



19712

*Universidad Nacional Autónoma
de México*

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

*EVALUACION DEL ENVASADO ASEPTICO
DE JUGO DE PIÑA CONCENTRADO.*

T E S I S

*Que para obtener el Título de:
INGENIERO EN ALIMENTOS*

p r e s e n t a

Rubén E. Alejandro Ríos López

México, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

INDICE GENERAL

	PAG.
CAPITULO I. INTRODUCCION Y OBJETIVOS.	1
CAPITULO II. GENERALIDADES SOBRE CONSERVACION DE ALIMENTOS.	3
II.A) INTRODUCCIÓN	3
II.B) CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS MEDIANTE EL USO DE TEMPERATURAS ELEVADAS.	4
II.C) CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS MEDIANTE EL USO DE BAJAS TEMPERATURAS.	11
CAPITULO III. PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL JUGO DE PIÑA CONCENTRADO.	13
III.A) GENERALIDADES SOBRE LA PIÑA.	13
III.B) PROCESO PARA OBTENER EL JUGO DE PIÑA CONCENTRADO.	17
CAPITULO IV. SISTEMA DE EMPAQUE ASEPTICO.	27
IV.A) INTRODUCCIÓN.	27
IV.B) PREPARACIÓN DE EQUIPO.	33
CAPITULO V. PROCEDIMIENTO DE CALCULO.	41
V.A) CALCULOS DE VELOCIDAD DE MUERTE TÉRMICA.	41
V.B) CALCULOS DE TIEMPO DE PROCESAMIENTO EN SISTEMAS DE FLUJO CONTINUO.	49
CAPITULO VI. METODOLOGIA.	51
VI.A) DESCRIPCIÓN Y OPERACIÓN DEL EQUIPO.	51
VI.B) DETERMINACIONES FISICOQUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS.	60
VI.C) VARIABLES DE TRABAJO.	66
CAPITULO VII. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS:	68
VII.A) DISCUSIÓN DE LAS PRUEBAS FISICOQUÍMICAS.	68
VII.B) DISCUSIÓN DE LAS PRUEBAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.	73
VII.C) DISCUSIÓN DE LAS PRUEBAS ORGANOLÉPTICAS.	78
CAPITULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	86
CAPITULO IX. BIBLIOGRAFIA.	87

INDICE DE TABLAS

TABLA No.		PAG.
II.1	Características generales de los procesos térmicos aplicados a los alimentos.	7
II.2	Microorganismos comunes causantes de la descomposición de los alimentos.	10
III.1	Producción de piña por Estado en 1978.	15
III.2	Composición Química promedio del jugo de piña.	16
IV.1	Condiciones de operación del agente de sanitización para lograr una eficiente limpieza.	37
V.1	Resistencia térmica de varios constituyentes asociados al procesamiento térmico de alimentos.	47
VI.1	Condiciones de operación para cada corrida experimental.	67
VII.1	Promedios de análisis realizados al jugo de piña.	69
VII.2	Valores de Velocidad Media (\bar{V}) y Velocidad Máxima (V_{max}) para los diferentes flujos volumétricos (Q) de jugo de piña concentrado para un diámetro de tubería constante.	75
VII.3	Tiempos de proceso requeridos (min) en función del flujo volumétrico (Q) del jugo de piña concentrado y de la longitud del tubo de retención de calor (L).	77
VII.4	Temperaturas de operación obtenidas a las diferentes longitudes de tubo de retención probadas y tiempos de residencia obtenidos a : $L = CTE.$ y $Q = CTE.$	79
VII.5	Resultados de la evaluación organoléptica del jugo de piña concentrado para un flujo volumétrico constante (Q) de 21 l/min.	81

TABLA No.		PAG.
VII.6	Resultados de la evaluación organoléptica del jugo de piña concentrado para un flujo volumétrico constante (Q) de 26.25 l/min.	82
VII.7	Resultados de la evaluación organoléptica del jugo de piña concentrado para un flujo volumétrico constante (Q) de 30.0 l/min.	83
VII.8	Resultados de la evaluación organoléptica del jugo de piña concentrado para un flujo volumétrico constante (Q) de 35.0 l/min.	84

INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.		PAG.
III.1	Corte longitudinal de la piña.	18
III.2	Diagrama de bloques para la obtención del jugo de piña concentrado.	20
III.3	Operación de prensado.	24
III.4	Corte esquemático del evaporador.	26
IV.1	Partes principales del sistema de envasado aséptico.	35
IV.2	Limpieza en el lugar. Efecto mecánico.	38
V.1	Curva de destrucción térmica.	45
VI.1	Diagrama de bloques envasado aséptico.	52
VI.2	Intercambiador de calor de tubos concéntricos.	54
VI.3	Influencia del pH sobre la resistencia de los microorganismos al calor.	63
VII.1	Influencia de la concentración (°Bx) del producto sobre la densidad.	70
VII.2	Influencia de la concentración (°Bx) sobre el pH del producto.	71
VII.3	Influencia de la concentración (°Bx) sobre la viscosidad del producto.	72

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En los últimos años, la industria enlatadora de alimentos ha requerido de mejores prácticas de conservación de sus productos por períodos de tiempo más prolongados. Esta necesidad surge debido a las alteraciones indeseables que sufren los alimentos al no ser consumidos de inmediato o procesados adecuadamente, alteraciones que generalmente llevan a la pérdida del valor nutritivo y cambios en sus propiedades organolépticas que les hacen indeseables y ponen en peligro la salud del consumidor.

Por otro lado, los costos energéticos, cada vez más elevados, obligan a realizar estudios más profundos de los procesos existentes con el fin de seleccionar el más adecuado y económico.

En la actualidad, aún son practicados los procesos tradicionales de conservación (refrigeración, congelación, pasteurización, esterilización convencional, evaporación, secado, etc.), pero a consecuencia del avance tecnológico algunos de éstos han evolucionado, originándose nuevos procesos en función de las necesidades industriales y de consumo.

Dentro de las innovaciones actuales que se han introducido a México, se encuentra el enlatado aseptico de pulpas y jugos de frutas simples y concentradas. Este proceso involucra en sentido estricto, la esterilidad comercial del producto bajo condiciones normales de almacenamiento y distribución, evitando su refrigeración y/o congelación que encarecen el proceso, por el empleo de sistemas auxiliares, como cámaras especiales de conservación.

Por ser un sistema relativamente nuevo en México, sobre todo en productos sensibles al calor, como es el caso de los purés y jugos de frutas, se requiere de estudios adecuados para conocer las condiciones y determinar los parámetros de proceso que propician la adopción de un sistema más rentable que permita disponer de productos de carácter estacional en cualquier época del año.

El presente trabajo pretende evaluar el sistema de empaque -- aséptico en el jugo de piña concentrado, para lo cual:

1. Se partió de la piña como objeto de estudio, y en forma particular el proceso para obtener el jugo concentrado, sometiéndolo a tratamiento térmico, mediante el uso de altas temperaturas - cortos tiempos (ATCT) minimizando la pérdida de nutrimentos y factores organolépticos de calidad, asegurando así su esterilidad comercial.

2. Se empleo el equipo adecuado para estudiar las variables involucradas en el tratamiento, que repercuten directamente en la calidad final del jugo concentrado.

Para esto, se plantearon los siguientes objetivos:

a) Evaluar las condiciones de proceso y enlatado de jugo con centrado de piña, obteniendo un producto que conserve sus características fisicoquímicas y organolépticas originales.

b) Describir el sistema aséptico utilizado para la esterilización de jugo concentrado de piña, empleando altas temperaturas - cor tos tiempos (ATCT).

CAPITULO II

GENERALIDADES SOBRE CONSERVACION DE ALIMENTOS

II.A) INTRODUCCION.

La contaminación es una alteración muy frecuente en los alimentos. Los cambios que comúnmente se presentan, pueden ser ligeros o extremados y en su mayoría son causados por microorganismos identificados como: Levaduras, hongos y/o bacterias. Estas criaturas microscópicas por naturaleza, tienen características comunes al hombre, ya que utilizan el alimento para sobrevivir, y difieren del hombre en que pueden sobrevivir en un medio adverso en términos de vida latente si el alimento no es adecuado para su actividad, pero cuando se alojan en los alimentos, éstos organismos no solo los utilizan como soporte para las diferentes fases de su ciclo de vida, sino que también son capaces de soportar su extremado y rápido crecimiento. Existen determinadas bacterias que pueden desarrollar cien generaciones en veinticuatro horas y/o una generación cada 15 minutos. Esta actividad bacteriana cambia las características naturales de los alimentos, física y químicamente, produciendo la condición comúnmente llamada contaminación de alimentos.

Estos microorganismos abundan en la naturaleza, aire, suciedad y agua. Sin embargo, como todos los organismos vivientes, las bacterias, hongos y levaduras pueden sobrevivir solo cuando las condiciones del medio ambiente les son favorables. Así si estas condiciones les son alteradas, dichos organismos no pueden crecer o sobrevivir. Entre las condiciones que les son desfavorables se incluyen:

- | | |
|-------------------------------------|--|
| a) Frío extremado: | Congelación. |
| b) Calentamiento: | Pasterización. |
| c) Calor extremado: | Esterilización. |
| d) Eliminación de agua y/u oxígeno: | Concentración, secado. |
| e) Alteraciones del medio: | Excesiva concentración de sales o acidez, un ejemplo: las salmueras. |

De las condiciones enlistadas, en la industria alimentaria se pueden combinar algunas de estas, para preparar varios tipos de alimentos, aumentar su período de conservación y hacerlas agradables al paladar, por ejemplo, el cocimiento.

El principio básico de todo método de conservación de alimentos, es la creación de condiciones desfavorables temporal o definitivamente, en la cual el género específico u organismo contaminante no puede crecer, no puede sobrevivir o ambas.

Las condiciones desfavorables temporales, son aquellas condiciones de procesamiento en las cuales no necesariamente se destruye a los contaminantes del alimento, por ejemplo el objetivo principal de la leche pasteurizada es eliminar a los agentes patógenos, la congelación, método en el cual los contaminantes del alimento están sujetos a un medio en donde no pueden crecer o propagarse. (Brody, L.A., 1973)

II.B) CONSERVACION DE ALIMENTOS MEDIANTE EL USO DE TEMPERATURAS ELEVADAS.

A través de los siglos, iniciando con el hombre primitivo, la conservación de los diferentes tipos de alimentos creados por la naturaleza, fue gradual y sostenidamente evolucionando en varias formas. Quizás la más antigua es aquella que normalmente conocemos como cocimiento, el cual utilizamos para hacer agradable el alimento y poderlo comer. Por lo que se considera que uno de los más prácticos, económicos y aceptados agentes empleados en la conservación de alimentos, es el calor.

El uso del calor como método de conservación de alimentos tiene como objeto principal asegurar la destrucción de los sistemas biológicos (principalmente la inactivación de proteína, tanto enzimática como microbiana), capaces de deteriorarlos o perjudicar la salud del consumidor.

En este campo, Nicolás Appert (1795-1800), sentó las bases de toda una tecnología, orientando sus estudios al tratamiento térmico y contribuyendo a acelerar el procesamiento de alimentos enlatados. El resultado de sus estudios fue el siguiente método.

- a) Llenar botellas de vidrio con alimentos.
- b) Tapar las botellas con corcho, con extremo cuidado, ya que de este suceso depende el proceso.
- c) Someter éstos alimentos embotellados a la acción del punto de ebullición del agua por un tiempo determinado, de acuerdo a la naturaleza y tipo del alimento.
- d) Separar las botellas del baño de agua después del tiempo prescrito y enfriar.

En la época de Appert no se conocía la razón por la cual se contaminaban los alimentos, fue Pasteur quién descubrió la existencia de organismos microscópicos, los cuales eran causantes en su mayoría de la degradación de alimentos.

El trabajo de Appert fue la mayor contribución para el inicio de lo que llamamos industria enlatadora, trabajo que fue complementado con la invención de los envases de hoja de lata.

Todos estos procesos han ido desarrollándose al paso del tiempo, y en la actualidad se encuentran nuevas tendencias de optimización de las diferentes técnicas de conservación de alimentos mediante el uso de temperaturas elevadas, basadas sobre todo, en los cambios indeseables que sufre el producto al ser sometido al tratamiento térmico.

Estos nuevos procesos son absolutamente capaces de producir alimentos completamente seguros, bacteriológicamente hablando; sin embargo también es indispensable considerar el comportamiento del alimento durante el procesamiento.

GENERALIDADES DE LOS PROCESOS TERMICOS.

Los procesos térmicos son importantes métodos empleados en la extensión de la vida de anaquel de los alimentos y pueden ser combinados con otras técnicas de conservación. La función básica de un proceso térmico, es eliminar, reducir y/o inactivar la cantidad de microorganismos y enzimas que pueden producir deterioro del alimento, repercutiendo posteriormente en la salud del consumidor.

El objetivo primario no está completo, si aparte no se garantiza el aspecto nutritivo del alimento. El término "proceso térmico", puede ser aplicado para todo proceso en el cual la energía calorífica es transferida de o para el producto. (Lund, B. 1977).

Los procesos térmicos más comunes que involucran elevación de temperatura del producto, son: Escaldado, Pasterización y Esterilización Comercial. Algunas de sus características se pueden apreciar en la tabla No. II-1.

1) ESCALDADO.- El escalde consiste en el calentamiento del producto con vapor o agua caliente a temperaturas mayores de 100°C. La destrucción microbiológica no es el objetivo primario del proceso, pero es determinante para la reducción de la carga microbiana en métodos de conservación, como es el caso de productos congelados. (Lund, B., 1977).

Un criterio frecuentemente usado para la evaluación de la eficiencia del escalde, independiente de la siguiente operación, es la inactivación de enzimas, generalmente si las enzimas son inactivadas el tratamiento fue suficiente y cumplió con los objetivos.

2) PASTERIZACION.- Es un proceso térmico empleado para inactivar parte, pero no todos los microorganismos vegetativos que pudieran deteriorar el alimento en condiciones de almacenamiento definidas, ya que los productos no se esterilizan. Los procesos de pasterización son generalmente designados para inactivar células vegetativas de contaminación o microorganismos patógenos. (Desrossier, N., 1979).

La pasterización, como el escaldado, puede ser utilizada en conjunción con otras técnicas de conservación, por ejemplo: En la refrigeración y envasado de productos en condiciones anaeróbicas, si el proceso no es eficiente, se puede producir contaminación por microorganismos, con el consecuente deterioro del producto.

3) ESTERILIZACION COMERCIAL.- Es el proceso en el cual se inactivan completamente todos los microorganismos vegetativos y sus esporas. Los productos alimenticios no son totalmente esterilizados, ya que pueden afectarse sus características nutritivas. Lo que se precisa con la esterilización comercial es:

PROCESOS TERMICOS	TEMPERATURA	COMENTARIOS
ESCALDADO	USUALMENTE 100°C.	Por lo general: 10 minutos. Objetivo principal: Inactivación de enzimas indeseables. Otros: Remoción de los gases de los tejidos, secado de tejidos previo a otros procesos como enlatado, secado y congelado.
PASTEURIZACION	USUALMENTE 100°C.	Objetivo principal: Inactivación de células vegetativas de organismos patógenos contaminantes, importantes en tratamientos posteriores de alimentos como: Refrigeración o fermentación
ESTERILIZACION COMERCIAL	POR LO GENERAL, 100°C.	Objetivo principal: La inactivación de esporas de microorganismos y enzimas indeseables. Comúnmente usado - en conjunción con almacenamiento de condiciones anaeróbicas (enlatado).

Tabla No. II.1 : Características generales de los procesos térmicos aplicados a los alimentos. (Lund, B., 1977).

- a) Que el alimento quede exento de organismos patógenos, y
- b) que tengan una vida de anaquel aceptable.

La mayoría de los alimentos comercialmente estériles, deben ser empacados bajo condiciones anaeróbicas, por tres razones:

- 1) Los organismos de esporas anaeróbicas son generalmente - de más baja resistencia térmica que las esporas de organismos aeróbicos, dando por resultado un tratamiento térmico menos severo.
- 2) Es más fácil mantener una condición anaeróbica incontaminada, y
- 3) Las reacciones oxidativas, que ocurren durante el calen-tamiento, son minimizadas.

Otro objetivo que la esterilización persigue, es la estabilidad del alimento. En muchos alimentos la esterilidad absoluta no es necesaria, no solo por razones económicas, sino también por la excesiva degradación que experimentaría la calidad organoléptica del producto final. Por lo que el tratamiento que recibe un alimento debe destruir todos -- los gérmenes patógenos que puedan desarrollarse bajo condiciones normales de almacenamiento, pudiendo quedar en condiciones de sobrevivencia, aquellos microorganismos que no alteren las características normales -- del alimento, ni sean causa de riesgo para el consumidor. (Rodrigo, M. et al, 1981).

El objetivo actual de la esterilización comercial óptima es: - La inactivación de enzimas y microorganismos patógenos, destruyendo las posibles toxinas y evitando su formación durante el almacenamiento; mantener al máximo el valor nutritivo del alimento y sus características - propias o desarrollar aquellas que lo hacen apto para su consumo y con seguir el máximo ahorro energético. Para lograr este objetivo se re -- quiere del conocimiento específico de cada alimento, debido a la gran - variación de las características de cada materia prima empleada.

Como se ha podido observar, las principales causas de alteración de los alimentos son los microorganismos y las enzimas.

Los microorganismos, levaduras, hongos y bacterias, son la causa inmediata más importante de la contaminación de los alimentos. Los dos primeros grupos son poco resistentes al calor, y por tanto, originan pocos problemas en los alimentos procesados térmicamente, mientras que las bacterias son la causa de la gran mayoría de las alteraciones microbiológicas de los productos y de las intoxicaciones originales -- por las toxinas que producen. Las esporas bacterianas son más resistentes al calor que las células vegetativas. (Lund, B., 1977).

En la tabla No. II-2 se pueden observar géneros típicos de microorganismos asociados con la descomposición de importantes alimentos. (Desrossier, N., 1982).

Las enzimas, siempre presentes en los alimentos, son otra causa de degradación tan importante como los microorganismos, y a las cuales hay que inactivar o destruir durante el proceso térmico con el propósito de evitar la degradación que se produciría por la actividad enzimática residual, actividad que puede originar problemas en alimentos ácidos que se pasteurizan y en aquellos que por tener baja acidez requieren esterilización - cocción. (Lund, B., 1979).

La inactivación de enzimas por calor se debe a la alteración -- que sufren las moléculas, rompiendo las ligaduras en la molécula de proteína, con disociación y pérdida de estructura. Casi todas las enzimas son destruidas irreversiblemente en unos pocos minutos calentándolas a (175°F). Las enzimas juegan un papel en la deteriorización de -- los alimentos enlatados de mediana y alta acidez. Un ejemplo es la peroxidasa en las frutas, que se utiliza para la evaluación relativa de -- los procesos de enlatado de alimentos ácidos. A menos que sean destruidas las enzimas, éstas continuarán su función en el recipiente, causando su descomposición. (Sumner y Sommers, 1974).

ALIMENTO	MICROORGANISMOS MAS COMUNES
Leche y productos de leche.	Estreptococos, Lactobacilos, Microbacterias, Acromobacter, Pseudomonas, Flavobacterias y Bacilos
Carne y productos carnicos.	Acromobacter, Pseudomonas y Flavobacterias, Micrococos, Clodesporios, Tannídios.
Pescados, camarones y mariscos.	Acromobacter, Pseudomonas y Flavobacterias, Micrococos.
Huevo.	Pseudomonas, Clodesporios, Penicilium, Esporotriquios.
Hortalizas.	Penicilium, Rizopos, Bacilos, Lactobacilos, Acromobacter, Pseudomonas y Flavobacterias.
Frutas y Jugos.	Sacaronices; Torulopis, Botritis, Penicilium, Rizopos, Acetobacter, Lactobacilos.

TABLA II-2. Microorganismos Comunes Causantes de la Descomposición de los Alimentos. (Desrossier, N., 1982).

II.C) CONSERVACION DE ALIMENTOS MEDIANTE EL USO DE BAJAS TEMPERATURAS.

La utilización de temperaturas inferiores a la del medio ambiente como una técnica de conservación de alimentos, constituye una de las técnicas más suaves, ya que inhibe el crecimiento microbiano, disminuye la velocidad de las reacciones químicas y enzimáticas, presentando la -- ventaja adicional de que la pérdida de nutrimentos es mínima, comparada con los métodos de conservación que involucran el uso de energía térmica mucho más elevada.

Son dos métodos generales para conservar alimentos mediante el uso de bajas temperaturas. A continuación se mencionan algunas de sus características:

REFRIGERACION. - Es el método más benigno dado a los alimentos, ya que ejerce pocos efectos negativos en el sabor, textura y valor nutritivo siempre y cuando el período de almacenamiento no sea muy prolongado.

Se habla de almacenamiento refrigerado cuando las temperaturas son superiores al punto de congelación del alimento y abarca desde los -19 °C hasta los -2 °C.

Muchos de los cambios nocivos durante el almacenaje refrigerado pueden deberse a factores anteriores a éste, tales como: mal procesamiento previo, técnicas sanitarias inadecuadas, procedimientos ineficientes para alcanzar la temperatura adecuada, combinación de alimentos en el almacén y variedad de producto.

CONGELACION. - La preservación por congelación está basada en el hecho de que los microorganismos no crecen abajo del punto de congelación y que la mayoría de los cambios bioquímicos a estos niveles tan bajos de temperatura toman lugar a una velocidad tal, que sólo cambios mínimos -- son detectados.

La congelación correctamente lograda, conserva los alimentos sin producir cambios radicales en su tamaño, color, sabor y textura; así si no se controla adecuadamente, puede quebrantar la textura de los alimentos, romper emulsiones, desnaturalizar proteínas y causar cambios tanto físicos como químicos. (Heldman, R., 1975).

Una característica muy importante de los alimentos, que influyen en el tiempo de congelación, es la concentración de sólidos disueltos, ya que cuando ésta aumenta, disminuye el punto de congelación del alimento. Así conforme aumenta la concentración de sal, azúcar, minerales o proteínas, más bajo será el punto de congelación y más tardará en congelarse el producto. Primero se congela el agua presente, haciendo que la solución se concentre aún más, requiriendo una temperatura del medio de enfriamiento, mucho más baja para lograr la congelación completa del producto. (Potter, N., 1978).

Esto nos da una idea de la importancia que tiene en la congelación de alimentos, aparte de otros factores, la selección adecuada del método a usar de acuerdo al producto que se desea congelar. Los aspectos que más influyen en la selección del método son: la velocidad de la congelación y la selección de la temperatura final para disminuir los efectos nocivos en el producto.

La aplicación de métodos que involucren bajas temperaturas en la conservación de alimentos, depende del futuro inmediato del producto, es decir, que éste sea para consumo a corto o largo plazo.

CAPITULO III

PROCESO PARA LA OBTENCION DEL JUGO DE PIÑA CONCENTRADO

III.A) GENERALIDADES SOBRE LA PIÑA.

La piña cuyo nombre científico es "Ananas Comosus", es un fruto tropical de la familia de las Bromiliceas del orden de las Farinosas. Dentro de las variedades de mayor importancia b6tica y comercial est1n la Cayenne Lysse, por mucho la mejor variedad desarrollada por el medio salvaje, la Espa6ola y Roja y la Queen. (CONAFRUT, 1981).

Esta fruta es generalmente cultivada por reproducci6n vegetativa, siendo cosechados los primeros frutos aproximadamente de 18 a 22 meses, despu6s de ser cosechado el primero se obtiene un segundo, el cual generalmente es de menores dimensiones. (Dull, G., 1977).

En cuanto a su patr6n respiratorio, se ha encontrado que la piña no presenta un pico climat6rico en forma bien definida a lo largo de sus etapas de desarrollo, consecuencia por la cual, a6n con ciertas reservas, se le considera como un fruto no climat6rico. (Dull, et al, 1976).

Por lo general, estos frutos son cosechados en completo desarrollo y estado de saz6n, reconoci6ndose este punto cuando adquieren una coloraci6n verde-amarillenta externa. El corte, durante el estado de madurez, juega un papel importante en la calidad del fruto y por consiguiente en sus productos derivados, por lo que como una generalidad puede considerarse que la calidad ser1 inferior al efectuar el corte previo a la madurez del fruto, en tanto que si ocurre despu6s de 6ste, pueden ocurrir alteraciones en sus propiedades tanto f6sicas como qu6micas con el subsecuente efecto en el sabor y apariencia. (Luh, B., 1975).

SITUACION NACIONAL DE LA PIÑA.

De las frutas que se producen en M6xico 6sta es de las que registran un considerable consumo, tanto en estado fresco como procesada. (CONAFRUT, 1981). El cultivo de piña en M6xico es una importante activi

dad económica, la piña se cultiva desde hace 50 ó 60 años, localizándose las principales áreas de cultivo en los estados de Veracruz y Oaxaca, situados en el Istmo de Tehuantepec. Su aportación a la producción nacional es de aproximadamente el 95% del 87% de la superficie total cosechada, como se puede observar en el cuadro No. III.1, en el -- que se ilustra la participación por entidad federativa en el cultivo y producción de piña.

En nuestro país las variedades que principalmente se cultivan son: La Cayenne Lysse y la Esmeralda, aunque también se producen, en menor grado, la Española Roja y la Cabezona. (CONAFRUT, 1981).

Esta fruta representa una considerable fuente de ingresos, tanto en el cultivo mismo como en el procesamiento y comercialización, lo que ha propiciado un incremento en su producción de tal manera que después de ocupar en 1977, el quinto lugar a nivel mundial, en 1979 pasó a ocupar el tercer lugar, con un incremento del 24%.

Referente al mercado internacional, la exportación juega un papel preponderante en la balanza comercial frutícola del país, ya que de la producción nacional, aproximadamente el 23% se destina a éste renglón (siendo el 46% como fruta seca y el otro 54% como industrializada). En el mercado nacional, la mayor proporción es canalizada en el consumo en fresco (el 62%), en tanto que el restante (25%), es utilizado por la industria enlatadora como rebanadas y elaboración de jugos. (CONAFRUT, -- 1976 y 1981).

COMPOSICION QUIMICA DEL JUGO DE PIÑA.

El jugo de ésta fruta se caracteriza por poseer un color, aroma y sabor bien definidos y característicos, y un contenido en vitamina C comparable con otras frutas, por ejemplo los cítricos (naranja, limón, toronja, guayaba y durazno).

Su sabor y composición reflejan, en grado considerable, el fruto del que proviene. Es posible mediante la manipulación del material vegetativo, como son: El tiempo de plantación, fertilización, irrigación y otras prácticas, modificar su calidad final. En el cuadro No. III.2, se pueden observar diferentes criterios en cuanto a composición química

E S T A D O	SUPERFICIE COSECHADA (HAS)	%	PRODUCCION (TON)	%
VERACRUZ	9 200	63.5	414 000	72.8
OAXACA	3 454	23.8	126 748	22.3
NAYARIT	1 243	8.6	11 187	2.0
TABASCO	242	1.7	12 100	2.1
CHIAPAS	200	1.4	1 050	0.2
JALISCO	50	0.3	1 800	0.3
YUCATAN	42	0.3	746	0.1
QUINTANA ROO	35	0.2	350	0.1
EDO. DE MEXICO	30	0.2	353	0.1
T O T A L E S :	14 496	100.0	568 344	100.0

Tabla No. III.1: Producción de Piña por estado en 1978. (CONAFRUT, 1981)

COMPONENTES	MEHLICH (1971)	INN (1974)	YOUNG (1975)
CALORIAS / 100 G.	49.0	52.0	54.0
% ACIDEZ (CITRICO)	0.6	-	0.6
PROTEINAS (9/100 G.)	0.41	0.30	0.40
CARBOHIDRATOS	13.0	13.9	13.6
GRASAS	0.03	0.10	-
SOLIDOS TOTALES	13.8	-	-
FIBRA CRUDA	0.11	-	-
CENIZAS	0.35	-	-
CALCIO	10.8	50.0	14.8
HIERRO	0.32	1.57	0.28
TIAMINA	0.07	0.02	0.05
RIBOFLAVINA	0.02	0.02	0.02
NIACINA	0.25	0.10	0.20
VITAMINA C	13.0	5.0	8.8
VITAMINA B ₆	0.07	-	-

Tabla. No. III.2: Composición Química promedio del Jugo de Piña. (Mehrlich, 1971, INN, 1974 y Young, 1975).

promedio del jugo de piña. (Mehrllich, 1971; Inn, 1974 y Young, 1975).

Se aprecia una gran diferencia en cuanto a la composición promedio de algunos componentes, esto se debe quizás a la variedad de fruta utilizada, el grado de madurez de la misma y tipo de análisis realizado. Mehrllich reporta un análisis más completo para la variedad Cayenne Lysse.

Se puede apreciar que ésta fruta es una fuente regular de ácido ascórbico, tiamina, riboflavina, vitamina B₆, potasio y sodio, en tanto que el ácido cítrico, es el ácido orgánico no volátil que se presenta en mayor proporción.

III.B) PROCESO PARA OBTENER EL JUGO DE PIÑA CONCENTRADO.

En general hay cuatro porciones de fruta utilizadas en la preparación del jugo comercial de piña. Estas partes son derivadas de varios estados en el procesamiento, son dos fuentes de materia sólida (tejidos) y dos fuentes líquidas.

FUENTES SOLIDAS.

1a.) CORAZON.- El corazón de la piña es removido de cada fruta por la máquina " ginaca ", para cuando se destina al procesamiento de rebanadas de piña. En la fig. No. III.1, se puede observar el corte longitudinal de una piña, sus partes principales y el corte que efectúa la " ginaca ". (Líneas AA).

En el caso del jugo de piña, pasa todo el corazón, ya que éste contiene gran cantidad de tejidos longitudinales, por lo que el porcentaje de jugo extraído de las partes carnosas del corazón es más bajo que el extraído de las partes carnosas de la piña, sin embargo produce un jugo de atractiva calidad generalmente bajo en acidez y constituyentes volátiles. El jugo obtenido de los corazones de las piñas contribuye a dar cuerpo y buen sabor al producto. (Tressler y Joslyn, 1971).

2a.) TEJIDOS.- Los cilindros de piña preparados por la "ginaca" son trozados, dando porciones para la elaboración del jugo. Los tejidos adheridos a la cáscara y la fruta pequeña que no se destina al proceso de elaboración de rebanadas.

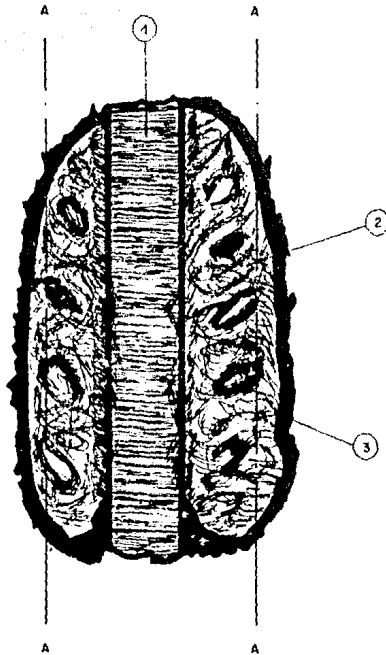


FIG. N.º II-1 CORTE LONGITUDNAL DE UNA PIRA. SE VEN SUS PARTES PRINCIPALES
1) CORAZON , 2) TEJIDOS Y 3) CASCARA. LAS LINEAS AA - AA.,
MUESTRAN EL CORTE EFECTUADO POR LA GINACA. (NELSON P.E. B T -
TRESSLER D. K., 1980).

FUENTES LIQUIDAS.

1a.) Durante el cortado de la piña generalmente se obtiene - jugo, el cual es drenado para mezclarlo con el extraído de las diferentes porciones sólidas.

2a.) Los jugos drenados de las diferentes operaciones de las porciones sólidas.

En el diagrama de bloques de la figura No. III.2, se pueden apreciar los pasos que se siguen para la obtención del jugo de piña concentrado. A continuación se describen cada una de las operaciones y la importancia que tienen en el proceso.

1. RECEPCION.

La piña es llevada a la fábrica en camiones para almacenar o abastecer directamente a la línea de proceso de --- acuerdo al grado de madurez de la fruta. Este grado de - madurez, es el punto de mayor atención ya que afecta la - calidad final del producto terminado por dos razones:

- a) La selección de la fruta de mayor madurez o en estado sazón, facilita las operaciones mecanizadas para obtener el mayor rendimiento de fruta en proceso.
- b) Se tienen mejores controles de fruta en almacén y se podrá prever una mayor uniformidad en las características fisicoquímicas del jugo final.

En esta etapa la piña es descolada o descoronada siempre y cuando tenga el grado de madurez suficiente para alimentarla al proceso.

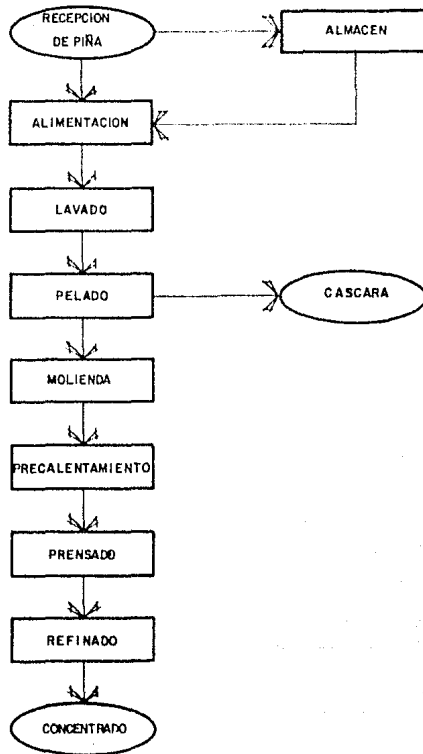


FIG. III-2 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCION DE JUGO DE PIÑA CONCENTRADO.

2. LAVADO.

Seleccionada la fruta que entrará a proceso, éste se -- inicia con un lavado. Una banda transportadora lleva -- la fruta a través de una serie de boquillas que esporean -- agua a presión sobre las piñas, eliminando gran parte -- de la tierra y otras impurezas adheridas a las frutas.

En esta operación se tienen que considerar dos puntos importan -- tes para que se lleve a cabo eficientemente:

- a.) Por lo general el agua de lavado en sí puede producir -- contaminación, particularmente si se reutiliza el agua -- con que se lava la fruta, por ser un paso en el que se -- eliminan impurezas y tierra. Lo más adecuado es no re- -- circular.
- b.) La eficiencia del lavado depende de la presión, del volu -- men y la temperatura del agua que se utiliza, la distan -- cia de la fruta al origen de la aspersión y el tiempo -- de exposición, que está dado por el número de esperec a -- lo largo de la banda. Recomendándose: Un volumen pe -- queño de agua a una presión alta y a temperatura ambien -- te, sobre una banda que haga girar la fruta para que el -- tiempo de exposición y contacto con la piel de la piña -- sea lo más eficiente.

3. PELADO O EXTRACCION DE CILINDROS DE PIÑA.

Esta operación es llevada a cabo por la máquina "ginaca". Estas máquinas desempeñan diferentes funciones de acuerdo al proceso que se le dará a la piña, en el caso de la elaboración de rebanadas corta las frutas en cilindros -- eliminando la cáscara y cortando además media pulgada de la parte superior y tres cuartos de pulgada de la parte inferior del fruto, removiéndolo el corazón como última -- operación. Las hay de diferentes tamaños para acomodar la fruta de acuerdo a su diámetro.

La máquina "ginaca" separa las partes comestibles de las no comestibles. En el caso de obtención del jugo de piña, sólo la cáscara es eliminada por un implemento denominado "erradicador", que es un tambor rotatorio dentado que raspa la pulpa adherida a la cáscara, para aprovechar al máximo los tejidos que contienen el jugo. En esta operación se obtiene cierto porcentaje de jugo que se mezclará con el obtenido en la etapa siguiente. La "ginaca" puede ajustarse a diferentes velocidades para dar una capacidad de 40 piñas por minuto como mínimo y 75 piñas por minuto como máximo.

4. MOLIENDA Y/O PULPEADO.

De la "ginaca" salen los cilindros de piña para ser desintegrados mediante un molino de cuchillas. En esta etapa se obtiene una mezcla jugo-fibra, la cual es bombeada a un tanque con chaqueta de calentamiento en donde se eleva la temperatura de 25 a 55 °C, aproximadamente durante un minuto, con el fin de promover la inactivación enzimática y facilitar la extracción del jugo en la siguiente operación.

5. PRENSADO.

Esta operación se realiza en una prensa vertical de tornillo, éste equipo generalmente opera en dos etapas para separar el jugo de las porciones sólidas.

En el primer paso se remueve una pequeña cantidad de jugo que pasa a través de un cilindro horizontal con tornillos sinfín (Finisher), con una malla fina de 0.020 pulgadas. Esta operación reduce la cantidad de sólidos finos.

En el segundo paso, las porciones sólidas son alimentadas por el fondo del cilindro de la prensa vertical mediante un tornillo sinfín, haciendo que el flujo de los sólidos

sea en forma ascendente, formándose una torta prensada en la parte superior del cilindro de donde son eventualmente descargados los sólidos secos. Estas dos operaciones pueden observarse más claramente en la fig. No. III.3.

Los jugos obtenidos de las porciones sólidas y jugos -- drenados de los anteriores pasos, son mezclados en un -- tanque que funciona como deaerador.

6. REFINADO.

Los jugos pasan a un finisher, con malla de 0.020 pulgadas, a una temperatura de 50 °C para remover el exceso -- de fibra. El control de exceso y calidad de los sólidos suspendidos, es uno de los pasos más importantes -- que afectan la calidad del jugo ya que dan la retención del aroma. (Merhlich, 1971, Newbeck 1975).

Un control más adecuado de los sólidos presentes puede llevarse a cabo mediante el uso de centrifugas, en las que con el ciclo de rotación se controla la cantidad y distribución de fragmentos que permanecerán en el jugo.

7. CONCENTRACION.

La concentración del jugo se lleva a cabo en un evaporador Rossi & Catelli de circulación forzada, simple efecto y bajo vacío. El evaporador es capaz de concentrar líquidos de naturaleza variada, pero particularmente alimentos líquidos y jugos de frutas de gran densidad, sin dañar los delicados sabores y colores originales, para lo cual se utiliza el principio de " flujo de alta velocidad corto tiempo de calentamiento ", con la cual se obtiene una eficiente calidad de procesamiento.

Este principio básico se logra gracias al nuevo y original sistema de circulación forzada en flujo vertical --

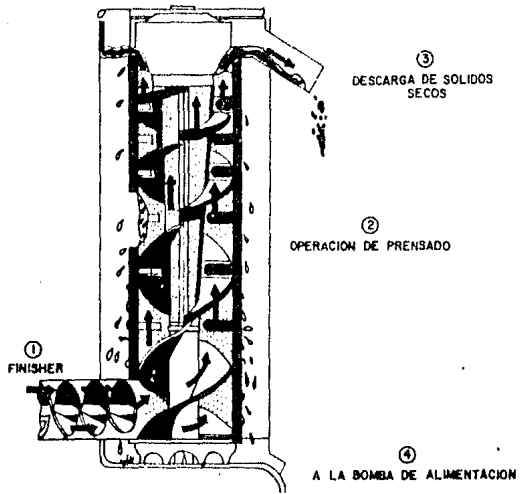


FIG. No. III-3 OPERACION DE PENSADO, SE PUEDE OBSERVAR LAS 2 ETAPAS DE PREPARACION, ASI COMO LA DESCARGA DE SOLIDOS SECOS.

descendente, ya que es la dirección más lógica y natural, en la cual un líquido puede alcanzar velocidades altas. El constante movimiento descendente del líquido, hace más conveniente la aplicación del calor, el cual será absorbido rápidamente propiciando que el producto alcance su punto de ebullición y se concentre en las condiciones más sencillas y controladas. La temperatura de concentración, es siempre bien definida y uniforme.

El evaporador puede ser operado por varios días, sin interrupción, sin que se note un decremento en la capacidad evaporativa. Esto se logra con las condiciones adecuadas de operación y se refleja en la calidad del concentrado; para el caso de jugos de frutas en los cuales el color y sabor originales son esenciales en el aspecto cualitativo.

En el evaporador, la circulación de líquido es mantenido por una bomba, la cual lo manda hasta la parte superior del intercambiador de calor. Dentro de los tubos de calentamiento, el producto se maneja a circulación forzada y dirección descendente. Es descargado en el conducto curvado del separador ciclónico, regresando a la bomba para su recirculación. (Fig. No. III.4).

La alimentación y descarga de jugo del evaporador, es controlada automáticamente. El jugo de piña se concentra de 11 °Bx a 46 °Bx (Relación de 4 : 1 aproximadamente). La concentración del jugo se efectúa a 20 pulgadas de mercurio de vacío, lo que permite que la temperatura del producto no se eleve arriba de los 40 °C, minimizando así la pérdida de factores de calidad del jugo procesado.

En la fig. III.4, se pueden observar las partes principales del evaporador empleado:

1. Bomba de Recirculación
2. Intercambiador de Calor
3. Separador Ciclónico
4. Control de Nivel
5. Control de Grados Brix del Producto

El vacío se obtiene mediante un eyector de vapor.

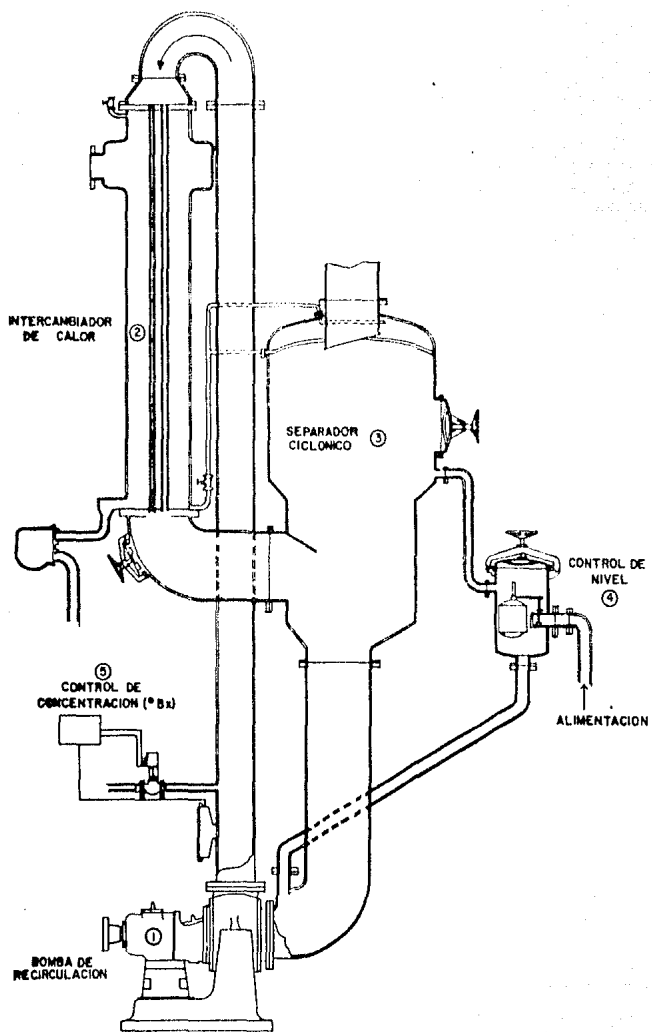


FIG. No. III-4 , CORTE ESQUEMATICO DEL EVAPORADOR .

CAPITULO IV
SISTEMA DE EMPAQUE ASEPTICO

IV.A) INTRODUCCION.

Para iniciar el estudio del empaque aséptico y la resolución de problemas inherentes al proceso, fue conveniente revisar los conocimientos básicos sobre esterilización de alimentos en latas convencionales y las necesidades industriales que determinaron el cambio a éste nuevo proceso.

Todo proceso de conservación debe otorgar un producto bacteriológicamente seguro además de nutritivo y agradable. Ya que el agente primario para el cocimiento y esterilización de alimentos es el calor, la manera en que éste es aplicado y removido juega un papel determinante en el producto tratado, por lo que como una generalidad en el procesamiento de alimentos en latas, se debe conocer en primer lugar, el comportamiento del producto durante el mismo, ya que al someterlo a cambios de temperatura, particularmente durante el calentamiento, se ven afectados el valor nutritivo, sabor, color, aroma y estabilidad debido a:

1. La velocidad con que la temperatura deseada es alcanzada,
2. el tiempo que el alimento es mantenido a ésta temperatura,
3. y la velocidad con la que se disminuye la temperatura o velocidad de enfriamiento.

El interés principal está basado en la elección de temperaturas y tiempos en los cuales se obtengan productos estériles con el menor daño posible en sus características naturales, en especial aquellas relacionadas al aspecto nutritivo, color, gusto, o las características deseadas que desarrollan en la preparación o proceso previo a la esterilización de latas, donde las relaciones tiempo - temperatura son determinadas por el tamaño y/o modelo de las mismas.

Ya que la finalidad de un proceso térmico es obtener esterilidad comercial, es imprescindible desarrollar un método cuantitativo que nos permita fijar los tiempos necesarios para alcanzar este objetivo. Este método requiere de la combinación de los datos microbiológicos que describen la destrucción de los mismos y la penetración de calor.

La energía calorífica puede ser propagada por conducción, convección y radiación. En la industria enlatadora de alimentos sólo la conducción y convección desempeñan un papel importante.

La conducción es el método de calentamiento en el que el calor pasa de una partícula a otra por contacto, más o menos en línea recta. En este tipo de penetración de calor en alimentos, el producto no se mueve en la lata y no hay circulación para mezclar el alimento caliente con el frío. (Potter, N., 1978).

La convección es el método de calentamiento que requiere que el producto que está calentándose, esté en movimiento. En una convección natural, la porción del alimento ya caliente se hace menos densa y sube provocando la circulación dentro de la lata, ésta circulación acelera el aumento de temperatura dentro de la misma. La convección forzada ocurre cuando la circulación es provocada por medios mecánicos. Para un producto que contiene líquido libre y sólidos a la vez, es de tipo intermedio y su temperatura será aumentada por una combinación de conducción y convección; la convección a través de líquido libre y la conducción a través del sólido. (Potter, N., 1978).

Ya que el alimento en una lata recibe el calor desde fuera, para asegurar que todo el producto contenido alcance una temperatura mínima segura en un mínimo tiempo también seguro, es claro que el alimento más próximo a la pared recibe la máxima temperatura de proceso mucho antes que el material en el centro de la lata, como resultado parte del producto puede recibir una temperatura mucho más elevada que la necesaria para alcanzar esterilidad, mientras que la porción en el centro de la lata recibe la temperatura seleccionada en el tiempo necesario. (Lund, B., 1975).

Obviamente, el tamaño de la lata, la consistencia del producto y su estabilidad para conducir calor, ejercen un efecto notable en los requerimientos de las relaciones tiempo - temperatura, latas grandes - requieren mucho mayor tiempo de procesamiento por lo que la calidad -- del alimento es pobre en comparación con el mismo alimento procesado - en latas pequeñas. Específicamente algunos efectos adversos se presentan, tales como:

a) Forciones externas, especialmente en productos viscosos -- son sobre procesadas, perjudicando color, gusto, palatabilidad y valor nutritivo.

b) Cuando el tamaño de la lata se incrementa, el tiempo de -- procesamiento es necesariamente mayor para que todo el producto sea - debidamente tratado. (Brody, L., 1973).

Existen casos de alimentos que han tenido que ser retirados -- del procesamiento de latas porque no se obtendrían productos aceptables, particularmente aquellos cuyos componentes principales son sólidos le - chosos y almidones, un ejemplo claro es el puré de plátano. El retiro de éstos productos se debe a:

1). El elevado tiempo que se requiere para que cada porción alcance la temperatura de esterilización, y

2). la imposibilidad de poder llevarlos a temperaturas más altas, por el efecto que tendrían en los factores de calidad del alimento.

Después de siglos de estudios bacteriológicos y de investigación -- se ha logrado establecer que el incremento de temperaturas, para la muerte térmica de microorganismos, puede ser acompañada por tiempos de exposición más cortos. El uso de autoclaves dio la pauta para poder establecer esta afirmación, pero aún existían problemas de orden técnico, ya que la temperatura de esterilización en latas estaba limitada a un promedio máximo de 120°C. Obtener temperaturas arriba de 120°C y -- abatir temperaturas de ebullición requiere presiones más altas, por -- ejemplo:

Para 120°C se requieren: 1.054 Kg/cm².
Para 134°C se requieren: 2.109 "
Para 144°C se requieren: 3.163 "

Con el aumento de temperaturas se reduciría el tiempo de exposición del alimento tratado, pero es económicamente impráctico diseñar autoclaves y contenedores de metal y/o vidrio especiales para resistir este tipo de presiones, ya que significaría un aumento en el espesor de las paredes de los contenedores que haría que la penetración de calor a través de la pared fuera más difícil con la subsecuente disminución de penetración de calor en el producto; además es también controversial, suponer que las más altas temperaturas de autoclave, con estos espesores de latas, no causarían que el producto se quemara en las paredes del recipiente.

Por todo esto, fue inevitable el desarrollo de una nueva técnica para obtener mejores y nuevos productos. La conclusión lógica extendida hace pocos años fue que la mejor forma de evadir los problemas referentes al proceso en autoclaves y recipientes para el mejor manejo de los conocimientos existentes, es esterilizar el alimento, su recipiente y lata por separado, después ya frío el producto llenar el recipiente y cerrarlo en una atmósfera estéril.

La integración de este nuevo proceso requiere de dos pasos fundamentales para su aplicación directa en el procesamiento de alimentos, los cuales son:

- 1). Contar con un sistema eficiente y versátil de esterilización del producto, con su subsecuente enfriamiento rápido y uniforme.

- 2). Proveer un sistema de esterilización separado, pero simultáneo de los recipientes, y un llenado - sellado en una atmósfera estéril.

En síntesis la unión de estos dos pasos nos da como resultado - una operación de llenado y sellado aséptico.

El envasado aséptico; el arte de envasar un producto estéril, - en un envase estéril y en un ambiente estéril, ha sido el resultado de las relaciones alta temperatura - corto tiempo para obtener productos de mayor calidad.

A continuación se presenta un análisis cronológico de la evolución del proceso de envasado aséptico:

En 1939, Ball, C.O., reporta que en un proceso a temperaturas altas acompañados de tiempos cortos de exposición, generalmente se obtenían productos con mejor sabor, color y textura que en el equivalente a un proceso a bajas temperaturas. Inicia los estudios de alta -- temperatura-corto tiempo.

En 1948 Feaster, J., y colaboradores. en un trabajo elaborado demostraron que la retención de vitaminas era mucho mayor en productos procesados mediante el método altas temperaturas - corto tiempo, - que aquellos sujetos a la técnica convencional de calentamiento prolongado a baja temperatura.

En este mismo año, Martín, W., aprovechando los estudios de -- Ball, C., desarrolla a nivel planta piloto un modelo de esterilización aséptica en latas convencionales, procesando por separado producto y - envase. Recalcando las ventajas que se obtienen en productos sólidos, líquidos y especialmente en productos viscosos sensibles al calor.

En 1955, Smith y Ball describen un nuevo proceso de esterilización continua para alimentos de baja acidez, demostrando que la calidad en sabor y color aumenta en el proceso de calentamiento y enfriamiento rápido.

En 1957 Livigston y colaboradores, procesaron verduras frescas (vetabel, zanahorias, espinacas, chícharos) mediante el método alta temperatura - corto tiempo, obteniendo que en períodos largos de almacenamiento normal se aumenta la retención de color y tiamina que en los -- procesos tradicionales.

En 1960 Brody, A., comprueba que los productos procesados mediante alta temperatura - corto tiempo, tienen mayor estabilidad que aquellos procesados convencionalmente. Sus pruebas las realizó con diferentes tipos de alimentos poniendo mayor énfasis en aquellos sensibles al - calor.

En 1964 Sherman, L., y Luh, B., comprueban que en alimentos sólidos, líquidos y semilíquidos hay menor daño nutricional, físico, químico y factores organolépticos mediante el proceso de empaque aséptico.

Posteriormente se fueron adoptando las técnicas de alta temperatura - corto tiempo para procesamiento aséptico en las diferentes industrias alimentarias. Además de las ventajas en los factores de calidad, el envasado aséptico presenta ventajas operativas y económicas, tales como:

- Se simplifican los controles de temperaturas y tiempos de exposición durante el procesamiento, además se obtiene una penetración de calor uniforme en todos los puntos del producto, sin dañar sus factores de calidad.
- Se tiene un proceso continuo en sistema cerrado, evitando la exposición a contaminaciones externas.
- La energía que ayuda a preservar los productos alimenticios por períodos de tiempo prolongado, es nula en comparación con otros procesos de conservación de alimentos (refrigeración y congelación).
- Los costos de distribución se reducen al no requerir sistemas auxiliares durante el transporte, los cuales incrementan los precios de los productos alimenticios.

Economía es la palabra clave y operativa durante todas las etapas del proceso. Es necesario que el concepto de envasado aséptico se vea como un proceso dinámico y sistemático que incluye un conjunto de factores cuidadosamente seleccionados, desde la materia prima a procesar hasta su empaque final.

IV.B) PREPARACION DEL EQUIPO.

Antes de describir el proceso, es necesario aclarar puntos con cernientes a la preparación del equipo:

a) LIMPIEZA DEL EQUIPO.

Previo al proceso se debe realizar una limpieza exhaustiva y ordenada de todas las partes del sistema y área de traba jo. Actualmente, la industria alimentaria debe prever la contaminación de alimentos mediante los diseños higiénicos de las instalaciones, distribución del equipo y suministro de servicios.

a.1) Limpieza de materiales involucrados en el proceso: Específicamente lo que se refiere a la limpieza y -- control de tambores de llenado, tapas de sellado, ca rros transportadores de tambores y báscula de pesado. La limpieza y control de tambores de llenado y tapas de sellado, es quizás el factor más importante ya -- que están en contacto directo con el producto. Algu nas características propias de éstos materiales son:

- El tambor " Pureliner " (nombre común) está pinta do de blanco por fuera, para reflejar el calor, per mitiendo que el producto permanezca a baja tempera tura durante el almacenamiento.
- Por dentro, posee un recubrimiento epoxi-blanco, - que es duro, correoso y flexible, el cual exhibe - excelentes características de rsistencia química, - integridad al impacto y resistencia a la corrosión y abrasión, además agiliza la limpieza interna ya que fácilmente son detectadas impurezas o suciedad.
- La tapa de sellado está compuesta del mismo mate rial.

Para la limpieza de los tambores se utiliza un equipo mez clador que combina agua fría, vapor y detergente a alta pre sión. El control de los tambores vacíos ya limpios, se lle va a cabo cubriendo la abertura de llenado de producto con

una tapa de plástico que permite tener protegido el interior.

También es de vital importancia llevar un control de destape y vaciado de tambores. Esta operación se debe realizar con mucho cuidado, evitando dañar la abertura de llenado y/o golpear el recubrimiento interno ya que estos tambores son reutilizados después de su limpieza. Un inadecuado manejo o daño al recubrimiento, implica pérdidas y cambios en las características del producto almacenado, específicamente se refleja en el mal sellado del tambor por daños en las comisuras de la abertura de llenado creando una mala condición anaeróbica para conservación del producto, el cual obviamente estará expuesto a contaminaciones.

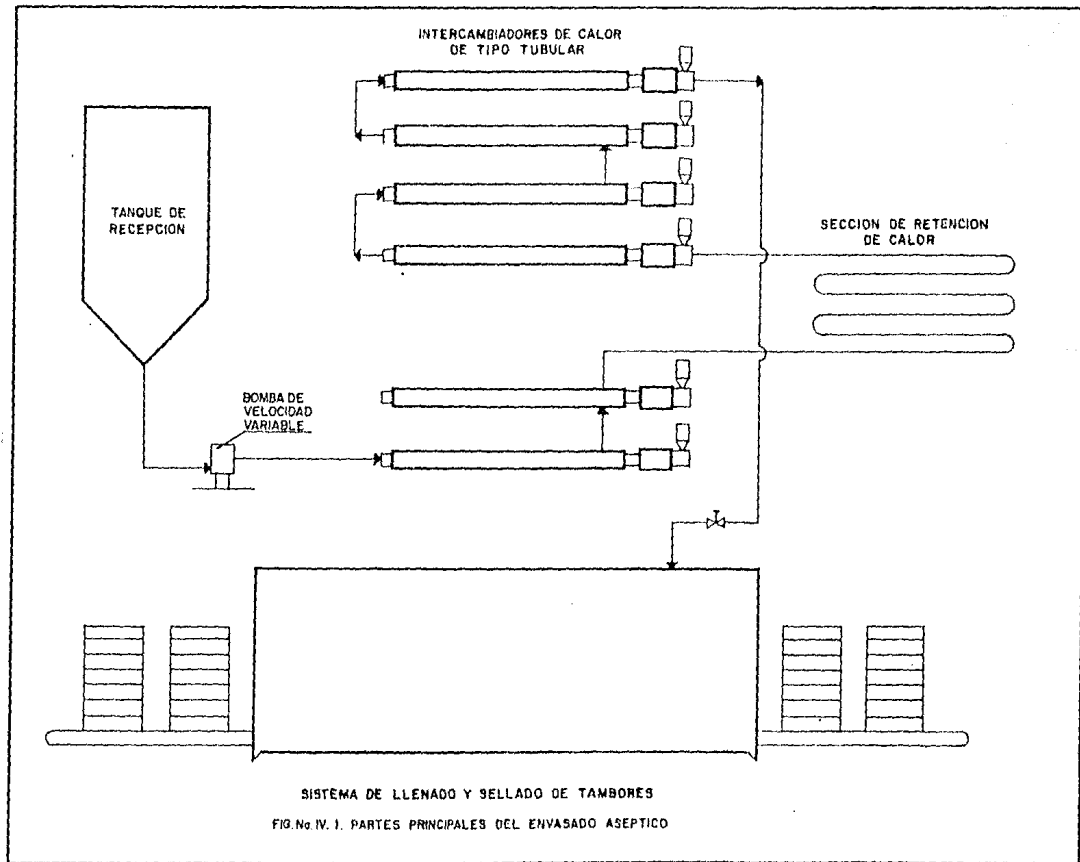
Para obtener resultados eficientes, se debe de cuidar hasta el más mínimo detalle en la limpieza de los materiales de empaque. Diferentes purés y jugos de frutas han sido exitosamente conservados en éstos tambores y utilizados en las diferentes estaciones del año.

a.2) Limpieza del equipo de proceso: El equipo involucrado en el proceso tiene como partes principales: (Ver figura No. IV.1).

1. Tanque de recepción de pulpa.
2. Bomba de velocidad variable.
3. Intercambiadores de calor de tipo tubular.
4. Sección de retención de calor.
5. Sistema de llenado y sellado de tambores.

Además del equipo auxiliar, como son: Válvulas sanitarias, instrumentación, equipo de control de temperatura y sistema de enfriamiento de agua

Para efectuar la limpieza del equipo de proceso, se utiliza dos mecanismos: El mecánico y el químico.



En la limpieza de tipo mecánico se requiere flujo - turbulento, ya que el flujo laminar no elimina suciedades, y no depende de la temperatura utilizada durante la limpieza.

El mecanismo químico depende de la temperatura, detergente y calidad de agua utilizados en la limpieza, además se requiere que se efectúe en forma manual.

En el cuadro No. IV.1, se pueden observar algunas características para lograr una eficiente limpieza, ya sea manual o mecánica, en cuanto a pH, temperatura, detergente y el efecto mecánico utilizado. La limpieza que se efectúa en el sistema se lleva a cabo manual y mecánicamente, por lo que es importante tomar en cuenta éstas consideraciones.

La limpieza del tanque de recepción, cámara de llenado - sellado y área de trabajo, se realiza manualmente. Para la limpieza a través del sistema cerrado del equipo aséptico (el cual incluye bomba de velocidad variable, intercambiadores de calor, tubería de retención de calor, válvulas y tuberías de llenado), se utiliza el mecanismo mecánico, el cual es llevado a cabo con ayuda de la bomba de velocidad variable que es la que provoca la turbulencia dentro del sistema, ésta operación se puede apreciar mejor en la figura - No. IV.2. Primeramente se realiza una limpieza, recirculando los agentes utilizados por la válvula de triple vía y tanque de recepción (No. 1), y posteriormente a través del sistema de intercambiadores de calor, tubería de retención de calor, válvulas y tuberías de llenado (No. 2), inclusive se puede recircular al tanque de recepción.

La limpieza que se realiza se denomina "Limpieza en el lugar" (CIP), por que se efectúa en todas las partes del sistema por recirculación.

	MANUAL	MECANICA
pH	MODERADO	ALTAMENTE ALCALINO O ACIDO
Temperatura	Abajo de 35°C	En una escala normal que va de 50 a 90°C.
Detergente	Que no sea tóxico	Substancias químicas compuestas o simples
Efecto Mecá- nico	Depende del fac- tor humano	Depende de la turbu- lencia.

Tabla IV.1 : Condiciones de operación del agente de sanitización - para lograr una eficiente limpieza, ya sea manual o - mecánica en cuanto a pH, temperatura, detergente y - efecto mecánico.

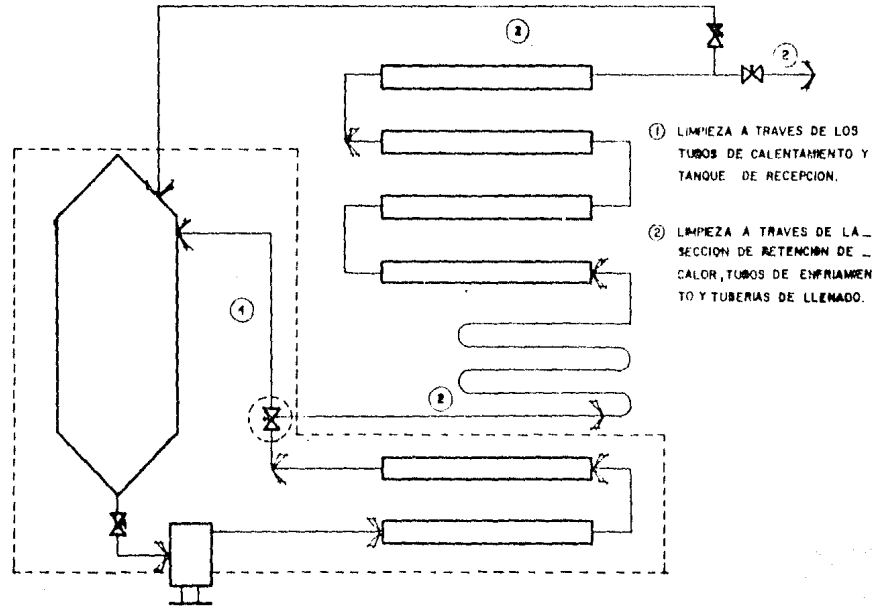


FIG. N.º IV-2, LIMPIEZA EN EL LUGAR. EFECTO MECANICO.

Los materiales y utensilios de limpieza empleados son:

- a) Sosa líquida.
- b) Detergente Acido.
- c) Solución bactericida.
- d) Mangueras de agua y vapor.
- e) Cepillos de cerdas, fibras y cubetas.

Después de haber revisado la hermeticidad y funcionamiento del equipo, se procede a iniciar la limpieza en el lugar (CIP), de acuerdo al siguiente procedimiento:

Primero: Se pone en funcionamiento el sistema con -- agua, como enjuague previo, se deja de recircular cuando la válvula de purga sale únicamente agua. Con anterioridad se ha llevado a cabo una limpieza manual del tanque de recepción cepillando con detergente ácido, - no tóxico.

Segundo: Se agrega una solución alcalina (sosa al 40%) y se recircula a una temperatura de 90°C durante 30 minutos, con el propósito de remover todo el material orgánico que esté presente. Después de éste tiempo se -- purga por las válvulas de llenado verificando que el pH de la solución alcalina residual sea aproximadamente -- igual a 13.

Tercero: Enjuagar el sistema con agua.

Cuarto: Agregar la solución ácida (con un pH de 2 a 4), con objeto de neutralizar las porciones alcalinas residuales y remover minerales o depósitos de éstos. La solución ácida se recircula durante 30 minutos a baja temperatura, purgándose posteriormente por las válvulas de llenado.

Sexto: Agregar la solución bactericida (ya sea a base de cloro o yodo) de yodo a 30 ppm, ya que es un germicida bastante activo a pH ácido y previene incrustaciones, además no mancha las superficies de acero inoxidable.

Esta solución se recircula durante 30 minutos a una temperatura de 50 - 60 °C.

Cuando se utilizan soluciones de cloro, se preparan a 100 ppm. Esta solución se recircula en las mismas condiciones que el germicida con base de yodo.

Cabe aclarar que todo el equipo y accesorios que están en contacto directo con el producto, son de acero inoxidable y acabado sanitario, lo que permite la totalidad y efectividad de la limpieza.

Si el equipo va a ser utilizado inmediatamente después de la limpieza, se purga y enjuaga con agua limpia. Pero si no va a ser así, puede dejarse la solución de yodo durante 4 días ya que no es tóxica pero puede perder su efecto después de este tiempo.

b) ESTERILIZACION DEL EQUIPO.

Realizada la limpieza y sanitización del equipo, previo al proceso de llenado con producto, se debe realizar una esterilización del equipo.

La esterilización se lleva a cabo por calor. Se calienta agua en los intercambiadores de calor, hasta obtener una mezcla de vapor de agua-agua caliente (aproximadamente 110°C) a presión, que es mucho más efectivo que utilizar vapor seco para la destrucción de microorganismos, ya que la humedad presenta un mayor efecto destructivo. Se requiere una limpieza total efectiva antes de la esterilización, porque si no se lleva a cabo adecuadamente, los residuos de producto pueden quedar adheridos por el calentamiento a la superficie interna de las tuberías; estos substratos posteriormente pueden servir de nutrientes para el crecimiento de los microorganismos que hayan sobrevivido al tratamiento térmico. Para la esterilización del equipo se mantiene la temperatura de 110°C, durante una hora.

CAPITULO V
PROCEDIMIENTO DE CALCULO

V.A.- CALCULOS DE VELOCIDAD DE MUERTE TERMICA.

Al hablar de productos esterilizados se piensa generalmente, - que la penetración de calor es tal, que esteriliza por completo al alimento, esto es que elimina totalmente los microorganismos y/o sus esporas. Prácticamente es imposible lograr que un producto sea estéril totalmente, ya que siempre existe la posibilidad de que algún microorganismo sobreviva, por otra parte si se deseara garantizar la destrucción completa de formas viables de contaminación, el tratamiento térmico sería tal, que dañaría en exceso la calidad organoléptica y física del alimento.

La muerte microbiológica, en sus diferentes maneras de lograrla, se ha definido como:

- La ausencia de organismos vivos.
- La incapacidad de poder reproducirse, y
- La inhibición del sostenimiento microbiano para mantener o incrementar su número.

La última es, quizás la definición más satisfactoria a los requerimientos actuales de la tecnología procesadora de alimentos, ya que la destrucción biológica es a menudo, solo un cese temporal de las funciones biológicas de las formas viables de contaminación.

Para describir el efecto de las relaciones tiempo/temperatura sobre la velocidad e intensidad de la destrucción de sistemas biológicos - en los alimentos durante su tratamiento térmico, es necesario conocer la incidencia cinética de dos parámetros:

- a) La velocidad de destrucción de los microorganismos, y
- b) La dependencia de dicha velocidad en función de la temperatura de proceso.

La velocidad de destrucción puede expresarse como una ecuación cinética de primer orden, suponiendo que la inactivación de los microorganismos se realiza a temperatura constante.

La velocidad de destrucción (número de organismos que mueren - por unidad de tiempo) es proporcional al número de organismos:

$$\frac{dN}{dt} = -KN \quad (1)$$

Donde N es el número de organismos vivos en un tiempo determinado, t es el tiempo en minutos y K es una constante de velocidad de reacción en min^{-1} , ésta constante está en función de la temperatura y del tipo de microorganismos a eliminar.

Reordenando la ecuación (1), e integrando entre los límites N_0 a N, cuando $t = 0$ y $t = t$, se tendrá:

$$\frac{dN}{N} = -Kdt \quad (2)$$

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = - \int_{t_0}^t Kdt = \ln \frac{N_0}{N} = -Kt \quad (3)$$

Donde N_0 es el número original de microorganismos presentes - en el alimento al tiempo $t = 0$ y N el número al tiempo t.

Normalmente a N_0 se le conoce como el nivel de contaminación, (número de microorganismos antes del tratamiento térmico) y a N se le conoce como Nivel de esterilidad.

La ecuación (3) también puede escribirse como:

$$N = N_0 e^{-Kt} \quad (4)$$

Algunos microbiólogos utilizan el término tiempo decimal de reducción (D), el cual se define como el tiempo en minutos, durante el cual el número original de microbios vivos se reduce en 1/10 a una temperatura de referencia dada.

Sustituyendo, el término (D) en la ecuación (4):

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{10} = e^{-KD} \quad (5)$$

Tomando el log 10 de ambos lados y despejando D, se tiene:

$$D = \frac{2.303}{K} \quad (6)$$

Combinando las ecuaciones (3) y (6) obtenemos:

$$t = D \log \frac{N_0}{N} \quad (7)$$

El efecto de la temperatura sobre la constante de velocidad de reacción K puede expresarse por medio de una ecuación de tipo Arrhenius.

$$K = ae^{-E/RT} \quad (8)$$

Donde: a = a una constante empírica,
 R es la constante de los gases (KJ/mol Kg. K)
 T es la temperatura absoluta (°K) y
 E es la energía de activación (KJ/mol g.)

Sustituyendo la ecuación (8) en la ecuación (2), e integrando tenemos:

$$\ln \frac{N_0}{N} = a \int_{t=0}^{t=t} e^{-E/RT} dt \quad (9)$$

A temperatura constante (T), la ecuación (9) se transforma en la ecuación (3) puesto que K es una función de la temperatura, el tiempo decimal de reducción (D), que ésta relacionado con K, por medio de la ecuación (6) también es función de la temperatura. Por lo que generalmente se designa a D con un subíndice T, para mostrar que depende de Temperatura (D_T).

Cabe señalar que el solo conocimiento del valor (D_T) no basta para determinar el tiempo necesario para un proceso térmico de esterilización efectiva.

Al graficar datos experimentales de velocidades de exterminio térmico de un microorganismo específico, en forma del tiempo de reducción decimal (D_T), a un determinado valor de T, en función de la temperatura, en una curva semilogarítmica, se obtendrán líneas esencialmente rectas, en el intervalo de temperaturas usado para la esterilización de alimentos. Una curva de destrucción térmica se presenta en la fig. V.1, en la que se puede definir el valor (Z) como el intervalo de temperatura para reducir el valor (D_T) en 10:1 (90%).

Puesto que la gráfica es una recta, la ecuación puede representarse como:

$$\log D_{T2} - \log D_{T1} = \frac{1}{Z} (T_1 - T_2) \quad (10)$$

Estableciendo que T₁ = 250 °F (121.1 °C) que es la temperatura de referencia normal con la cual se comparan los procesos térmicos, y T = T de operación, la ecuación (10) se transforma en:

$$D_T = D_{250} \cdot 10^{(250 - T)/Z} \quad (11)$$

Los valores de (Z) varían de acuerdo al tipo de microorganismo presente en cada alimento, pero se puede afirmar que cada cambio de temperatura equivalente a este factor aumentará la velocidad de exterminio en un factor de Z. Utilizando la ecuación (7):

$$t = D_T \log \frac{N_0}{N} \quad (7)$$

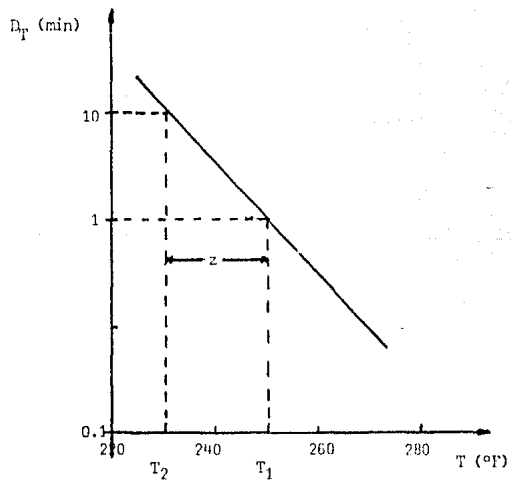


Fig. V.I.- Curva de Destrucción Térmica, en la que se puede encontrar la definición del valor (z).

y sustituyendo a $T = 250 \text{ }^\circ\text{F}$ ($121.1 \text{ }^\circ\text{C}$) y t por F_0 se obtendrá:

$$F_0 = D_{250} \log \frac{N_0}{N} \quad (12)$$

Donde el valor de F_0 de un proceso es el valor letal proporcionado durante un minuto a $250 \text{ }^\circ\text{F}$ ($121.1 \text{ }^\circ\text{C}$), que produce el mismo grado de esterilización que un proceso considerado a su temperatura T . Combinando las ecuaciones (7), (11) y (12) un valor F_0 para un proceso a temperatura T es:

$$F_0 = t \cdot 10^{(T \text{ (}^\circ\text{F)} - 250 \text{ }^\circ\text{F})/Z \text{ (}^\circ\text{F)}} \quad (13)$$

En la tabla No. V.1, se encuentran ejemplificados valores de (Z) y (D_p) de constituyentes de productos alimenticios asociados al tratamiento térmico. (Lund, 1977).

Puede observarse que los valores de estos, en calidad organoléptica, retención de nutrientes y la destrucción de microorganismos son favorecidos en teoría, como una consecuencia de sus respectivos valores de D_p , en los que las vitaminas y sustancias responsables de color, textura y olor de los alimentos, presentan valores comparativamente más elevados que los correspondientes a enzimas y microorganismos.

La interpretación de ellos sugiere el manejo de temperaturas elevadas durante el tratamiento térmico, lo cual se traduce en una activación microbiana y enzimática más efectiva, en tanto que en las mismas condiciones, el deterioro en los factores de calidad y nutricionales es minimizado.

Por otra parte, se puede observar que de acuerdo a sus menores valores de (Z), la destrucción de microorganismos y enzimas tiene una mayor dependencia en la temperatura que en los factores de calidad y nutricionales, lo que implica que si estos últimos factores no fuesen significativamente más termorresistentes, el alimento sería relativamente poco nutritivo y de baja calidad organoléptica después del tratamiento térmico.

Tomando en consideración lo anterior, así como el hecho de que los fenómenos físicos, químicos y biológicos que se presentan durante

CONSTITUYENTE	VALOR (Z) (°F)	VALOR (D_{T_1}) ($D_{250\text{ °F}}$) (min)
VITAMINAS	45 - 55	100 - 1000
FACTORES DE CALIDAD COMERCIAL (COLOR, SABOR TEXTURA).	45 - 80	5 - 500
ENZIMAS	12 - 100	1 - 10
CELULAS VEGETATIVAS	8 - 12	0.002 - .02
ESPORAS	12 - 22	0.1 - 5.0

TABLA No. V.I.- Resistencia Térmica de varios Constituyentes Asociados al Procesamiento Térmico de Alimentos. (Lund.1977).

el tratamiento térmico, tienen diferentes energías de Activación, y por lo tanto diferentes velocidades de aparición, en función de la temperatura de proceso, se puede visualizar la factibilidad de optimizarlo res guardando una o varias características de calidad del producto tratado.

V.B.- CALCULOS DE TIEMPO DE PROCESAMIENTO EN SISTEMAS DE FLUJO CONTINUO.

El tiempo de muerte, es el tiempo mínimo requerido para que a una temperatura dada (constante) se inactiven todos los microorganismos presentes y/o sus esporas. Para esto, es necesario conocer el tiempo y la temperatura requerida para esterilizar adecuadamente el producto alimenticio según su naturaleza lo cual se obtiene mediante pruebas experimentales y se confirma por los resultados microbiológicos.

En la esterilización de alimentos en flujo continuo, el producto es calentado, primeramente, a la temperatura de esterilización en intercambiadores de calor continuos, posteriormente, ya que la temperatura deseada es alcanzada, el producto es sostenido a esta temperatura el tiempo necesario para obtener la esterilidad comercial, enfriándolo como última etapa del proceso, a temperatura ambiente o por debajo de esta en intercambiadores de calor también continuos.

La temperatura de esterilización se toma a la salida del tubo de retención de calor, y es la temperatura constante a la que se calcula la letalidad proporcionada, mediante la ecuación (3):

$$\ln \frac{N_0}{N} = Kt \quad (3)$$

Donde el tiempo de residencia del producto, dentro del tubo de retención de calor, se calcula de la siguiente manera:

$$t = \frac{L}{(V \text{ max})} \quad (14)$$

Donde: L = es la longitud del tubo de retención de calor (m), y

(Vmax)= es la velocidad máxima a través del tubo de retención de calor. (m/min).

Ya que el tiempo de residencia, o de esterilización depende de la velocidad máxima a través del tubo de retención, es necesario conocer el régimen bajo el cual se maneja el producto, para lo cual se -

parte del conocimiento de la velocidad media, la cual se obtiene de:

$$(\bar{V}) = \frac{Q}{\pi R^2} \quad (15)$$

Donde: \bar{V} = Velocidad media (m/min),
 Q = Flujo volumétrico (l/min), y
 R = Radio interno de la tubería de retención de calor (m).

Calculada la velocidad media (\bar{V}) se determina a partir del número de Reynolds (Re) el tipo de régimen:

Para fluidos en régimen laminar, (Re) 2100, la velocidad máxima será:

$$(V \text{ max}) = 2 (\bar{V}) \quad (16)$$

Y para fluidos en régimen turbulento (Re) 2100, la velocidad máxima se calcula de la siguiente manera:

$$(V \text{ max}) = \frac{\bar{V}}{0.00336 \log Re + 0.662} \quad (17)$$

Determinada la velocidad máxima y conocida la longitud de operación, se estima el tiempo de proceso requerido, con la ecuación (14):

$$t = \frac{L}{(V \text{ max})} \quad (14)$$

CAPITULO VI

METODOLOGIA

VI.A) DESCRIPCION Y OPERACION DEL EQUIPO.

A continuación describiré, ya que es uno de los objetivos de este trabajo, la importancia del proceso de empaque y la operación del equipo involucrado en cada etapa.

Ya que el equipo ha sido esterilizado y se ha obtenido el producto concentrado al grado Brix deseado, se inicia el proceso de empaque aséptico. En la figura No. VI.1, se pueden observar los pasos de que consta el proceso:

- 1). Inicialmente, el equipo se opera recirculando agua para verificar la hermeticidad del sistema, mientras el producto final concentrado es analizado en sus características físicas, químicas, organolépticas y microbiológicas, y así poder determinar las variables de proceso a que será sometido. Es importante llevar a cabo este análisis porque se requiere conocer la combinación de los datos microbiológicos y la penetración de calor para la estimación adecuada del proceso. Obviamente cuentas elevadas de microorganismos requieren un tratamiento más severo para asegurar su estabilidad comercial, y cuentas de microorganismos más bajas, tratamientos más leves. Esto repercute directamente en las características organolépticas finales del producto, pero asegura la estabilidad microbiológica del mismo.

Además del análisis del producto concentrado, también tiene que verificarse que se cuente con los servicios auxiliares, y en la proporción debida. Se requiere:

- a). Agua a temperatura ambiente, y agua enfriada a 4°C para el enfriamiento del producto.
- b). Vapor: Mínimo a una presión de 4.5 kg/cm² y máximo de 6.0 Kg/cm², necesario para la esterilización del alimento, de los materiales de empaque y para mantener la atmósfera estéril en la cámara de empaque y sellado.

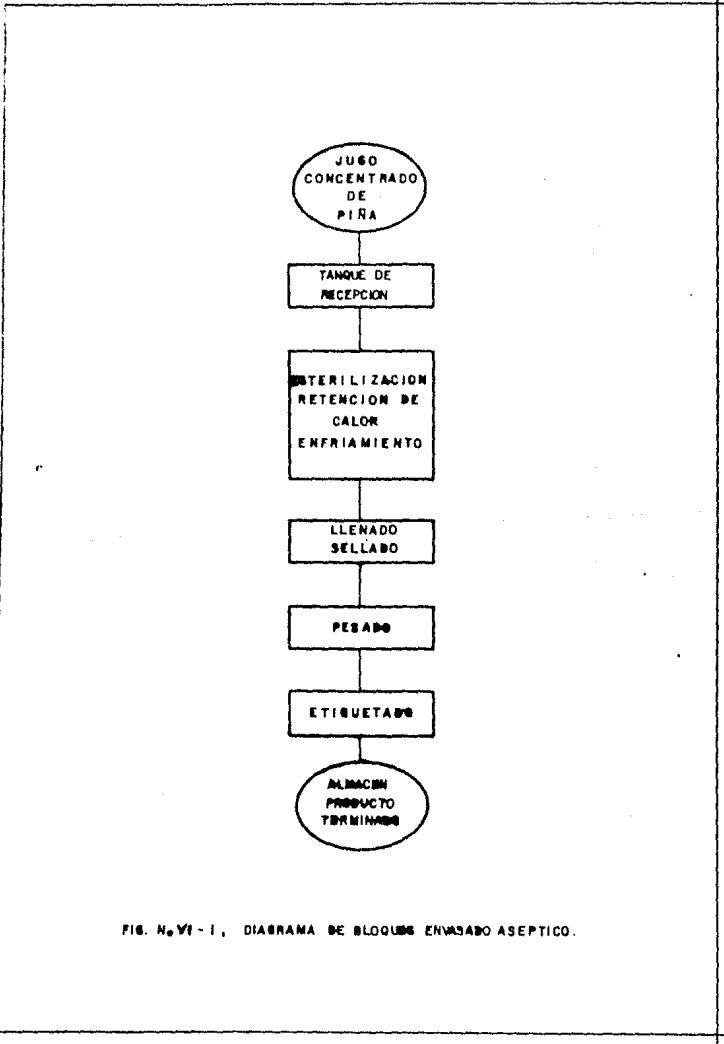


FIG. N.º VI - 1, DIARAMA DE BLOQUES ENVASADO ASEPTICO.

- c). Aire a una presión controlada, para todo el sistema, máxima de 5 Kg/cm².
 - d). Energía eléctrica: La requerida para operar la totalidad del equipo involucrado, y la iluminación del área de trabajo.
- 2). Tanque de recepción: El producto es bombeado directamente - del evaporador al tanque de, a una temperatura que oscila en tre los 36 y 40°C, mediante una bomba de desplazamiento positivo tipo tornillo, marca "Manyo". El tanque está construido en acero inoxidable sanitario y tiene la función de - mantener un nivel de producto aceptable para hacer continuo el flujo en el proceso. El tanque está perfectamente sellado y provisto por una válvula de seguridad de presión que se crea al inicio del calentamiento mientras el producto alcanza la temperatura de esterilización.
- 3). Esterilización, retención de calor y enfriamiento: El pro- ducto es bombeado del tanque de recepción a los tubos esteri- lizadores por medio de una bomba de desplazamiento positivo, tipo Waukesha, equipada con motovariador de velocidad para - controlar los diferentes flujos utilizados durante el proce- so.

Los intercambiadores de calor utilizados para la esterilización del producto son de tipo tubular, comúnmente llamados - intercambiadores de tubos concéntricos. El producto corre a través del tubo central, mientras que el medio de calentamiento o enfriamiento, se mueve a contracorriente a través del es- pacio anular, como se puede apreciar en la figura No. VI.2.

Estos intercambiadores de calor están construidos en acero -- inoxidable, acabado espejo sanitario, para prevenir incrustaciones. El tubo interior tiene un diámetro interior de 2 pul- gadas y el exterior de 3 pulgadas. Cada tubo esterilizador mi- de 3 metros de largo.

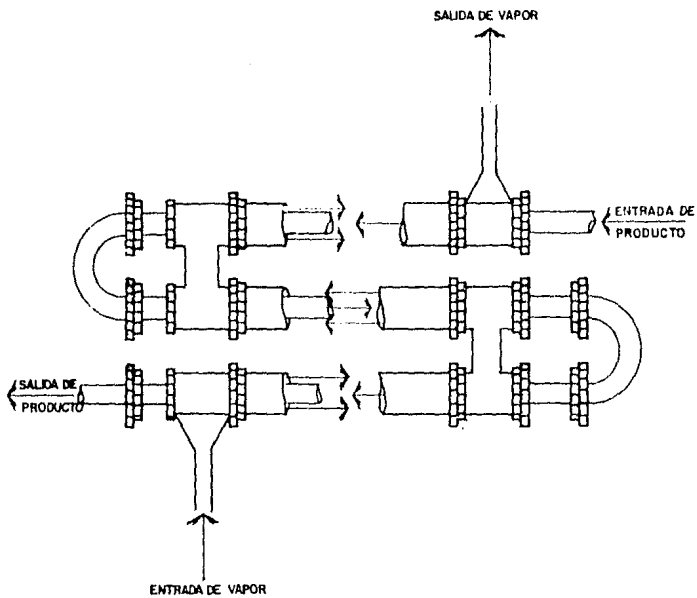


FIG. No. VI-2 ., INTERCAMBIADOR DE CALOR DE TUBOS CONCENTRICOS.

EL FLUJO DEL PRODUCTO ES POR EL TUBO CENTRAL MIENTRAS QUE EL MEDIO DE INTERCAMBIO DE CALOR (VAPOR O AGUA), FLUYE A CONTRACORRIENTE POR EL ESPACIO ANULAR (FAUST. A., 1975).

Este tipo de intercambiador ofrece un mantenimiento más simple, un intercambio térmico más rápido, integridad en la esterilización y lo principal es que toleran líquidos bastante viscosos, en comparación con otros tipos de intercambiadores de calor. (de placas).

Dependiendo de las características fisicoquímicas del producto a esterilizar (densidad y viscosidad) se regula el flujo de entrada a los intercambiadores, manteniendo el producto el tiempo necesario para alcanzar la temperatura de esterilización, mediante la bomba de velocidad variable.

Los intercambiadores de calor cuentan con cuchillas de raspado de producto a lo largo del tubo interior, para evitar la formación de películas producidas por el calentamiento o enfriamiento del producto. Estas cuchillas giran de 500 a 1000 revoluciones por minuto. El empleo de éstas cuchillas obedece a :

- a). En la pared de transferencia se empezaría a formar una película humedecida, a la que se iría adheriendo poco a poco el producto, ocasionando que disminuya la eficiencia del intercambiador de calor. El calor que absorbe el alimento, se transfiere por conducción. La cantidad de calor transferido es inversamente proporcional a la espesor de la capa de alimento adherido a la superficie del intercambiador de calor.

La adherencia de ésta película y su resistencia a la remoción es una función directa de:

- La composición del producto.
- La viscosidad del producto y/o su incremento debido al proceso.
- La adhesividad del producto.
- La presión del proceso.

En el caso del jugo de piña concentrado, la remoción de ésta película se dificultaría aún más, ya que es pasoso, pegajoso y de consistencia semifluida, lo que -- contribuye a la reducción de la conductividad térmica.

- b). Las principales desventajas de calidad en el producto serían:

La inherente quema del producto en la superficie de la pared de intercambio de calor y la subsecuente demanda de vapor, a una presión más elevada, para alcanzar la temperatura de esterilización deseada, tendría un efecto destructivo en las características de calidad finales del producto.

- c). La excesiva e impráctica presión que se formaría dentro del sistema, por la elevada demanda de vapor requerida, ocasionaría fugas de esterilidad, detectadas por fugas de producto en la línea de proceso.

Las ventajas que presenta la introducción de éstas cuchillas son:

- 1.- La velocidad de giro del eje central y las cuchillas aumentan la agitación del producto permitiendo que se alcance la temperatura de esterilización deseada mucho -- más rápido.
- 2.- Al evitarse la formación de películas que disminuyen la eficiencia térmica, se controla mejor el proceso de altas temperaturas - cortos tiempos, reduciendo la degradación de las características de calidad del producto.

Después de esterilizado el producto, éste pasa por la sección de retención de calor; cuya función básica es mantener al producto, a la temperatura de esterilización, el tiempo -- necesario para asegurar su esterilidad comercial.

Es muy importante la determinación de la longitud del tubo de retención de calor, por dos razones:

- a). Asegurar que la resistencia al calor ofrecida por los microorganismos sea totalmente superada.
- b). Que no se altere las características del producto, ya que un exceso en la longitud del tubo puede acarrear problemas en cuanto a color, sabor, estabilidad y un tubo de menor longitud, puede cumplir con los requerimientos de calidad, pero la esterilidad comercial no sería alcanzada, dañándose posteriormente el producto.

Los cálculos para la determinación de la longitud del tubo de retención se verán en el capítulo de resultados.

El tubo de retención de calor, tiene 2 pulgadas de diámetro interior, está construido en acero inoxidable, cédula 40, - T-304, acabado espejo sanitario y consta de 10 secciones de tubo de 6.0 metros de largo, unidos mediante "clamps" desmontables para poder aumentar o reducir la longitud de la tubería. En la longitud total, se considera la sección del tubo esterilizador, haciendo un total de 71.5 metros.

Para el caso del jugo de piña concentrado, se utilizaron longitudes totales de 71.5, 59.2, 45.0 y 30.6 metros a los diferentes flujos y temperaturas preseleccionadas.

- 5). Sistema de llenado y sellado de tambores: Para el llenado y sellado de tambores se cuenta con una cámara rectangular de 2.0 metros de ancho por 4.0 metros de largo, denominada "Eg tufa Hambart", que está construida en acero inoxidable y se llada hérmicamente; consta de 2 departamentos iguales y cada uno de éstos está dividido en 4 secciones:
 - a). Sección de esterilización de tapas y tambores,
 - b). Sección de espera al llenado,
 - c). Sección de llenado y
 - d). Sección de cerrado de tambores.

La estufa está saturada de una atmósfera de vapor a 100-110°C de temperatura en toda su extensión. Cuenta con controles de aire (5 Kg/cm²), vapor (válvula reguladora de vapor, 6 Kg/cm², tuberías aisladas y válvula de desfogue), válvula manual de regulación de flujo de producto y mirillas de vidrio refractario para observar el nivel del llenado de los tambores.

Cada sección cuenta con puertas de acero inoxidable que separan cada una de las otras, accionadas mediante gatos mecánicos que trabajan con válvulas de aire.

- a). Sección de esterilización de tapas y tambores: En esta primera sección, el tambor recibe la inyección de vapor en la parte interna y está rodeado por una atmósfera de vapor a 100-110°C que esteriliza la tapa del tambor. El tiempo de esterilización de tapa y tambor en ésta sección, es de 10 minutos. Se pueden esterilizar dos tambores a la vez en cada departamento de ésta sección.
- b). En la segunda sección, la de espera al llenado, el tambor sigue rodeado de la atmósfera de vapor saturado. Esta sección tiene espacio para dos tambores por departamento por los que se puede tener cuatro tambores a la vez.
- c). Sección de llenado: En esta sección, se encuentran los tubos de llenado. Un pistón, accionado por aire, introduce el tubo de llenado dentro del tambor, aproximadamente 20 - 25 cm., lo que permite que no haya salpicaduras en el exterior del tambor y estufa. El tambor cuenta con un orificio de 11.4 cm. de diámetro, lo que permite que el tubo llenador de 5.08 cm. de diámetro, entre fácilmente. El chapoteo en el fondo es mínimo de acuerdo a la temperatura y viscosidad que presentará el producto y permite ser llenado al nivel deseado. Después que ha ocurrido el llenado del tambor, mediante pinzas esterilizadas operadas manualmente, desde fuera de la estufa, es colocada una tapa del mismo diámetro que la abertura del tambor. El llenado es observado mediante mirillas de vidrio refractario, que están colocadas en la parte superior de la estufa.

- d). Sección de cerrado: Esta sección es la más delicada de la cámara aséptica. Cuenta con unas cabezas cerradoras que trabajan mediante aire y vapor. Estas cabezas cerradoras constan de "dientes" fabricados en acero inoxidable en forma de "ganchos" que aseguran el cierre hermético de la tapa en el tambor. Primeramente, mediante la válvula de aire, se asegura la posición de la cabeza cerradora sobre la tapa del tambor; posteriormente, mediante la válvula de vapor, se expanden los "dientes" de presión en tres posiciones, para asegurar la hermeticidad en todos los puntos de la tapa y en el tambor. La operación de la expansión de la cabeza cerradora es verificada exteriormente, por el trabajo del pistón de expansión.
- 6). Ya que ha salido el tambor de la cámara aséptica, se verifica el sellado mediante el calibrador "gage" de inspección de cierre, posteriormente se enfría mediante "chorro" de agua fría, se pesa, se etiqueta con los datos de identificación y se almacena a temperatura ambiente.

VI.B) DETERMINACIONES FISICOQUIMICAS Y ORGANOLEPTICAS

Dentro de la industria alimentaria, es muy importante llevar a cabo un control del producto en proceso mediante determinaciones representativas fáciles y rápidas, que nos den una idea de su calidad físicoquímica y organoléptica, tan primordiales en la determinación del tratamiento posterior y/o en proceso que recibirá el producto. Para el caso particular de jugos y purés de frutas, se hacen las siguientes determinaciones:

- a). Determinación de grados Brix ($^{\circ}\text{Bx}$).
- b). Densidad.
- c). Porcentaje de acidez (% Ac.).
- d). pH
- e). Viscosidad.
- f). Organolépticos, específicamente: Sabor, color y olor.

A). Determinación de grados Brix. ($^{\circ}\text{Bx}$).

Definición: El porcentaje de sólidos solubles, que en frutas son principalmente azúcares, se expresa en grados $^{\circ}\text{Bx}$. Los $^{\circ}\text{Bx}$ relacionan la gravedad específica de una solución con la concentración equivalente de sacarosa pura, representan el porcentaje de azúcares solubles que se encuentran en la muestra.

Aparatos utilizados y fundamentos: Existen refractómetros de mano y mesa. Los refractómetros de mano se utilizan para sustancias con regular/bajo contenido de sólidos, se utilizan los de tipo N-1 el cual tiene un rango de 0 - 12 $^{\circ}\text{Bx}$, y el tipo N-10 que tiene un rango de 0 - 32 $^{\circ}\text{Bx}$.

El refractómetro de mesa, Abbe 3L Baush y Lomb, se utiliza en una escala de 0 - 100 $^{\circ}\text{Bx}$ y es mucho más exacto que el refractómetro de mano, en el se pueden obtener dos lecturas: Índice de Refracción y Porcentaje de Azúcares.

Se fundamenta en la propiedad que tienen los líquidos para refractar un rayo de luz proporcional a la concentración de los sólidos disueltos en el líquido. Esta propiedad varía con la temperatura y con la acidez, la lectura se debe realizar a 20°C, y si no es así, se deben realizar correcciones por temperatura para lo cual existen tablas.

B). Determinación de la Densidad.

Definición y fundamento: La densidad es la relación que existe entre el peso de un cuerpo y el de un volumen igual de agua. La densidad es una medida indirecta de evaluar la concentración del jugo y/o puré de fruta.

Aparato y método: Para determinar esta propiedad se utilizó un picnómetro, el cual se pesó vacío con tapón. Posteriormente se llenó con agua destilada, limpiando perfectamente el agua escurrida al exterior al taponarlo. A continuación se tiró el agua, se secó el picnómetro, llenándolo con la muestra del jugo de piña.

C). Determinación del porcentaje de acidez titulable.

Definición y fundamentos: Los métodos volumétricos de alcalimetría y acidimetría, tienen como fundamento la acción mutua entre ácidos y bases, es decir reacciones de neutralización mediante soluciones alcalinas de concentración conocida, las cuales se hacen actuar -- cuantitativamente sobre soluciones ácidas. Las frutas y las hortalizas contienen ácidos naturales: Acido cítrico, ácido maleico, -- ácido tartárico, y otros; estos ácidos contribuyen al sabor y pueden disminuir el proceso de descomposición de la fruta. El contenido de ácido presente en la fruta cambia según el estado de madurez y afecta el sabor.

Generalmente los ácidos orgánicos de la fruta van disminuyendo durante la maduración.

Aparatos y método: Para la determinación de la acidez titulable se utilizan: Bureta volumétrica de 25 ml, matraces Erlenmeyer de 250 ml, pipeta volumétrica de 10 ml, pizeta y embudo.

Se prepara una solución de (NaOH) a una normalidad de 0.1. En un matraz Erlenmeyer se colocan 10 ml de la muestra a la que se le va a determinar acidez. Al matraz con la muestra se le añaden de 3 a 4 gotas de fenolftaleína, el cual es un indicador utilizado en las valoraciones de neutralización y son ácidos o bases débiles que presentan la propiedad de cambiar de color cuando el medio en que se encuentran pasa de un pH determinado a otro. En la bureta se coloca el (NaOH) de valoración conocida para titular la muestra que se encuentra en el matraz Erlenmeyer. Se deja de añadir (NaOH) a la muestra en el momento en que se efectúa el primer cambio de color detectable (rosa); la acidez expresa el porcentaje de ácido cítrico.

D). Determinación del pH.

Definición y fundamento: El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno (una medida de la acidez efectiva). El término pH en los alimentos tienen una gran significancia, ya que de este parámetro depende su conservación, su estabilidad fisicoquímica y su estabilidad microbiológica, y además influye en el sabor de la fruta. En la figura VI.1; se puede apreciar que la capacidad de crecimiento de los microorganismos se ve afectada por el valor de pH. (Desrossier, N., 1982).

Aparatos y método: Para medir el pH de una muestra se utilizan: Un potenciómetro, vasos de precipitados de 200 ml y una pizeta. El potenciómetro tiene dos partes importantes: El termocompensador y los electrodos. Los electrodos se encuentran formados por una combinación de un electrodo de referencia "calomel" y uno de vidrio. Las variaciones en el termocompensador van de acuerdo a la temperatura. Tiene un elemento sensitivo a la temperatura, cuya resistencia cambia inversamente con la temperatura. El cuerpo superior es un compuesto de un polímero polifenol sulfuro que prevé las correcciones en la temperatura en las determinaciones de pH.

Se utiliza una solución buffer para mantener constante los valores de pH (hay soluciones buffer con pH de 4, 7 y 10) y sirve para regular la escala del potenciómetro a un valor determinado.

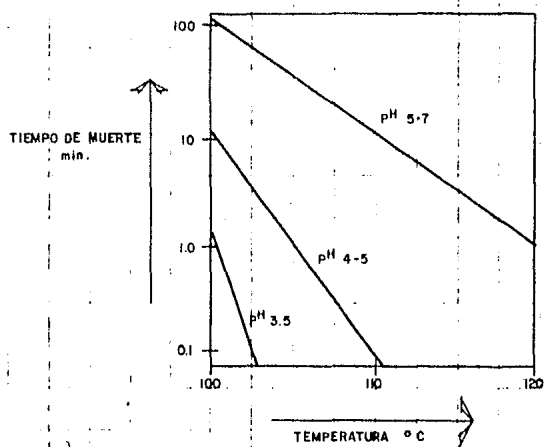


FIG. No. VI-3-INFLUENCIA DEL PH SOBRE LA RESISTENCIA DE LOS MICRO-ORGANISMOS AL CALOR (DESROSIER, N 1982).

E). Determinación de la Viscosidad.

Definición y fundamento: La consistencia de los alimentos puede considerarse como un atributo de calidad textural y afecta la apariencia de los mismos. La consistencia de los alimentos se mide en términos de resistencia al flujo, esto se puede hacer midiendo el tiempo que tarda un alimento en escurrir por un pequeño orificio de diámetro conocido; cuando más espeso es el alimento mayor será el tiempo que tarda en escurrir hacia el fondo de una superficie inclinada. Este es uno de los métodos para medir la consistencia, la viscosidad es una clase de consistencia, la cual se puede definir como la resistencia que se opone al movimiento de dos capas paralelas contiguas en el seno de un fluido, suponiendo que las corrientes de éste sean laminares, es decir que las trayectorias de las partículas no se entrecrucen. El valor de la viscosidad depende de la naturaleza del líquido, de la temperatura, el pH y el tiempo.

Aparato y método: Para medir la viscosidad se utilizan aparatos denominados Viscosímetros, en este caso se utilizó el Viscosímetro Brookfield modelo LVT, que es un aparato que mide la viscosidad por medio de un cilindro o aguja que gira dentro del fluido. El aparato mide la resistencia que se opone a éste movimiento por medio de un resorte que acciona un indicador sobre la carátula. Cuenta con un motor sincronizado de manera que se pueda desarrollar velocidades de rotación exactas, se manejan 8 diferentes velocidades. En el Viscosímetro se pueden medir una gran gama de viscosidades, ya que se pueden cambiar las agujas y las velocidades de corte.

F). Determinaciones Organolépticas.

Los análisis organolépticos se realizaron durante todas las etapas del proceso para controlar las características del producto final que se desean alcanzar, los cuales obviamente, son aquellas que se desvían menos de las características originales.

Para efectuar esta etapa del trabajo, fue necesario solicitar la - colaboración del personal de Control de Calidad, ya que poseen una elevada experiencia en cuanto a los criterios empleados para definir las características organolépticas óptimas del producto; color olor y sabor.

COLOR: El color del jugo de piña depende en gran cantidad del grado de madurez y fruto del que proviene. El color amarillo del jugo de piña es más intenso en la medida en que la fruta está más madura. Durante el manejo y procesamiento de la piña en sistemas cerrados, se evita que los pigmentos amarillos (provenientes principalmente de grupos epóxidos) se oxiden, cambiando el color amarillo intenso original, a un color amarillo parduzco.

OLOR: El olor característico del jugo de piña, es reconocido por el aroma picante y sensible al sentido del olfato. Este aroma tan especial se debe principalmente a componentes volátiles del tipo - alcohol.

Lo más recomendable, industrialmente hablando, para obtener mejores resultados con menor pérdida de componentes del aroma del jugo de piña, es procesar en sistemas cerrados y a bajas temperaturas.

SABOR: El sabor característico del jugo de piña es fácilmente detectado por se agridulce al paladar. El sabor del jugo se ve - - afectado fácilmente si las condiciones de procesamiento no son favorables y no se envasa rápidamente, ya que está propenso a la fermentación de tipo alcohólica en presencia de oxígeno.

Se evaluó el color, olor y sabor a muestras rehidratadas de producto en las diferentes etapas de concentración y producto obtenido - asépticamente, y se compararon con el estandar normal de un jugo - de piña sin concentrar.

VI.C VARIABLES DE TRABAJO.

Las variables utilizadas en la determinación del tiempo y temperatura adecuados para obtener un producto estéril y de alta calidad organoléptica, fueron:

- a) Temperatura de esterilización.
- b) Flujo volumétrico a través de la tubería de retención de calor. (A una temperatura de esterilización constante - preseleccionada).
- c) Longitud total de tubería de retención de calor. (A una temperatura de esterilización constante preseleccionada).

En la tabla No. VI.1, se pueden observar las temperaturas de esterilización, flujos volumétricos y longitudes totales del tubo de retención de calor probadas en el desarrollo del trabajo. Es importante aclarar que cada temperatura de esterilización fue empleada para cada uno de los diferentes flujos volumétricos y longitudes totales seleccionadas y así obtener mejores resultados. Se hicieron un total de 48 corridas.

TEMPERATURA DE ESTERILIZACION (°C)	FLUJO VOLUMETRICO (l/min)	LONGITUD TOTAL DEL TUBO DE RETENCION (m)
110	21	71.5
115	26.25	59.2
120	30	45.0
	35	30.6

TABLA No. VI.1.- Condiciones de Operación para cada corrida experimental.

CAPITULO VII
PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados del presente trabajo se vieron reflejados en las experiencias de trabajo y cambios realizados al proceso a través de las variables de operación, siendo objeto de mayor interés lo relacionado al empaque aséptico, ya que no se contaba con ninguna experiencia en jugos y/o purés de frutas concentradas empacadas en este sistema.

En lo que respecta a la obtención del jugo concentrado de piña, como se indicó en el Capítulo III, tenía ya controladas las variables de proceso. Las características de calidad que se obtienen en esta operación son las que se desean conservar en la etapa posterior, el empaque aséptico, sobre todo las características organolépticas, ya que fácilmente son afectados por el calor.

VII.A.- DISCUSION DE LAS PRUEBAS FISICOQUIMICAS.

En la tabla No. VII.1, se encuentran resumidos los promedios de los análisis realizados al jugo de piña a diferentes concentraciones. El primer renglón corresponde al jugo de piña obtenido antes de concentrar y el último el concentrado de jugo de piña a procesar asépticamente en la siguiente etapa.

En las siguientes figuras se pueden corroborar aspectos importantes de los parámetros fisicoquímicos medidos al jugo de piña, y la importancia que tienen en la concentración del producto.

En la figura No. VII.1, se puede apreciar que la densidad del producto es directamente proporcional a la concentración, debida al aumento de sólidos totales por la eliminación de agua del jugo de piña.

En la figura No. VII.2, se observa que el pH disminuye conforme aumenta la concentración del jugo de piña, lo cual es benéfico para el producto, ya que propicia un tratamiento térmico menos severo provocando un menor daño en sus propiedades organolépticas, gracias a que disminuye la capacidad de crecimiento y la resistencia térmica de los microorganismos.

MUESTRA	°Bx	(g/ML)	% AC.	°Bx/AC.	pH	(CPS)
JUGO SIN CONCENTRAR	11.6	1.060	0.65	17.8	3.72	12
M D C U I O E I F S E N T R E R E N A N T S T E S A C A I O N E S	15.2	1.060	0.81	18.8	3.60	20
	20.0	1.086	1.056	19.0	3.56	95
	25.2	1.102	1.376	18.3	3.52	350
	30.2	1.135	1.651	18.3	3.49	700
	35.6	1.156	2.163	16.45	3.44	2000
	40.3	1.182	2.304	17.5	3.42	3500
JUGO CONCENTRADO	46.4	1.218	2.643	17.5	3.39	6850

TABLA No. VII.1.- Promedios de análisis fisicoquímicos realizados al jugo de piña a diferentes concentraciones (°Bx).

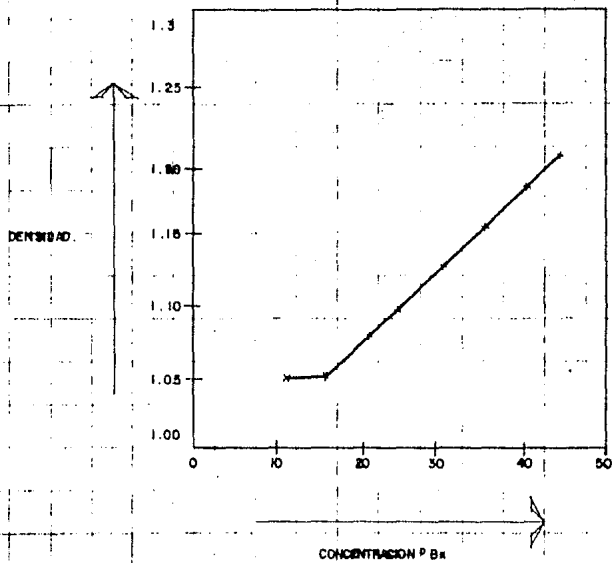


FIG. No. VII-1. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION (PBK) DEL PRODUCTO SOBRE LA DENSIDAD.

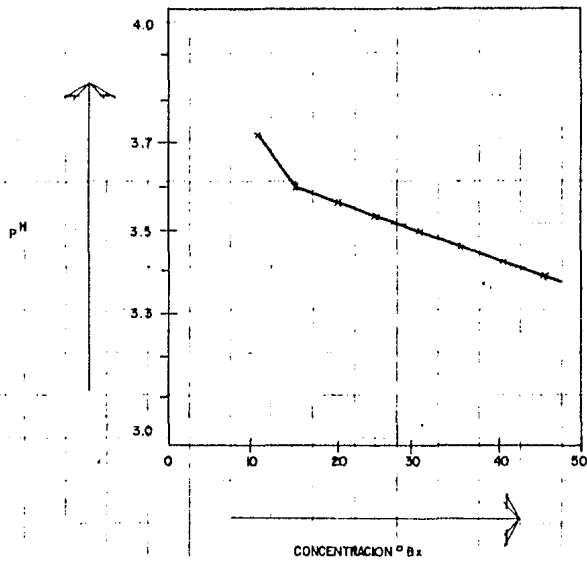


FIG. No. VII-2, INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION (°Bx) SOBRE EL P^H DEL PRODUCTO.

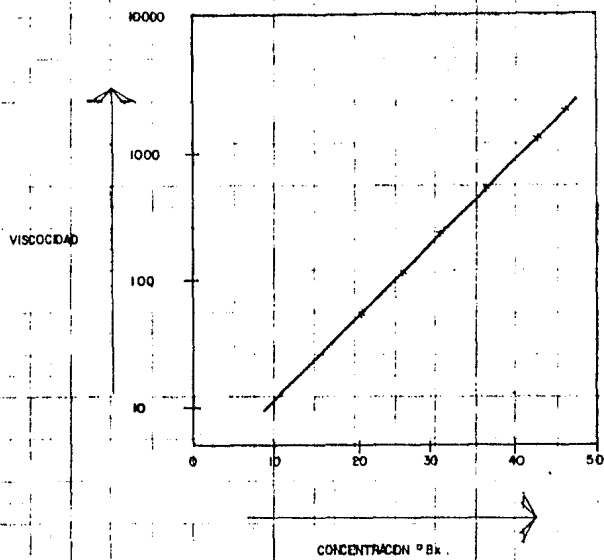


FIG. No. VII-3' INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION (°Bx) SOBRE LA VISCOSIDAD DEL PRODUCTO.

En la figura No. VII.3, se puede observar que un aumento en la concentración del producto es directamente proporcional a la viscosidad del mismo, debido a la mayor eliminación de agua, que provoca el aumento de sólidos totales.

El estudio de los parámetros fisicoquímicos es determinante para el cálculo experimental de los tiempos de esterilización del jugo de piña, ya que caracterizan el flujo que se tiene a lo largo del proceso.

Para efectos de cálculo, es importante aclarar que la viscosidad y la densidad fueron considerados constantes (700 cps y 1.218 g/cm³, respectivamente), debido a que:

a) La Viscosidad es función de la velocidad y temperatura del producto. Se puede afirmar que en flujos de producto a través de tuberías y temperaturas constantes, la viscosidad permanece constante, y que variando el flujo volumétrico, la viscosidad efectiva disminuye al aumentar el flujo.

Como es prácticamente imposible determinar la viscosidad en algún punto de la tubería de retención de calor, previendo posibles pérdidas de esterilidad del sistema, se midió a la salida del tubo de retención de calor, previo al enfriamiento del producto, y de una viscosidad inicial de 6850 cps a temperatura constante de 35 °C, disminuyó a 700 cps a la temperatura de 110 - 115 °C.

No se encontró mucha variación en los valores de viscosidad registrados al final del tubo de retención de calor, para cada una de las temperaturas de esterilización preseleccionadas, debido a que no existe mucha diferencia entre ellas (10 °C).

VII.B.- DISCUSION DE LAS PRUEBAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

Para determinar el tiempo de esterilización óptimo a las diferentes condiciones de operación manejadas es necesario partir de los cálculos de procesamiento de sistemas de flujo continuo.

a.1) Primeramente se calcula la velocidad media en el tubo de retención, la cual es independiente de la temperatura, y se calcula

para cada flujo volumétrico, mediante la ecuación:

$$(\bar{v}_n) = \frac{Q_n}{\pi R^2} \quad (15)$$

Para un radio de tubería constante de .0254 m (2 pulgs.)

En la tabla No. VII.2, se puede apreciar la influencia del flujo volumétrico sobre los valores de velocidad media.

a.2) Se determina el No. de Reynolds, para conocer el tipo de régimen bajo el cual se maneja el producto, mediante la relación:

$$\text{No. Re} = \frac{D \bar{v}_n \rho}{\mu}$$

Para una ρ y μ constantes de 1.218 g/cm^3 y 700 cps , respectivamente.

Los números de Reynolds encontrados para las diferentes velocidades calculadas se encuentran en la tabla No. VII.2.

Q (l/min)	\bar{V} (m/min)	No Re (Adimensional)	(V max) = 2 (\bar{V})
21.0	10.36	15.29	20.27
26.25	12.95	10.09	25.90
30.0	14.80	21.83	29.60
35.0	17.27	25.46	34.54

TABLA No. VII.2.- Valores de Velocidad Media (\bar{V}) y Velocidad Máxima (V max) para los diferentes Flujos Volumétricos - (Q) de Jugo de Piña Concentrado para un diámetro de tubería constante (.0254 m).

a.3) Cálculos de la velocidad máxima.

Como se puede apreciar en la tabla No. VII.2, todos los números de Reynolds encontrados son menores de 2100, de donde se deduce que el producto en el proceso se encuentra en Régimen Laminar, por lo que la velocidad máxima será igual a dos veces la velocidad promedio, - de acuerdo a la ecuación (16):

$$(V_{max}) = 2 (\bar{V}) \quad (16)$$

En la tabla No. VII.2, también se pueden apreciar los valores de velocidad máxima para los diferentes flujos volumétricos manejados.

a.4) Cálculo del tiempo de proceso requerido.

Obtenida la velocidad máxima para los diferentes flujos de operación y conocidas las longitudes totales manejadas, se pueden - determinar los tiempos requeridos para el proceso, independientes de - la temperatura de esterilización, con la ecuación (14).

$$t = \frac{L}{(V_{max})} \quad (14)$$

En la tabla No. VII.3, se puede observar la influencia del - flujo volumétrico manejado y las longitudes totales probadas sobre el - tiempo de proceso.

a.5) Evaluación de las temperaturas de esterilización.

Para determinar si los tiempos de proceso obtenidos de acuerdo a las longitudes de retención de calor y flujos volumétricos - probados fueron suficientes para alcanzar el grado de esterilización - deseado en el producto durante el procesamiento aséptico, es necesario evaluar si las temperaturas de esterilización que se manejaron reafirman esta hipótesis.

Para determinar si las temperaturas probadas fueron suficientes se parte de la ecuación (13), la cual es utilizada para calcular - un tiempo de proceso (t) a una temperatura dada (T), equivalentes a un tiempo y temperatura de referencia, normalmente 121.1 °C (T_R) por 1 - minuto (t_0).

$$F_0 = t \cdot 10^{(T - T_R)/Z} \quad (13)$$

Q (L/min)	L ₁ = 71.5 (m)	L ₂ = 59.2 (m)	L ₃ = 45.0 (m)	L ₄ = 30.6 (m)
21.00	3.45	2.76	2.42	2.07
26.25	2.86	2.29	2.00	1.21
30.00	2.17	1.74	1.52	1.30
35.00	1.48	1.18	1.03	0.89

TABLA No. VII.3.- Tiempos de proceso requeridos (min), en función del flujo volumétrico (Q) del jugo de piña concentrado y de la longitud del tubo de retención de calor (L).

Reordenando la ecuación y sacando logaritmo a ambos lados, tenemos:

$$\log \frac{F_0}{t} = \frac{(T - T_R)}{Z} \quad (13 a)$$

Multiplicando por (-1) la ecuación (13 a), y despejando el valor de (T), obtenemos:

$$T = T_R - Z \left(\log \frac{t}{F_0} \right) \quad (13 b)$$

Sustituyendo: (F₀) por (t₀) = 1 minuto, para cuando T_R = 121.1 °C (250 °F), que es la mínima esterilidad que se debe proporcionar a un alimento para alcanzar una letalidad de 1. Y un valor Z de 7.8 °C (18°F), de acuerdo a la tabla No. V.1, que es un promedio que nos asegura la inactivación de los factores de deterioro del producto (enzimas, células vegetativas y/o esporas).

Sustituyendo los valores de tiempo (t) obtenidos a las diferentes longitudes de tubo de retención probadas, independiente del flujo volumétrico, se obtiene la temperatura de proceso requerida para obtener la mínima esterilidad del producto.

En la tabla No. VII.4, se puede observar que para longitudes de tubo de retención constantes, los valores de (T) resultantes para los diferentes tiempos obtenidos están dentro de los rangos de temperatura manejados (110, 115 y 120 °C).

Los valores de temperatura (T) obtenidos permiten afirmar que se alcanzó la mínima esterilidad para el jugo de piña concentrado, pero para poder reafirmar estos resultados es necesario evaluar los resultados organolépticos del producto a las diferentes relaciones tiempo - temperatura.

VII.C.- DISCUSION DE LAS PRUEBAS ORGANOLEPTICAS.

Como se mencionó en el capítulo VI.B, para determinación de los factores de calidad del jugo de piña concentrado procesado asépticamente, se solicitó la ayuda del personal del Departamento de Control de Calidad,

	$L_1 = 71.5$ (m)	$L_2 = 59.2$ (m)	$L_3 = 45.0$ (m)	$L_4 = 30.6$ (m)
t (min) T (°C)	$t_1 = 3.45$ $T_1 = 115.7$	$t_1 = 2.76$ $T_1 = 116.7$	$t_1 = 2.42$ $T_1 = 117.3$	$t_1 = 2.07$ $T_1 = 117.9$
t (min) T (°C)	$t_2 = 2.86$ $T_2 = 116.5$	$t_2 = 2.29$ $T_2 = 117.5$	$t_2 = 2.0$ $T_2 = 118.1$	$t_2 = 1.71$ $T_2 = 118.8$
t (min) T (°C)	$t_3 = 2.17$ $T_3 = 117.7$	$t_3 = 1.74$ $T_3 = 118.7$	$t_3 = 1.52$ $T_3 = 119.3$	$t_3 = 1.30$ $T_3 = 120.0$
t (min) T (°C)	$t_4 = 1.48$ $T_4 = 119.4$	$t_4 = 1.18$ $T_4 = 120.4$	$t_4 = 1.03$ $T_4 = 121.0$	$t_4 = .89$ $T_4 = 121.6$

TABLA No. VII.4.- Temperaturas de operación obtenidas a las diferentes longitudes de tubo de retención probadas y tiempos de residencia obtenidos a $L = CTE$ y $Q = CTE$.

para lo cual se evaluaron los aspectos más sensibles al tratamiento térmico, como son: El color, el olor y sabor.

Estos tres parámetros de calidad organoléptica, fueron evaluados rehidratando muestras de jugo de piña concentrada procesado asépticamente y comparadas con un patrón normal de jugo de piña sin concentrar y tratar térmicamente. Considerando los estándares de calidad organoléptica del Departamento de Control de Calidad, las muestras se clasificaron de la siguiente manera:

1.- Producto de Buena Calidad (B): El jugo de piña concentrado y tratado asépticamente, que conserva en mayor grado las características originales del jugo de piña, esto es, un color amarillo claro, sabor y olor sensibles y agradables al paladar y olfato respectivamente.

2.- Producto de Calidad Regular (R): El jugo de piña rehidratado, con las siguientes características, color amarillo ocre, sabor y olor a piña.

3.- Producto de Calidad Mala (M): El jugo de piña rehidratado con color amarillo oscuro, olor y sabor desagradables, quemado.

En las tablas Nos. VII.5, VII.6, VII.7 y VII.8, se puede observar la evaluación organoléptica del jugo de piña concentrado para flujos volumétricos constantes de 21.0, 26.25, 30.0 y 35.0 l/min, respectivamente. De ellas se puede deducir que a medida que aumenta el flujo volumétrico y se reduce la longitud total de retención de calor los parámetros evaluados organolépticamente son de mejor calidad.

Se puede apreciar también que no se presentan diferencias significativas para flujos volumétricos de 26.25, 30.0 y 35.0 l/min y es en este rango donde se encuentran los mejores resultados organolépticos evaluados al producto.

De estos resultados puede desprenderse que el jugo de piña concentrado que conserva en mayor grado las características del jugo de piña natural, son los tratados a tiempos de proceso menores o iguales a 2 minutos para las 3 temperaturas probadas. Estos tiempos de operación se encuentran para longitudes de retención de calor de 45.0 y 30.6 metros.

	L ₁ = 71.5 t ₁ = 3.45(min)			L ₂ = 59.2 (m) t ₂ = 2.76(min)			L ₃ = 45.0 (m) t ₃ = 2.42(min)			L ₄ = 30.6 (m) t ₄ = 2.07(min)		
	COLOR	OLOR	SABOR	COLOR	OLOR	SABOR	COLOR	OLOR	SABOR	COLOR	OLOR	SABOR
T ₁ = 110 °C	M	M	M	M	R	R	R	R	R	R	R	B
T ₂ = 115 °C	M	M	M	M	M	M	M	R	R	R	R	R
T ₃ = 120 °C	M	M	M	M	M	M	M	R	R	R	R	R

Tabla No. VII.5.- Resultados de la evaluación organoléptica del jugo de piña concentrado para un flujo volumétrico constante (Q) de 21 l/min.

	$L_1 = 71.5 \text{ (m)}$ $t_1 = 2.86 \text{ (min)}$			$L_2 = 59.2 \text{ (m)}$ $t_2 = 2.29 \text{ (min)}$			$L_3 = 45.0 \text{ (m)}$ $t_3 = 2.0 \text{ (min)}$			$L_4 = 36.0 \text{ (m)}$ $t_4 = 1.71 \text{ (min)}$		
	COLOR	OLOR	SABOR	COLOR	OLOR	SABOR	COLOR	OLOR	SABOR	COLOR	OLOR	SABOR
$T_1 = 110 \text{ (}^\circ\text{C)}$	M	M	M	R	R	R	R	R	R	R	B	B
$T_2 = 115 \text{ (}^\circ\text{C)}$	M	M	M	R	M	M	R	B	B	R	B	B
$T_3 = 120 \text{ (}^\circ\text{C)}$	M	M	M	M	M	M	R	B	B	B	B	B

Tabla No. VII.6.- Resultados de la Evaluación Organoléptica del Jugo de Piña Concentrado para un flujo volumétrico constante (Q) de 26.25 l/min.

	$L_1 = 71.5 \text{ (m)}$			$L_2 = 59.2 \text{ (m)}$			$L_3 = 45.0 \text{ (m)}$			$L_4 = 36.0 \text{ (m)}$		
	$t_1 = 2.17 \text{ (min)}$			$t_2 = 1.74 \text{ (min)}$			$t_3 = 1.52 \text{ (min)}$			$t_4 = 1.30 \text{ (min)}$		
	COLOR	OLOR	SABOR	COLOR	OLOR	SABOR	COLOR	OLOR	SABOR	COLOR	OLOR	SABOR
$T_1 = 110 \text{ (}^\circ\text{C)}$	M	M	M	R	R	R	B	B	B	B	B	B
$T_2 = 115 \text{ (}^\circ\text{C)}$	R	R	R	R	R	R	B	B	B	B	B	B
$T_3 = 120 \text{ (}^\circ\text{C)}$	R	R	R	R	R	R	B	B	B	B	B	B

Tabla No. VII.7.- Resultados de la Evaluación Organoléptica del Jugo de Piña Concentrado para un flujo volumétrico constante (Q) de 30.0 l/min.

	$L_1 = 71.5 \text{ (m)}$ $t_1 = 1.48 \text{ (min)}$			$L_2 = 59.2 \text{ (m)}$ $t_2 = 1.18 \text{ (min)}$			$L_3 = 45.0 \text{ (m)}$ $t_3 = 1.03 \text{ (min)}$			$L_4 = 36.0 \text{ (m)}$ $t_4 = 0.89 \text{ (min)}$		
	COLOR	OLOR	SABOR	COLOR	OLOR	SABOR	COLOR	OLOR	SABOR	COLOR	OLOR	SABOR
$T_1 = 110 \text{ (}^\circ\text{C)}$	M	R	R	M	R	R	B	B	B	B	B	B
$T_2 = 115 \text{ (}^\circ\text{C)}$	M	R	R	M	R	R	B	B	B	B	B	B
$T_3 = 120 \text{ (}^\circ\text{C)}$	M	R	R	R	B	B	B	B	B	B	B	B

Tabla No. VII.8.- Resultados de la Evaluación Organoléptica del Jugo de Piña Concentrado para un flujo volumétrico constante (Q) de 35.0 l/min.

- Se eliminaron las temperaturas de 110 y 115 °C por problemas presentados durante el almacenamiento del producto en los -- tambores, específicamente abombamiento, por falta de esterilidad en el producto.
- Las longitudes de operación de 71.5 y 59.2 m, se desecharon por la mala calidad organoléptica que presentaba el producto final.
La longitud de 30.0 m también fue eliminada porque el tiempo en que recorría el producto la tubería de retención aceleraba el llenado de los tambores y no permitía esterilizar el - tiempo suficiente el tambor de espera (10 min) (Cap. VI).
- Los flujos volumétricos de 21 y 26.25 l/min, se eliminaron - por la mala calidad organoléptica que presentaba el producto final. (Ver tablas VII.5, VII.6, VII.7 y VII.8).

Prácticamente, derivado de la experiencia de trabajo y resultados obtenidos, las condiciones más aceptadas para el jugo de piña concentrado, fueron las siguientes:

- Temperatura de 120 °C, por razones de seguridad de esterilidad del producto.
- Longitud del tubo de retención de 45.0 m.
- Flujos volumétricos de 30 y 35 l/min.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo aquí desarrollado, permite afirmar que fue posible evaluar y determinar las condiciones de proceso para el enlatado aséptico del jugo de piña concentrado, utilizando tratamientos de esterilización en base a altas temperaturas-cortos tiempos (ATCT), obteniendo un producto que conserva en mayor grado las características fisicoquímicas y organolépticas de calidad de la materia prima.

Por el lado de trabajos posteriores, en la evaluación las condiciones de proceso y enlatado de jugo concentrado de piña se hacen -- las siguientes recomendaciones:

- En primer lugar abordar el aspecto microbiológico del producto a lo largo del proceso, mediante los análisis necesarios antes, inmediatamente después de cada tratamiento, y durante el almacenamiento.
- Realizar evaluaciones organolépticas al producto durante -- los períodos prolongados de tiempos de almacenamiento para -- corroborar que la calidad obtenida después del tratamiento térmico se conserva sin variación.
- Efectuar un análisis socio-económico con el objeto de comprobar las ventajas que ofrece este proceso sobre las técnicas convencionales de conservación de este producto, incluyendo costos de proceso, transporte y almacén.

CAPITULO IX

BIBLIOGRAFIA

- Anónimo (1969). Aseptic Processing, Cherry Surrell Corp. Tech. Dig. Cb-201.
- Brennan, J.G., J.R. Butters, N.D. Cowell y A.E. Lilly (1970). Las - operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. 2a. edición, Ed. - - Acribia, Zaragoza, España.
- Brody, L.A. (1973). Updates Aseptic Packaging. Food Engineering.
- Catálogo New Continuous Evaporator (1976). Ing. Rossi & Cately. - Parma, Italia.
- Chan, H.T., Cavaletto, G.C. Aseptically Packaged Papaya y Guava Puree Changes in Chemical and Sensory Quality During Processing and Storage. J. of Foods Science, 47, 4: 1164 - 1169, 1174 (1982).
- Comisión Nacional de Fruticultura (1974). Industrialización de la - Piña. Folleto No. 5, SAG, México.
- Comisión Nacional de Fruticultura (1976). Situación Agronómica de la Piña en México. Serie Técnica No. 27, SAG, México.
- Comisión Nacional de Fruticultura (1981). El Mercado Exterior Fruti- cola: Piña. Folleto No. 5, México.
- Desrossier, N.W. (1979). Conservación de Alimentos. New York.
- Dull, G.G. (1971). The Pineapple: General Part I Biochemistry and- Physiology of Commercially Important Fruits. Chapt. 9A in the Bio -- chemistry of Fruits and their Products. Vol. II. A.C. Hulme ed. - - Acad. Press Inc. Ltd, London.
- Dull, G.G., R.E. Young and J.R. Biale (1967). Respiratory Pattern - of Pineapple, Physiology Pl., 20: 1059 - 1062.
- Faust, A.S., L.A. Wenzel, C.W. Clump, L. Maus y L.B. Andersen (1975) Principios de Operaciones Unitarias. Ed. CECSA, México.

Frazier, W.C. (1976). Microbiología de los Alimentos Ed. Acribia Zaragoza, España.

Gean Koplis, J.C. (1982). Procesos de Transporte y Operaciones - Unitarias. Ed. Continental, México.

Leninger, H.A., Beverloo W.A. (1975). Food Process Engineering - D'Redel Pub. Co., Holland.

Luh, B.S., Kean C.E. (1975). Canning of Fruits: In Chapt G. - - Commercially Fruits Processing. AVI Pub. Co., Westport, Conn.

Lund, D.B. (1975). Effects of Heat Processing on Nutrients. Part I: Effects of Blanching, Pasteurization and Sterilization on Nutrients. Chapt. 9, in Nutritional Evaluation of Food Processing - AVI Pub. Co., Westport, Conn.

Lund, D.B. (1979). Effect of Commercial Processing on Nutrients - Food Technology 33(2): 28-34

Martín, W.M. (1948). Flash Process, Aseptic Fill are used in new Canning Unit. Food Industries, pag. 71.75.

Mehrlich, F.P. (1971). Pineapple Juice, Chapt. 5 in Fruits and - Vegetable Juice Processing Technology. Tressler, D.K. and Joslyn M.A., Eds. AVI Pub. Co. Westport, Conn.

Potter N. (1973). La Ciencia de los Alimentos. Pub. Edutex, México.

Rodrigo M. Lorenzo P. Safón J. (1981). Conservas: Optimización - de las Técnicas de Esterilización de Alimentos por Calor. II.- - Concepto Actualizado de la Esterilización por Calor y Efecto de - la misma sobre los Alimentos. Rev. Agroquím. Tecnol. Alim. 20 - (4): 425-433.

Stumbo, C.R. (1973). Thermobacteriology in Food Processing Acad. Press. Inc., New York.