento y enfriamiento, una diferencia relativamente grande de temperatura, la cual es la diferencia entre la temperatura del agua y la temperatura de la cerveza dentro de la botella, es inevitable. Ver figura B-3.

El vapor debe ser usado para compensar la pérdida de calor. Los principales factores que afectan el consumo de vapor son: Temperatura inicial de agua de entrada; Tipo de envase siendo procesado; Temperaturas de las botellas a la entrada y salida del pasteurizador; Intensidad de la pasteurización; Número de botellas pasteurizadas; Cantidad de agua rebosando; Eficiencia del intercambio de calor del pasteurizador; Pérdidas de calor de

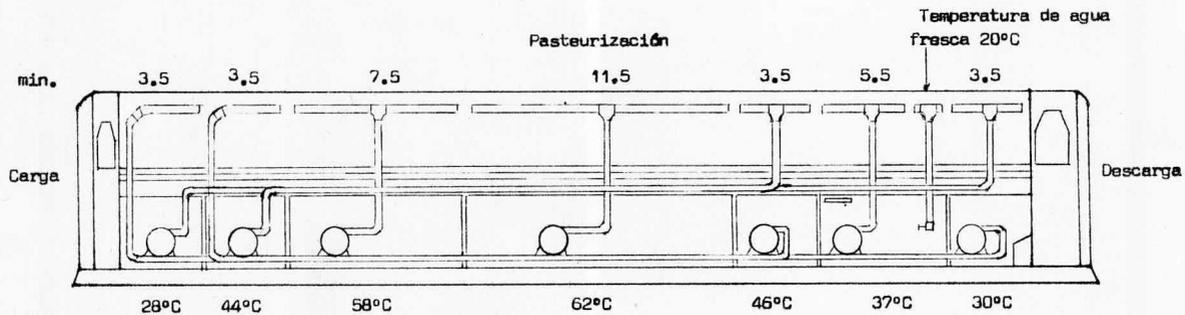


Fig. B-2 Pasteurizador Túnel.

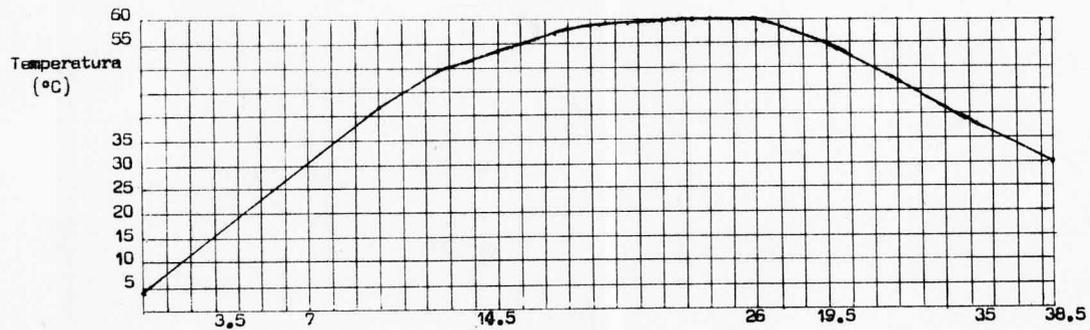


Fig. B-3 Curva característica de temperaturas en la pasteurización de la cerveza.

bidas a la radiación. Un pasteurizador largo es más eficiente que una unidad pequeña, además trabajándolo ininterrumpidamente por un período por ejemplo: de 16 hrs., necesitará menos vapor que si se parara para la hora de comida o por fallas mecánicas.

Para obtener los requerimientos de vapor y agua en un pasteurizador de este tipo, Nekola en 1948 realizó una serie de experimentos, los cuales fueron hechos sobre un pasteurizador calentado con vapor vivo inyectado directamente dentro del agua de pasteurización. Se sacaron las siguientes conclusiones de la distribución del consumo de vapor, incluyendo tolerancias para compensar las pérdidas de calor por la recirculación del agua:

73% es usado para calentar la cerveza.

7% es consumido en rebose de condensado.

20% es perdido por radiación y otros factores diversos.

La ecuación para calcular la cantidad de vapor que calienta al agua de pasteurización y ésta a su vez a la cerveza es: $W = \frac{Q}{H}$

Donde: W es la cantidad de vapor requerida (lb).

Q es la cantidad de calor requerida por la cerveza (BTU).

H es el calor cedido por el vapor ($\frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$)

Las cantidades Q y H se calculan separadamente y estos valores se substituyen en la ecuación para obtener W.

La carga térmica Q es: $Q = w ct$

Donde: w es el peso del producto (lbs/hr).

c es el calor específico del producto.

t es la temperatura de cambio en el producto.

El calor cedido por el vapor H es la suma de tres partes. Cuando el vapor se condensa hasta la temperatura de condensación, cede calor, más el calor latente de evaporación, más el calor desde la temperatura de condensación hasta la temperatura del producto. Valores para las 2 primeras partes se encuentran en tablas de vapor como en Talpia. El valor para el último punto es el número de grados de cambio desde 212°F hasta la temperatura final del producto, la cual por definición da el número de BTU de calor por libra de condensado. El calor cedido en $H = (hg - 1150.8) + hfg + (213 - t)$.

Propiedades del vapor saturado

Presión (lb/in ²)		Temp. (°F)	Vol. de vapor (ft ³ /lb)	líq. sat. hf	Entalpia Evapora. calor lat. hfg	BTU/lb Vapor sat. hg
Abs.	man.					
10	-5	193.2	38.4	161.2	982.1	1143.3
15	0	213.0	26.3	181.1	969.7	1150.8
20	5	228.0	20.1	196.2	960.1	1156.3
25	10	240.1	16.3	208.4	952.1	1160.6
30	15	250.3	13.7	218.8	945.3	1164.1
35	20	259.3	11.9	227.9	939.2	1167.1
40	25	267.2	10.5	236.0	933.7	1169.7
45	30	274.4	9.40	243.4	928.6	1172.0
50	35	281.0	8.51	250.1	924.0	1174.1
55	40	287.1	7.79	256.3	919.6	1175.9
60	45	292.7	7.17	262.1	915.5	1177.6
65	50	298.0	6.65	267.5	911.6	1179.1
70	55	302.9	6.21	272.6	907.9	1180.6
75	60	307.6	5.82	277.4	904.5	1181.9
80	65	312.0	5.47	282.0	901.1	1183.1
85	70	316.2	5.17	286.4	897.8	1184.2
90	75	320.3	4.90	290.6	894.7	1185.3
95	80	324.1	4.65	294.6	891.7	1186.2
100	85	327.8	4.43	298.4	888.8	1187.2

Para ilustrar mejor el cálculo de consumo de vapor, a continuación se cita un ejemplo.

Ejemplo:

Calcular la cantidad de vapor requerida para pasteurizar una carga de cerveza que entra a 4°C hasta la temperatura de pasteurización de 60°C (140°F), si la unidad está operando a 450 BPM (botellas de 12 oz). El pasteurizador es como el de la Fig. B-2.

Calor requerido para pasteurizar por hora:

$$Q = w_1 c_1 T + w_2 c_2 T$$

En donde:

Peso de la cerveza por botella = 0.78 lb

Peso de una botella = 0.82 lb

Capacidad = 450 BPM x 60 = 27 000 botellas/hr.

$w_1 = (0.78) 27\ 000 = 21\ 060$ lb/hr.

$w_2 = (0.82) 27\ 000 = 22\ 140$ lb/hr.

$c_1 =$ calor específico de la cerveza = 0.92

$c_2 =$ calor específico de la botella = 0.20

$T =$ diferencia de temperaturas en la cerveza al

pasteurizar = (60 - 30*) = 30°C = 54°F

*Nota: Debido al sistema de circuitos regenerativos de nuestro pasteurizador, la cerveza que entra a 4°C se calienta hasta 30°C sin requerir calor del vapor. O sea que el calor ganado por el agua en el 5° tanque al enfriar las botellas que salen de la zona de pasteurización se utiliza para calentar la cerveza que entra en el 2° tanque. Claro que los grados ganados por el producto van a estar en función del tipo de pasteurizador y la eficiencia del intercambio de calor en los circuitos regenerativos. Esto lo podemos ver en la historia térmica de cada proceso.

Ahora, substituyendo

$$Q = 21\ 060 (0.92) (54^{\circ}\text{F}) + 22\ 140 (0.20) (54^{\circ}\text{F})$$

$$Q = 1\ 046\ 260.8 + 239\ 112$$

$$Q = 1\ 285\ 372.8 \text{ BTU/hr.}$$

El calor cedido por el vapor usando vapor a una presión manométrica de 55 lb/in², condensando a la presión atmosférica es:

$$H = (hg - 1150.8) + hfg + (213 - t)$$

donde las tablas de vapor hg es 1180.6, hfg es 969.7 y donde t es 62°C (143.6°F) que es la temperatura máxima del agua en la zona de pasteurización en nuestro pasteurizador.

Por lo tanto:

$$H = (1180.6 - 1150.8) + 969.7 + (213 - 143.6)$$

$$H = 29.8 + 969.7 + 69.4$$

$$H = 1068.9 \text{ BTU/lb}$$

La cantidad de vapor requerida por hora para calentar la cerveza es:

$$W = \frac{Q}{H}$$

Substituyendo

$$W = \frac{1\ 285\ 372.8}{1068.9}$$

$$W = 1202.5 \text{ lb/hr.}$$

Pero de las conclusiones obtenidas por Nikola sólo el 73% del vapor total es usado para calentar la cerveza. Por lo que:

$$W = \frac{1\ 202.5}{0.73}$$

$$W = 1\ 647 \text{ lb/hr.}$$

En el ejemplo expuesto, el vapor es inyectado directamente al agua de pasteurización. Pero si utilizáramos serpentines de vapor, tendríamos:

$$H = hfg + (T_s - T_{hb})$$

donde

hfg es el calor latente de evaporación a la presión de entrada de vapor.

T_s es la temperatura de saturación del vapor.

T_{hb} es la temperatura del condensado subenfriado.

Por lo que en nuestro ejemplo tenemos: De las tablas de vapor hfg a 55 psig es 907.9; T_s es 302.9°F y la temperatura del condensado subenfriado se puede obtener experimentalmente, en este caso la consideramos $T_{hb} = 90^\circ\text{C}$ (194°F).

Así que:

$$H = 907.9 + (302.9 - 194).$$

$$H = 1\,011.8 \text{ BTU/lb}$$

entonces se tiene de consumo de vapor:

$$W = \frac{1\,285\,372.8}{1\,011.8}$$

$$W = 1\,270.4 \text{ lb/hr.}$$

Nota: Utilizando serpentines de vapor tenemos menos pérdidas del total del vapor utilizado, además de recuperar el condensado, enviado ya sea a calderas o una fosa de recuperación.

Ahora bien, refiriéndonos al consumo de agua de un pasteurizador de este tipo, podemos decir que es mínimo en casi todos los tanques debido al sistema de circuitos cerrados, excepto en el tanque 6° en donde continua mente se le está alimentando de agua fresca y fría, debido a que práctica-

mente en todos los sistemas el intercambio de calor es imperfecto, por lo que se hace necesaria la ayuda de ésta para llevar a cabo el enfriamiento.

Hace años, el consumo de agua se calculaba igual al volumen de cerveza pasteurizada. En ese tiempo se ponía poca atención a la temperatura de la cerveza saliendo del pasteurizador. La cerveza podía salir a 40°C. Hoy se requiere una temperatura de la cerveza a la salida del pasteurizador más baja por lo que el consumo de agua es más alto. Usando un pasteurizador moderno estándar y suponiendo una temperatura de agua fresca de 65°F (18°C), la cerveza a la salida a 85°F (29.5°C) puede ser producida usando 3 veces su volumen de agua. Si se añade una sección de enfriamiento extra, la proporción de agua a cerveza será 2 : 1.

Los requerimientos del pasteurizador se deben basar sobre las condiciones de verano cuando la temperatura del agua fresca es la más alta. Es fácil obtener altas eficiencias en el invierno cuando la alimentación de agua fresca es la más fría.

Si se desea obtener temperaturas de la cerveza a la salida abajo de 85°F (29.5°C) en el verano (y esto es siempre), se deben tomar medidas para enfriar la alimentación de agua fresca. En algunos casos, naturalmente, agua de pozo o natural se usa para enfriamiento, pero estas aguas generalmente tienen un contenido alto de minerales y existe la posibilidad que al contacto con las botellas calientes en la sección final de enfriamiento, traigan como consecuencia la precipitación de los minerales del agua formando en las botellas una película blanca. Claro que este tipo de aguas se puede usar sin peligro si son ablandadas de alguna manera o estabilizándolas con agentes secuestrantes. Donde sólo existe agua caliente se debe encontrar la manera de enfriar esa agua.

La cantidad de agua requerida dependerá de la temperatura a que entra la alimentación de agua fresca y la temperatura que se quiera tener en la cerveza a la salida del pasteurizador.

Como el agua utilizada para enfriar el producto en el 6° tanque es siempre una cantidad considerable, se puede reutilizar esa agua, teniendo un mínimo de pérdidas dándole un tratamiento previo. Ver Fig. B-4.

En la Fig. B-4 se puede observar que el agua que se rebosa del 6° tanque saliendo aproximadamente a 35°C, se envía a la fosa 1 de recuperación donde se clora y se manda a una torre de enfriamiento donde pierde calor y baja a una segunda fosa, aproximadamente a una temperatura de 22 - 25°C. De ahí se le lleva a unos filtros de grava y arena donde se clarifica y se envía al 6° tanque del pasteurizador para así hacer el ciclo de recuperación.

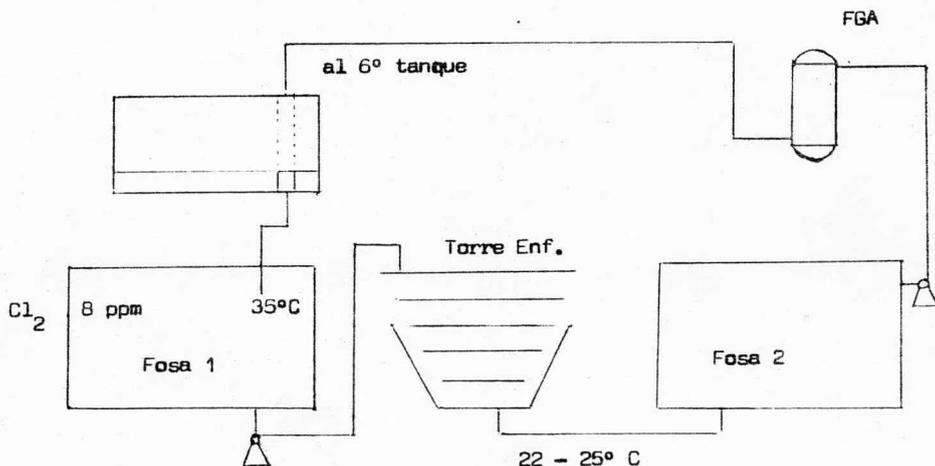


Fig. B-4. Ciclo de recuperación de agua para pasteurizadores.

C. CARACTERISTICAS TERMICAS DE LA PASTEURIZACION.

En 1940, Wehmiller encontró que como el calor se aplica en la parte exterior de las botellas, ya sea en los pasteurizadores tipo aspersión (túnel) o inmersión (se verá en el siguiente capítulo), se transmite principalmente por conducción a la cerveza a través de las paredes del envase sólo donde la cerveza está en contacto directo con las paredes. Si la cerveza se considera integrada de muchas capas cilíndricas delgadas, el calor viaja desde las paredes a la capa periférica, y desde ahí, en cantidades de crecientes a cada capa interior sucesivamente. Sin embargo, otra actividad toma lugar, retrasando este proceso para que su conclusión lógica sea alcanzada. Como las capas más externas se calientan, una corriente hacia arriba es iniciada, desplazando las capas interiores más frías hacia abajo. Este proceso es conocido como convección. Estas capas exteriores siendo más calientes que las interiores, debido enteramente al factor tiempo, necesariamente para transmitir calor desde las capas externas a las internas por conducción, llega a ser la fuerza motivante la cual empieza una corriente que viaja hacia arriba a lo largo de los lados de las paredes y hacia abajo en el centro. Esto se ilustra en la figura C-1a. Las curvas que aparecen en la misma figura muestran las relaciones de temperatura entre los diferentes puntos en la botella. La cerveza en el cuello de la botella se calienta más rápidamente, mientras que en el centro de la botella la velocidad de calentamiento es más lenta.

Como el cuerpo entero de la cerveza llega a calentarse más, la altura de la columna de actividad es cortada hacia la parte inferior y la velocidad de movimiento de la cerveza se reduce cuando todas las temperaturas se aproximan al equilibrio. Esto se ilustra en la Fig. C-1b. Se debe tener presente que a través de este proceso de transferencia de calor por convección, la penetración de calor es continúa por el método de conducción de

capa a capa, aún y cuando estén en movimiento y moviéndose una y otra.

Obviamente, botellas de diámetro mayor, tales como las de 32 oz, requieren más tiempo para efectuar la transferencia de calor entre el agua de pasteurización y la cerveza dentro de la botella que las botellas más pequeñas, tales como las de 12 oz. Naturalmente, también las botellas de paredes delgadas se calientan más rápido que las botellas con paredes gruesas.

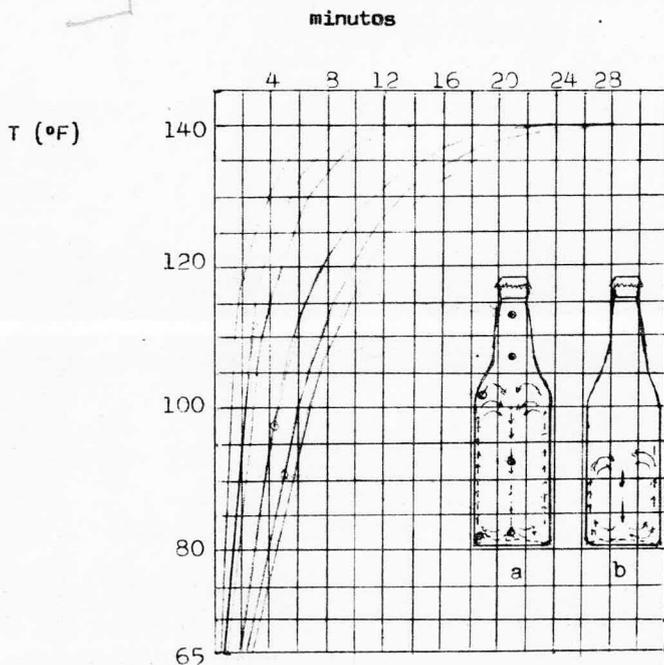


Fig. C-1 a y b - Transmisión de calor en la cerveza durante la pasteurización. (temperatura inicial 40°F (4.5°C)).

Wehmiller también realizó experimentos para determinar las ventajas y desventajas de dos de los métodos de pasteurización de la cerveza después de envasada. Los métodos comparados fueron aspersión e inmersión con-

plata, relacionándolos con asuntos tales como la posición del envase, agitación del agua y el volumen de agua usado en la aspersión. Las pruebas fueron conducidas de la siguiente manera:

1. Envases sumergidos en agua, posición recta.
 - a) agua agitada muy lentamente.
 - b) Agua agitada violentamente.
2. Envases asperjados con agua, posición recta.
 - a) Volumen del agua insuficiente para cubrir todo el envase.
 - b) Volumen del agua suficientemente justo para cubrirlo.
 - c) Volumen del agua doblado con respecto a b).
 - d) Volumen del agua incrementado 15 veces.

Los resultados de estas pruebas están graficados en las figuras C-2 y C-3, las cuales están numeradas de acuerdo a la lista mencionada. En cada gráfica cuatro curvas son mostradas, las cuales corresponden a cuatro puntos diferentes en el envase ilustrado en la figura C-2 (1a).

Comparando las gráficas en la fig. C-3 puede observarse que arriba de un cierto volumen mínimo de agua asperjada, la velocidad de calentamiento del envase y la cerveza es sólo ligeramente mejorada por un gran incremento en el volumen. Este mejoramiento en tiempo es relativamente leve por lo que es impráctico incrementar el volumen de agua sobre la cantidad aplicada y adecuada mostrada en la Fig. C-3 (2b). Este volumen es suficiente para dar una completa película de agua moviéndose sobre la superficie exterior del envase. El tiempo requerido para el último punto en el envase es 1 o 2 minutos más que en el centro.

La Fig. C-2 (1b) muestra que incrementos grandes en la agitación con pasteurizadores tipo inmersión, también dan muy pocas ventajas. Comparando agitación lenta con violenta, se ve que hay muy poca diferencia en el tiempo al cual el último punto del envase llega a la temperatura de pasteurización.

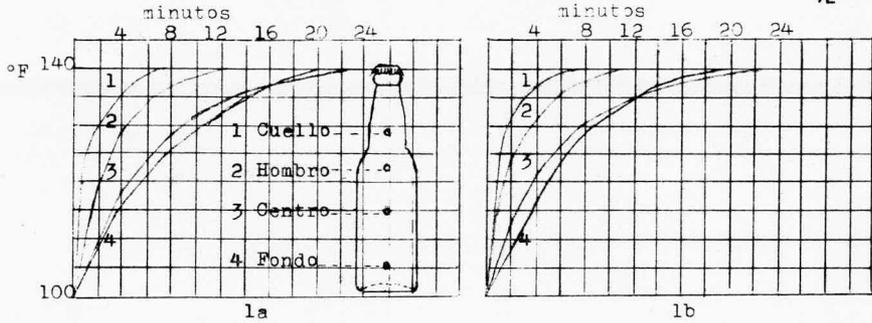


Fig. C-2 Botella sumergida en agua en posición recta.
(1a, agua agitada muy lentamente. 1b, agua agitada violentamente).

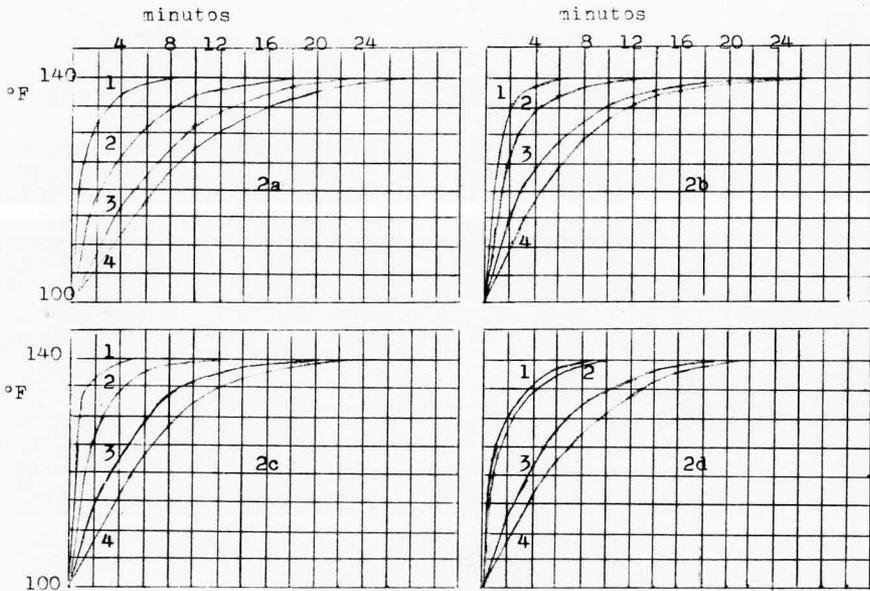


Fig. C-3 Botella espreada con agua en posición recta.
(2a, volumen de agua insuficiente para cubrir todo el envase;
2b, volumen de agua suficientemente justo para cubrirlo; 2c,
volumen de agua quince veces (2b); 2d, volumen de agua dos veces (2b)).

CAPITULO V

EQUIPO PARA EL PROCESO

A. EVOLUCION DE LA MAQUINARIA PARA PASTEURIZAR.

(Tipos de pasteurizadores a través del tiempo).

Desde la introducción del equipo de pasteurización en la industria al término del siglo pasado, dos tipos de pasteurizadores generales han estado en uso. Estos son el tipo de pasteurizadores de inmersión y el tipo de pasteurizadores de aspersión. El tipo de inmersión incluye: los tanques sencillos de calentamiento; los pasteurizadores de tipo cangilones o canasta; y los pasteurizadores automáticos pocket. El tipo de aspersión incluye el pasteurizador de espreas tipo caja; el pasteurizador rotatorio; y el pasteurizador horizontal (túnel); y el pasteurizador combinación del horizontal e inmersión parcial.

Como es de esperarse, tremendos logros se han hecho en el desarrollo de equipos como un resultado de la necesidad para grandes capacidades, costos bajos y alta calidad de producción. Al principio la pasteurización era un proceso discontinuo usando simples tanques de calentamiento, los cuales requerían cargarse y descargarse manualmente.

Sencillos tanques de calentamiento.

Estos representan los más simples y la forma más fácil de pasteurizadores. Consistían meramente de uno o dos tanques provistos con conexiones de agua fría, salida de drenado, e inyectores de vapor en puntos apropiados los cuales servían para calentar y agitar el agua para obtener temperaturas uniformes. Las botellas eran puestas sobre canastas o cubetas, entonces se sumergían en el tanque con agua fría, después se calentaba con vapor y se enfriaba con agua fresca y fría. La operación era por supuesto

discontinua, y la capacidad limitada a un máximo de 2.5 - 5 barriles/hora. Unidades de este tipo son raramente vistas en estos días.

En el transcurso del tiempo, la demanda para pasteurizadores más largos y continuos se incrementó hasta el punto donde los pasteurizadores de tipo canasta fueron introducidos.

Pasteurizadores tipo canasta.

Como el nombre lo implica, estas máquinas usaban canastas o cubetas, las cuales estaban suspendidas en cadenas sin fin para transportar las botellas a través de los diferentes compartimentos del pasteurizador sin cambiar la posición recta de los envases.

Las canastas servían para cualquier tipo de envase. La carga y descarga era realizada manualmente. Ahora para prevenir interrupciones, las cuales resultarían de inclinaciones en las canastas saliéndose los envases, algunos modelos tenían cubiertas en las canastas, mientras que otras permitían juego alrededor de las cadenas donde eran suspendidas las canastas y de esta manera la inclinación era imposible.

La continua posición recta de los envases durante el proceso, reducía al mínimo la interacción de la cerveza con el aire en el espacio libre del envase. Por otro lado, la penetración de calor era algo más baja comparada a pasteurizadores los cuales la botella era invertida periódicamente.

Este pasteurizador era muy eficiente y satisfactorio, la principal objeción hacia éste es la necesidad de cargar y descargar manualmente, por lo que limitaba su uso para altas velocidades de producción. Fig. A-1.

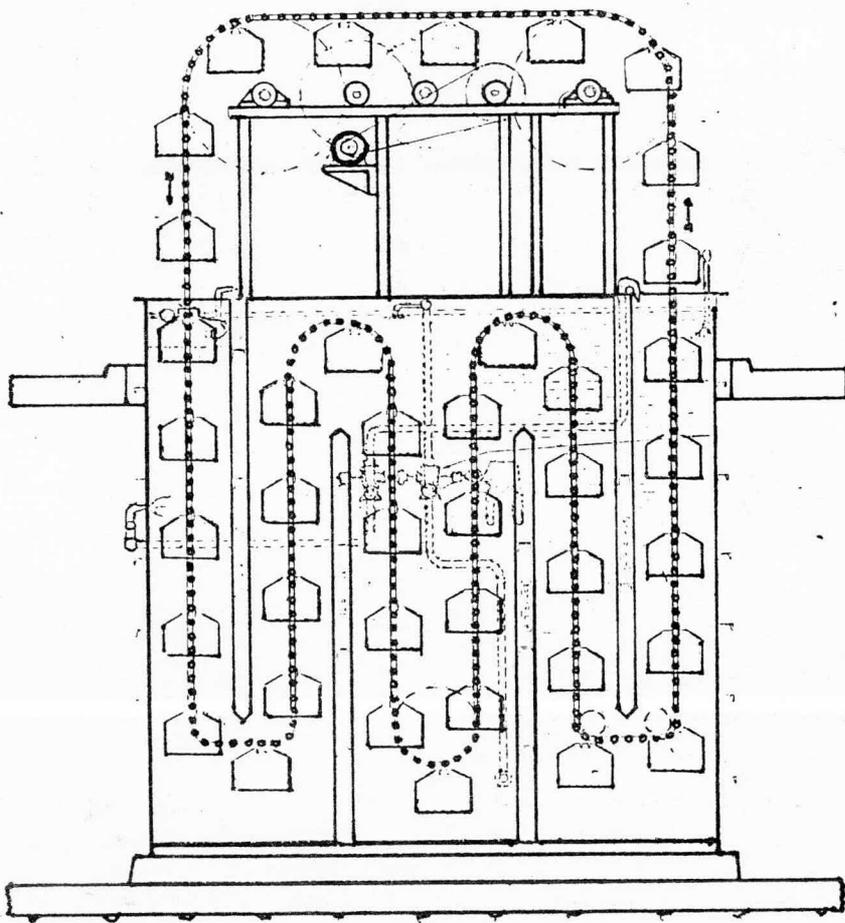


Fig. A-1 Pasteurizador tipo canasta.

Pasteurizador pocket.

En este tipo las cadenas conducían las botellas como en las lavadoras, o sea, las cadenas conductoras tenían cavidades a todo lo largo de ellas. Las botellas eran puestas en las cavidades de las cadenas conductoras. La ventaja de este arreglo es que permite cargar y descargar automáticamente sin asistencia manual.

En este tipo de pasteurizador las botellas viajan la mayoría del

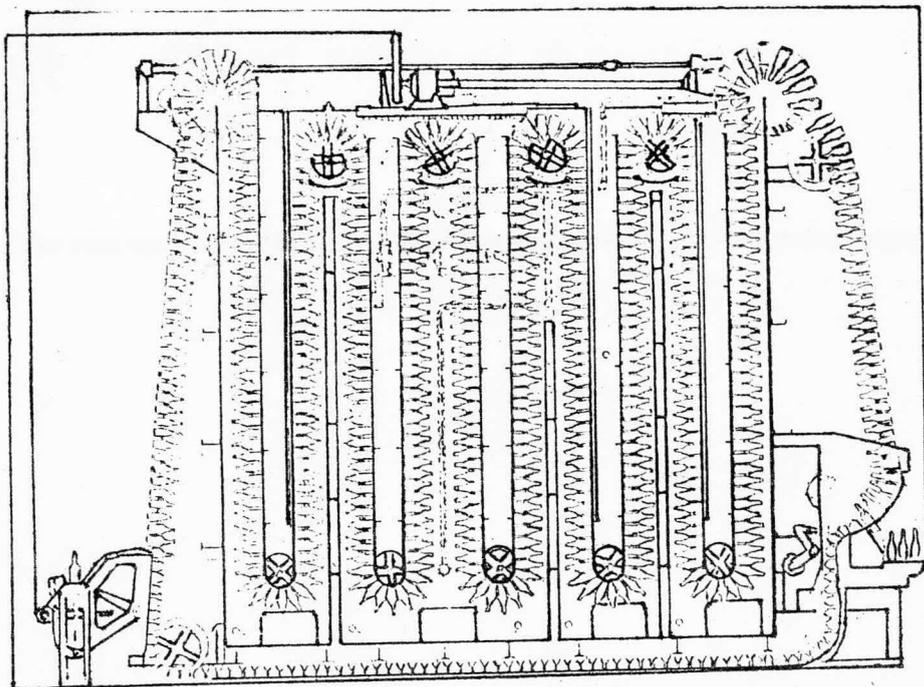


Fig. A-2 Pasteurizador tipo Pocket.

tiempo en posición horizontal y cambia su posición 180° en cada vuelta de la cadena. De esto resultan frecuentes mezclas de la cerveza con el gas del espacio libre, contacto continuo entre la cerveza y la corcholata, y un cierto grado de agitación el cual acelera la penetración del calor.

De las mezclas frecuentes de la cerveza con el gas del espacio libre y del cambio de posición 180° en cada vuelta de la cadena, un máximo de oxidación de la cerveza toma lugar debido a mayor contacto con el aire y acelera el efecto de la temperatura.

Pasteurizador tipo caja de espreas.

Otro tipo de pasteurizador que gozó de cierta popularidad fue éste, que es el precursor de los pasteurizadores modernos de aspersión. Lo común en ambos es el uso de cabezales de espreas rociando el agua como el método de transferencia de calor. Sin embargo esto es toda la similitud.

En este tipo las botellas eran puestas en cubetas apiladas en una cabina de acero, o eran puestas sobre una carretilla, las cuales se trasladaban por la cabina o caja. Se cerraba la cabina o caja y entonces, por medio de una bomba, el agua de un tanque era enviada al cabezal de espreas desde donde fluía un chorro grueso de agua sobre las botellas y regresa al tanque. El agua era pues recirculada. En el comienzo del proceso se usaba agua fría, después se le inyectaba vapor al agua del tanque gradualmente hasta alcanzar la temperatura deseada para la pasteurización, siendo esta temperatura controlada termostáticamente. Después se apagaba el vapor y se introducía agua fría gradualmente hasta que la cerveza era enfriada al punto deseado. Debido al bajo volumen de agua empleado, el consumo de agua y vapor eran moderados.

Pasteurizador tipo rotatorio.

En el tipo rotatorio las botellas eran puestas sobre una simple o múltiples hileras de una mesa, la cual daba vueltas a una velocidad de una revolución por hora alrededor de un centro dentro de una coraza circular. Las bombas distribuían agua fría y caliente a cabezales de penal, los cuales tenían secciones para precalentar, pasteurizar y enfriar, y desde los cuales el agua caía sobre las botellas.

Debido a que estas máquinas requerían cargarse y descargarse manualmente, su capacidad era necesariamente limitada.

Pasteurizadores tipo aspersión horizontales (túnel).

Los pasteurizadores más usados hoy en día son los pasteurizadores túnel, debido al eficiente manejo de grandes volúmenes de producción con poco o no supervisión manual, con perfectos resultados de pasteurización.

La carga y descarga es completamente automática. Las botellas

viajan en posición vertical a través del túnel, ya sea sobre cadenas en cons tante movimiento, o sobre una innovación conocida como "walkin beam" (viguetas movibles). Durante su recorrido están sujetas a espray de agua a diferentes temperaturas ya sea de cabezales de espumas o charolas perforadas, tan reguladas como para asegurar los períodos de tiempo del precalenta miento, pasteurización y enfriamiento.

Pasteurizador túnel tipo Vortex.

La introducción del pasteurizador Vortex en 1941 fue uno de los primeros pasos en revolucionar la mecánica del proceso de pasteurización de cerveza. Desde ese tiempo los pasteurizadores Vortex han sido instalados en todo el mundo. Mientras que los principios básicos del Vortex han perma necido los mismos, constantes mejoras y cambios se han hecho para reducir sus costos de operación e incrementar la producción.

El movimiento hidráulico es uno de los aspectos individuales más grandes del pasteurizador Vortex y marcó la primera aplicación de este tipo de manejo a equipo para botella. Es particularmente apropiado al pasteurizador ya que prescinde de engranes de reducción y movimientos de levas, y partes sustituyéndolas a un mínimo. El mecanismo para operar el transporta dor de viguetas "walking beam" tiene como fuerza motora un motor eléctrico el cual opera una bomba hidráulica. Esta bomba envía aceite a cilindros, los cuales por un simple movimiento de retroceso y adelanto imparten todo el movimiento necesario para impulsar el pasteurizador. El impulso entero es independiente dentro del conjunto de la máquina y fácil acceso al motor, bomba y el ensamblaje distribuidor, está provisto de un lado a otro de puer tas movibles en las afueras de la cubierta del pasteurizador.

"Walking beam".

Las viguetas movibles, "walking beam" de la cadena, está compues-



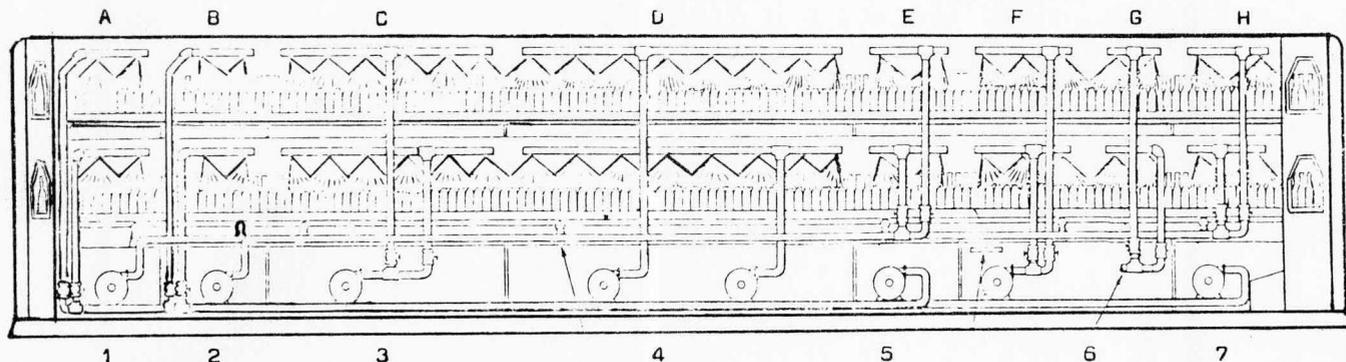
ta de dos rejillas, cada una hecha de una serie de tiras o fajas de acero inoxidable corriendo longitudinalmente a través de la máquina. Las fajas se ponen suficientemente cerradas para proporcionar un soporte firme para los envases aún y cuando están suficientemente apartadas para permitir aberturas por donde pasen las partículas de vidrio provenientes de algunas botellas que llegan a romperse y puedan caer éstas en el tanque abajo.

Para facilitar el movimiento de rejillas, las cadenas están montadas sobre cojinetes de rodillos ahusados prácticamente sin fricción. La "walking beam" no se mueve de sección a sección en el pasteurizador, meramente proporciona movimiento hacia adelante a las botellas. En consecuencia, el transportador en cualquier punto en el pasteurizador siempre permanece a la misma temperatura del agua que está cayendo sobre él. Este aspecto ahorra el costo usual de calentar y recalentar los transportadores que pasan dentro y fuera de la zona de proceso. Se obtiene importante economía en el agua usada en este tipo de transportador, en un pasteurizador con transportador de cadena algo de agua es constantemente llevado fuera y desperdiciada, considerando que el transportador "walking beam" permanece dentro del área asperjada todo el tiempo. Menos espacio se requiere debido a lo compacto del transportador "walking beam", según diseño, y las divisiones hidráulicas, y 1/2" de plancha de acero en el fondo. Estos tanques también pueden estar metalizados como un resguardo adicional contra la corrosión. En cada final del pasteurizador se ponen ventanas corredizas para proporcionar acceso al interior.

Calentamiento Vortex y sistema regenerativo de enfriamiento.

En la Fig. A-3, se puede notar el sistema Vortex regenerativo de calentamiento y enfriamiento. Como las botellas se cargan automáticamente dentro de la máquina, primero entran al compartimento de precalentamiento.

Fig. A-3 Pasteurizador Túnel tipo Vortex de doble piso.



Zona de:

- A. Agua atemperada.
- B. Primer precalentamiento.
- C. Segundo precalentamiento o prepasteurización.
- D. Zona de pasteurización.
- E. Preenfriamiento.
- F. Enfriamiento.
- G. Agua fresca o de servicio.
- G. Agua enfriada.

Tanque de:

- 1. Agua enfriada.
- 2. Preenfriamiento.
- 3. Prepasteurización.
- 4. Pasteurización.
- 5. Primer precalentamiento.
- 6. Enfriamiento.
- 7. Agua atemperada.

Después de atemperadas de tal manera que prevenga la expansión y como resultado rompimiento de botella, entran a una segunda zona de precalentamiento las cuales pueden o no elevarlas a la temperatura de pasteurización (según el diseño del pasteurizador). De esta zona se mueven dentro de la zona de pasteurización. Al salir de la zona de pasteurización empieza el enfriamiento para prevenir choque térmico y rompimiento de botellas. De ahí las botellas se mueven a la zona de enfriamiento propiamente dicha y finalmente al último compartimento también de enfriamiento.

Sistema de flujo de agua.

El agua para el primer precalentamiento, es bombeada desde el tanque abajo de la zona de preenfriamiento, donde se ha colectado después de haber sido espreada sobre las botellas calientes saliendo de la zona de pasteurización. Y el agua para el primer preenfriamiento es bombeada desde el tanque abajo de la zona de precalentamiento donde se colectó después de haber sido espreada sobre las botellas frías que van a entrar a la zona de pasteurización. El agua para las zonas de pasteurización es circulada en su mismo tanque.

El tanque de enfriamiento es un tanque independiente, el cual mantiene agua fría a la temperatura deseada controlando automáticamente el volumen de agua fresca entrando a la máquina y la descarga final. En este tanque se tiene un rebose donde se tira el agua que se va calentando por enfriar las botellas (automáticamente).

Este sistema regenerativo asegura economía en el uso de vapor y agua por uso de flujo a contracorriente de agua caliente contra cerveza fría en el final de la carga y agua fría contra cerveza caliente en el final del enfriamiento. Barry-Wehmiller ingenieros, diseñaron un tipo de pasteurizador para condiciones donde el agua de servicio es altamente calentada y la

temperatura de descarga de la cerveza fría es deseada. Esta máquina tiene un precalentamiento extra y un preenfriamiento adicional.

Los aspectos básicos del simple pasteurizador Vortex han sido incorporados dentro del pasteurizador doble Vortex. Esta máquina comprende dos pisos individuales cuya velocidad de operación pueden ser reguladas independientemente uno del otro. Además la misma agua de los tanques sirve para ambos pisos, cabezales de espreas tratan a cada piso individualmente. El rompimiento de botella en ambos pisos de estos pasteurizadores es muy bajo. Cuando se introdujo el pasteurizador Vortex en 1941, un rompimiento de botella de 0.1% era considerado excelente para botellas de 12 oz. El Vortex estableció un nuevo estándar de 0.03%. Esta mejora se atribuye al hecho de que el sistema de espreado en todos los pasteurizadores Vortex previenen choques térmicos, aún permitiendo un eficiente medio de transmisión de calor y enfriamiento.

B. PUNTOS GENERALES EN PASTEURIZADORES DE TIPO INMERSION Y ASPERSION.

1. Puntos generales en los pasteurizadores tipo inmersión.

Los pasteurizadores tipo inmersión fueron construidos en una larga variedad de muchos diseños flexibles, tales como de una o dos plantas, de uno o dos finales. Esto los hizo adaptables para usarse en plantas de embotellado grandes o chicas de ya sea simple o múltiples pisos de construcción. Diferentes demandas de producción podían ser satisfechas construyendo máquinas de diferentes largos a través de adición o eliminación de secciones. De esta manera, el pasteurizador podía estar hecho para tener más o menos botellas, y apropiadamente variando la velocidad de las canastas o transportadores, la salida podía ser incrementada o reducida sin afectar el ciclo total de pasteurización.

El volumen de agua requerido en pasteurizadores tipo inmersión fue bastante grande. Por lo tanto, el gran peso de la misma máquina, más el gran volumen de agua, requerían cimientos seguros. Debido al gran volumen de agua requerido en pasteurizadores de inmersión, el vapor requerido para calentar la unidad inicialmente era algo más alto que el necesario para calentar una unidad de aspersión. Por otro lado, el gran volumen de agua servía para que las temperaturas de transición fueran graduales y uniformes y consecuentemente reducía el rompimiento de botellas.

Hasta que un pasteurizador tipo canasta o pocket era completamente cargado, la operación de la unidad era en una condición desbalanceada, debido a un peso extra en sólo una porción de la máquina. Una vez que la máquina estaba completamente llena con botellas, la carga era balanceada y la fuerza consumida y el esfuerzo sobre la unidad, reducido. Muchos de los esfuerzos debidos a desbalanceos fueron reducidos proporcionando presión en algunos puntos sobre la cadena conductora.

El hecho que las partes móviles, que es la cadena y las canastas, eran alternativamente expuestas al agua y al aire (aún cuando el contacto con el aire es reducido a la carga y descarga) resultó una tendencia a la corrosión en estas partes.

Pérdidas de calor debidas a la radiación fueron considerables en vista del largo del área de exposición del metal caliente. La radiación podía ser minimizada aislando las superficies de los tanques, pero este procedimiento era raramente adaptado.

Existía un real y serio peligro de sobrepasteurización en caso de paros accidentales debidos a, por ejemplo, interrupciones en el marcador. Un paro de 10 minutos podía ser suficiente para dar a la cerveza un sabor de pasteurización muy característico. Por esta razón había una muy

definida tendencia hacia el uso de múltiples marcadores sobre una línea larga de embotellado. Entonces en caso de que un marcador se paraba, el otro funcionaba temporalmente para remover la cerveza que quedaba dentro. Se debe recordar pues, que el pasteurizador no debía parar mientras contenía cerveza.

En pasteurizadores tipo pocket, las cervezas las cuales son extremadamente sensibles a la agitación, pueden ocasionalmente desarrollar sedimentos ligeros o un velo tenue debido a los cambios repetidos desde una posición horizontal a una posición recta de la botella. Tales casos son muy raros, pero en caso que éstos ocurrieran, una investigación del proceso de calentamiento de la caldera en el brewhouse está indicada.

Con agua alta en dureza temporal hay una ventaja en mantener las botellas sumergidas durante el paso a través del pasteurizador, claro exceptuando la carga y descarga. La exposición intermitente de botellas calientes al aire es causa para la formación de películas y por lo tanto botellas empañadas. Como una garantía contra tal problema es deseable tratar un agua con dureza temporal alta con un agente secuestrante, tales como polifosfatos, los cuales captan los minerales responsables de la solución que pueda empañar. Concentraciones entre 5 y 20 partes por millón son generalmente adecuadas para estabilizar aguas duras.

2. Puntos generales en pasteurizadores tipo aspersión.

En los pasteurizadores de aspersión de múltiples pisos existía la posibilidad de que el agua espreada llegara fría al piso inferior y por lo tanto una incompleta pasteurización en las botellas que corrían por ese piso. Afortunadamente, de este tipo de unidades ya no son operadas hoy en día.

Pasteurizadores tipo aspersión de uno o dos pisos pueden admitir botellas o latas de prácticamente cualquier tamaño. Obviamente, botellas de diferentes tamaños no deben ser pasteurizadas en el mismo tiempo de recorrido de la unidad, por lo que cambios de velocidad de la máquina se deben hacer cuando se cambia de envase. El hecho importante es pasteurizar a la temperatura deseada. El poder variar la velocidad de la unidad permite regular el tiempo total de pasteurización, de acuerdo con las características de intercambio de las diferentes botellas o latas y de acuerdo también al tamaño de los envases.

En algunas máquinas la zona de enfriamientos es bastante pequeña. A veces cuando la temperatura de alimentación de agua fresca es relativamente alta tal como agua de río en tiempo de verano, esto puede ocasionar un problema serio, ya que las botellas saldrían del pasteurizador con una temperatura en la cerveza de 90°F (32° C) o más. De esto resultaría un detrimento en el sabor, especialmente si la cerveza se almacena y permanece con esta temperatura varias horas después de pasteurizada. Se deben tomar medidas para asegurar que la cerveza tenga una temperatura de salida de no más de 80°F (27°C). En algunos casos esto se logra usando agua de considerable temperatura baja para enfriar. Recientemente algunas cervecerías le dan refrigeración artificial al agua de enfriamiento para que las botellas a la salida estén frías. Si se usa agua no tratada puede dejar una película sobre las botellas calientes debido al contenido alto en minerales.

Se construyen pasteurizadores de un solo piso en su mayoría, pero ahora es más aprovechable los pasteurizadores con dos pisos. En este tipo de máquina la capacidad es doble, mientras que el espacio donde está montado el pasteurizador es el mismo que si fuera sencillo. Cada piso se procesa con el mismo conjunto de bombas y la misma fuente de agua.

En el pasteurizador de dos pisos se puede pasteurizar dos diferentes tamaños de envases al mismo tiempo. Se pueden correr latas en un piso en un tiempo de 30 - 35 min. de ciclo total y botellas de 32 oz en el otro con un tiempo de 55 - 60 min. de ciclo total. La velocidad en cada piso es independiente.

El principio de circuitos regenerativos saca buena ventaja en un pasteurizador tipo aspersión bien diseñado. De esto resulta un considerable ahorro de vapor y agua.

Comparando un pasteurizador tipo aspersión con uno de canasta o pocket, se requiere más espacio de instalación en el primero para una capacidad dada. El área más larga permite una distribución del peso mejor, lo cual se refleja en requerir menos cimientos. El rompimiento de botella es bajo debido a la transición gradual de la temperatura.

Se necesita tener una temperatura del agua de pasteurización mayor a la necesitada para pasteurizar la cerveza, esto es con el objeto de alcanzar la temperatura de pasteurización más rápido. Debe ser mínima la diferencia entre las temperaturas del agua y la cerveza. En caso de paros por cualquier razón, las bombas se pueden parar inmediatamente. En algunos casos esto puede minimizar el peligro de sobrepasteurización, pero el mejor procedimiento es tener un plan definido de acción para paros imprevistos. Por ejemplo, en el caso de un paro prolongado se debe introducir agua fría tan rápido como sea posible, entonces la cerveza en el pasteurizador puede decidirse lo que se hace con ella.

Concerniente a las condiciones del agua, existe el peligro que aguas de considerable dureza puedan causar obstrucciones en los orificios de las espreas debido a formación de incrustaciones. Cuando esto ocurra,

CAPITULO VI

CONTROL DEL PROCESO EN LA PRACTICA

El proceso de pasteurización debe dar un máximo de protección con respecto a la estabilidad biológica de la cerveza por un lado, y por el otro, debe minimizar los efectos secundarios, como son sabor, color, olor y estabilidad protéica que pudiera ocasionar.

En la práctica, para cada planta embotelladora y para cada tipo de cerveza se debe decidir el procedimiento de pasteurización más favorable. Generalmente, el más favorable es el que da buena estabilidad biológica en el período de tiempo más corto. El departamento de control de calidad es el responsable de que se lleve a cabo el proceso de pasteurización lo mejor posible. Para esto se requiere conocer: los factores que afectan el ciclo de pasteurización; los factores que afectan el calentamiento y el enfriamiento; las variables que podemos regular, tales como la velocidad de la máquina, las temperaturas en las diferentes zonas, ya sea en las zonas de preenfriamiento y precalentamiento, o bien en las zonas de pasteurización propiamente dicho, y las unidades de pasteurización permitidas para la cerveza de que se trate.

Ahora bien, a veces resultan problemas durante el proceso, tales como rompimiento de botellas o paros en el pasteurizador, ya sean debidos a paros en la línea o a fallas mecánicas de la propia máquina. Para resolverlos se deben conocer las causas posibles que los producen.

También se debe vigilar y cuidar del mantenimiento de la máquina para prolongar su vida. Esto es: darle tratamiento al agua de pasteurización, limpieza, etc.

A. FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO.

1. Factores que afectan el ciclo de pasteurización.

Los factores que afectan el ciclo de pasteurización, incluyen los siguientes:

a) Condición biológica de la cerveza y los envases:

Biológicamente la cerveza libre de microorganismos, requiere una pasteurización menos severa que una cerveza pobremente filtrada o infectada. Si la condición biológica de las botellas lavadas no es satisfactoria, biológicamente hablando, la cerveza puede ser re-infectada y requerir pasteurizaciones más largas y altas temperaturas para garantizar su estabilidad biológica.

Recientemente se ganó capacidad de producción en las líneas de embotellado debido a que se redujo el tiempo de pasteurización, ya que se puso énfasis en la sanidad de la cervecería, tal como: limpieza de tanques, limpieza de mangueras, filtración y sanidad en el embotellado.

Este nuevo programa de limpieza llevó a la cervecería a aumentar la velocidad del pasteurizador y acortar el ciclo de pasteurización considerablemente.

b) Composición y carácter de la cerveza.

Un alto contenido de alcohol, alto grado de atenuación, bajo porcentaje de azúcares fermentables, bajo pH y alto grado de carbonatación, son los que conducen hacia una mejor estabilidad biológica y pueden de este modo permitir una ligera reducción en la intensidad de pasteurización.

Cervezas pesadas elaboradas con una gravedad original alta, cerve

zas de malta o con carácter a caramelo y que contengan un contenido de aire apreciable, estén pronto a desarrollar sabores indeseables. Estas, entonces pueden ser pasteurizadas a temperaturas más bajas y con períodos de tiempo más cortos para una estabilidad efectiva de la condición biológica.

2. Factores que afectan el calentamiento y enfriamiento.

a) Tamaño y forma del envase.

En los envases grandes, el calor tarda más tiempo en alcanzar el centro del contenido.

b) Naturaleza del envase.

Las botellas de vidrio de paredes delgadas, transmiten el calor ligeramente más rápido que las botellas de paredes más gruesas; las latas transmiten el calor más rápido que las botellas, y por lo tanto, pueden reducirse los ciclos de pasteurización.

c) Diferencial de temperatura.

La transmisión de calor será más rápida ~~entre~~ más grande sea la diferencia de temperatura entre el agua de proceso y el envase. Este principio es aplicado en los pasteurizadores modernos cuando una zona de supercalentamiento o prepasteurización es usada con agua a 142 - 145°F (61-63°C), atravesando los envases entre la zona de precalentamiento y pasteurización. Se debe tener cuidado al determinar esta temperatura, ya que se ha encontrado que el calentamiento de la cerveza en el área del cuello y del hombro del envase es mucho más rápida que en el centro de la botella y no es influido por las corrientes de convección que suceden en el interior de la cerveza. Si se usa una temperatura demasiado alta en el agua de precalentamiento, existe la posibilidad de que la cerveza de las zonas del cuello y del hombro se sobrepasteuricen.

En la pasteurización de latas es totalmente indeseable usar temperaturas de supercalentamiento demasiado elevadas. El sello que forma el compuesto en las tapas comienza a reblandecerse a 140°F (60°C) y puede desprenderse a temperaturas ligeramente más altas. Esto puede impartir a la cerveza, algunas partículas de compuesto y darle un sabor a cera.

Un espacio libre muy grande y una cerveza supercalentada en el cuello de la botella, puede originar un sabor de pasteurización prematura, porque el calor acelera los efectos del aire en la cerveza.

d) Agitación.

Un movimiento continuo del envase u otra forma de agitación, acelera la transferencia del calor.

e) Cantidad y dirección del flujo de agua.

El flujo de agua en ángulos rectos a lo largo del eje de la botella, como ocurre la mayoría de las veces en los pasteurizadores tipo pocket, puede originar que la transferencia de calor sea ligeramente más rápida que cuando el flujo está en paralelo con la botella, como ocurre la mayoría de las veces en pasteurizadores tipo canasta y en los tipo aspersión. La cantidad de agua deberá ser suficiente para cubrir a las botellas con una película de agua.

Flujos más grandes que éste no aumentarán el grado de transferencia de calor. Por supuesto todas las espumas y charolas de distribución, deberán estar colocadas de tal modo que todas las botellas se expongan totalmente al agua de proceso. Vacíos en el área de proceso pueden originar bajas pasteurizaciones y desarrollo biológico prematuro en el mercado.

Es muy difícil hacer normas definidas de valores prácticos concernientes a los grados de variación del calentamiento y enfriamiento en di

ferentes envases de cerveza. Se puede reiterar solamente que el tiempo actual de pasteurización, o sea las unidades de pasteurización para una cerveza dada es el mismo para botellas grandes, pequeñas o latas.

Por otro lado, el tiempo total del proceso varía porque varían el calentamiento y enfriamiento por los diferentes envases y diferente construcción de los pasteurizadores. Para un tipo dado de pasteurizador, las siguientes características a menudo son ciertas:

12 onzas.- Botellas export retornables de todos tipos, requieren más o menos el mismo tiempo total de proceso.

12 onzas.- Botellas de vidrio de paredes delgadas o no retornables, requiereren cerca del 10 al 15% menos del tiempo total que las botellas retornables de 12 onzas.

32 onzas.- Botellas de vidrio de 32 oz requieren en cualquier parte de 10 al 35% más del tiempo total que las botellas de 12 oz, dependiendo sobre todo de las características del pasteurizador.

12 onzas.- Las latas requieren cerca del 20 a 30% menos que el tiempo total de proceso de las botellas retornables de 12 oz.

3. Variables que se pueden regular en los pasteurizadores.

a) El tiempo total de proceso puede ser regulado, ajustando la velocidad del transmisor que es variable o cambiando la relación de los engranes transmisores.

b) Ajustando las temperaturas en las diferentes zonas, podemos obtener un buen balance entre el precalentamiento, el calentamiento en sí y el enfriamiento.

c) La transferencia de calor se acelera por un supercalentamien-

to o subenfriamiento. En general, la diferencia de temperaturas entre el envase de vidrio y el agua de proceso nunca debe exceder 50°F (27°C).

Para ajustar las temperaturas de la zona de calentamiento (pre-pasteurización y pasteurización) se utilizan controladores automáticos de temperatura neumáticos, los cuales al registrar un cambio en la temperatura, por medio de aire comprimido accionan una válvula de diafragma conectada a la línea de vapor cerrándola o abriéndola según sea el caso, y tratando de mantener así la temperatura deseada. Estos controladores registran la temperatura de cada tanque en una gráfica, y por medio de esta gráfica podemos saber si el proceso ha ido por buen camino o reconocer algunas anomalías que pudieran presentarse, por ejemplo, falta de vapor en la línea, etc. A estos controladores se les conoce como termógrafos y las gráficas que se tienen para éstos son muy semejantes a las del reloj viajero (Fig. E-2 del capítulo III), sólo que en los termógrafos será una línea continua sobre la temperatura deseada si no se presentara anomalía alguna en el proceso.

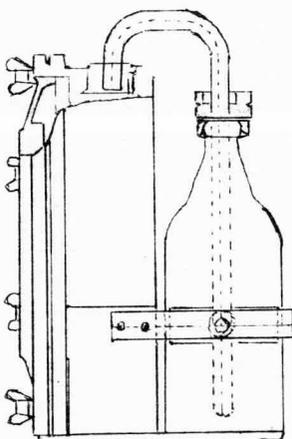
Para obtener un buen control en la temperatura de los tanques por medio del termógrafo, es primordial que se mantenga una misma presión en la alimentación de aire comprimido (alrededor de 18 lb). Además debe estar el aire limpio y libre de mezclas. Fluctuaciones en la presión del aire afectan desfavorablemente estos termógrafos resultando temperaturas no uniformes en la zona de pasteurización, por lo cual puede o sobrepasteurizarse la cerveza o no pasteurizarse. Para asegurar un control positivo se debe instalar ese termógrafo con un regulador de presión y se debe checar regularmente, limpiándose de vez en cuando y las trampas de agua del filtro se deben drenar.

Otro punto importante es el suministro de vapor a la presión correcta y uniforme, ya que también de esto dependerá el correcto control de

las temperaturas de la zona de pasteurización.

Ahora no hay que olvidar que el tiempo del proceso y las temperaturas de las diferentes zonas de pasteurización, estarán reguladas de acuerdo a las curvas obtenidas en la gráfica del reloj viajero. Esas curvas representan la historia térmica de cada proceso y las unidades de pasteurización totales del proceso (Fig. E-2 del capítulo III).

El reloj viajero es un termógrafo que viaja a través de todo el pasteurizador marcando las temperaturas que va adquiriendo la cerveza durante el proceso. La temperatura que marca el reloj viajero es la temperatura abajo del centro del contenido.



Vista lateral de un reloj viajero

Unidades de pasteurización permitidas.

Como ya se dijo, generalmente, el procedimiento de pasteurización más favorable es el que da buena estabilidad biológica en el período de tiempo más corto, lo que implica el menor número de unidades de pasteurización

zación posibles, pero dando un margen de seguridad.

Hay veces que por diversos motivos, ya sean paros en la línea de producción, en el mismo pasteurizador por fallas mecánicas, fallas de vapor, etc., las unidades de pasteurización del proceso se salen de lo deseado. Pero aún así se puede determinar si esa carga puede ser o no enviada al mercado. Esto es resultado de pruebas de laboratorio, en donde para cada tipo de cerveza se pueden señalar los límites de las unidades de pasteurización permitidas, y la cerveza en este intervalo se considera estable biológicamente y los efectos secundarios no se marcan.

Para conocer el límite inferior se pasteuriza la cerveza a diferentes temperaturas (bajas por supuesto) a diferentes tiempos, y para cada prueba se hace un cultivo en un medio apropiado de los microorganismos que pudieran aparecer en la cerveza sin pasteurizar, y se determina el número de supervivientes. Se sabe con qué número de supervivientes la cerveza ya se considera biológicamente estable. Ahora para conocer el límite superior, también se pasteuriza la cerveza a diferentes temperaturas (ahora altas), a diferentes tiempos, y para cada prueba se hace un catado.

A temperaturas altas el contenido de aire del envase puede influir mayormente oxidando la cerveza. Así es que si una cerveza llega a los límites superiores de unidades de pasteurización y tiene un contenido alto de aire, es muy probable que dure poco en buen estado durante el almacenaje.

En casi todas las cervecías con 6 a 15 U.P. se asegura una buena estabilidad biológica. Con respecto a su límite inferior, algunas cervecerías debido a su sanidad con tan sólo 2 U.P. obtienen estabilidad biológica en su cerveza (aunque es preferible dar margen de seguridad). Y con respecto a su límite superior se puede pasteurizar hasta 35 U.P. sin que afec-

te grandemente su calidad, aunque no es deseable pues entre mayor número de U.P., mayor probabilidad de descomposición de la cerveza. O sea, que teniendo buena sanidad en una cervecera y previniendo cualquier motivo que diera lugar a un exceso de tratamiento, los límites de unidades de pasteurización para un proceso pueden ser de 2 a 35 U.P., pero los límites deseables serán de 6 a 15 U.P.

B. PROBLEMAS QUE PUEDEN PRESENTARSE DURANTE EL PROCESO.

Hay factores que pueden ocasionarnos problemas durante el proceso: Rompimiento de botella; paros en la línea de producción; paros en el pasteurizador por fallas en los servicios (vapor, agua, electricidad), por fallas mecánicas, ya sea la transmisión hidráulica o mal funcionamiento de las bombas centrífugas de recirculación del agua; botellas caídas; decoloración de la plastitapa o corcholata, etc. A continuación se verán las causas de algunos factores anteriormente mencionados y sus posibles soluciones.

1. Causas que pueden originar rompimiento de botella en el pasteurizador.

El resultado de rompimiento de botella son los factores siguientes:

- a) Velocidad de enfriamiento o calentamiento demasiado rápido.
- b) Contacto excesivo entre las botellas debido a demasiada presión en las estaciones de carga y descarga.
- c) Espacio libre muy pequeño, particularmente en combinación con altas temperaturas (llenado excesivo).
- d) Botellas pobremente templadas.
- e) Botellas debilitadas por un manejo rudo.

2. Presión desarrollada en los envases durante la pasteurización.

Una presión considerable es alcanzada en el interior de la botella o lata durante la pasteurización. Esta presión depende de lo siguiente:

- a) El grado de carbonatación de la cerveza.- Un alto contenido de CO_2 , desarrollará una presión alta durante la pasteurización.
- b) Temperatura máxima alcanzada durante la pasteurización.- La solubilidad del gas en la cerveza es menor conforme se aumenta la temperatura. La agitación es también otro factor.
- c) El espacio libre.- Este es uno de los factores más importantes porque el aumento de volumen de cerveza que se alcanza en el cuello de la botella durante la pasteurización, reduce el espacio libre. Con un espacio libre más pequeño, los gases serán más fuertemente comprimidos dando como resultado una presión más alta.
- d) El contenido de alcohol de la cerveza.- Las cervezas con alto contenido de alcohol se expanden más que las cervezas con bajo contenido de alcohol. La expansión de todas las cervezas cuando se alcanza la temperatura de pasteurización varía generalmente entre el 2 al 2.5%.

3. Decoloración de plastitapas o corcholatas.

Raras ocasiones se presenta este problema, y es debido al azufre en el agua, el cual puede estar en la forma de un sulfato o ser derivado de materia orgánica desarrollada por el rompimiento de botella. Estos sulfatos se pueden reducir a sulfuros por la acción de las bacterias. La presencia de sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico en el agua es indeseable no sólo por el olor y la decoloración de las plastitapas sino que también imparte un carácter corrosivo al agua. Un muy efectivo medio para eliminar

el sulfuro de hidrógeno del agua es por cloración. En este proceso de oxidación, el sulfuro de hidrógeno del agua es convertido en azufre elemental o, si la oxidación va más lejos, en ácido sulfúrico. El cloro es también convertido en un ácido, llamado ácido clorhídrico, así que el resultado es un decremento en el pH del agua. Teóricamente, 2.1 ppm de cloro se requieren para convertir 1 ppm de sulfuro de hidrógeno en azufre.

En la práctica para el tratamiento donde se usa la clorinación o el uso de hipocloritos, el desarrollo de sulfuro de hidrógeno por las bacterias no constituye un problema.

4. En caso de que por causas de fuerza mayor (fallas en los servicios, fallas mecánicas o paros en la línea de producción) se deba parar un pasteurizador con la carga adentro, se seguirá el siguiente criterio:

a) Se cortará el vapor de inmediato y se pararán únicamente las bombas de prepasteurización y pasteurización.

Después de 10 minutos se parará el resto de las bombas y se cortará el agua fresca. Esto debe permitir reducir la temperatura de la cerveza en las botellas que ya pasaron la zona de pasteurización.

b) Si el paro es menor de 30 min., al reanudarse la operación se abrirá el vapor y se arrancarán las bombas para reiniciar el trabajo al alcanzarse las temperaturas normales de operación en todos los tanques.

c) Si el paro es mayor de 30 min., pero menos de 3 horas, después de reanudar la operación en la forma indicada en el punto anterior, se podrá dar salida directa a un lugar de rápido consumo a la cerveza que se encuentre después del tanque de pasteurización. La cerveza que se halle en los tanques de prepasteurización y pasteurización se apartará con el fin de hacerle pruebas de posible baja pasteurización si al reanudarse la

operación se alcanzaran las temperaturas normales y permaneciera la carga un cierto tiempo dentro de la zona.

A la cerveza antes de la zona de prepasteurización se le podrá dar salida directa a algún lugar cercano y de rápido consumo.

d) Si el paro es mayor de 3 horas, se apartará toda la carga en 3 lotes, se parando la cerveza antes de la prepasteurización, la de las zonas de prepasteurización y pasteurización y finalmente la cerveza después de la pasteurización y antes del tanque de agua fresca. Toda la cerveza después del tanque de agua fresca (incluyéndolo) puede salir.

En caso de que parara por algún motivo alguna bomba centrífuga de recirculación, podemos continuar el proceso siempre y cuando no afecte el resultado del proceso totalmente, esto lo podemos ver introduciendo un reloj viajero y midiendo las unidades de pasteurización efectuadas. Claro que si es una bomba de la zona de pasteurización lo más probable es que sí afecte el proceso no pudiéndolo continuar.

C. TRATAMIENTO DE AGUA Y LIMPIEZA DE PASTEURIZADORES.

1. Tratamiento de agua de pasteurizadores.

La necesidad de tratar el agua de pasteurización depende de un gran número de factores. En cada planta, uno o más de estos factores puede ser calculado con y como una simple manera de tratamiento. Se deben corregir satisfactoriamente todos los disturbios. Entre los factores que más afectan el tratamiento de agua se encuentran los siguientes:

a) Tipo u composición química del agua.- En lugares donde se dispone de agua suave, se encontrarán pocas dificultades. Por otro lado si el agua es dura, que tenga más de 100 ppm de dureza de carbonatos, el agua debe

ablandarse antes de usarse, para prevenir la precipitación de incrustación de carbonatos en la máquina, y lo más importante, sobre las botellas, en forma de una película blanca. La filtración y ablandamiento del agua para lavadoras se puede hacer por los métodos cal-carbonato o con zeolitas que ayudan a reducir los sedimentos, incrustaciones y ligeras películas de minerales sobre las botellas.

La única solución práctica, es el uso de agentes secuestrantes que estabilicen la dureza del agua y prevengan la precipitación de los carbonatos. Entre estos agentes secuestrantes, el hexametáfosfato de sodio actúa excelentemente, especialmente contra los minerales del tipo del calcio, y las cantidades que se necesitan son muy bajas, del orden de 5 a 10 ppm (nota: una onza por cada 1000 galones de agua equivale a 7.5 ppm). Ello puede ser introducido directamente dentro de los compartimentos del pasteurizador o puede ser introducido en un grado determinado con el suministro de agua fresca.

En el campo de un pasteurizador tipo túnel, donde las zonas de prepasteurización y pasteurización están en circuito cerrado y que requieren un mínimo de agua, una simple carga en el tratamiento trabaja muy bien. En las zonas de precalentamiento y preenfriamiento, donde el suministro de agua es continuo, el sistema de medición es más satisfactorio. En dado caso, los agentes secuestrantes son uno de los mejores salvaguardas contra el tratamiento de las espumas y charolas de distribución, si los depósitos son de naturaleza mineral.

b) Corrosión.- La completa eliminación de incrustación en el pasteurizador no se lleva a cabo si no se retira ésta; desde que las superficies de metal se exponen directamente al agua y sus efectos corrosivos.

La corrosión ácida es el resultado de la absorción del CO_2 del

aire por el agua en el pasteurizador de túnel y de las pequeñas cantidades de ácido proporcionado por la cerveza, debido al rompimiento de botella. Algo de materia orgánica también entra al agua a través de este rompimiento y el material sirve como nutriente para la micro flora presente en el agua. Generalmente con estos microorganismos, contribuyen algunos ácidos orgánicos que después complican el problema de corrosión. Muchas autoridades recomiendan ajustar el pH del agua para que sean ligeramente alcalinos entre 7.5 - 9.0. Los polifosfatos son usados para prevenir la incrustación y tienen algunas propiedades inhibidoras de corrosión.

La elección del material alcalino usado para corregir el pH del agua es importante. Si el nivel de pH es ajustado demasiado alto, la alcalinidad en el agua puede afectar adversamente el grabado de las corcholatas. Los álcalis usados comunmente solos o en combinación, son: sosa cáustica, soda ash, bicarbonato de sodio, silicato de sodio, fosfato trisódico, fosfato disódico, bórax y varias sales de potasio.

El fosfato trisódico en exceso, es especialmente dañino para el decorado de las corcholatas, en efecto, uno de los mejores caminos para remover la pintura de las corcholatas es sumergirlas en una solución fuerte de fosfato trisódico.

Cualquiera que sea el material electo, lo importante es recordar que el nivel de pH debe ser exactamente medido y ajustado.

Warth recomienda ampliamente el uso de bórax en los pasteurizadores en un grado de 12 onzas de bórax comercial por cada 100 galones de agua. Esto dará un nivel de pH de 8.8 a 8.9 en una agua ligeramente dura. Warth estableció después que esta adición de bórax tiene tendencia a suavizar el agua para que las botellas salgan del pasteurizador limpias y brillantes, y el agua no genere gases de azufre como en la mayoría de los pasteurizadores.

Un segundo tipo de corrosión se debe al oxígeno disuelto en el agua. Valores bajos de pH aceleran el grado de corrosión en este tipo, y altos valores de pH tienden a retardarlo.

Una solución de oxígeno en agua es altamente corrosivo para el fierro, acero y fierro galvanizado. Temperaturas elevadas aceleran grandemente el grado de corrosión, pero por otro lado la solubilidad del oxígeno en el agua disminuye conforme la temperatura sube. El oxígeno disuelto ataca al fierro y acero formando costras, cada una de las cuales cubre una cavidad. Si la costra es eliminada rápidamente de la superficie del fierro, el hidróxido ferroso de color verde puede ser visto. La presencia de agua es necesaria para que la corrosión se lleve a cabo.

Mientras sea posible tratar el agua en el pasteurizador para inhibir la corrosión, las partes superiores del pasteurizador que están en contacto con vapores, deben ser protegidos con una pintura resistente al óxido.

Los inhibidores de corrosión del tipo de los cromatos son generalmente empleados en pasteurizadores, formando una capa protectora sobre la superficie de metal.

Aún después de iniciada la corrosión en pasteurizadores no tratados, la aplicación de un inhibidor detendrá después la corrosión y puede aún corregir algo del daño que pudo haber sido hecho por la penetración de los productos de corrosión.

Manteniendo una correcta concentración del inhibidor en el sistema de agua circulante, el control de la corrosión puede ser evitado en un 95%. La dosis de cromato usada está entre 100 y 300 ppm.

Los inhibidores usuales tienen iones cromato o dicromato además

de coloides de superficie activa y agentes de penetración.

Existe la interrogante de si ellos actúan formando una película adherente de óxido férrico y crómico o si hacen pasivo al metal.

c) Suciedad biológica y crecimiento de algas.- Casi todos los supervisores se previenen contra el desarrollo de olores del agua de pasteurizadores, principalmente si el agua proviene de fuentes superficiales. Los microorganismos son comunes en estas aguas, pero están generalmente ausentes o presentes en agua de pozo. En las aguas superficiales encontramos crecimiento orgánico en gran variedad y abundancia.

Estos microorganismos difieren grandemente en forma, color y ha-bitat, así como en tamaño. En una sola clasificación, las diatomáceas, se estima que existen sobre 10 000 especies, cada una de las cuales tiene su propia forma. Fascinantes y hermosas como éstas se observan al microscopio, no poseen ninguno de estos atributos cuando están presentes en el abastecimiento de agua industrial.

La remoción, destrucción o prevención del crecimiento microbiano puede ser realizado por varios medios.

Las algas y otras plantas que contienen clorofila necesitan luz solar para crecer. En el pasteurizador por supuesto la ausencia de luz previene su desarrollo abundante.

El limo bacterial consistente de materia gelatinosa producida por bacterias, tiende a sostener otros depósitos orgánicos o inorgánicos que los hacen más voluminosos. En cualquier sistema la formación de limo es directamente proporcional a la cantidad de bacteria y un adecuado control mantiene a las bacterias y limo al mínimo. El cloro no es efectivo a menos que se mantenga a 1 ppm. La cantidad de cloro requerida para la destrucción de la bacteria, está gobernada por la demanda de cloro del agua.

Se puede agregar suficiente cloro al agua, no sólo para desarrollar los propósitos bactericidas residuales necesarios, sino también para satisfacer la demanda de otros materiales presentes en el agua que lo absorban.

El cloro es estable en agua neutra, ácida o alcalina, aunque su eficiencia germicida se reduce en condiciones alcalinas.

La introducción de cloro puede hacerse usando hipoclorito, cloraminas o en forma líquida por medio de un clorinador. Donde se requieren pequeñas cantidades de cloro, éstos son mejores sustituidos por el hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio o polvos de blanqueo. Estos materiales pueden predisolverse en agua y alimentarlos al pasteurizador a través de líneas resistentes a la corrosión, eliminando así el riesgo del manejo del cloro líquido. Las cloraminas son solamente agentes oxidantes débiles en comparación con el cloro, pero retienen su poder tóxico hacia los microorganismos. Por reacción del cloro con el amonio a determinado pH se forman mono, di o tricloroaminas.

Con los compuestos de cloramina la acción tóxica del cloro es más lenta y requiere un período de contacto más largo, así que se debe aumentar la concentración.

El sulfato de cobre es uno de los compuestos más viejos y más ampliamente usados para controlar el limo. La acción bactericida de este compuesto se debe al ión cobre y es más económico agregarlo en solución de sulfato de cobre altamente soluble. Sin embargo las soluciones de sulfato de cobre son corrosivas para el fierro y el acero y son inefectivas a niveles altos de pH donde los iones de cobre son precipitados como hidróxido de cobre insoluble. Muchas fallas del sulfato de cobre en el control del limo pueden ser atribuidas directamente a la remoción del ión cobre por la alca-

linidad del agua. En años recientes, la efectividad de las sales de cobre han sido grandemente aumentada por el empleo de estas sales junto con agentes activos de superficie, los cuales retienen al ión cobre en solución y previenen su precipitación. La adición de agentes humectantes permite al ión cobre penetrar en las formaciones de limo, y de este modo aumentar la efectividad de este método de tratamiento.

Estudios más recientes para el control en las formaciones del limo incluyen a los compuestos fenólicos. El pentaclorofenato de sodio es altamente tóxico contra organismos formadores de limo, no es corrosivo a los metales comunes y es compatible con otros tratamientos químicos usados. Una solución al 1% tiene un pH de 10.3, así que este material trabaja bien en soluciones alcalinas.

En efecto a pH bajo (6.8), se convierte a su forma insoluble de fenol.

Se encuentra disponible como polvo, cápsulas o briguettes y es soluble en la proporción de 2 1/4 libras por cada galón de agua a 77°F (25°C).

Este material es más efectivo cuando se usa en un método de tratamiento lento que cuando es usado por alimentación continua.

El pentaclorofenato de sodio es usualmente agregado al agua hasta que se ha establecido una concentración de cerca de 100 ppm.

El tratamiento es suspendido hasta que la concentración del agente tóxico en el sistema ha sido eliminado y entonces se agrega otra parte del producto al sistema.

Los organismos responsables del desarrollo del limo pueden acclimatarse al tratamiento tóxico normal, así que la aplicación de 2 veces la

cantidad usual, una vez a la semana o cada 10 días, constituirá un shock que impedirá la aclimatación de los organismos a la toxicidad. Se puede encontrar comercialmente una mezcla de sulfato de cobre y pentaclorofenato de sodio. La concentración usada y el método de tratamiento es el mismo.

Ocasionalmente es usado el ácido tánico de grado comercial, el cual ayuda a guardar el agua limpia, por precipitación de la materia orgánica, especialmente proteínas de la cerveza introducida por el rompimiento de botella y la espuma que lleva la botella. El grado de tratamiento varía entre 1-3 lb de ácido tánico por 1 000 galones de agua usada.

En la corrección del agua de pasteurizadores, el método de tratamiento incluye la carga inicial, que deberá ser suficiente al iniciar el tratamiento y la adición subsecuente para mantener la concentración mientras el pasteurizador está en uso. Las cargas suplementarias son sólo una fracción de la carga inicial y depende sobre todo de la efectividad de la carga inicial y de la condición diaria del agua.

2. Limpieza de pasteurizadores.

La frecuencia de la limpieza de los pasteurizadores depende de un cierto número de factores de los que se incluyen:

- a) El tipo de pasteurizador y la cantidad de agua en el proceso.
- b) La cantidad de botella rota, la cual necesitaría paros periódicos para sacarla de los tanques de pasteurización.
- c) La eficiencia del método para el tratamiento del agua.
- d) Horario de producción, esto es, si la unidad deja de funcionar para una operación de limpieza regular.
- e) La mantención diaria del pasteurizador.

A pesar del horario adoptado para la completa limpieza de la undad, cada pasteurizador requiere una cierta cantidad de mantenimiento preventivo. Esto incluye diariamente limpieza o inspección de los cedazos de las bombas y de los panales de distribución, o en los cabezales de espreas y las espreas, para asegurar una distribución bien hecha del agua y prevenir áreas no cubiertas por el agua de proceso. Estos cedazos son buenos puntos para la acumulación de suciedad biológica, la cual interfiere con la distribución del agua. Durante la inspección diaria, las superficies metálicas deben ser examinadas para darse cuenta de las primeras evidencias de corrosión en la forma de pequeños tubérculos. Las cubiertas y las porciones más altas de la unidad también deben ser examinadas, que aunque no les llega el agua de proceso, sí están expuestas a vapores y condiciones corrosivas.

Cuando los pasteurizadores paran para una limpieza completa y cambio de agua, sus interiores deben inspeccionarse muy bien. Muchas de las embotelladoras hoy día, llevan a efecto reparaciones del pasteurizador incluyendo pintura de los interiores cada seis meses.

Resumiendo: Para tener un buen mantenimiento preventivo y mantener un pasteurizador en las mejores condiciones de limpieza y de trabajo para el proceso, se debe:

1. Dar un buen tratamiento al agua de proceso para controlar la corrosión, incrustación y desarrollo microbiológico en los distintos tanques y cabezales de espreas, y vigilarse diariamente que ese control se lleve a efecto.
2. Llevar a cabo limpiezas de los interiores de los cabezales de espreas, espreas y tanques con una solución fuerte que ayude a controlar la incrustación, pudiendo ser anualmente.

3. Inspeccionar diariamente los cabezales de espreas y espreas o charolas dependiendo del tipo de pasteurizador, que no estén obstruidos.
4. Llevar a cabo limpiezas diarias en las partes donde haya más acumulación de suciedad biológica (casi siempre en los frentes del pasteurizador y cedazos).
5. Efectuar limpiezas profundas frecuentemente, dependiendo de la actividad del pasteurizador.
6. Hacer reparaciones generales del pasteurizador, incluyendo pintura anticorrosiva cada que lo requiera (aproximadamente cada seis meses).

BIBLIOGRAFIA

- ②. Economies of a new microbiological stabilizer. By Dr. John B. Bockelmann. Tenafly N.J. The Brewers Digest - enero 1979.
- . Pasteurization of Packaged beer. A Survey of Industry practices. 1952-1955. C.E. Scruggs and F.C. Baselt. Research and Technical Department American Can Co. Wallerstein Communication - Set. 1955.
- . Pasteurization beer treatment. Malting and Brewing Science.
- . Bottling and Canning of beer. D.G.R. and K.B. Siebel Institute of Technology.
- . Nekola, Wm. American Brewer: 1948.
- . Canned Foods. An Introduction to their Microbiology. A.C. Herson and E.D. Hulland. Chemical Publishing Company Inc. N.Y. 1964.
- . The Technology of Food Preservation. N.W. Desrosier. Avi Publishing Co., Inc., Westport, Conn, 1977, cuarta edición.
- ①. An introduction to the thermal processing of food. S.A. Goldblith, M.A. Joslyn and J.T.R. Nickersen. Avi Publishing Co., Inc., Westport Conn.
- . Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Brennan, Butters, Cowell, Lilly. Ed. Acribia (Zaragoza), España,
- . Microbiología de los alimentos. W.C. Frazier. Ed. Acribia (Zaragoza), España, 1972, 2a. edición.
- ③. Food Processing Operations. Joslyn and Heid, The Avi Publishing Company Inc., 1972, 2a. impresión.