



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO PARA UNA BEBIDA FRÍA A BASE DE
CAFÉ Y LECHE PARA MEJORAR SU CARACTERÍSTICA SENSORIAL SIN
AFECTAR SU INOCUIDAD**

Carlos Emilio Jiménez Florián

Asesorado por la Inga. Ana Marcela Ruano Barillas

Guatemala, julio de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO PARA UNA BEBIDA FRÍA A BASE DE
CAFÉ Y LECHE PARA MEJORAR SU CARACTERÍSTICA SENSORIAL SIN
AFECTAR SU INOCUIDAD**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS EMILIO JIMÉNEZ FLORIÁN

ASESORADO POR LA INGA. ANA MARCELA RUANO BARILLAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alex Olivares Ortiz
EXAMINADORA	Inga. Aurelia Anabela Córdoba Estrada
EXAMINADOR	Ing. Alex Suntecún Castellanos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO PARA UNA BEBIDA FRÍA A BASE DE CAFÉ Y LECHE, PARA MEJORAR SU CARACTERÍSTICA SENSORIAL SIN AFECTAR SU INOCUIDAD

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 27 de enero de 2016.

Carlos Emilio Jiménez Florián

Guatemala, abril de 2017


Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, Usac.

Ingeniero Gómez Rivera.

Por medio de la presente me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que como Asesora del estudiante universitario, Carlos Emilio Jiménez Florián, con número de carné: 2002-13156, he tenido a la vista el trabajo de graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO PARA UNA BEBIDA FRÍA A BASE CAFÉ Y LECHE, PARA MEJORAR SU CARACTERÍSTICA SENSORIAL SIN AFECTAR SU INOCUIDAD.** El cual encuentro satisfactorio.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.


Inga. Ana Marcela Ruano Barillas
Colegiado No.8782
ASESORA

Ana Marcela Ruano Barillas
Ingeniera Industrial
Colegiado 8782



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO PARA UNA BEBIDA FRÍA A BASE DE CAFÉ Y LECHE, PARA MEJORAR SU CARACTERÍSTICA SENSORIAL SIN AFECTAR SU INOCUIDAD**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Emilio Jiménez Florián**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“DID Y ENSEÑAD A TODOS”

Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 8121

Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, junio de 2017.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA




FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.096.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO PARA UNA BEBIDA FRÍA A BASE DE CAFÉ Y LECHE, PARA MEJORAR SU CARACTERÍSTICA SENSORIAL SIN AFECTAR SU INOCUIDAD**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Emilio Jiménez Florián**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.307-2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO PARA UNA BEBIDA FRÍA A BASE DE CAFÉ Y LECHE PARA MEJORAR SU CARACTERÍSTICA SENSORIAL SIN AFECTAR SU INOCUIDAD**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Emilio Jiménez Florián**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Poirago
DECANO



Guatemala, julio de 2017

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Quien merece toda la gloria y la honra. Por capacitarme con su sabiduría y darme la oportunidad de conocerle.
- Mis padres** Emilio Jiménez y Doris Florián de Jiménez, mi admiración y respeto por su comprensión, apoyo incondicional y sacrificio que han realizado a lo largo de mi vida.
- Mi esposa** Michelle Detlefsen de Jiménez con todo mi amor y gratitud, por ser importante influencia en mi vida y desafiarme a ser mejor cada día. La herencia de Dios para mi vida.
- Mi hija** Daniela Jiménez Detlefsen, por ser uno de los principales motores de motivación en mi vida.
- Mis hermanas** Gabriela y Sofía Jiménez Florián a quien Dios escogió para ser mis compañeras de niñez, juventud y caminar a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por colmar mi vida de bendiciones, eternamente le estaré agradecido.
Mis padres	Gracias por su esfuerzo, me inspiraron confianza para ser la persona que soy.
Mi esposa	Por hacer de mí una mejor persona y un mejor profesional.
Mi hija	Por ser el mayor regalo de Dios en mi vida.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me brindó conocimientos y así poder cosechar éxitos en el campo profesional.
Facultad de Ingeniería	Por los momentos vividos dentro de sus salones.
Mis amigos de la facultad	Edmer Izaguirre, Ronald Estrada y Ricardo Figueroa, por toda la buena energía brindada a lo largo de la carrera.
Mi asesora Ingeniera Ana Marcela Ruano Barillas	Por su tiempo, dedicación y asesoría brindada durante este proceso para la realización de mi trabajo de graduación, Dios la bendiga siempre.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Los procesos de conservación en la industria en Guatemala.....	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Elementos comunes en la industria	2
1.1.3. Descripción de productos o servicios involucrados.....	2
1.2. Marco teórico.....	4
1.2.1. Bebidas listas para tomar	4
1.2.1.1. Análisis de la industria	5
1.2.2. Procesos de conservación de bebidas	6
1.2.3. Descripción del producto	15
1.2.4. Evaluación sensorial.....	19
1.2.4.1. Prueba dúo-trío.....	24
1.2.4.2. Análisis e interpretación de datos	24
1.3. Generalidades de la empresa.....	27
1.3.1. Nombre de la empresa	29
1.3.2. Ubicación	29

1.3.3.	Misión	30
1.3.4.	Visión.....	30
1.3.5.	Valores	31
1.3.6.	Organigrama	31
2.	DIAGNÓSTICO ACTUAL DEL PROCESO TÉRMICO.....	37
2.1.	Descripción del problema.....	37
2.1.1.	Formulación del problema	37
2.1.2.	Delimitación del problema	37
2.1.3.	Viabilidad.....	38
2.1.4.	Consecuencia.....	38
2.2.	Especificaciones del producto.....	38
2.2.1.	Características fisicoquímicas	39
2.2.2.	Características microbiológicas.....	39
2.3.	Especificaciones del proceso de producción.....	40
2.3.1.	Diagrama de flujo del proceso.....	47
2.3.2.	Eficiencia en línea	51
2.3.3.	Consumo energético	52
2.4.	Especificaciones del proceso térmico	52
2.4.1.	Diagrama de flujo del proceso.....	56
2.4.2.	Consumo energético	56
3.	LOS PROCESOS DE CONSERVACIÓN Y SU ESTRUCTURA.....	59
3.1.	Transmisión de calor	59
3.1.1.	Métodos de transferencia de calor	60
3.1.1.1.	Conducción	60
3.1.1.2.	Convección.....	61
3.1.1.3.	Radiación	62
3.1.2.	Termopares	63

	3.1.2.1.	Principales tipos de termopares.....	64
3.2.		Fundamentos del tratamiento térmico	65
	3.2.1.	Cinética de la inactivación microbiana.....	71
	3.2.2.	Letalidad del proceso o destrucción biológica	72
	3.2.3.	Tiempo de reducción decimal.....	73
	3.2.4.	La constante de resistencia térmica	74
	3.2.5.	El tiempo de muerte térmica	76
	3.2.6.	Importancia industrial.....	77
3.3.		Las curvas de penetración de calor	79
	3.3.1.	Cálculos para determinar el tiempo de proceso.....	83
	3.3.2.	Análisis e interpretación de datos	85
4.		IMPLEMENTACIÓN Y DISEÑO DEL NUEVO PROCESO TÉRMICO ...	89
	4.1.	Procedimiento para el nuevo proceso térmico.....	89
	4.2.	Procedimientos de mejora en operaciones específicas.....	108
	4.3.	Modificaciones a componentes en el proceso de producción.....	109
	4.3.1.	Mejora en las formas de trabajo de los equipos del autoclave.....	110
	4.3.2.	Mejora en las eficiencias de línea de producción .	111
	4.4.	Parámetros óptimos de trabajo.....	115
	4.4.1.	Control de las condiciones de los indicadores clave	118
		4.4.1.1. Tiempo.....	119
		4.4.1.2. Temperatura	120
		4.4.1.3. Presión	120
	4.4.2.	Mantenimiento preventivo.....	121
	4.4.3.	Rendimiento óptimo continuo	127

4.4.4.	Evaluaciones sensoriales periódicas del producto	127
5.	SEGUIMIENTO	131
5.1.	Establecimiento del proceso térmico	131
5.2.	Monitoreo del proceso térmico establecido	132
5.2.1.	Tiempo, temperatura y presión	132
5.2.2.	Parámetros fisicoquímicos	133
5.2.3.	Parámetros microbiológicos	134
5.2.4.	Evaluación sensorial	135
5.3.	Auditorías de consumos energéticos	140
5.4.	Acciones correctivas	143
5.5.	Acciones preventivas	143
5.6.	Análisis financiero de la propuesta	146
	CONCLUSIONES	149
	RECOMENDACIONES	151
	BIBLIOGRAFÍA	153
	ANEXOS	155

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Envasado aséptico	9
2.	Pasteurización por lotes	10
3.	Pasteurizador UHT	11
4.	Autoclave inmóvil vertical	12
5.	Autoclave horizontal agitadora	13
6.	Árbol de café o cafeto (Coffea arabica)	16
7.	Detección de sabores en la lengua	23
8.	Número mínimo de juicios correctos para establecer significancia a varios niveles para pruebas de comparación por pares y dúo- trío (una cola. $p= 1/2$) *	26
9.	Vista aérea de la ubicación geográfica	30
10.	Organigrama	32
11.	Tanque de disolución	40
12.	Tanque de mezcla rectangular	41
13.	Homogenizador	42
14.	Tanque de elevación de temperatura de producto	43
15.	Intercambio de calor	43
16.	Despaletizado y carga de latas a la banda transportadora	44
17.	Transporte de latas a las guías para lavado	45
18.	Llenado de latas con producto	45
19.	Sellado hermético de latas	46
20.	Codificación de las latas	47
21.	Cestos para contener los envases durante el proceso térmico	53

22.	Autoclaves verticales inmóviles	53
23.	Medidores de tiempo y temperatura	54
24.	Enfriamiento del producto a temperatura ambiente	55
25.	Inspección del producto posterior al proceso térmico	55
26.	Punto frío en un envase que es calentado por conducción	60
27.	Punto frío en un envase que es calentado por convección.....	62
28.	Diagrama de funcionamiento de termopar	63
29.	Colocación de termopares en envases de hojalata	64
30.	Vista microscópica de los hongos.....	66
31.	Vista microscópica de células de levaduras	67
32.	Curva de supervivencia bacteriana.....	69
33.	Diagrama de los pasos empleados en la determinación de un proceso térmico	78
34.	Curva de penetración de calor con quiebre	84
35.	Metodología para el análisis e interpretación de datos	86
36.	Medición de la temperatura del punto frío.....	93
37.	Comparativo temperatura del medio de calentamiento versus temperatura del punto frío.....	94
38.	Curva de calentamiento	95
39.	Registro de tiempo y temperatura de los termopares	97
40.	Tiempo versus $\log T_0 - T$	99
41.	Valor de la pendiente fH	101
42.	Registro de temperaturas y velocidad de penetración de calor	103
43.	Gráfica de temperatura durante el tiempo	109
44.	Autoclaves verticales estacionarias utilizadas en el proceso térmico .	111
45.	Funcionamiento de una caldera.....	116
46.	Analizador de gases industrial	117
47.	Incremento de combustible según exceso de aire	117
48.	Evaluación sensorial dúo-trío.....	128

49.	Fuga de vapor en tubería	141
50.	Enchaquetado de tuberías en mal estado.....	141
51.	Trampa de vapor de pasteurizador	142

TABLAS

I.	Composición del café expresada en tanto por ciento sobre la base de peso seco.....	17
II.	Algunos aromas generados por el metabolismo de los principales constituyentes de los alimentos	21
III.	Hoja de respuesta de prueba dúo-trío.....	25
IV.	Parámetros de producto en proceso	39
V.	Parámetros de producto terminado.....	39
VI.	Parámetros microbiológicos	39
VII.	Diagrama del flujo del proceso: bebida de café con leche lista para beber	47
VIII.	Consumo energético diario (expresado en kilowatts).....	52
IX.	Diagrama del flujo del proceso térmico: bebida de café con leche lista para tomar	56
X.	Consumo energético del equipo involucrado en el proceso térmico	57
XI.	Resistencia térmica de algunos microorganismos importantes en el procesamiento de alimentos	72
XII.	Tiempo de muerte térmica de algunas esporas bacterianas.....	77
XIII.	Resistencia térmica del Clostridium botulinum.....	92
XIV.	Determinación de los valores de Log (To-T)	97
XV.	Determinación corregida de los valores de Log (To-T)	98
XVI.	Determinación de T corregida	99
XVII.	Nuevos valores de letalidad del proceso térmico	107
XVIII.	Descripción del equipo utilizado en el proceso de producción.....	112

XIX.	Análisis ORSAT de calderas.....	118
XX.	Registro diario del proceso	133
XXI.	Parámetros de producto en proceso.....	133
XXII.	Parámetros de producto terminado.....	134
XXIII.	Parámetros microbiológicos.....	134
XXIV.	Distribución de Chi cuadrado X^2	140
XXV.	Propuesta de ahorro generada	146
XXVI.	Conversión a galones de búnker al día.....	147

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
l	Libras
psi	Libra-fuerza por pulgada cuadrada
ph	Logaritmo negativo de la concentración del ion hidronio
m	Metro
mm	Milímetro
%	Porcentaje
Q	Quetzal

GLOSARIO

Adobo	Inmersión de un alimento crudo en un preparado en forma de caldo de distintos componentes con el fin de preservarlo en el tiempo.
Ahumado	Técnica de conservación alimenticia que consiste en someter alimentos a una fuente de humo proveniente de fuegos realizados de maderas de poco nivel de resina.
Autoclave	Recipiente que soporta presión que se utiliza para procesar alimentos empacados en envases sellados herméticamente.
Bicarbonato de sodio	Es un compuesto sólido cristalino de color blanco soluble en agua, con un ligero sabor alcalino parecido al del carbonato de sodio (aunque menos fuerte y más salado que este último) de fórmula NaHCO_3 .
BHP	<i>Boiler horse power</i> o caballos de poder en caldera.
Búnker	Combustible pesado.
Caldera	Equipo auxiliar que sirve para convertir agua en vapor saturado para procesos industriales.

Emulsificante	Se utiliza para la disminución de la tensión superficial de un líquido.
Energía	Capacidad de realizar un trabajo de transformar algo o de poner un cuerpo en movimiento.
Escabeche	Método de conservación de alimentos por medio de vinagre.
Estabilizantes	Ayudan a la formación de enlaces o puentes para la formación de estructuras y se definen como las sustancias que impiden el cambio de forma o naturaleza química de los productos alimenticios a los que se incorporan, inhibiendo reacciones o manteniendo el equilibrio químico de los mismos.
Estadística	Ciencia que utiliza conjuntos de datos numéricos para obtener, a partir de ellos, inferencias basadas en el cálculo de probabilidades. Es un estudio que reúne, clasifica y recuenta todos los hechos que tienen una determinada característica en común, para poder llegar a conclusiones a partir de los datos numéricos extraídos.
Indicador	Permiten identificar las diferencias existentes entre los resultados planeados y obtenidos como base para la toma de decisiones.

Lugar de trabajo	Cualquier lugar físico en el que las actividades relacionadas en el trabajo se realizan bajo control de la organización.
Materia prima	Son todos aquellos insumos que se incluyen en la formulación del producto.
Microbiología	Es el estudio de los microorganismos y sus actividades, su forma, estructura, reproducción fisiológica e identificación.
Patógenos	Que se origina y desarrolla una enfermedad al ser humano.
PET	Es usado como materia prima para la elaboración de envases plásticos, su nombre completo es poli-etilen tereftalato.
pH	Usado para designar el grado de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa.
Purga	Orificios pequeños usados para remover el aire que entra en el autoclave junto con el vapor y para proveer la circulación del vapor dentro del autoclave.
Salazón	Método destinado a preservar alimentos por medio de la aplicación de sal para su deshidratación parcial.

Venteo

Orificios grandes en los autoclaves controlados por válvulas, que se usan para eliminar el aire durante el período de remoción de aire.

RESUMEN

El mercado de bebidas listas para tomar (RTD, por sus siglas en inglés *ready to drink*) ha mostrado un crecimiento acelerado durante los últimos años, el reto en este medio intensamente competitivo es el desarrollar nuevas propuestas con el potencial de tener mayor penetración en el mercado y que el consumidor encuentre productos de buena calidad y de costo accesible.

En Guatemala las bebidas frías listas para tomar a base de café y leche son relativamente nuevas en comparación con la popularidad que estas tienen en países como Japón y Corea del Sur; aunque en el país existen algunas bebidas similares, no existe mucha literatura sobre el tema de proceso y sus mejoras; Guatemala por ser un país productor tiene una cultura cafetalera de consumo diario, por lo tanto, una bebida de este tipo debe ofrecer las mismas características sensoriales de igual o mejor calidad con un menor tiempo para su preparación que la forma tradicional.

La empresa se caracteriza por ser líder en la industria de bebidas con presencia dominante en el mercado nacional. La competencia internacional ha ocasionado la competitividad en el mercado interno, ha hecho que las empresas del ramo se vuelvan robustas por la variedad de productos que ofrecen.

Por estos factores la empresa ha desarrollado su estrategia en el lanzamiento un producto innovador a base de café y leche, pero el mercado no ha dado total aceptación por temas de percepción sensorial; en este trabajo de graduación se busca optimizar el proceso térmico por medio del estudio de penetración de calor, reducir tiempos de cocimiento y mejorar las características

sensoriales de la bebida sin afectar su inocuidad para una mejor aceptación en el mercado; como resultado, la productividad en la línea de producción mejora y la hace más eficiente. Todo esto visto desde todos los puntos posibles que la ingeniería industrial lo permite, bajo las bases de la ingeniería en alimentos en cuanto a conservación de alimentos se refiere.

OBJETIVOS

General

Mejorar las características sensoriales del producto a partir de un estudio de proceso térmico de conservación de alimentos a través de la disminución de tiempos de cocinado en la elaboración de una bebida a base de café y leche.

Específicos

1. Establecer la situación actual en el proceso térmico del producto.
2. Determinar limitaciones y restricciones necesarias para los cambios de proceso térmico tomando en cuenta los procesos de conservación del mismo para no afectar su inocuidad.
3. Demostrar por medio de una evaluación sensorial del producto una mejora de su sabor.
4. Definir indicadores para controlar los procesos térmicos para las bebidas frías a base de café y leche.
5. Describir los planes de acción para el análisis de la calidad del producto.
6. Establecer el análisis financiero de la mejora del proceso térmico para la bebida de estudio.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la industria de alimentos dispone de una gama de procesos de conservación y sistemas de esterilización cada vez más tecnológicos que constantemente se ponen al límite por la necesidad de competir en innovación de productos para ganar nuevos nichos de mercado.

En el presente trabajo de graduación se ha estudiado la penetración de calor que pretende optimizar el proceso térmico de una bebida fría a base de café y leche para su adecuado cocimiento; dicho proceso debe tener como características fundamentales; la efectividad en eliminación de microorganismos patógenos y la mejora de las propiedades organolépticas, este último un tema de vital importancia para su total aceptación en el mercado.

Se realizaron diversos ensayos para controlar los indicadores clave: tiempo, presión y temperatura para mantener la inocuidad del producto y garantizar el adecuado perfil sensorial de la bebida; a partir de ello se desarrolló el método ideal de curvas de penetración de calor que dieron como resultado una mejora en la productividad en la línea de producción y menor consumo energético.

Por último, se resalta la importancia de un adecuado monitoreo del nuevo proceso térmico establecido, para garantizar y mantener dentro de parámetros los análisis fisicoquímicos y microbiológicos; se establecen así las respectivas acciones preventivas y correctivas a tomar al momento de presentarse una anomalía.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Los procesos de conservación en la industria en Guatemala

La finalidad de la conservación de alimentos es transformarlos en productos con mayor tiempo de vida útil; es gracias a la ciencia y tecnología de alimentos que se han desarrollado diferentes técnicas de conservación.

La industria alimentaria es la encargada de transformar los productos procedentes del sector agropecuario, es decir, de la agricultura y la ganadería. Existe una gran diversidad de sectores en la industria alimentaria de Guatemala y se consideran como un conjunto de establecimientos que se agrupan según el tipo de alimentos: cárnica, láctea, de azúcar y de bebidas, entre otras.

1.1.1. Antecedentes

En tiempos pasados, en que la industria alimentaria no dependía de las demandas del consumidor, los agricultores cultivaban sus tierras y criaban ganado obteniendo buenos rendimientos económicos por esa actividad, además de producir lo suficiente para satisfacer las necesidades familiares propias.

A principios del siglo XIX, la industria alimentaria evolucionó hasta alcanzar una gran diversidad y complejidad. Así, por ejemplo, la industria conservera se desarrolló drásticamente a partir de los descubrimientos de procesos de conservación de alimentos envasados de Nicolas Appert y, años más tarde, los aportes valiosos que Louis Pasteur realizó sobre los procesos de

inactivación de los microorganismos; a partir de entonces ha avanzado a paso firme hasta la actualidad con la aparición de nuevas técnicas: la congelación, los cierres al vacío y la ultra pasteurización, entre otras.

1.1.2. Elementos comunes en la industria

La industria alimentaria tiende a evolucionar hacia una mayor concentración y tecnificación. Se inclina de forma creciente por productos más elaborados, con mejor perfil sensorial y con oferta orientada a las comidas preparadas y precocinados. Esta tendencia viene dada por la exigencia de mayor calidad de vida de los consumidores debido a su creciente prosperidad en los países desarrollados, pero que cada vez disponen de menos tiempo por los actuales sistemas de vida; esto desciende en forma de cascada, replicándose en todas las sociedades que lo toman como modelo y que dedican menor cantidad de ingresos a la adquisición de alimentos crudos o no elaborados. Aunque existe una gran cantidad de alimentos que pueden ser consumidos crudos, por ejemplo, la fruta, la industria requiere de procesos que le permitan manufacturar alimentos con mayor tiempo de vida útil y además que sean apetecibles al paladar.

1.1.3. Descripción de productos o servicios involucrados

Aunque exista una gran diversidad de sectores en la industria, todos comparten procesos que tienen denominadores comunes en la cadena alimentaria y que pueden clasificarse en seis diferentes: manipulación de los alimentos, almacenamiento de los mismos y de las materias primas, extracción de sus propiedades, elaboración hasta un producto final, envasado y conservación.

- Procesos de manipulación: los procesos de manipulación humana de los alimentos tienden a disminuirse en la industria alimentaria, debido a los riesgos latentes que existen; es frecuente ver elementos en las factorías que automatizan los procesos de manipulación.

Procesos de almacenamiento: el almacenamiento de materias primas está orientado a minimizar el efecto de estacionalidad de ciertos productos alimentarios. Generalmente, suelen emplearse para el almacenamiento en silos, almacenes acondicionados al tipo de industria específico (herméticos, al aire libre, refrigerados, entre otros).

- Procesos de extracción: algunos alimentos necesitan de procesos de extracción: pulpas, huesos o líquidos. Los procesos industriales para realizar la extracción pueden ser mediante la trituración del alimento, el machacado o molienda (cereales para el pan, las olivas para el aceite, entre otros), extracción mediante calor, secado y filtrado o empleo de disolventes.
- Procesos de elaboración: los procesos habituales de la elaboración de alimentos tienen como objeto la transformación inicial del alimento crudo para la obtención de otro producto distinto y transformado, generalmente, más adecuado para su ingesta. Algunos de los procesos de elaboración tienen su fundamento en la conservación del alimento.
- Procesos de envasado: son los métodos utilizados para conservar alimentos; estos procesos utilizan los empaques para proteger al alimento del medio ambiente; cumplen la misma función de recubrir el alimento, así como las cáscaras protegen a las frutas y verduras de elementos externos en la naturaleza.

- Procesos de conservación: esta fase es vital en la producción de alimentos, en parte debido a que los procesos de conservación en la industria alimentaria tienen por objeto la interrupción de la actividad microbiana y, por otro lado, prolongar la vida útil de los alimentos conservando sus propiedades iniciales.

1.2. Marco teórico

A continuación, se presentan los aspectos relacionados a las bebidas listas para tomar; se vinculan lógicamente y coherentemente los conceptos para analizarlos posteriormente.

1.2.1. Bebidas listas para tomar

Las bebidas listas para tomar (RTD, por sus siglas en inglés *ready to drink*) son todas aquellas bebidas empacadas, medidas y mezcladas previamente que han mostrado crecimiento consistente durante las últimas décadas y que no frenan su expansión, el avance responde a varios factores. En principio, está relacionado con una tendencia global, seguida que la variedad de productos en tamaños y sabores cada vez es mayor.

Las bebidas RTD de café no son la excepción, forman parte de un pequeño nicho dentro del mercado global de bebidas que se han mostrado como una alternativa a las tradicionales bebidas RTD azucaradas y carbonatadas. Las bebidas RTD de café se consideran como una fuente de suministro de energía instantánea, a la vez que estimulan el paladar con el sabor incomparable del café.

1.2.1.1. Análisis de la industria

La industria de las bebidas se compone de dos categorías principales y ocho subgrupos: la categoría de las bebidas alcohólicas: la industria de licores destilados, la industria vitivinícola y la fabricación de cerveza; y la categoría de bebidas no alcohólicas: el envasado de agua y bebidas refrescantes, la fabricación de jarabes de bebidas refrescantes, el embotellado, enlatado y envasado en cajas de zumos de frutas, la industria del té y la industria del café.

“Según la Corporación de Mercadeo de Bebidas de NY (BMC por sus siglas en inglés Beverage Marketing Corporation), el mercado de bebidas listas para tomar (RTD) en Estados Unidos creció un 1 % en 2012, lo que equivale a 29,8 millones de galones de agua embotellada, bebidas gaseosas, energizantes, jugos de frutas, RTD (café y té), bebidas isotónicas para deportistas y agua con valor agregado; lo cual ayuda a hidratar aproximadamente 316 millones de personas que habitan en ese país.

En este mismo análisis se observa que en el período comparativo 2011-2012, las bebidas energizantes aumentaron más sus volúmenes de ventas, frente a todos los demás segmentos, es así que alcanzaron un incremento de 14,3 %, seguidas por las bebidas RTD de café con un 9,5 %, agua embotellada con 5,8 % y bebidas RTD de té con un 4,9 %. Así mismo se reflejó un crecimiento en el agua con valor agregado en un 1,5 %”¹.

Según Euromonitor, “en Guatemala las bebidas RTD de café son una categoría relativamente nueva desde que fue lanzada en 2008; esta categoría inicialmente mostró tasas de crecimientos sustanciales, pero la falta de campañas publicitarias, expansión en la distribución y nuevas propuestas de

¹ *Bebidas*. <http://www.beveragemarketing.com/>. Consulta: 4 de diciembre de 2013.

desarrollo en nuevos productos de la categoría no han permitido mantener tasas de crecimiento consistentes”².

1.2.2. Procesos de conservación de bebidas

Son numerosos y a veces complejos los métodos empleados para la conservación de alimentos, (al referirse a alimentos, se incluyen dentro de la categoría a las bebidas) especialmente a escala industrial. La finalidad de la conservación de alimentos es transformarlos en productos con mayor tiempo de vida útil y es gracias a la ciencia y tecnología de alimentos que se logran desarrollar diferentes técnicas de conservación y que se dividen en dos grandes grupos: procedimientos físicos y procedimientos químicos; dentro de los primeros se encuentran procedimientos mediante la aplicación de calor, frío, desecación y radiaciones ionizantes; y también los procedimientos químicos que no solamente tienen como finalidad conservar sino también modificarlos para hacerlos más apetecibles, dentro de los cuales se encuentran: salazón, curado, ahumado, adobos, escabeches y aditivos alimentarios.

A continuación, se detallan los procedimientos de conservación físicos mediante calor:

- **Esterilización:** por esterilización se entiende la destrucción completa de los microorganismos. Debido a la resistencia de ciertas esporas bacterianas al calor, para destruirlas se requiere a menudo un tratamiento térmico húmedo a una temperatura mínima de 120 °C durante 15 minutos, o su equivalente. También, es preciso que cada partícula del alimento bebida reciba este tratamiento térmico. Si se trata

² *Café en Guatemala*. <http://www.euromonitor.com/rtd-coffee-in-guatemala/report>. Consulta: 3 de enero de 2016.

de esterilizar una lata de alimento, su inmersión en una olla de presión o autoclave a 120 °C no será suficiente. Esto se debe a la velocidad relativamente lenta de la transmisión del calor a través del alimento enlatado hasta el punto más frío del mismo. Según el tamaño de la lata, el tiempo efectivo para lograr la verdadera esterilidad puede ser de varias horas. Durante este tiempo pueden ocurrir cambios en el alimento en detrimento de su calidad. Por fortuna muchos alimentos no necesitan estar completamente estériles a fin de que sean seguros y que puedan conservarse.

- Esterilidad comercial: este término ha sido inventado para describir la condición que existe en la mayoría de los productos enlatados y embotellados. Las palabras comercialmente estéril o estéril, que se ven frecuentemente en las etiquetas, significan ese grado de esterilidad en que todos los organismos patógenos y generadores de toxinas han sido destruidos, al igual que todos los demás tipos de organismos que, si estuvieran presente, podrían crecer dentro del producto y provocar su descomposición, bajo condiciones normales de manejo y almacenamiento. Los alimentos comercialmente estériles pueden contener un número muy pequeño de esporas bacterianas resistentes, pero normalmente estas no proliferarán en el alimento. Sin embargo, si estuvieran aisladas del alimento y en condiciones ambientales especiales, podría demostrarse que están vivas. Los alimentos enlatados que son comercialmente estériles pueden ser conservados generalmente durante dos años o más. Aun después de períodos más largos, su supuesto deterioro se debe comúnmente a cambios de textura o sabor más bien que al crecimiento de microorganismos.

“Las condiciones de esterilidad comercial dan como resultado productos alimenticios de consumo seguro, debido a que los microorganismos patógenos de referencia son destruidos o inactivados, manteniéndose esta condición mientras se mantengan intactas las condiciones físicas y mecánicas de la lata y el sello, ya que los problemas son generados por organismos esporulados que pueden desarrollarse en las condiciones atmosféricas dentro de la lata, también se ven abatidos por la destrucción e inactivación de dichas esporas durante el mencionado proceso térmico”³.

- Envasado aséptico: es posible reducir el tiempo de esterilización a unos segundos y hasta unas fracciones de segundo, y en muchos productos esto resulta en una marcada mejoría de la calidad. Se puede lograr en alimentos enlatados por el método de envasado aséptico. Esto se refiere a una técnica en la cual el alimento es esterilizado o esterilizado comercialmente fuera de la lata y colocado en condiciones asépticas en latas previamente esterilizadas, que después se sellan. Este método se basa en el hecho de que, a diferencia del alimento ya envasado que requiere muchos minutos y hasta horas, según el tamaño del envase, para alcanzar la temperatura de esterilización, el alimento no envasado puede ser pasado por un intercambiador de calor eficaz en el que alcanza la temperatura de esterilización en forma casi instantánea.

Después solo hay que proporcionar latas y tapas estériles, llenar las latas y sellarlas en un ambiente aséptico. Las temperaturas empleadas pueden alcanzar los 149 °C y la esterilización se logra en 1 o 2 segundos, lo cual resulta en productos alimenticios de la más alta calidad.

³ National Canners Association. *Laboratory manual for food canners and processors voll.* p. 576.

Figura 1. **Envasado aséptico**



Fuente: *Empaque*. <http://www.elempaque.com> Consulta: 3 de enero de 2016.

- **Pasteurización:** es un tratamiento térmico menos drástico que la esterilización, pero suficiente para inactivar los microorganismos productores de enfermedades de importancia presentes en los productos alimenticios. La pasteurización inactiva la mayor parte de las formas vegetativas de los microorganismos, pero no las esporas resistentes al calor. En principio, la pasteurización fue desarrollada para inactivar el bacilo tuberculoso de la leche. El número de organismos se reduce en una razón de 10. De la misma forma que se utiliza para inactivar bacterias, la pasteurización puede considerarse también en relación con las enzimas de los alimentos, que pueden ser inactivadas por el calor; siempre se ha de utilizar una combinación de temperatura y tiempo que sea suficiente para inactivar las bacterias o enzimas que desee. Afortunadamente, la mayoría de los microorganismos patógenos que pueden transmitirse a las personas por los alimentos no son muy resistentes al calor. La aplicación más importante de la pasteurización es el tratamiento de la leche.

- **Pasteurización por lotes:** conocido también como pasteurización lenta, es uno de los métodos más antiguos y más sencillos de eliminar los patógenos de un alimento; en la leche, calentarla en una tina que se agita suavemente. Generalmente la leche cruda se introduce por bombeo a una tina de doble pared, calentada mediante vapor, en donde permanece hasta que alcance la temperatura deseada; luego se le bombea a través de un enfriador de placas antes de envasarla en botellas o cartones. En el caso de la leche, hay que calentarla rápidamente hasta alcanzar los 63 °C, mantenerla a esta temperatura durante 30 minutos, luego enfriarla rápidamente. Además de eliminar los patógenos comunes, este tratamiento también inactiva la enzima láctea, lipasa, que, de otra manera, enranciaría la leche. La pasteurización por lotes, conocida también como el método de retención, se utiliza mucho todavía, sobre todo en las lecherías de tamaño reducido, pero ha sido reemplazada en gran parte por la pasteurización continua basada en altas temperaturas y tiempos cortos, más conocida como la ultrapasteurización.

Figura 2. **Pasteurización por lotes**



Fuente: *Procesos*. http://old.mgt.co.il/process_eq1_s.asp. Consulta: 3 de enero de 2016.

- Ultra pasteurización o pasteurización a alta temperatura por corto tiempo: también conocido como UHT (por sus siglas en inglés, *ultra high temperature*) la pasteurización por este método se emplea una temperatura de por lo menos 72 °C por un mínimo de 15 segundos. Esto logra el mismo grado de destrucción bacteriana que el método de pasteurización por lote. La pasteurización por este método no se aplica exclusivamente a la leche, sino que se utiliza extensamente en la industria alimentaria. Sin embargo, los tiempos y las temperaturas empleados varían de acuerdo con las sensibilidades de los diferentes alimentos al calor y la manera en que éstos afectan la sobrevivencia de los microorganismos.

Figura 3. **Pasteurizador UHT**



Fuente: *Calidad de aceros inoxidable*. <http://spanish.drink-equipment.com>. Consulta: 3 de enero de 2016.

- Autoclaves inmóviles: una de las aplicaciones más sencillas de calentamiento de alimentos dentro del envase es la esterilización de latas en una autoclave inmóvil, es decir, las latas permanecen inmóviles

mientras que se les está calentando. En este tipo de autoclave, generalmente no se pueden utilizar temperaturas superiores a 121 °C porque, de otra manera, el alimento se adheriría y se quemaría en las paredes de las latas. Esto ocurre sobre todo en el caso de los alimentos sólidos que son puestos en movimiento dentro de la lata por convección, pero también en los alimentos líquidos puede constituir un problema. Puesto que la temperatura máxima es de 121 °C y que hay relativamente poco movimiento dentro de las latas, el tiempo requerido para que el punto frío alcance la temperatura de esterilización es relativamente larga.

Figura 4. **Autoclave inmóvil vertical**



Fuente: *Directorio industrial*. <https://www.logismarket.com.mx>. Consulta: 3 de enero de 2016.

- Autoclaves agitadoras: se puede lograr una reducción importante del tiempo mediante la agitación de las latas durante el calentamiento, sobre todo cuando se trata de alimentos líquidos o semilíquidos. No solo se acorta el tiempo de procesamiento, sino que se mejora la calidad del

producto. Esto se logra con varios tipos de autoclaves agitadoras, una de las cuales se ve en la figura 5, las latas colocadas en carretes giran y agitan de esa manera el contenido. La convección provocada dentro del envase también depende del grado en que se les ha llenado ya que algo de espacio libre es necesario para que el alimento pueda moverse debidamente. Además de acelerar el calentamiento, con las latas en movimiento hay menos posibilidad de que el alimento se adhiera y se quemara en las paredes. Esto permite el uso de temperaturas superiores a la máxima de 121 °C empleada en la autoclave inmóvil, lo cual contribuye aún más a acelerar el tiempo de calentamiento.

Figura 5. **Autoclave horizontal agitadora**



Fuente: *Planta piloto*. <http://www.teinco.es/es/planta-piloto>. Consulta: 8 enero de 2016.

Por último, se presentan los procedimientos de la conservación química que se aplican a las bebidas:

- Mediante aditivos: los aditivos conservadores son un grupo muy importante de aditivos cuya finalidad es prevenir el crecimiento

microbiano de hongos, levaduras y bacterias. No cualquiera de ellos es adecuado para todos los alimentos, ya que su efectividad depende de varios factores:

- Especificidad de acción: algunos tienen un espectro muy amplio de acción, mientras que otros son específicamente efectivos contra un determinado tipo de microorganismo.
- Composición del alimento: el pH, la fuerza iónica, la actividad acuosa, la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos, etc., son algunos de los parámetros que afectan igualmente la acción de los conservadores.
- Nivel inicial de la contaminación: los productos altamente contaminados no pueden controlarse con la adición normal de estos aditivos.
- Manejo y distribución del producto terminado: la conservación de los alimentos no sólo debe recaer en los aditivos, sino que se requiere de un manejo adecuado para evitar nuevas contaminaciones microbianas.

Es preciso recordar que los microorganismos también se controlan mediante la reducción del pH y de la actividad acuosa, por lo que el vinagre, la sacarosa o el cloruro de sodio, además de ejercer una acción protectora, funcionan como conservadores.

En esta categoría de aditivos destacan los siguientes: benzoatos, parabenos, propionatos, acetatos, sorbatos, sulfitos, nitritos, nitratos,

antibióticos, pirocarbonato de etilo y epóxidos. Excepto estos últimos que tienen un efecto bactericida (destruyen bacterias), todos los demás actúan fundamentalmente como inhibidores del crecimiento microbiano.

1.2.3. Descripción del producto

La bebida en estudio es a base de extracto de café cultivado en las regiones de Atitlán, Antigua, Cobán, Fraijanes, Huehuetenango y San Marcos. Dicho extracto es mezclado con leche en polvo, azúcar, estabilizantes, emulsificantes y agua.

Se presenta en lata de 8,5 onzas, es una bebida RTD lista para tomar, no requiere de otra mezcla o preparación. La presentación permite un fácil manejo y mantiene la frescura del producto.

Dentro de los principales insumos a utilizar para la elaboración del producto se encuentran:

- **Extracto de café:** el café molido se carga en columnas donde es sometido a altas presiones de agua caliente, tratamiento que lo obliga a retirar los sólidos solubles y algunas sustancias líquidas, constituyendo así el extracto del café.
- **Café:** la planta de café o cafeto, como la planta de té, es un arbusto siempre verde que se cultiva en muchos países tropicales. El fruto es una drupa semejante a la cereza y contiene dos semillas, llamadas granos de café, encerrada en una piel dura o cáscara. A fin de extraer los granos se elimina la parte pulposa exterior del fruto y estos, rodeados aún por la

piel, se secan al aire. Las cáscaras se eliminan luego haciéndoles pasar por un rodillo lo que libera los granos.

Figura 6. **Árbol de café o cafeto (*Coffea arabica*)**



Fuente: *Biológicos*. <http://recursosbiologicos.eia.edu.co>. Consulta: 12 febrero de 2016.

La composición de los granos de café es extremadamente compleja y se han identificado más de 300 constituyentes; a causa de esta complejidad se ignora en gran parte, la base química del sabor y el aroma del café; a continuación, se presentan los principales componentes del grano verde de café, los valores dados son promedio y existe una considerable variación en la composición de las diferentes variedades de café. Por ejemplo, el valor dado para la cafeína se refiere a la variedad arábica; la variedad robusta, el otro tipo principal, contiene casi el doble.

Tabla I. **Composición del café expresada en tanto por ciento sobre la base de peso seco**

Componentes	Granos verdes	Granos tostados	Café soluble
Proteínas	13	11	15
Azúcares	10	1	7
Almidón y dextrinas	10	12	5 (solo dextrina)
Polisacáridos complejos	40	46	33
Aceite de café	13	15	<1
Minerales, principalmente potasio	4	5	9
Ácido clorogénico	7	5	14
Trigonelina	1	1	4
Fenoles	-	2	5
Cafeína (arábica)	1	1.3	4

Fuente: FOX, Brian A.; CAMERON, Allan G. *Ciencia de los alimentos, nutrición y salud*. p. 241.

- Leche: se utiliza leche entera en polvo que se obtiene mediante la deshidratación de leche pasteurizada. El proceso se lleva a cabo en torres especiales llamadas *spray*, en donde el agua que contiene la leche es evaporada, se obtiene un polvo de color blanco amarillento que conserva las propiedades naturales de la leche. La leche en polvo es de gran importancia ya que, a diferencia de la leche fluida, no requiere ser conservada en frío y, por lo tanto, su vida útil es más prolongada: doce meses si se empaca en bolsas de 25 kg. Y de seis meses en el caso de empacar en presentaciones de 200 g y 400 g (la cantidad del producto y el envase es un factor importante). Al igual que otros productos secos, es considerada no perecedera.
- Agua: se utiliza agua que es procesada a través de osmosis inversa, blanda, inodora e incolora. Cabe mencionar que el agua utilizada para preparar café influye en la calidad de la bebida. Naturalmente el agua blanda es mejor. El agua puede ser llevada al punto de ebullición antes

de aplicarse al grano molido, pero no debe continuar hirviendo. El agua hervida es insípida debido a la pérdida de aire disuelto. El café elaborado con el agua de esta manera también se hace insípido. Las sustancias disueltas en el agua que afectan el sabor de esta probablemente influyen también en el sabor de la bebida. Los iones de carbonato o bicarbonato en el agua prolongan el tiempo que el agua permanece en contacto con los granos molidos, al igual que la presencia de iones de sodio en el agua ablandada por intercambio de iones.

- Azúcar: se utiliza azúcar refino granular, que se obtiene a partir de la savia celular de la caña de azúcar, los tallos de la caña de azúcar del que se han retirado las hojas son prensados entre grandes rodillos para exprimir el jugo. El jugo poco concentrado, que contiene del 10 % al 15 % de azúcar, es tratado con cal y las impurezas se eliminan mediante filtración. Luego, el jugo ya tratado se evapora en vacío hasta que el azúcar se concentra lo suficiente para que tenga lugar la cristalización. Las melazas ligeras, separadas de los cristales al revolverse en una centrífuga, se concentran una segunda y tercera vez, conduciendo esta última a las melazas en bandas negras, una buena fuente de calcio, hierro y potasio. Los cristales cafés de la sacarosa así formados son cubiertos con melazas. La eliminación de las melazas y otras impurezas para producir el azúcar granulado blanco se denomina refinamiento. Los cristales se lavan y centrifugan para eliminar el jarabe adherido y luego se disuelven en agua tibia. Todas, excepto algunas trazas de impurezas que permanecen en el jarabe, se eliminan mediante precipitación y filtración, y el jarabe se hace cristalino y claro al pasar por carbón. El jarabe luego se concentra al pasar por recipientes al vacío a baja temperatura para precipitar el azúcar. Cuando los cristales alcanzan el tamaño deseado, el jarabe adherido se elimina por centrifugación. Luego

que las últimas trazas se han separado de los cristales se pasan por medio de un cedazo de acuerdo a su tamaño y así el azúcar refino granular queda listo para empacar en sacos de 25 kilogramos.

- Lecitina de soya: este ingrediente entra dentro de la categoría de los emulsionantes; estos compuestos, también llamados emulsificantes, tienen como función estabilizar las mezclas de los líquidos inmiscibles; estos aditivos reducen la tensión superficial lo cual provoca que los compuestos a mezclar logren un contacto más estrecho y se estabilicen.
- Pectina: aditivo estabilizante que impide la separación de las emulsiones, espumas y suspensiones en sus componentes individuales al aumentar la viscosidad de la mezcla.

1.2.4. Evaluación sensorial

El Instituto de Alimentos de Estados Unidos (IFT, por sus siglas en inglés, Institute of Food Technologists) define la evaluación sensorial como “la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído”⁴.

Otro concepto que se le da a la evaluación sensorial es el de la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. Es necesario tener en cuenta que esas percepciones dependen del individuo, del espacio y del tiempo, principalmente.

⁴ USA.gov. *Evaluación sensorial*. <https://www.usa.gov/federal-agencies/instituto-nacional-de-alimentos-y-agricultura>. Consulta: 4 de diciembre de 2013.

Entonces, la valoración de un producto alimenticio se percibe a través de uno o más sentidos. La percepción de cualquier estímulo ya sea físico o químico se debe principalmente a la relación de la información recibida por los sentidos, denominados también como órganos receptores periféricos, los cuales codifican la información y dan respuesta o sensación, de acuerdo a la intensidad, duración y calidad del estímulo, percibiéndose su aceptación o rechazo.

Podría pensarse que las evaluaciones sensoriales no incurren en costos; pero esto es incorrecto ya que sí se incurre en diversos gastos: las horas - hombre (el tiempo ocupado por las personas para realizar las pruebas), los gastos de papelería, pagos o gratificaciones a las personas que intervienen en las evaluaciones, acondicionamiento y equipamiento del área de trabajo, alimentos o materiales a evaluar, entre otros.

Las pruebas sensoriales son utilizadas en diversos tipos de industrias: alimentaria, perfumera, farmacéutica, de pinturas y tintes, entre otras.

El sistema sensitivo del ser humano es una gran herramienta para el control de calidad de los productos de diversas industrias. En la industria alimentaria, la vista, el olfato, el gusto y el tacto son elementos idóneos para determinar color, olor, aroma, sabor y textura que aportan buen aspecto y calidad al alimento para que sea aceptado por el consumidor.

- El olor: es la percepción por medio de la nariz de sustancias volátiles liberadas en los alimentos; dicha propiedad en la mayoría de las sustancias olorosas es diferente para cada una. En la evaluación de olor es muy importante que no haya contaminación de un olor con otro, por tanto, los alimentos evaluados deberán mantenerse en recipientes herméticamente cerrados.

- El aroma: consiste en la percepción de las sustancias olorosas y aromáticas de un alimento después de haberse puesto en la boca. Dichas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe, llegando a través del eustaquio a los centros sensores del olfato. El aroma es el principal componente del sabor de los alimentos, es por eso que cuando se tiene gripe o resfriado el aroma no es detectado y algunos alimentos sabrán a lo mismo. El uso y abuso del tabaco, drogas o alimentos picantes y muy condimentados, insensibilizan la boca y, por ende, la detección de aromas y sabores. El aroma pueda variar en intensidad, perdurabilidad, fragancia y componentes de acuerdo al tipo de elemento que se haga referencia.

Tabla II. **Algunos aromas generados por el metabolismo de los principales constituyentes de los alimentos**

Componente	Aroma
I. Carbohidratos: glucosa, fructuosa, Sacarosa	a) Ácidos orgánicos: pirúvico, acético, propiónico, acetoacético, butírico, hexanoico, octanoico b) Ésteres: piruvatos, acetatos, propionatos, butiratos, acetoacetatos, hexanoatos, octanoatos. c) Alcoholes: etanol, propanol, butanol, hexanol, octanol
	d) Aldehídos: acetaldehído, propanal, butanal, hexanal, octanal
II. Aminoácidos: alanina, valina	e) Terpenos: linalol, limoneno, pinenos, cotronelal, citral, geranial
Leucina, isoleucina, fenilalanina, serina, treonina	Ácido pirúvico, acetaldehído, etanol, isopropanal, isopropanol, ácido a-ceto-isobutírico, 3-metilbutanal, 3-metilbutanol, ácido a-ceto-isocaproico, 2-metilbutanal, 2-metilbutanol, benzaldehído, fenilacetaldehído, cinamaldehído, hidroxinamaldehído, p-hidroxibenzaldehído, p-hidroxifenilacetaldehído, p-hidroxibenzaldehído, p-hidroxicinamaldehído, tiazoles, glioxal
Glicina, cistina, cisteína, serina	

Continuación de la tabla II.

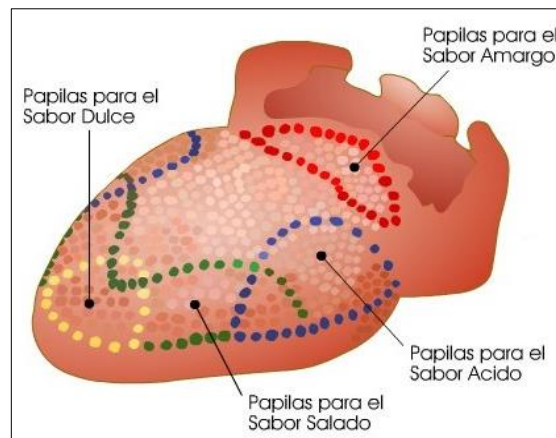
III. Ácidos grasos: linoleico	trans-2-trans-decadienal, hexanal, trans-2-octenal, trans-2-pentanal, trans-2-hexenol, cis-3-hexenal, cis-3-hexenol, propanal
IV. Ácidos orgánicos: cítrico, málico, oxalécético, láctico	Ácido pirúvico, acetaldehído, etanol
V. Carotenoides: B-Caroteno	B-ionona

Fuente: BADUI DERGAL, Salvador. *Química de los alimentos*. p. 422.

- El gusto: sabor básico de un alimento puede ser ácido, dulce, salado, amargo, o bien puede haber una combinación de dos o más de estos. Esta propiedad es detectada por la lengua. Hay personas que pueden percibir con mucha agudeza un determinado gusto, pero para otros su percepción es pobre o nula; por lo cual es necesario determinar que sabores básicos puede detectar cada juez para participar en la prueba.
- El sabor: esta propiedad de los alimentos es muy compleja, ya que combina tres propiedades: olor, aroma, y gusto; por lo tanto, su medición y apreciación son más complejas que las de cada propiedad por separado. El sabor es lo que diferencia un alimento de otro, ya que, si se prueba un alimento con los ojos cerrados y la nariz tapada, solamente se podrá juzgar si es dulce, salado, amargo o ácido. En cambio, en cuanto se perciba el olor, se podrá decir de qué alimento se trata. El sabor es una propiedad química, ya que involucra la detección de estímulos disueltos en agua aceite o saliva por las papilas gustativas, localizadas en la superficie de la lengua, así como en la mucosa del paladar y el área de la garganta. Estas papilas se dividen en 4 grupos, cada uno sensible a los cuatro sabores o gustos:

- Papilasiformes: localizadas en la punta de la lengua sensible al sabor dulce.
- Fungiformes: localizada en los laterales inferiores de la lengua, detectan el sabor salado.
- Coraliformes: localizadas en los laterales posteriores de la lengua, sensible al sabor ácido.
- Caliciformes: localizadas en la parte posterior de la cavidad bucal detectan sabor amargo.

Figura 7. **Detección de sabores en la lengua**



Fuente: *Me gusta probar*. <http://www.megustaprobarcosas.com>. Consulta: 25 de febrero de 2016.

- La textura: es la propiedad de los alimentos apreciada por los sentidos del tacto, la vista y el oído; se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación. La textura no puede ser percibida si el alimento no ha sido deformado; es decir, por medio del tacto se puede decir, por ejemplo, si

el alimento está duro o blando al hacer presión sobre él. Al morderse una fruta, más atributos de textura empezarán a manifestarse como el crujido, detectado por el oído y al masticarse, el contacto de la parte interna con las mejillas, así como con la lengua, las encías y el paladar permitirá decir de la fruta si presenta fibrosidad, granulosidad, entre otros.

1.2.4.1. Prueba dúo-trío

Sirve para determinar si existe diferencia sensorialmente perceptible entre dos muestras, comparando dos muestras desconocidas contra la tercera llamada referencia. La probabilidad de escoger la muestra correcta sólo por casualidad es del 50 % ($p = 1/2$).

En las pruebas dúo-trío, se presentan 3 muestras al panelista: una de ellas es el patrón o estándar de comparación, este debe de estar plenamente identificado, y a otras dos son las muestras a evaluar, estas deben estar codificadas y aleatorizadas, la pregunta base es cuál de las dos muestras se parece al patrón presentado. El intervalo de tiempo entre el momento en que se presenta el patrón y las muestras depende del nivel de fatiga que puede producir la prueba y la capacidad que tienen los panelistas para recordar los estímulos, aunque por lo general se presentan de manera casi inmediata y el panelista tiene acceso al patrón siempre.

1.2.4.2. Análisis e interpretación de datos

El objetivo general es determinar si existe diferencia sensorial perceptible entre dos muestras: se comparan dos muestras desconocidas y una tercera llamada referencia (R), para indicar cuál de las muestras desconocidas es igual a la referencia dada.

En esta prueba se le presenta a los panelistas tres muestras: una identificada como (R) y las otras dos muestras codificadas con 3 dígitos. Las muestras son distribuidas al azar y de manera simultánea de forma lineal.

Para analizar los datos de la prueba dúo-trío se usan tablas de niveles de probabilidad, en donde según de la confiabilidad deseada, se compara el número de respuestas correctas contra el número de respuestas indicadas en la tabla para determinar si existe o no una diferencia significativa.

Tabla III. **Hoja de respuesta de prueba dúo-trío**

Prueba dúo-trío					
Nombre	Fecha			Núm. de juez	
Instrucciones: pruebe las muestras de izquierda a derecha. La muestra de la izquierda es la referencia (R), de las otras dos muestras una es igual a la referencia y la otra distinta a la referencia, marque con una X en el recuadro de la muestra que es igual a la referencia, si no está seguro favor de indicarlo en el apartado de observaciones. No olvide enjuagar su boca entre cada muestra.					
R		756		923	
Observaciones/comentarios					

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Número mínimo de juicios correctos para establecer significancia a varios niveles para pruebas de comparación por pares y dúo- trío (una cola. $p= 1/2$) ***

Número de ensayos (n)	Niveles de probabilidad						
	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.005	0.001
7	7	7	7	7	7		
8	7	7	8	8	8	8	
9	8	8	8	8	9	9	
10	9	9	9	9	10	10	10
11	9	9	10	10	10	11	11
12	10	10	10	10	11	11	12
13	10	11	11	11	12	12	13
14	11	11	11	12	12	13	13
15	12	12	12	12	13	13	14
16	12	12	13	13	14	14	15
17	13	13	13	14	14	15	16
18	13	14	14	14	15	15	16
19	14	14	15	15	15	16	17
20	15	15	15	16	16	17	18
21	15	15	16	16	17	17	18
22	16	16	16	17	17	18	19
23	16	17	17	17	18	19	20
24	17	17	18	18	19	19	20
25	18	18	18	19	19	20	21
26	18	18	19	19	20	20	22
27	19	19	19	20	20	21	22
28	19	20	20	20	21	22	23
29	20	20	21	21	22	22	24
30	20	21	21	22	22	23	24
31	21	21	22	22	23	24	25
32	22	22	22	23	24	24	26
33	22	23	23	23	24	25	26
34	23	23	23	24	25	25	27
35	23	24	24	25	25	26	27
36	24	24	25	25	26	27	28
37	24	25	25	26	26	27	29
38	25	25	26	26	27	28	29
39	26	26	26	27	28	28	30
40	26	27	27	27	28	29	30

* Los valores (p) que no aparecen en la tabla pueden calcularse de:

$$p = (2n + n + 1) / 2$$

Fuente: ANZALDÚA, M. A. *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica.*

1.3. Generalidades de la empresa

La industria de bebidas se ha caracterizado por la presencia de alternativas de materiales para el envasado de sus productos (vidrio, cartón complejo, plástico y envase metálico) que compiten entre sí a fin de satisfacer las necesidades de los distintos segmentos del mercado de las organizaciones envasadoras. Cada tecnología de envasado compite con los restantes en función de su capacidad para crear valor en el cliente y en términos de sus costes relativos.

Según el *Manual de Políticas Organizacionales* de la empresa, la misma tiene sus orígenes en Guatemala, un empresario guatemalteco fundó en 1885 la fábrica de Bebidas Gaseosas La Centroamericana, la cual produjo la primera marca de bebidas embotelladas en el país.

En 1934, la compañía adquirió la Fábrica de Bebidas Gaseosas La Mariposa, la cual empezó a ser administrada por sus hijos, desde 1936, y posteriormente por sus descendientes. Desde sus comienzos, la compañía se caracterizó por la calidad de sus productos, el carácter innovador de los sabores, las presentaciones de sus marcas y por el espíritu de servicio de sus propietarios y colaboradores. En 1942, PepsiCo® decide adjudicarle la franquicia de sus bebidas a la fábrica de bebidas carbonatadas La Mariposa. Así es como se inicia la historia de los productos de la familia Pepsi-Cola en Guatemala, comenzando con Pepsi, seguida por 7up y Mirinda. En un esfuerzo posterior, se integran los productos funcionales: Gatorade y SoBe Adrenaline Rush.

Esta importante alianza trajo consigo un crecimiento significativo de la fábrica, especialmente desde 1949 cuando la nueva imagen y presentación de

Pepsi® impulsó la marca y demanda progresiva de los productos y distribución en el mercado guatemalteco. En 1964 sale al mercado Diet Pepsi, pero el cambio más grande en la historia de Pepsi estaba por suceder; en 1965 Pepsi se fusiona con Frito-Lay para formar PepsiCo Incorporated. PepsiCo es una marca americana global de bebidas y *snacks*. La compañía manufactura, promociona y distribuye, además de Pepsi-Cola, marcas que incluyen a Mountain Dew, Gatorade, Tropicana y Frito-Lay.

En 1976, con el apoyo de un gran equipo de trabajadores, se logra alcanzar uno de los objetivos más importantes de la empresa, el liderazgo de Pepsi® y de los sabores mariposa en el mercado guatemalteco, ya que desde ese año ambos han mantenido una posición líder en el mercado del país.

En 1992 se marca el comienzo de la expansión Centroamericana, cbc® adquirió dos compañías: Embotelladora La Nacional en Nicaragua y Embotelladora la Reyna en Tegucigalpa, Honduras. La presencia en tres países centroamericanos, así como la excelencia de la operación, llevaron a PepsiCo® a declarar a cbc® como su embotelladora ancla en la región centroamericana, en 1998.

En 2003, la compañía se hace una alianza con Ambev®, la cervecera suramericana más grande que junto con la alianza con Imbev®, se convierten en una de las cerveceras más grande del mundo, creando un portafolio mucho más amplio con las cervezas Brahma, Stella Artois, Leffe, Budweiser, Bud Light, entre otras.

Actualmente, operan en Guatemala más de treinta empresas en las que participan empresarios visionarios que producen y distribuyen Pepsi, Mirinda, Seven Up y los productos Mariposa, garantizando el liderazgo de estas importantes marcas a través de un sostenido esfuerzo y del trabajo en equipo.

Se asume el proceso de transformación hacia la competitividad, a través de una política de economías de escala, alianzas estratégicas con los proveedores, programas de capacitación y desarrollo de personal y una innovadora y sobresaliente estrategia de mercadeo.

Los resultados de esta transición fueron reconocidos por The Pepsi Cola Company® al otorgar a la corporación el galardón Embotellador Latinoamericano del año en dos ocasiones consecutivas, algo pocas veces logrado en el mundo. Este premio se otorga a los embotelladores que alcanzan altos niveles de excelencia operativa, lo que a su vez se ha visto reflejado en 18 diferentes premios a la calidad obtenidos en igual número de años.

En 2012, la empresa cambia de imagen, convirtiendo la empresa CABCORP® a lo que es hoy en día cbc®, que con esta renovación se proponen nuevos retos con los cuales propone alcanzar la excelencia en todo sentido.

1.3.1. Nombre de la empresa

Embotelladora La Mariposa S. A.

1.3.2. Ubicación

Se encuentra localizada en la ciudad de Guatemala en 44 calle 2-00 zona 12, colonia Monte María.

Figura 9. **Vista aérea de la ubicación geográfica**



Fuente: Google *Earth*. <https://www.google.com/intl/es/earth/>. Consulta: 24 de mayo de 2017.

1.3.3. Misión

La misión de la empresa es: “Somos gente competitiva que crea relaciones sólidas con nuestros clientes y consumidores a través de las mejores propuestas de valor”⁵.

1.3.4. Visión

La visión de la empresa es “Ser la mejor compañía operadora de bebidas de las Américas y contribuir a un mundo mejor”⁶.

⁵ Embotelladora La Mariposa, S.A. *¿Quiénes somos?* <https://acciontrabajo.com.gt/empresas/embotelladora-la-mariposa,-s.a.-cOd>. Consulta: 24 de mayo de 2017.

⁶ *Ibíd.*

1.3.5. Valores

- “Soñar en grande: somos personas que aceptamos el reto de desafiarnos más allá de nuestra imaginación, sin limitaciones, sobrepasando nuestros desafíos día a día.
- Somos dueños: actuamos siempre tomando las mejores decisiones, asumiendo total responsabilidad personal de nuestra actuación y los resultados alcanzados.
- Gente excelente: estamos siempre insatisfechos con nuestros procesos y nuestros resultados, por lo que constantemente nos retamos a buscar nuevas oportunidades y reinventar nuestra gestión”.⁷

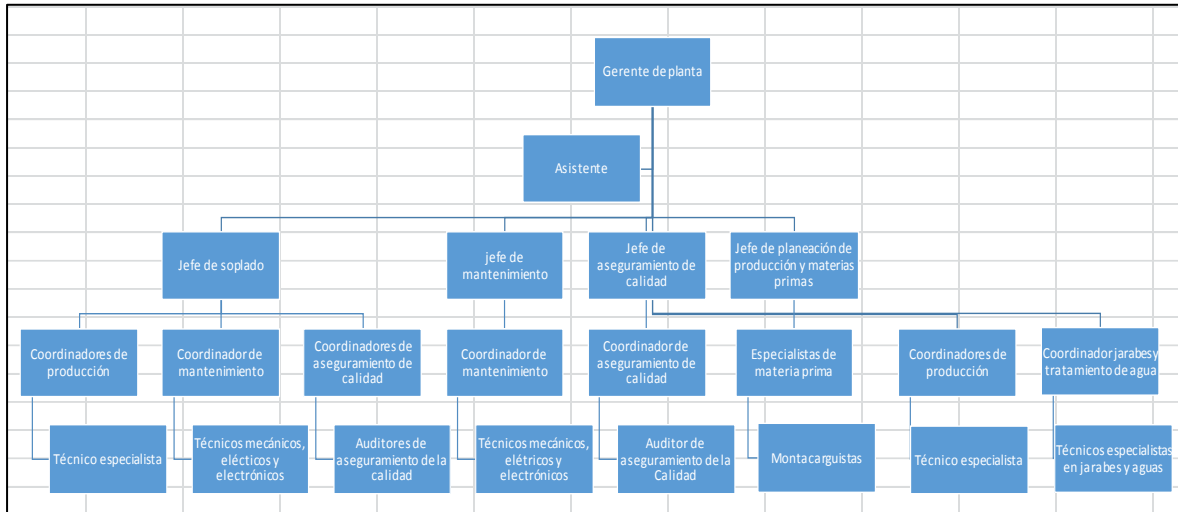
1.3.6. Organigrama

A continuación, en la figura 10 se presenta el organigrama de la empresa, que cuenta con un gerente de planta, quien delega funciones a los jefes de área: jefe de soplado, de mantenimiento, de aseguramiento de calidad, entre otros.

Según el ámbito, este organigrama es de tipo específico porque representa a un departamento puntual de Embotelladora La Mariposa, S.A. Según la presentación, este organigrama es de tipo vertical ya que las unidades se despliegan de arriba hacia abajo y el titular se ubica en el extremo superior y las jerarquías se despliegan en forma escalonada.

⁷ *Ibíd.*

Figura 10. Organigrama



Fuente: elaboración propia.

Embotelladora La Mariposa, S.A. es una empresa familiar y está regida a lo largo de su estructura por medio de una departamentalización por función empresarial, más conocida como departamentalización funcional; ocupan los cargos principales los miembros de la familia representados por una junta directiva que se encarga de su dirección y de allí se delegan las actividades por medio de departamentos estratégicos para la conjunción de la empresa: comercialización, manufactura, operaciones y servicios.

Para efecto del estudio solo se mostró la estructura de manufactura (figura 10) donde se destaca la descentralización de autoridad por medio de departamentos; constituyen así la columna vertebral para el funcionamiento de toda la sección de manufactura.

Los encargados de todas las funciones administrativas y su desempeño son los administradores de nivel medio, son en su mayoría ingenieros

encargados de la planeación, organización y control; hacen para el buen funcionamiento dentro de la compañía uso del empoderamiento, ya que el personal que labora dentro de líneas de producción y a nivel administrativo (supervisores de primera línea), son al igual ingenieros capacitados para poder tomar decisiones que lleguen a cumplir con los objetivos y metas de la compañía; hacen que los tramos de control sean acordes a las responsabilidades de cada puesto.

La empresa está integrada por los departamentos de: producción, aseguramiento de la calidad, mantenimiento, jarabes y tratamiento de agua, soplado de envases, planeación de producción y materias primas, principalmente.

A continuación, se detalla una breve descripción de las funciones de cada departamento que componen el organigrama:

- Área de producción

Este departamento es el encargado de coordinar en conjunto con el área de soplado, el departamento de jarabes y tratamiento de agua, la producción, el envasado y paletizado del producto final, de acuerdo a lo programado por el área de planeación de la producción.

- Área de aseguramiento de la calidad

El departamento de aseguramiento de la calidad tiene la responsabilidad y autoridad de revisar el producto para poder aceptarlo o rechazarlo en diferentes puntos del proceso productivo:

- Materia prima y material de empaque
- Líneas de producción
- Almacenaje de producto terminado

Para el efecto cuentan con manuales estándares en cada proceso productivo.

- Área de mantenimiento

El departamento de mantenimiento es encargado de velar porque toda la maquinaria opere al ritmo de producción planificado por el departamento de planeación de la producción para evitar así paros o defectos en la calidad del producto. Dicho departamento también se encarga de la implementación de proyectos nuevos para mejoras de las líneas de producción y del mantenimiento de edificios y servicios de las instalaciones de la empresa.

- Área de jarabes y tratamiento de agua

Este departamento es el encargado de la purificación del agua a utilizar en la mezcla de la producción de la bebida y la formulación del jarabe terminado que es la base principal de todas las bebidas que se elaboran en la planta de producción.

- Área de soplado

Es el encargado de suministrar el envase de plástico PET no retornable a todas las líneas de producción que así lo requieran, en todos los tamaños previamente solicitados por el departamento de planeación y de acuerdo a la corrida de producción.

Cabe mencionar que los productos que se envasan en lata y vidrio son suministrados por proveedores externos.

- Área de planeación

El departamento de planeación de la producción y de materias primas es el encargado de pronosticar y planificar la producción de productos que solicita el departamento de ventas.

2. DIAGNÓSTICO ACTUAL DEL PROCESO TÉRMICO

2.1. Descripción del problema

Para llevar un proceso de producción integral se deben tener estrictos controles de calidad, para saber a punto las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de los productos producidos. Al no existir una buena aceptación del producto en el mercado por temas de sabor, da como resultado la baja en las ventas y no se cumplen con las proyecciones estimadas, por lo que la empresa deberá revisar el perfil sensorial de la bebida para evitar quejas y rechazos de producto en el mercado.

2.1.1. Formulación del problema

Al no contar con características sensoriales adecuadas detectadas en el mercado y mediante la prueba dúo-trío realizada al producto, se debe realizar una revisión del proceso térmico de conservación de alimentos por medio del estudio de curvas de penetración de calor.

2.1.2. Delimitación del problema

El proyecto está enfocado en mejorar las características sensoriales del producto a partir de un estudio de penetración de calor para la conservación de alimentos a través de la disminución de tiempos de tratamiento térmico en la elaboración de una bebida a base de café con leche.

2.1.3. Viabilidad

La empresa en estudio se dedica a la manufactura y comercialización de diversos tipos de bebidas; la idea de comercializar una bebida fría a base de café surge debido a que en mercados internacionales ya existen bebidas similares a base de café guatemalteco, así que buscan promover aún más el café guatemalteco y darle la opción a la región de poder consumir una bebida de alta calidad, con café nacional. Aprovechando la tendencia de bebidas RTD de los últimos años, la empresa le apuesta a productos de este tipo.

2.1.4. Consecuencia

El resultado de una bebida a base de café nacional oportunidad de generar en mercado nacional e internacional porque el café de Guatemala está considerado como uno de los mejores del mundo; ingresar al mercado con un producto de la más alta calidad tiene altas probabilidades de competir al mismo nivel con los productos *premium* de su categoría.

2.2. Especificaciones del producto

La composición cualitativa del producto es: agua, leche entera en polvo, estabilizantes, emulsificantes, azúcar y extracto de café 100 % guatemalteco.

A continuación, se presentan sus características:

2.2.1. Características fisicoquímicas

Tabla IV. **Parámetros de producto en proceso**

Parámetros	Valores
Grados Brix	12,80° – 13,20°
pH	6,90 – 7,50
Volumen	253 mL – 257 mL
Color	Característico
Olor	Característico
Sabor	Característico
Apariencia	Sin grumos

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Parámetros de producto terminado**

Parámetros	Valores
Grados Brix	13.00° – 14.00°
pH	6.00 – 6.50
Volumen	246 mL – 250 mL
Color	Característico
Olor	Característico
Sabor	Característico
Apariencia	Sin grumos

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Características microbiológicas

Tabla VI. **Parámetros microbiológicos**

Parámetros	Valores
Recuento total	0 UFC/mL
Termófilos anaerobios	Ausente
Termófilos aerobios	Ausente

Fuente: elaboración propia.

2.3. Especificaciones del proceso de producción

- Recepción de materia prima: el material, al llegar a la planta, se inspecciona visualmente para efectos de calidad y se confirman las cantidades que se reciben contra la factura que entrega el proveedor para temas de control de inventarios. Luego se traslada al almacén de materias primas.
- Pesado de ingredientes: en este paso es necesario asegurar el peso exacto de cada uno de los ingredientes en kilogramos y de acuerdo a los valores proporcionados por producción.
- Disolución 1: se calienta el volumen de agua, a una temperatura entre 70 °C – 75 °C. Se agrega el azúcar, la leche entera en polvo, y la pectina. Se agita la mezcla durante 20 minutos hasta completar la disolución.

Figura 11. **Tanque de disolución**



Fuente: elaboración propia.

- **Trasiego:** se trasiega la disolución 1 a otro tanque de preparación. Mantener siempre la agitación.
- **Emulsificante:** se mezcla previamente el emulsificante con la leche entera en polvo. Se añade lentamente esta mezcla a la disolución 1, se cuidan siempre que la temperatura esté arriba de 65 °C. Luego se agita durante 10 minutos, hasta completar la disolución.
- **Extractos:** luego, la mezcla anterior se pasa a otro tanque para mezclar extractos de café. Nota: el extracto de café guatemalteco debe ser previamente descongelado.
- **Disolución 2:** se calienta un 5 % del agua total y se disuelve el bicarbonato de sodio. Luego se agita hasta completar disolución. Se añade lentamente y con agitación constante al tanque en donde ya se mezclaron extractos y saborizantes. Ver figura 12.

Figura 12. **Tanque de mezcla rectangular**



Fuente: elaboración propia.

- Inspección de la mezcla: se agita la mezcla que se encuentra en el tanque rectangular por 10 minutos. Se toma una muestra dicha mezcla y luego se enfría a una temperatura entre 22 °C – 24 °C. Luego se realiza la medición de grados Brix y pH respectivamente.
- Homogenización: luego de que la mezcla de la bebida se ha completado es necesario que atraviese por un proceso de homogenización. El producto se debe encontrar a una temperatura entre 65 °C y 70 °C. Se debe utilizar un homogenizador de dos etapas:

Se debe utilizar un homogenizador de dos etapas:

- Primera etapa a una presión de 2 000 PSI
- Segunda etapa a una presión de 500 PSI

Es necesario tomar en cuenta que el 100 % de la bebida debe sufrir este proceso por lo que es necesario recircular el producto al tanque donde se encuentra hasta que la presión se estabilice. Ver figura 13.

Figura 13. **Homogenizador**



Fuente: elaboración propia.

- Elevación de temperatura: previo a ser llenado, es necesario elevar la temperatura del producto entre 85 C y 95 °C con el uso de un intercambiador de calor. Luego de la elevación de temperatura, el producto llega a un tanque de balance en donde va a dar todo el producto con la temperatura requerida, previo llenado. Ver figura 14.

Figura 14. **Tanque de elevación de temperatura de producto**



Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Intercambio de calor**



Fuente: elaboración propia.

- Llenado: tanto los pallets de latas como las tapas empaquetadas se reciben en camiones de gran volumen y dichos camiones son descargados para luego despaletizar y pasar a la banda transportadora, donde se vuelven a inspeccionar para verificar la decoración y posibles defectos o daños que hayan podido producirse durante el transporte. Ver figura 16.

Figura 16. **Despaletizado y carga de latas a la banda transportadora**



Fuente: elaboración propia.

Antes de proceder a su llenado, las latas se hacen pasar por unas guías donde se someten a un proceso de enjuague, esto con el fin de remover cualquier residuo sólido que esté contenido en la lata después de su acabado final en su proceso de elaboración o durante el transporte a la planta de llenado; todo esto de acuerdo con las normas de regulación alimentaria que para este caso aplican las inspecciones de seguridad alimentaria AIB Internacional. Ver figura 17.

Figura 17. **Transporte de latas a las guías para lavado**



Fuente: elaboración propia.

Una vez que las latas han sido enjuagadas y sobre el mismo tipo de guías de transporte, se hacen llegar a la llenadora. Ver figura 18.

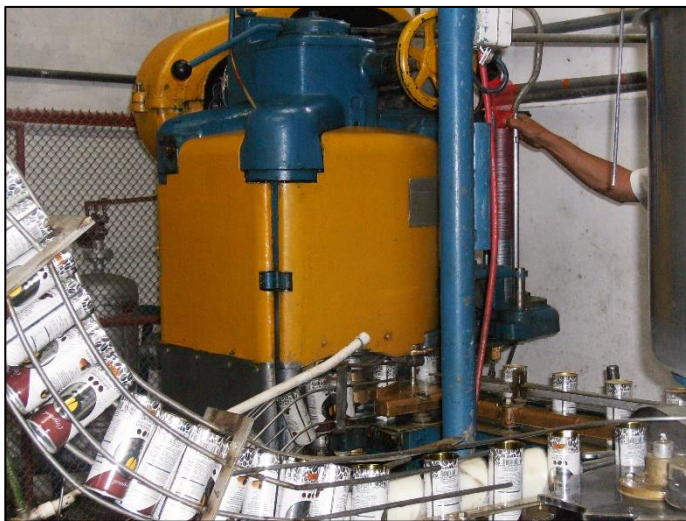
Figura 18. **Llenado de latas con producto**



Fuente: elaboración propia.

- Sellado y codificación: a continuación, las latas llenas se conducen a la etapa de cierre, unidad en la que se coloca la tapa y posteriormente se rebordea para asegurar un cierre 100 % hermético. Ver figura 19. Para mayor información sobre las especificaciones del sellado ir al anexo 3.

Figura 19. **Sellado hermético de latas**



Fuente: elaboración propia.

- Luego se imprimen en el fondo de la lata los datos siguientes:
 - Datos del lote
 - Vence: día/mes/año
 - Codificación interna / día juliano / hora
 - Fecha de caducidad





Figura 20. Codificación de las latas


















Fuente: elaboración propia.

2.3.1. Diagrama de flujo del proceso















Tabla VII. Diagrama del flujo del proceso: bebida de café con leche lista para beber

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO: BEBIDA DE CAFÉ CON LECHE LISTA PARA BEBER DIAGRAMA No. 1 DIBUJO No.: 1 EL DIAGRAMA EMPIEZA EN: <u>RECEPCIÓN Y ALMAC. MATERIA PRIMA</u> EL DIAGRAMA TERMINA EN: <u>ALMACENAJE DE PRODUCTO TERMINADO</u> CARLOS JIMÉNEZ				
			DIAGRAMA DEL MÉTODO ELABORADO POR: FECHA: <u>17 nov 2015</u>	
Operación	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos	Descripción del proceso
1	10	15		Recepción y almacenamiento de materia prima.
2	10	7		Transporte de envase a línea para despaletizar envase y de materia prima para el área de preparación.
3	-	35		Despaletizado de envase.
4	3	5		Transporte a lavado.






Continuación de la tabla VII.






5	-	35		Lavado de envase
6	3	-		Transporte de envase al área de llenado.
7	-	10		Preparación de los ingredientes.
8	-	-		Se calienta agua (2 mil galones/hora).
9	-	15		Traslado de agua al primer tanque de mezcla.
10	-	7		Disolución 1.
11	-	15		Agitación.
12	2	7		Trasiego de la mezcla a un segundo tanque de mezcla.
13	-	5		Adición de emulsificante y leche a disolución 1.
14	-	7		Agitación.
15	2	7		Trasiego de la mezcla a un tercer tanque de mezcla.
16	-	5		Adición de extractos.
17	-	5		Disolución de Bicarbonato de sodio y adición a disolución 1.
18	-	5		Inspección de mezcla. Medición de parámetros fisicoquímicos.
19	3	-		Se traslada al homogenizador.

Continuación de la tabla VII.

20	-	-		Homogenización (1mil galones/hora).
21	3	25		Trasiego a tanque de mezcla terminada
22	-	-		Calentamiento de mezcla.
23	3	18		Trasiego al tanque balance.
24	-	55		Llenado (8181 envases/hora).
25	4	55		Sellado y codificación (8181 envases/hora).
26	-	7		Se espera reunir mil latas.
27	-	25		Se llenan recipientes con producto para introducirlo en autoclave.
28	4	20		Traslado de canastas a autoclaves.
29	-	55		Proceso térmico.
30	-	20		Descarga de autoclave.
31	4	15		Trasiego a tanque de enfriamiento.
32	-	20		Enfriamiento.
33	-	10		Vaciado de contenedor.

Continuación de la tabla VII.

34	-	25		Inspección de producto terminado
35	6	2		Traslado al área de empaque.
36	-	35		Empaque.
37	-	25		Entarimado.
38	6	5		Traslado área de almacenaje.

Resumen	
Evento	Cantidad
Demoras 	1
Almacenamientos 	1
Inspecciones 	2
Transporte 	13
Operaciones 	21
Distancia total recorrida	63 metros
Tiempo total	602 minutos
Tiempo equivalente en horas	10,03 horas

Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Eficiencia en línea

El indicador más importante en la planta es el de la eficiencia de producción, ya que considera las horas programadas de trabajo y la cantidad de cajas producidas (optimización del recurso material, humano y horas – máquina), la meta para este indicador es del 85 %. Esta eficiencia se calcula de la siguiente manera: se totalizan las horas del turno (HrT) y se le resta el tiempo de paro programado (TPP) y eso da como resultado las horas de producción programadas de trabajo en el cuello de botella de la línea (HPr), y se le resta el tiempo de paro operativo (PO) y el tiempo de paros mecánicos (PM) para luego dividir ese total entre la cantidad de horas de producción programadas; queda de la siguiente manera:

$$\text{Horas de producción (HPr)} = \text{HrT} - \text{TPP}$$

$$\text{Horas de producción (HPr)} = 14 \text{ horas} - 2 \text{ horas}$$

$$\text{Horas de producción (HPr)} = 12 \text{ horas}$$

$$\text{Eficiencia de producción} = \frac{\text{HPr} - \text{PO} - \text{PM}}{\text{HPr}}$$

$$\text{Eficiencia de producción} = \frac{12 \text{ horas} - 1,60 \text{ horas} - 1,50 \text{ horas}}{12}$$

$$\text{Eficiencia de producción} = 0,7416$$

$$\% \text{ Eficiencia de producción} = 0,7416 \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia de producción} = 74 \%$$

La eficiencia actual de la línea es de 74 % y con este dato luego se multiplica por velocidad teórica de la máquina cuello de botella en envases/hora (en este caso 8 181 envases/hora) el cual para el caso de la bebida de café y leche en presentación única de 8,5 onzas es de 6 462 envases/hora.

2.3.3. Consumo energético

A continuación, se detalla el consumo energético diario por equipo:

Tabla VIII. **Consumo energético diario (expresado en kilowatts)**

Equipo necesario	Unidades	Núm. motores	HP del motor	Consumo Kw-hr/motor	Cosumo Kw-hr/total	hr/día	Consumo Kw-hr/día
Banda transportadora	3	1	0,5	0,5	0,5	10	5
Rinser	1	1	0,5	0,5	0,5	10	5
Caldera	1	1	40	53	53	1	53
Bombas	4	1	3	4	4	10	40
Tanques para mezcla	1	1	3	4	4	10	40
Homogenizador	1	1	1	1	1	10	10
Llenadora	1	3	0,75	1,25	3,75	10	37,5
Selladora y codificador	1	3	0,75	1,25	3,75	10	37,5
Autoclave	5	1	0,75	1,25	1,25	10	12,5
Computadoras	6	6	0,15	0,05	0,3	12	3,6
Alumbrado				9	9	12	108
Total							352,1

Fuente: elaboración propia.

2.4. Especificaciones del proceso térmico

Se deben llenar las autoclaves con cestos que pueden contener hasta 300 envases o latas de capacidad (ver figura 21).

Figura 21. **Cestos para contener los envases durante el proceso térmico**



Fuente: elaboración propia.

Se inyecta vapor para remover aire dentro del autoclave por 10 minutos para eliminar el aire contenido en la autoclave.

Se circula el vapor de manera que se obtenga una temperatura de 121 °C por 20 minutos y manteniendo una presión entre 22 PSI y 25 PSI.

Figura 22. **Autoclaves verticales inmóviles**



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Medidores de tiempo y temperatura**



Fuente: elaboración propia.

Se cierra el suministro de vapor y se inyecta aire a temperatura ambiente por 10 minutos, la presión disminuirá a 20 PSI.

Luego, se debe purgar el vapor y se debe mantener una presión de 15 PSI por 10 minutos. Nuevamente se purga el vapor y se debe mantener una presión de 10 PSI por 5 minutos.

Se descarga la autoclave y se enfría el producto durante 20 minutos en un baño de agua a temperatura ambiente como lo muestra la figura 24.

Figura 24. **Enfriamiento del producto a temperatura ambiente**



Fuente: elaboración propia.

- Inspección: luego de que finaliza el proceso térmico, se inspecciona una a una para ver los defectos de la lata (Ver figura 25). Se revisa el cierre ya que puede ser que la lata no haya sido bien sellada y esto ocasione contaminación, se revisa que la lata no esté abombada, entre otras. Para mayor información sobre el correcto sellado de las latas, ver el anexo 2.






Figura 25. **Inspección del producto posterior al proceso térmico**



Fuente: elaboración propia.

2.4.1. Diagrama de flujo del proceso

Tabla IX. Diagrama del flujo del proceso térmico: bebida de café con leche lista para tomar

PROCESO TÉRMICO DE LA BEBIDA DE CAFÉ CON LECHE RTD DIAGRAMA No. 2 DIBUJO No.: 2 EL DIAGRAMA EMPIEZA EN: <u>INYECCIÓN DE VAPOR</u> EL DIAGRAMA TERMINA EN: <u>PURGA DE VAPOR</u>				
			DIAGRAMA DEL MÉTODO ELABORADO POR: <u>CARLOS JIMÉNEZ</u> FECHA: <u>17 nov 2015</u>	
Operación	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos	Descripción del proceso
1	0	10		Inyección de vapor No. 1 para remoción de aire.
2	0	20		Inyección de vapor a 121 °C entre 22 y 25 PSI.
3	0	10		Cerrar llave de vapor e inyectar aire a temperatura ambiente, bajar presión a 20 PSI.
4	0	10		Se hace purga de vapor hasta alcanzar 15 PSI.
5	0	5		Se hace purga de vapor hasta alcanzar 10 PSI.

Fuente: elaboración propia.

2.4.2. Consumo energético

A continuación, se muestra la tabla de consumo de energía eléctrica de los equipos involucrados en el proceso térmico.

Tabla X. **Consumo energético del equipo involucrado en el proceso térmico**

Equipo necesario	Unidades	Núm. motores	HP del motor	Consumo Kw-hr/motor	Consumo Kw-hr/total	hr/día	Consumo Kw-hr/día
Caldera	1	1	40	53	53	1	53
Bombas	4	1	3	4	4	10	40
Tanques para mezcla	1	1	3	4	4	10	40
Homogenizador	1	1	1	1	1	10	10
Autoclave	5	1	0,75	1,25	1,25	10	12,5
Total							155,5

Fuente: elaboración propia.

3. LOS PROCESOS DE CONSERVACIÓN Y SU ESTRUCTURA

3.1. Transmisión de calor

La transmisión de calor es un proceso dinámico durante el cual se transmite calor desde una materia caliente a otra más fría. Su velocidad depende de la diferencia de temperaturas existente entre ellas y es mayor cuanto más grande sea esta.

La fuerza motriz que impulsa la transmisión de calor es el gradiente de temperaturas entre la fuente y el receptor del calor. Un aumento en la diferencia de temperatura hace que aumente la fuerza motriz y por tanto, la velocidad de transmisión de calor. El calor pasa de una sustancia a otra atravesando un medio. Que en general ofrece cierta resistencia al flujo de calor. Estos dos factores, la diferencia de temperatura y la resistencia al flujo de calor, afectan la velocidad de transmisión de calor. A semejanza de otros procesos que se realizan a una cierta velocidad, estos factores están relacionados entre sí por la ecuación general, que para la transmisión de calor tiene la forma:

$$\text{Velocidad de transmisión de calor} = \frac{\text{diferencia de temperaturas}}{\text{resistencia del medio al flujo de calor}}$$

Durante este proceso la temperatura puede cambiar, dando lugar por tanto a un cambio en la velocidad de transmisión de calor; esta situación se denomina transmisión de calor en estado no estacionario frente a la transmisión de calor en estado estacionario, que tiene lugar cuando no cambia la temperatura. Un ejemplo de transmisión de calor en estado no estacionario es

el calentamiento de la bebida en estudio a base de café y leche contenida en un bote de hojalata dentro de una autoclave para esterilizar su contenido.

3.1.1. Métodos de transferencia de calor

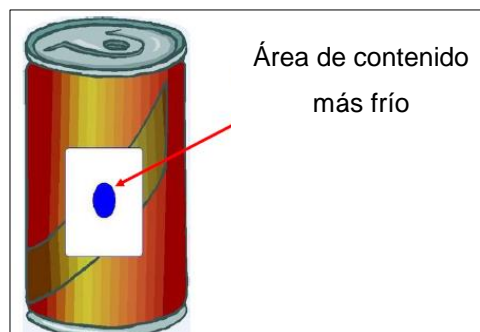
A continuación, se presentan las tres formas en las el calor se puede transmitir, para el caso de la bebida fría a base de café y leche la transferencia es por convección.

3.1.1.1. Conducción

En la conducción se intercambia directamente energía molecular desde la sustancia más caliente a la más fría, cediendo moléculas de la mayor energía a las moléculas vecinas de menor energía; un ejemplo de la conducción es la transmisión de calor a través de las paredes sólidas de un frigorífico.

Los productos que se calientan por conducción tienen el punto frío ubicado sobre el centro geométrico del envase.

Figura 26. Punto frío en un envase que es calentado por conducción



Fuente: *Punto frío de un envase*. file:///C:/Users/Asus/Downloads/5311-5371-1-PB.pdf.

Consulta: 25 de febrero de 2016.

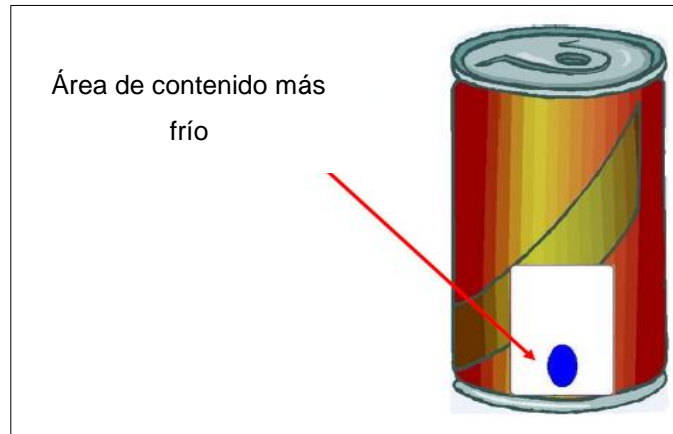
3.1.1.2. Convección

En la convección, la transmisión de calor se lleva a cabo por el movimiento de grupos de moléculas de un fluido; los grupos de moléculas pueden moverse debido a cambios de densidad o por un movimiento forzado del fluido. Un ejemplo de calefacción por convección es la cocción en tanques con camisa calefactora; si no hay agitación las variaciones de densidad dan lugar a la transmisión de calor por convección natural como es el caso de la bebida fría a base de café y leche en estudio; si hay agitación, la convección es forzada.

Está restringida a líquidos y gases, ya que en los sólidos es imposible el movimiento molecular de la materia. Al contrario de lo que sucede con la transmisión de calor por conducción y radiación, la transmisión de calor por convección no se puede predecir matemáticamente en su totalidad, se tiene también, por ello que recurrir a resultados experimentales y hacer una combinación de ambos.

Cuando un fluido cuando cede calor, sus moléculas se desaceleran por lo cual pierden temperatura y su densidad aumenta y son atraídas sus moléculas por la gravedad de la tierra. Los productos que se calientan por convección tienen el punto frío ubicado sobre el eje vertical del envase y cerca del fondo, debido a los desplazamientos de líquidos de diferentes temperaturas; como lo muestra la figura 27.

Figura 27. **Punto frío en un envase que es calentado por convección**



Fuente: *Punto frío de un envase*. file:///C:/Users/Asus/Downloads/5311-5371-1-PB.pdf.

Consulta: 25 de febrero de 2016.

3.1.1.3. Radiación

La transferencia de calor por radiación consiste en la transmisión de energía térmica por medio de ondas electromagnéticas que transmiten calor de un cuerpo a otro de la misma forma que las ondas electromagnéticas de la luz transmiten energía luminosa. Como ejemplo de transferencia de calor por radiación se puede considerar el calentamiento de un producto alimenticio que se hace pasar bajo un grupo de resistencia eléctrica calentada al rojo.

La radiación es independiente del medio a través del cual opera y depende solo de las temperaturas relativas, de la distribución geométrica y de la estructura superficial de los materiales que emitan o absorban calor.

3.1.2. Termopares

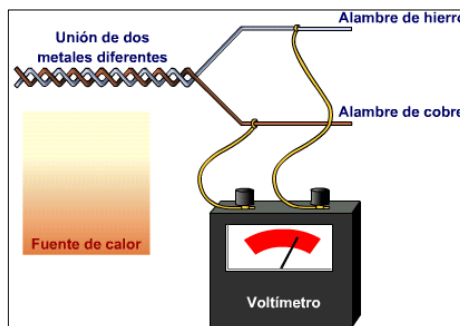
Un termopar es un instrumento eléctrico de medición de temperatura formado por dos conductores de diferente material que se sueldan juntos por los extremos y se conectan a un potenciómetro que funciona como sistema de medición.

Si los extremos de los conductores se colocan a diferentes temperaturas, se desarrolla una fuerza electromotriz (FEM) que puede ser medida y relacionada con el cambio de la temperatura entre los dos extremos del termopar.

El uso de los termopares permite determinar con exactitud la localización del punto frío, así como la variación de la temperatura con respecto al tiempo cuando el alimento envasado está siendo calentado en autoclave a presión.

Posteriormente estos datos de tiempo-temperatura se emplearán para la evaluación del proceso térmico.

Figura 28. Diagrama de funcionamiento de termopar



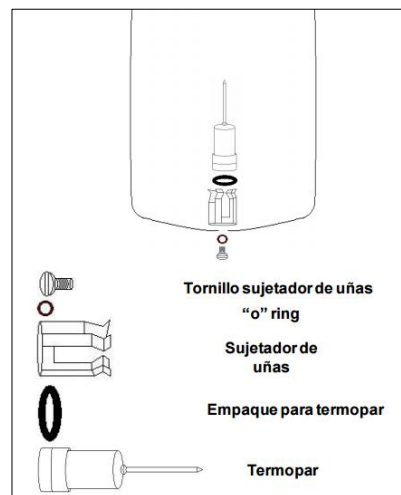
Fuente: *Termopar*. <https://es.wiki.org/Termopar>. Consulta: 10 de marzo de 2016.

3.1.2.1. Principales tipos de termopares

Los termopares se clasifican según los siguientes parámetros:

- Rango de temperatura.
- La resistencia química del termopar.
- Resistencia de abrasión.
- Requisitos de instalación (es posible que tengan que ser compatibles con equipos existentes; los agujeros existentes pueden determinar el diámetro de la sonda).

Figura 29. Colocación de termopares en envases de hojalata



Fuente: PEREZ APARICIO, Jesús. *Evaluación de tratamientos térmicos en la fabricación de conservas vegetales*, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. p. 7.

Los utilizados para temperaturas medias y bajas son: tipo K, tipo E, tipo J, tipo T y tipo N.

Por otro lado, los termopares tipo B, R y S son los más estables, pero debido a su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ aprox.) generalmente son usados para medir altas temperaturas (superiores a 300°C).

La selección de termopares es importante para asegurarse que cubren el rango de temperaturas a determinar, los termopares a utilizar en el estudio de penetración de calor de la bebida fría a base de café y leche son los tipo J que son elaborados de hierro de un calibre AW6 28.

3.2. Fundamentos del tratamiento térmico

Como proceso térmico se entiende la combinación de tiempo-temperatura aplicada para reducir la población microbiana de un alimento. La base para establecer los procesos térmicos para alimentos enlatados es un conocimiento profundo de la microbiología de alimentos y de los métodos de proceso. Los microorganismos que deterioran los alimentos están presentes en todos los ingredientes alimenticios crudos; como los microorganismos son organismos vivos, no pueden crecer bajo condiciones ambientales adversas y mueren si su medio ambiente se torna inadecuado. El factor ambiental que más fácilmente se regula es la temperatura, pero se pueden usar otros agentes de esterilización como compuestos químicos o radiaciones energéticas.

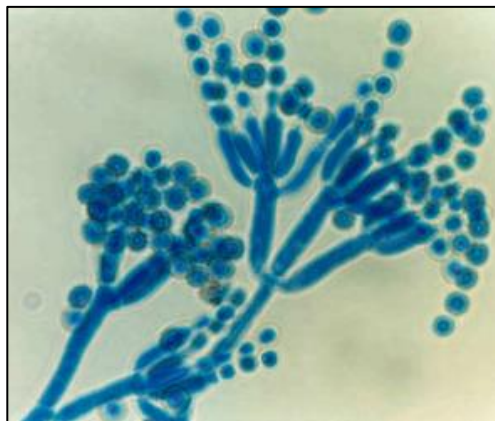
Afortunadamente, muy pocos de los microorganismos conocidos son perjudiciales al hombre. Mientras que una gran cantidad de enfermedades pueden ser transmitidas de persona a persona o de animales a humanos, solo unas pocas pueden transmitirse a través de alimentos. La mayoría de los brotes

de enfermedades relacionados con alimentos son causados por bacterias como “*Salmonella spp.*, *Campylobacter*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringes* y *Clostridium Botulinum*”⁸. Especial atención tiene este último que es el de principal interés para el control del proceso térmico de la bebida en estudio.

Entre los principales microorganismos de importancia que también pueden atacar al procesamiento de bebidas frías a base de café y leche son los hongos y levaduras.

- Hongos: bajo condiciones adecuadas de humedad, aireación y temperatura, los hongos crecerán sobre cualquier alimento. Las manchas negras o verdes que pueden aparecer en pan es una evidencia del crecimiento de hongos.

Figura 30. **Vista microscópica de los hongos**

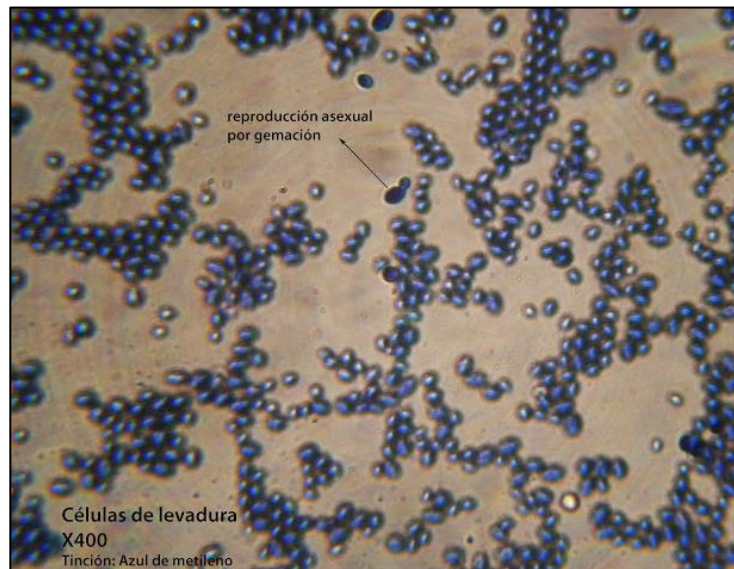


Fuente: *Agroalimentando*. <http://www.agroalimentando.com>. Consulta: 26 de marzo de 2016.

⁸ GAVIN, Austin; WEDDIG, Lisa. *Alimentos enlatados: principios de control del proceso térmico, acidificación y evaluación del cierre de los envases*. p. 12.

- **Levaduras:** Están asociadas particularmente con alimentos líquidos que contengan azúcar y ácidos. Se adaptan muy bien a condiciones adversas como acidez y deshidratación. Al igual que los hongos son más tolerantes al frío que al calor. La mayoría de las levaduras se destruyen por calentamiento a 77 °C. Generalmente, el crecimiento de levaduras está acompañado por la producción de alcohol y grandes cantidades del gas dióxido de carbono, el cual infla los envases. El crecimiento de levaduras en alimentos procesados no representa un problema significativo para la salud pública.

Figura 31. **Vista microscópica de células de levaduras**



Fuente: Blogger. *Células de levadura*. <http://ccnnvalledeloja1eso.blogspot.com>. Consulta: 28 de marzo de 2016.

Una vez que se ha obtenido esta información, el proceso tiene que basarse en la respuesta a la siguiente pregunta: ¿por cuánto tiempo y a qué temperatura tiene que procesarse un producto específico en un envase específico para poder destruir los organismos que puedan deteriorarlo?

Uno de los factores de mayor importancia que define el tipo de proceso requerido para un alimento es su pH ya que la resistencia térmica de las esporas está íntimamente ligada con la acidez del medio en que se desarrollan.

Según Cameron y Esty, 1940, sugieren desde un punto de vista práctico, que se pueden clasificar los alimentos con respecto a su acidez:

- Alimentos de baja acidez pH > 4,5
- Alimentos ácidos pH 4,0 a 4,5
- Alimentos de alta acidez pH < 4,0

El pH 4,5 tiene suma importancia en la elección de las condiciones del proceso debido a que algunas cepas del *Clostridium botulinum* pueden crecer y producir toxinas a pH tan bajos como 4,6.

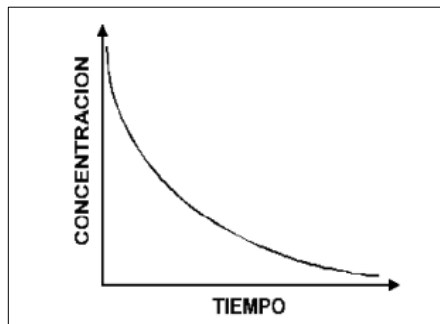
Por esto, en los alimentos que tienen pH inferior a 4,5 basta con someterlos a proceso de pasteurización como método de conservación y los alimentos con pH superiores a 4,5 requieren de un proceso más severo como la esterilización comercial, como se mencionó en el apartado 2,2 del capítulo 2, el pH de la bebida en estudio puede oscilar entre 6 y 6,5 por lo que se considera un alimento de baja acidez.

Para los alimentos de baja acidez se ha establecido generalmente la temperatura de 121 °C (250 °F) como temperatura de referencia y el valor de esterilización o letalidad de proceso denominado (F_0) indica el valor equivalente del proceso térmico expresado en minutos a 121 °C (250 °F)

Para la selección de las condiciones de proceso se deben considerar: pH, sabor, forma de transmisión de calor, tamaño forma, material del envase y temperatura inicial del producto envasado.

En los tratamientos térmicos aplicados a las conservas enlatadas se utilizan procedimientos para evaluar la eficiencia del tratamiento. La curva de supervivencia térmica se realiza para obtener un parámetro conocido como valor D o tiempo de reducción decimal.

Figura 32. **Curva de supervivencia bacteriana**



Fuente: VÁSQUEZ, Isabel; AGUILAR, Manuel. *Temas selectos de ingeniería en alimentos 1*. p. 7.

Otro parámetro de importancia es Z, obtenido mediante la representación de las curvas de destrucción térmica o curvas DT. Para determinar la idoneidad del tratamiento térmico es necesario calcular su letalidad (F_0) y la curva de penetración de calor se utilizan para el diseño de tratamientos térmicos.

Cinco puntos a tomar en cuenta:

- Los valores de D y Z caracterizan a cada especie bacteriana.
- El parámetro de letalidad (F_0) permite comparar diferentes tratamientos térmicos y establecer el tiempo necesario para la obtención de un producto terminado inocuo.
- Para hallar la letalidad total de un proceso térmico existen varios métodos basados en el método general o de Bigelow y en modelos matemáticos como el método de Ball, que es el que se utilizará para la bebida en estudio.
- La curva de penetración de calor se usa para predecir la temperatura en el interior del envase en cualquier instante del tratamiento.
- El método de Ball permite evaluar la letalidad (F_0) de un tratamiento a priori y la influencia sobre el proceso al modificar determinadas condiciones como la temperatura inicial en el interior del envase (T_0) o la temperatura del proceso.

En los tratamientos térmicos aplicados a las conservas enlatadas se utilizan procedimientos para evaluar la eficiencia del tratamiento, a continuación, se presentan los fundamentos de la revisión y del diseño de tratamientos térmicos para conservas de enlatados.

3.2.1. Cinética de la inactivación microbiana

Cuando se somete una población bacteriana a la acción de una temperatura letal durante un periodo prolongado en el tiempo, su destrucción sigue una cinética exponencial. Si se representa la evolución de una población bacteriana sometida a la acción de calor letal a una temperatura constante en un eje logarítmico de ordenadas frente al tiempo en el eje de abscisas se obtendría una recta. Esta gráfica se denomina curva de supervivencia térmica y se realiza para determinados microorganismos alterantes para obtener un parámetro conocido como valor D o tiempo de reducción decimal a una determinada temperatura. Se define como el tiempo a una determinada temperatura preciso para reducir una población bacteriana de partida (N_0) a la décima parte y coincide con un ciclo logarítmico.

$$[\log N_0 - \log N] = D^{-1} t \quad (\text{Ec. 1})$$

Cuando $[\log N_0 - \log N]$ cubre un ciclo logarítmico su valor es 1 y $D = t$

La ecuación 1 es útil para determinar el tiempo necesario para reducir la población a una temperatura dada. Cada microorganismo tiene un valor D que lo caracteriza a cierta temperatura. Para esta bebida fría a base de café y leche es necesario saber el tiempo(t) necesario a 121 °C o 250 °F para que una espora de *Clostridium Botulinum* sufra 12 reducciones decimales sabiendo que su valor D_{250} (la temperatura se señala en el subíndice de D) es 0,20 min. Los cálculos serían los siguientes:

$$N_0 = 1$$

$$N_1 = 10^{-12}$$

$$D_{250} = 0,20$$

$$t = 12 \times 0,20 = 2,52 \text{ min}$$

Los valores D y Z caracterizan a cada especie bacteriana. En la tabla XI se muestran los valores D y Z de algunas de las bacterias más importantes en conservas.

Tabla XI. **Resistencia térmica de algunos microorganismos importantes en el procesamiento de alimentos**

Grupos Bacterianos	D	Z
<u>Alimentos de baja acidez (pH>4,6)</u>		
Termófilos (esporas)	D ₂₅₀	
<i>B. stearotherophilus</i>	4 5	14 22
<i>C. thermosaccharolyticum</i>	3 4	16 22
<i>C. nigrificans</i>	2 3	16 22
Mesófilos (esporas)		
<i>C. botulinum</i>	0,1 0,2	14 18
<u>Alimentos ácidos (pH 4 – 4,6)</u>		
Termófilos (esporas)	0,1 1,5	14 18
<i>B. coagulans</i>	0,01 0,07	14 18
Mesófilos (esporas)	D ₂₁₂	
<i>B. polymyxa</i> y <i>B. macerans</i>	0,1 0,5	12 16
Anaerobios butíricos (<i>C. Pasteurianum</i>)	0,1 0,5	12 16
<u>Alimentos de acidez alta (pH<4)</u>		
Bacterias no formadoras de esporas mesofílicas	D ₁₅₀	
<i>Lactobacillus</i> y <i>Leuconostoc</i> , Hongos y Levaduras	0,5 1	8 10

Fuente: STUMBO C. R. *The thermobacteriology in food processing*, Avi Publishing Co. p. 356.

3.2.2. Letalidad del proceso o destrucción biológica

Se define la letalidad (Fo) como el equivalente en minutos a alguna temperatura de referencia, de todo el calor letal en un proceso con respecto a la destrucción de un organismo caracterizado por algún valor de Z dado. La temperatura de referencia se coloca como subíndice del parámetro F y el valor de Z se coloca como superíndice.

Para el caso de la bebida en estudio, para llegar a calcular el valor de letalidad del proceso (F_0) se necesitarán conocer las variables que se describen en los apartados 3.2.3, 3.2.4, 3.2.5, 3.3 y 3.3.1. que serán la base de estudio para los cálculos e implementación del nuevo proceso del capítulo 4.

3.2.3. Tiempo de reducción decimal

En el tratamiento térmico, se aplica calor a los alimentos para matar microorganismos. El número de microorganismos supervivientes, después de la duración de calentamiento seleccionado, es determinado para obtener el tiempo de reducción decimal, comúnmente llamado el Valor de D que es el tiempo requerido para reducir la población microbiana en un 90 %. Desde que la destrucción microbiana se considera como exponencial, el número de microorganismos supervivientes al ser representados frente al tiempo en coordenadas semilogarítmicas se obtiene una línea recta. El tiempo necesario para recorrer un ciclo logarítmico da el valor a D ya que un ciclo logarítmico se refiere a un cambio de 90 %.

Si se va a determinar el logaritmo de microorganismos supervivientes en cada momento de tiempo. Entonces, a partir de una representación del logaritmo de supervivientes frente al tiempo, se determinará la pendiente de la línea recta. La inversa de la pendiente nos dará el valor D.

La fórmula para calcular el valor D es la ecuación de Singh y Heldman.

$$D = t / (\log N_0 - \log N) \quad (\text{Ec. 2})$$

Que es lo mismo expresado en la ecuación 1:

$$[\log N_0 - \log N] = D^{-1} t \quad (\text{Ec.3})$$

Donde t es el tiempo en segundos para reducir la población microbiana en un 90 %, N_0 y N son las poblaciones microbianas antes y después de un ciclo de reducción logarítmico. Por lo tanto, el denominador será 1 y t igualará el valor de D .

3.2.4. La constante de resistencia térmica

La constante de resistencia termal, mejor conocida como valor Z , se define como la diferencia en temperaturas necesaria para causar una reducción de un 90 % en el valor D . Observe que el valor Z es un valor característico de cada microorganismo. El valor Z describe además la resistencia termal de las esporas de las bacterias. Para calcular el valor Z , grafican los valores D a diferentes temperaturas para un cultivo específico de un microorganismo. Como se ilustra en la figura a continuación, El valor de Z puede ser definido como el número de grados que hay que aumentar para que la curva de muerte térmica disminuya un ciclo logarítmico al tiempo D , Rees y Bettison.

Matemáticamente, el valor de la constante Z es expresada por la ecuación 3.

$$\log D_{\text{ref}} = \log D_t = Z (T - T_{\text{ref}}) / 1 \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde $D_{\text{ref}} = D$ a la temperatura de referencia, $T_{\text{ref}} = 121$ °C, $D_t = D$ a la temperatura T y Z la constante de resistencia o muerte térmica.

O se puede calcular el valor Z mediante la siguiente ecuación:

$$D_1 / D_2 = 10^{(\theta_2 - \theta_1) / Z} \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde D_1 y D_2 son tiempos de reducción decimal a temperaturas θ_2 y θ_1 Respectivamente.

Este modelo cinético asume que el valor de Z es constante para la contaminación por espora determinada. Es usualmente definido a una temperatura de referencia (250 °F o 121 °C para esterilización o un valor de F_0 , 85 °C para pasteurización), dependiendo del rango de temperatura usado para el proceso térmico; y la muerte térmica de cualquier microorganismo que pueda ser dado por un valor D a la que la temperatura de referencia del valor Z . La ecuación es válida para temperaturas mayores a la cual comienza la muerte térmica según Lewis y Heppel.

De manera similar, pero menos usado, se puede definir el valor de Q_{10} como el radio de tiempo de reducción decimal a intervalos de temperatura de 10°C, esto es según Rees y Bettison.

$$Q_{10} = (D^\theta / D^{\theta+10}) \quad (\text{Ec. 6})$$

Se puede mostrar que Q_{10} se relaciona con el valor Z por según Rees y Bettison.

$$Q_{10} = 10^{(10 / z)} \text{ o } z = 10 / \log(Q_{10}) \quad (\text{Ec. 7})$$

Para una sola especie de microorganismos, una gráfica de $\log_{10}(D)$ contra temperatura (T) el valor de Z puede ser determinado por la pendiente de la línea, donde según Rees y Bettison.

$$Z = -(1/m) \quad (\text{Ec. 8})$$

3.2.5. El tiempo de muerte térmica

Se ha observado que los microorganismos, incluido el *C. botulinum*, son destruidos por el calor a velocidades que dependen de la temperatura, siendo las temperaturas más altas las que matan las esporas más rápidamente. A una temperatura dada se requieren tiempos diferentes para destruir las distintas esporas, de tal modo que algunas parecen ser más resistentes al calor que otras. Si se hace una representación gráfica del número de esporas que sobreviven frente al tiempo al que se somete a la muestra a una temperatura dada, se encuentra experimentalmente que el número de esporas que sobreviven disminuye asintóticamente hasta cero.

Los métodos para calcular la cinética del proceso están bien desarrollados, de tal modo que, si se aplican los métodos estándares para tales resultados, se encuentra que la muerte térmica de los microorganismos sigue, a nivel práctico, un proceso de primer orden a una temperatura constante. La fracción de microorganismos destruidos en un intervalo de tiempo fijo es constante.

A partir de esto no es posible, al menos en teoría, considerar el tiempo en el que todos los organismos han sido destruidos. En vez de esto, es más fácil y útil, considerar el tiempo necesario para matar a una fracción dada de organismos. Las velocidades de destrucción pueden de esta forma referirse a:

- Al número de organismos en el envase o conjunto de envases iniciales.
- Al número de organismos a los que se les puede permitir sobrevivir sin riesgos.

Naturalmente, el número de supervivientes debe ser pequeño, mucho menos que uno, para conseguir una seguridad adecuada. Este concepto, que admite un número de supervivientes menor que uno por contenedor, es muy útil. Con estas consideraciones, el criterio que determina el tratamiento adecuado es la relación entre el número inicial y final de organismos supervivientes. La combinación de razones históricas y de amplia experiencia han conducido a que esta relación sea para el *C. botulinum* de 10^{12} . Para otros organismos esta relación puede ser diferente.

En la tabla que se presenta a continuación se muestra el tiempo de muerte térmica de algunas esporas bacterianas y la de principal interés que es el *Clostridium Botulinum*.

Tabla XII. **Tiempo de muerte térmica de algunas esporas bacterianas**

Esporas de:	Tiempo para destruirlas a 100°C, min
<i>Bacillus anthracis</i>	1.7
<i>Bacillus subtilis</i>	15-20
<i>Clostridium botulinum</i>	100-330
<i>Clostridium calidotolerans</i>	520
Bacterias del agriado plano	más de 1030

Fuente: VÁSQUEZ, Isabel; AGUILAR, Manuel. *Temas selectos de ingeniería en alimentos 1*. p.

7.

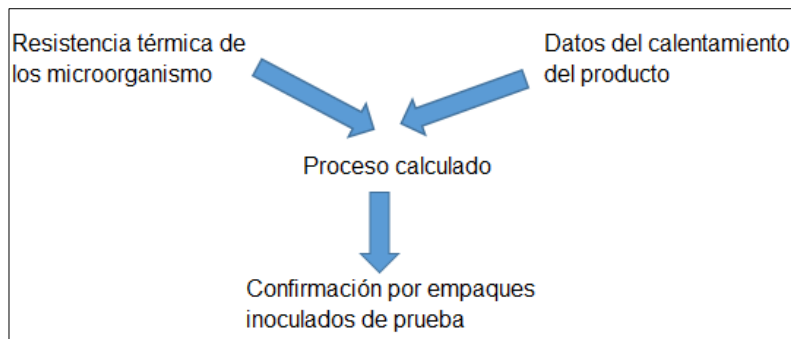
3.2.6. **Importancia industrial**

El orden para establecer el proceso térmico a nivel industrial conlleva los siguientes factores:

- Conocer la resistencia térmica de los microorganismos (la cantidad de calor requerida para su destrucción) en cada producto específico.
- Determinación de la velocidad de calentamiento de un producto específico.

Estos dos factores se usan para calcular el proceso establecido para un alimento en particular como lo muestra la figura 33.

Figura 33. **Diagrama de los pasos empleados en la determinación de un proceso térmico**



Fuente: GAVIN, Austin; WEDDIG, Lisa. *Alimentos enlatados: principios de control del proceso térmico, acidificación y evaluación del cierre de los envases.* p. 76.

Es entendido que, para un alimento en particular, para su formulación, su método de preparación, el tamaño del envase en el cual se procesa y el tipo de sistema de autoclave usado. Un proceso no puede ser alterado, a menos que se obtengan instrucciones específicas para el cambio por parte de una autoridad del proceso.

Es posible, y algunas veces deseable, verificar el proceso calculado por medio de empaques inoculados de prueba. En este procedimiento, el producto de prueba se elabora bajo las condiciones comerciales de operación en la planta. Se le añaden al producto los microorganismos de prueba apropiados de una resistencia térmica conocida. El producto es inoculado con un número conocido de microorganismos y se somete entonces a varios períodos de tiempo a una o varias temperaturas de procesamiento. El producto se incuba entonces a una temperatura apropiada. Si el producto recibió un proceso inadecuado para destruir los microorganismos agregados, mostrará alguna evidencia de deterioro. Un proceso satisfactorio queda demostrado por la ausencia de deterioro. Una concordancia substancial entre los procesos calculados y los determinados por empaques inoculados proporciona la garantía más fuerte de la suficiencia y seguridad del proceso en particular.

Ocasionalmente, debido a peculiaridades en el sistema de procesamiento térmico del producto, no pueden obtenerse datos de calentamiento confiables. Bajo estas circunstancias, se puede considerar solamente el uso del empaque inoculado para establecer un proceso térmico seguro.

3.3. Las curvas de penetración de calor

Para asegurar la esterilidad en la producción de alimentos enlatados, es necesario conocer la dinámica de calentamiento del punto frío de la lata.

Si el tratamiento térmico es excesivo, el alimento pierde valor nutritivo, debido a la disminución de su contenido nutricional y se pueden producir efectos sensoriales indeseables como aroma y sabor a quemado, además del consiguiente deterioro de proteínas y carbohidratos. En caso contrario, si no se esteriliza adecuadamente el alimento, existe el peligro de que se desarrollen

microorganismos anaerobios como *Clostridium botulinum*, productor de la toxina botulínica, que es letal para el ser humano en dosis del orden 10^{-9} g/kg de peso corporal, por lo que el tiempo requerido para la destrucción de este microorganismo generalmente se toma como base en el diseño de procesos térmicos de alimentos de baja acidez.

La dinámica del punto frío de la lata, usualmente se determina de manera experimental, colocando termopares en varios sitios cuidadosamente seleccionados del recipiente, posteriormente la lata se somete al tratamiento térmico en autoclave y durante todo el proceso se registra la temperatura contra el tiempo, lo que permite inferir la ubicación del punto frío que es el que va a determinar el tiempo de tratamiento para asegurar la esterilidad comercial.

La medida de la variación de la temperatura en el punto de calentamiento más lento o punto frío de un envase recibe el nombre de estudio de penetración de calor y se mide mediante termopares. Según lo estudiado en el inciso 3.1.1.2 para el caso de la bebida fría a base de café y leche el punto frío de la lata que es calentada por conducción es en su centro.

Las curvas de penetración de calor se utilizan para calcular la temperatura en el interior del envase en cualquier instante del tratamiento sabiendo la temperatura de proceso (T_1) y la temperatura inicial en el interior del envase (T_0). También se utiliza para calcular el tiempo (t) necesario para alcanzar una determinada temperatura (T_t) en el interior del envase conociendo (T_1).

Se representa en cada tiempo (t) la diferencia ($T_1 - T_t$) en un eje de ordenadas con escala logarítmica y el tiempo en el eje de abscisas. El tramo lineal de la gráfica se prolonga hasta el eje de ordenadas ($T_1 - T_A$) es T_A la

temperatura inicial teórica necesaria para obtener una línea recta. Seguidamente se calculan el parámetro j con la expresión:

$$j = (T_1 - T_A) (T_1 - T_0)^{-1} \quad (\text{Ec. 9})$$

Es T_0 la temperatura real inicial en el interior del envase.

De la recta se extrae f que representa el tiempo necesario para que la curva de penetración atraviese un ciclo logarítmico.

- Método de Ball

A diferencia del modelo general, el método de Ball permite evaluar la letalidad (F_0) de un tratamiento a priori y la influencia sobre el proceso al modificar determinadas condiciones como la temperatura inicial en el interior del envase (T_0) o la temperatura de proceso (T_1). Para solucionar esto, Ball ideó un procedimiento basado en la curva de penetración de calor. Consideró el tiempo total de proceso (t_B), el tiempo a temperatura de proceso (t_p) más el 42 % del tiempo necesario para alcanzar T_1 que se define como t_c .

De forma que se considera todo el tiempo (t_B) a temperatura de proceso T_1 . El nuevo punto de corte $T_1 - T_{\text{Ball}}$ viene determinado por la intersección entre la curva de penetración de calor y la recta a una distancia $0,58t_c$ del origen. El valor j_{Ball} se determina con el nuevo punto de corte.

A $T_1 - T_{\text{Ball}}$ se le designa como valor g . Existen tablas que relacionan los siguientes parámetros: g , j , y $f(U^{-1})$ siendo $U = F_0 (L)^{-1}$.

- Determinación de la curva de penetración de calor

Se perforan los envases por la parte del fondo para que midan la temperatura del punto frío (convección) con un termopar. Para el calentamiento es necesario fijar previamente el tiempo de elevación de la temperatura o *coming up time* (CUT) generalmente es de 5 - 10 minutos.

La T° se registra en intervalos iguales y según de la velocidad de calentamiento. Se grafican los datos en 3 escalas semilogarítmicas invertidas, el tiempo en minutos se representa sobre la escala lineal y la T° en F° en la escala logarítmica.

- Tipos de curvas a obtener
 - Línea recta: es la más común y se presenta en la mayoría de los casos de alimentos no espesos.

Curva quebrada: se presenta en algunas sopas espesas, maíz, envasado en salmuera y ciertos jugos de tomate. Las curvas de calentamiento quebradas exhiben un punto de quiebre o inflexión en la velocidad de calentamiento de algún punto del proceso térmico. Por lo tanto, dos o más líneas son formadas cuando la curva de penetración de calor es trazada sobre un papel semilogarítmico. ¿Por qué se quiebra la curva?

- Se debe al cambio de estado de la solución envasada, que pasa de estado SOL (transmisión por convección) a GEL (transmisión por conducción).
- Pequeñas cantidades de aire en el autoclave impedirán la condensación del vapor sobre el envase, con lo que el calor no desarrollaría su calor latente.

3.3.1. Cálculos para determinar el tiempo de proceso

Para el cálculo de los valores de penetración de calor, se debe considerar la evolución de la temperatura del producto en función del tiempo de proceso para una temperatura de tratamiento determinada.

En una gráfica semilogarítmica la penetración de calor, en alimentos típicamente convectivos, vendrá dada por una recta con mucha pendiente y en alimento conductivos por una recta con un tramo curvo al principio y con menos pendiente.

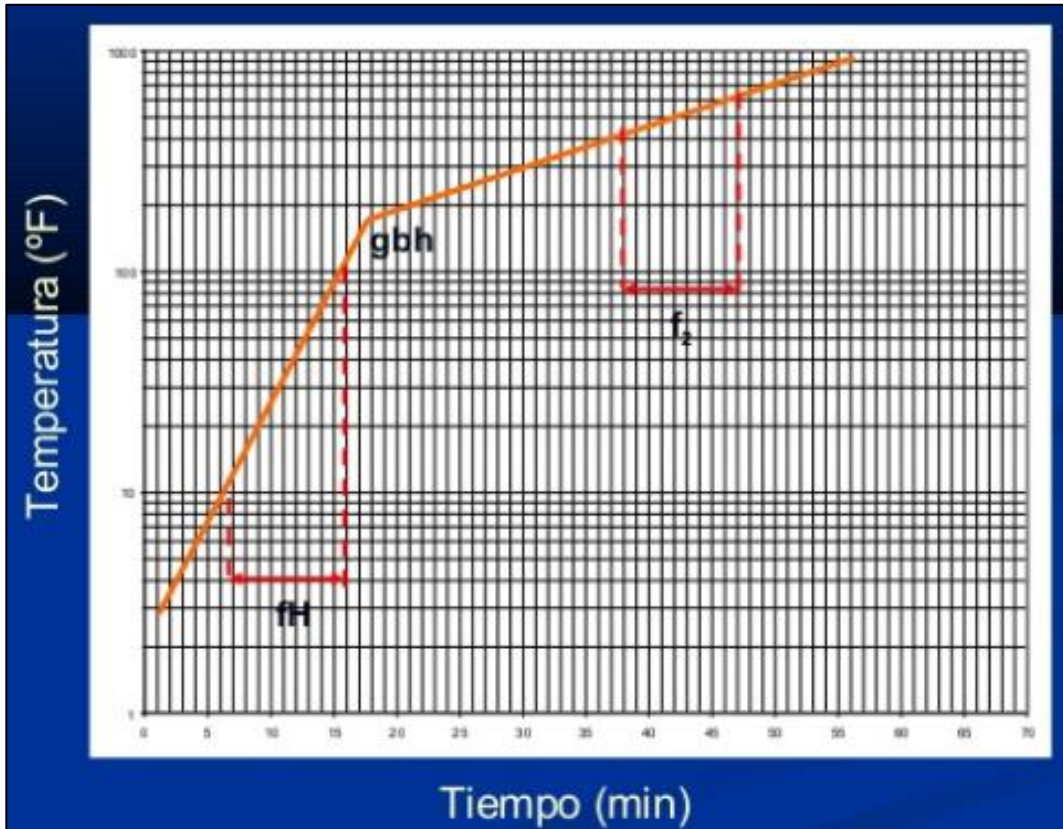
La inversa de la pendiente se denomina fH y se define como el número de minutos necesarios para que la curva atravesase un ciclo logarítmico. El grado de curvatura durante el período de ascenso de la temperatura se cuantifica por el factor de inercia Jh .

El criterio de cual curva se va a analizar va a ser la que tenga el valor más alto de fH .

- Curva de penetración de calor es una recta
 - $U = F_o \times F_i$ (letalidad en minutos, a la temperatura de calentamiento)
 - $m+g = RT-Tw$ (T° de calentamiento - T° del agua de enfriamiento)
 - $B =$ tiempo en minutos del proceso
 - $B = fH (\log JI - \log g)$ (9)

- Curva de penetración de calor es una curva quebrada

Figura 34. **Curva de penetración de calor con quiebre**



Fuente: *Procesamiento térmico en los alimentos enlatados.*

<http://es.slideshare.net/penetraciondcalor>. Consulta: 29 de mayo de 2016.

La fórmula para determinar el tiempo de tratamiento térmico es:

$$B = X + f_2 (\log gbh - \log g) \quad (\text{Ecu. 10})$$

Donde:

- X= número de minutos desde el inicio del proceso hasta el punto de quiebre de la curva. Incluye el 42 % del CUT.

- $g_{bh} = R_T$ – temperatura del producto en el punto de quiebre de la curva de penetración de calor.
- f_2 = la pendiente de la curva después del quiebre.

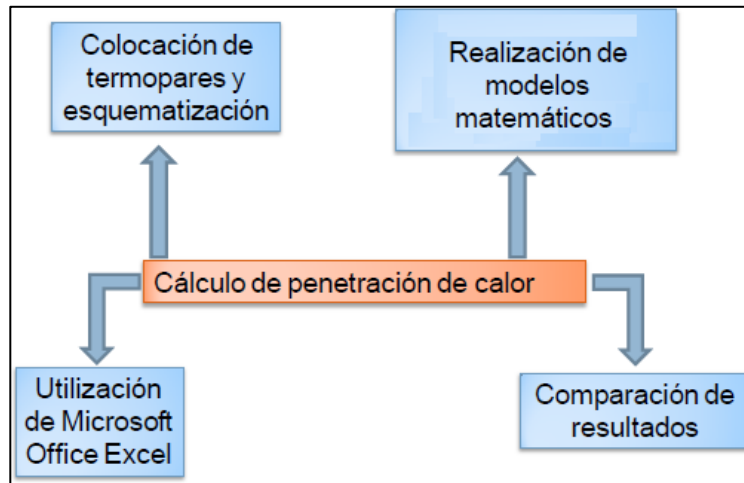
3.3.2. Análisis e interpretación de datos

En el caso de la bebida fría a base de café y leche en que la transmisión de calor es por convección, no se sabe predecir matemáticamente a su totalidad, habiendo también por ello que recurrir a resultados experimentales y hacer una combinación de ambos.

El análisis de la información se tomará de las lecturas de tiempo y temperatura registradas por los termopares y enviadas al software *Data Trace RF* y para los cálculos teóricos se utilizará el modelo matemático de Ball que se mencionó anteriormente para el cálculo de las variables desconocidas y que servirán para el cálculo de penetración de calor idóneo.

A continuación, se muestra la metodología a utilizar en el análisis e interpretación de datos del cálculo de las curvas de penetración de calor de la bebida fría a base de café y leche.

Figura 35. **Metodología para el análisis e interpretación de datos**



Fuente: elaboración propia.

Se debe considerar para el cálculo de los procesos las variables cinéticas (D y Z), para llevar a cabo un tratamiento térmico adecuado y no sobreestimar o subestimar el proceso al cual el alimento debe ser sometido. De igual importancia es tener conocimiento de la flora bacteriana que está asociada con los materiales para aplicárseles el tratamiento térmico apropiado. Por lo anterior, es importante entender las reacciones cinéticas y como se relacionan: la inactivación microbiana, el daño químico, la inactivación enzimática y los cambios físicos.

- Determinaciones de los factores fH y J

El factor fH representa la pendiente de la curva de penetración y es igual al n° de minutos que demora la curva en atravesar un ciclo logarítmico (tiempo de calentamiento).

RT (por sus siglas en inglés, *retort temperature*) corresponde a la temperatura de trabajo.

Ta temperatura inicial teórica o pseudo inicial. Para su cálculo se determina que el 42 % del CUT tiene un valor letal, se obtiene multiplicando el CUT (*coming up time* – tiempo de elevación de la temperatura) por 0,58.

Se levanta la vertical en el punto de la escala lineal de tiempo que representa ese 58 %, hasta interceptar la curva de penetración de calor, se obtiene de esa forma la temperatura pseudo inicial.

Definición de las variables:

- JI: $RT - Ta$.
- IT: temperatura al minuto cero en el punto frío.
- I: $RT - IT$; diferencia entre la temperatura del proceso y la temperatura inicial.
- J: JI / I ; relación que establece la des-uniformidad del calentamiento en la fase inicial.
- Z: pendiente de la curva TDT (C. Botulinum).
- g: $RT -$ temperatura del producto al final del proceso.
- F_0 : tiempo en minutos, requeridos para destruir una determinada cantidad de gérmenes o esporas a 250 °F.

Para efectos de cálculo de proceso térmico, se requiere valores más altos de J y de fH, ya que estos indican una penetración de calor lento (peores condiciones de esterilización).

La aplicación de tratamiento térmico a alimentos en cuanto a la calidad, pretende minimizar las reacciones químicas y pérdida de nutrientes, y con ello, mantener las características sensoriales.

Por lo anterior hay conflictos en cuanto a la calidad y seguridad. Por ejemplo, la inactivación microbiana y la seguridad del alimento se incrementa entre más severo sea el tratamiento térmico, pero la calidad sensorial u organoléptica del producto generalmente disminuye. Sin embargo, se deben tomar en cuenta ambos aspectos y considerar el factor que está afectando más la calidad final del producto y basándose en ese factor, se deben plantear los procesos como se revisó anteriormente.

En general, el procesamiento térmico elimina las necesidades de usar aditivos para extender la vida de anaquel, sin embargo, los aditivos mejoran las características sensoriales o hacen a los alimentos menos susceptibles a contaminarse. Esto es para las reacciones que tienen lugar durante el tratamiento térmico, ya sean químicas, enzimáticas, o los cambios físicos que continúen durante el almacenamiento. Los microorganismos que sobreviven al tratamiento térmico pueden desarrollarse si las condiciones son favorables durante el almacenamiento y manejo. Todas las reacciones mencionadas son dependientes de la temperatura y los cambios que se deben considerar ocurren durante el almacenamiento.

4. IMPLEMENTACIÓN Y DISEÑO DEL NUEVO PROCESO TÉRMICO

4.1. Procedimiento para el nuevo proceso térmico

El proceso térmico que lleva a conseguir la esterilidad comercial se controla al monitorear los parámetros principales de proceso: la combinación de tiempo y temperatura de proceso.

De una manera simple se puede decir que, para la determinación de las condiciones de proceso térmico de la bebida en estudio, es necesario conocer:

- La cantidad de calor a aplicar para lograr la temperatura a que debe ser sometido el producto durante el proceso.
- El tiempo de aplicación de esta cantidad de calor que es necesaria para lograr destruir los microorganismos nocivos presentes en el producto.
- Por último, qué tan rápidamente se calienta el producto (tiempo que tarda el punto frío del producto en el contenedor, antes de alcanzar la temperatura necesaria en el proceso).

Una vez establecidas estas condiciones para esta bebida en particular, cualquier cambio en la formulación, proceso de preparación, características del contenedor o equipo de proceso térmico, por más insignificante que parezca, puede dar como resultado un proceso de esterilidad comercial deficiente, por lo

que es importante no modificar de manera arbitraria estos “parámetros vitales una vez establecidos”⁹.

El flujo del producto en el proceso y el establecimiento del proceso térmico también dependerá de las condiciones ambientales y tecnológicas aplicables al alcance, durante el desarrollo del proceso.

Como se estudió en el inciso 3.2, para los alimentos de baja acidez (aquellos cuyo pH es mayor a 4,6), como es el caso de la bebida fría a base de café y leche, se ha establecido la temperatura de 121 °C (250 °F) como temperatura de referencia y el valor de esterilización o letalidad del proceso denominado (F_0) que es nuestro valor a determinar, indica el valor equivalente del proceso térmico expresado en minutos a 121 °C (250 °F).

Cada producto en la industria tiene sus propios valores de letalidad de proceso (F_0), y para la bebida en estudio, anteriormente fueron establecidos como referencia el enlatado de vegetales; sin embargo, se volvió a determinar los valores de letalidad de proceso (F_0) sobre especificaciones acordes a una bebida fría a base de café y leche como propuesta de mejora, para la reducción de tiempos en el proceso térmico y como resultado la mejora del perfil sensorial de la bebida, ya que actualmente el sabor perceptible del producto es de notas sobre cocinadas de sabor a café.

Para determinar la idoneidad del tratamiento térmico es necesario calcular su letalidad (F_0). La curva de penetración de calor y los modelos matemáticos se utilizan para el diseño de tratamientos térmicos.

⁹ National Canners Association. *Laboratory Manual for Food Canners and Processors Voll, Avi Pub. Co.* p. 576.

El proceso térmico del producto frío a base de café y leche, se debe centrar en la destrucción de las esporas de ciertas bacterias patógenas; en concreto, el objetivo del proceso es saber la reducción de la población del *Clostridium botulinum* a una temperatura de 250 °F o 121 °C, se aplica la ecuación 1 vista en el inciso 3.2.1:

$$[\log N_0 - \log N_1] = D^{-1} t \quad (\text{Ec. 11})$$

Cuando $[\log N_0 - \log N_1]$ cubre un ciclo logarítmico su valor es 1 y $D = t$.

Con ello se logra determinar el tiempo necesario para reducir la población a una temperatura dada. Cada microorganismo tiene un valor D que lo caracteriza a cierta temperatura. para que una spora de *Clostridium botulinum* sufra 12 reducciones decimales (12D) sabiendo que su valor D_{250} (la temperatura se señala en el subíndice de D) es 0,20 min., los cálculos serían los siguientes:

$$N_0 = 1;$$

$$N_1 = 10^{-12}$$

$$D_{250} = 0,20$$

Un proceso 12D se utiliza para asegurar la protección de la salud pública en el consumo de los alimentos de baja acidez conservados en recipientes sellados herméticamente, ya que, a partir de datos estadísticos, este tipo de proceso ha demostrado ser confiable para evitar la acción del *C. botulinum*. Para todos los propósitos prácticos la aplicación del proceso 12D es muy conservador, de tal manera que es poco probable que la carga de esporas del *C. botulinum* alcance niveles de concentración de esporas de 1×10^{12} esporas / gramo de alimento.

La constante de resistencia termal, mejor conocida como valor Z, se define como la diferencia en temperaturas necesaria para causar una reducción de un 90 % en el valor D. El valor Z es un valor característico de cada microorganismo, para este caso el *Clostridium botulinum*. El valor de Z puede ser definido como el número de grados que hay que aumentar para que la curva de muerte térmica disminuya un ciclo logarítmico al tiempo D. Y para el proceso térmico de la bebida fría a base de café y leche se tomó el valor de:

$$Z=18$$

Tomando como referencia:

$$D_{250} = 0,20$$

Claro está, estos valores están estandarizados por tipo de microorganismo como lo muestra la tabla XIII:

Tabla XIII. **Resistencia térmica del *Clostridium botulinum***

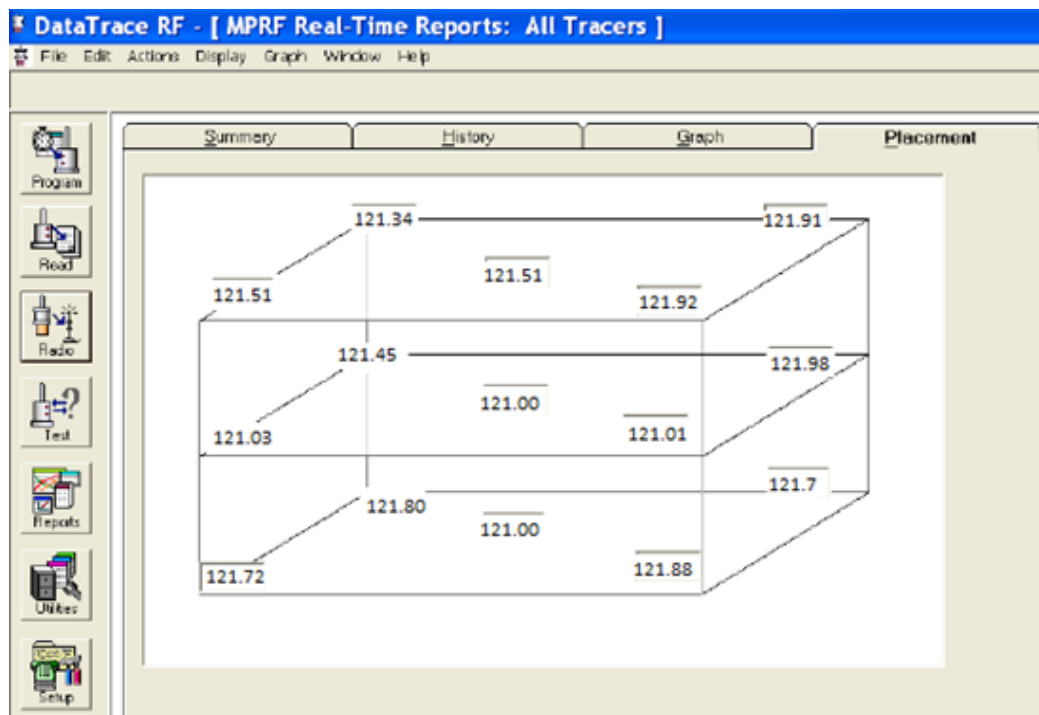
Grupos Bacterianos	D	Z
<u>Alimentos de baja acidez (pH>4,6)</u>		
Termófilos (esporas)	D ₂₅₀	
<i>B. stearothermophilus</i>	4 5	14 22
<i>C. thermosaccharolyticum</i>	3 4	16 22
<i>C. nigrificans</i>	2 3	16 22
Mesófilos (esporas)		
<i>C. botulinum</i>	0,1 0,2	14 18
<u>Alimentos ácidos (pH 4 – 4,6)</u>	0,1 1,5	14 18
Termófilos (esporas)		
<i>B. coagulans</i>	0,01 0,07	14 18
Mesófilos (esporas)	D ₂₁₂	
<i>B. polymyxa</i> y <i>B. macerans</i>	0,1 0,5	12 16
Anaerobios butiricos (<i>C. Pasteurianum</i>)	0,1 0,5	12 16
<u>Alimentos de acidez alta (pH<4)</u>		
Bacterias no formadoras de esporas mesofilicas	D ₁₅₀	
<i>Lactobacillus</i> y <i>Leuconostoc</i> , Hongos y Levaduras	0,5 1	8 10

Fuente: STUMBO, C. R. *The thermobacteriology in food processing*, Avi Publishing Co. p. 356.

Para el estudio se utilizaron 6 envases perforados de hojalata de 248 mL y se colocó un termopar en el punto frío (convección) de cada envase, para el calentamiento ya se tenía establecido que el tiempo de elevación de la temperatura (*comming up time* - CUT) es de 5 minutos.

Después de los 5 minutos de tiempo de elevación de temperatura se hace una medición de temperatura, a continuación, se muestra que la temperatura más baja registrada en el punto frío de la lata es de 121 °C; eso garantiza que la temperatura alcanzó los parámetros de inocuidad establecidos, con esto se puede conocer la dinámica del calentamiento del punto frío de la lata, mencionado el apartado 3.3.

Figura 36. **Medición de la temperatura del punto frío**

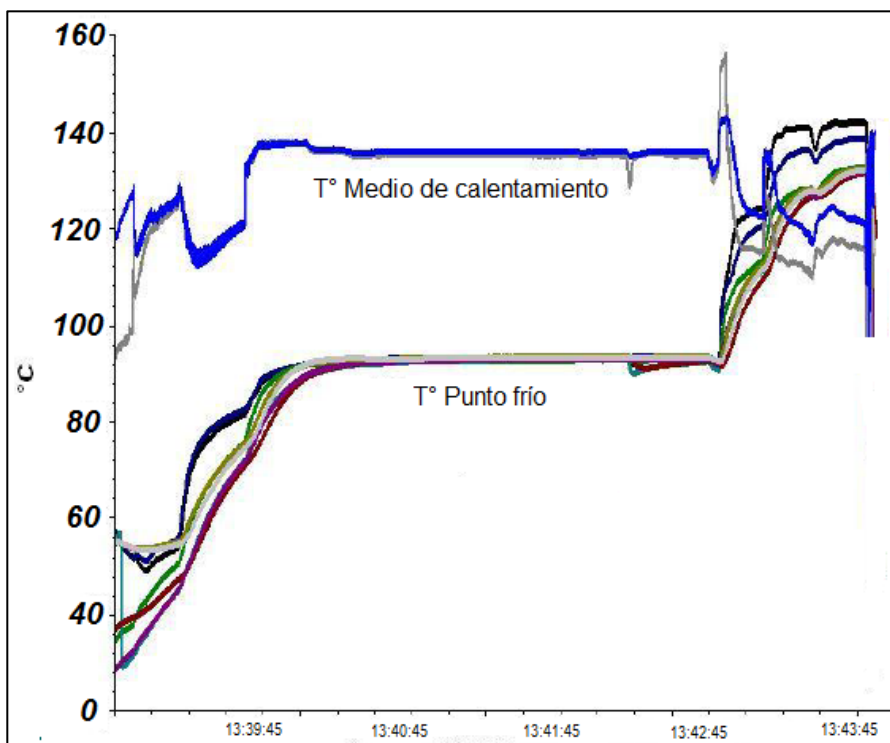


Fuente: elaboración propia, empleando software Data Trace RF.

Se ha demostrado que el punto frío se aproxima en forma exponencial, a la temperatura del medio de calentamiento (T_c).

En el gráfico que se muestra a continuación, claramente se ve como la temperatura del punto frío y la temperatura del medio de calentamiento convergen en un mismo punto y se procede a calcular la pendiente de la recta.

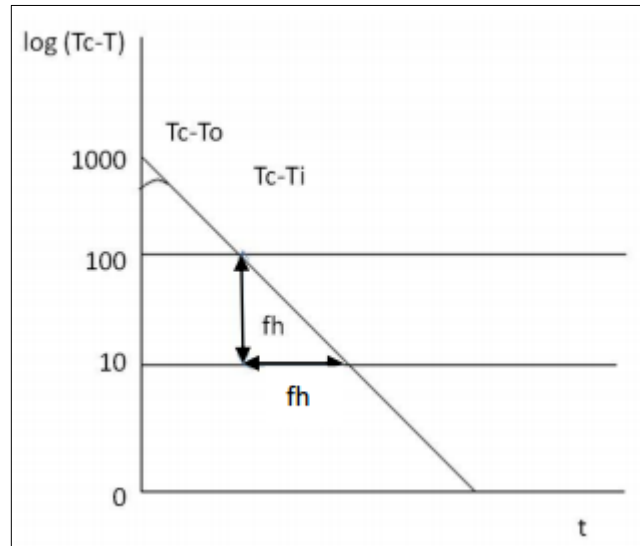
Figura 37. **Comparativo entre la temperatura del medio de calentamiento versus temperatura del punto frío**



Fuente: elaboración propia, empleando Software Data Trace RF.

Y al relacionar la diferencia del medio de calentamiento menos la temperatura del punto frío a un tiempo ($T_c - T$), se obtiene una línea recta.

Figura 38. **Curva de calentamiento**



Fuente: *Comunidades en DSpace*. <http://itzamna.bnct.ipn.mx/>. Consulta: 14 de mayo de 2016.

Considerando que la ecuación de una línea recta es:

$$y = mx + b$$

$$y = \log(T_c - T)$$

x= representa el tiempo (t)

Donde:

- T_c = temperatura del medio de calentamiento
- T_o = temperatura inicial extrapolada (temperatura pseudoinicial)
- T_i = temperatura inicial
- T = temperatura deseada

Si la recta se extrapola para intersectar el eje y, la intersección es igual a $\log (T_c - T_0)$ y la ecuación sería:

$$\text{Log} (T_c - T) = mt + \log (T_c - T_0) \quad (\text{Ec. 12})$$

Despejando a (t) de la ecuación (12), se obtiene

$$tc = fH \log \frac{T_c - T_0}{T_c - T} \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde t_c es la temperatura del medio de calentamiento.

La pendiente (m) se puede definir como:

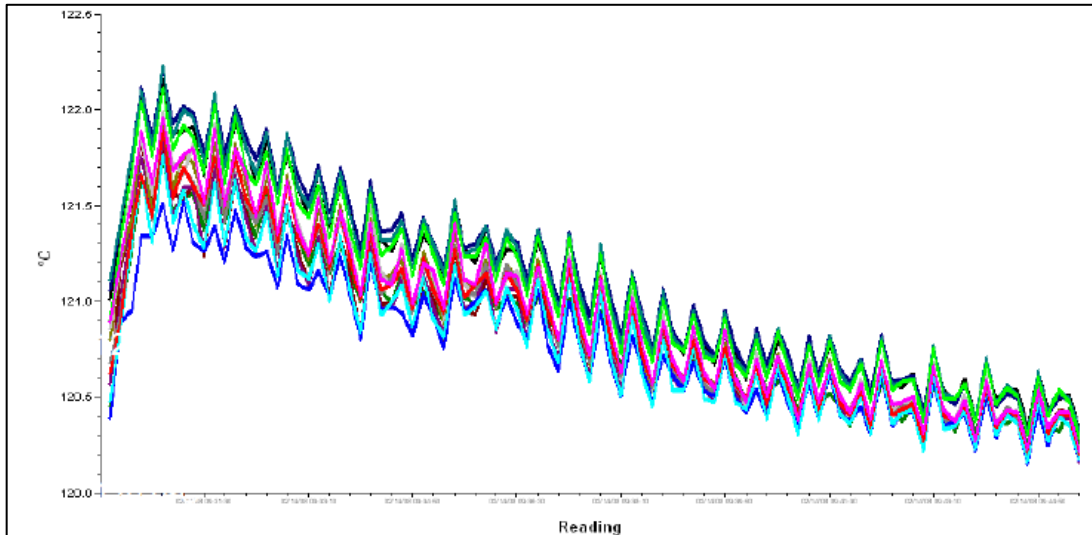
$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{\log \frac{T_c - T_2}{T_c - T_1}}{t_2 - t_1}$$

Y a la pendiente se le caracteriza con el término fH que se define como el tiempo (minutos) necesario para que la curva de calentamiento atraviese un ciclo logarítmico (tiempo de calentamiento). En otras palabras, $t_2 - t_1 = fH$ cuando la diferencia de $T_c - T_0$ se ha reducido a un décimo de su valor original (Valor $D_{250} = 0,20$).

Se determina el valor de fH de la curva más lenta obtenida en la lectura de los termopares de la figura 39.

Figura 39. Registro de tiempo y temperatura de los termopares



Fuente: elaboración propia, empleando software Data Trace RF.

$$Temperatura\ del\ proceso = RT = T_o = 250\ ^\circ F = 121\ ^\circ C$$

Tabla XIV. Determinación de los valores de Log (To-T)

Tiempo (min)	Temperatura	Log (To-T)
X	(°F)	Y
0	166.2	1.8863
15	216.1	-0.3352
30	221.2	-2.5567
45	225.2	-4.7782
60	231.9	-6.9997
75	235.01	-9.2212
90	239	-11.4427
105	241.5	-13.6642
120	243.6	-15.8857
135	245.5	-18.1072
150	247	-20.3287
165	248.3	-22.5502
180	249.8	-24.7717
130	250	-17.3667

Fuente: elaboración propia, empleando software Data Trace RF.

Para el tiempo 0, mediante la ecuación se obtiene la temperatura corregida:

$$\text{Log} (239 \text{ }^\circ\text{F} - T) = -0,1481 * 0 + 1,8863$$

$$\text{Log} (239 \text{ }^\circ\text{F} - T) = 1,8863$$

$$(239 \text{ }^\circ\text{F} - T) = \text{Antilog } 1,8863$$

$$T = 162 \text{ }^\circ\text{F}$$

Tabla XV. **Determinación corregida de los valores de Log (To-T)**

Tiempo (min)	Temperatura	Log (To-T)	T° Corregida
X	(°F)	Y	(°F)
0	166.2	1.8863	162.2
15	216.1	-0.3352	220.5
30	221.2	-2.5567	219.9
45	225.2	-4.7782	222.5
60	231.9	-6.9997	230.3
75	235.01	-9.2212	234.81
90	239	-11.4427	239.2
105	241.5	-13.6642	241.9
120	243.6	-15.8857	243.5
135	245.5	-18.1072	245.2
150	247	-20.3287	247
165	248.3	-22.5502	248.3
180	249.8	-24.7717	249.8
130	250	-17.3667	250

Fuente: elaboración propia, empleando software Data Trace RF.

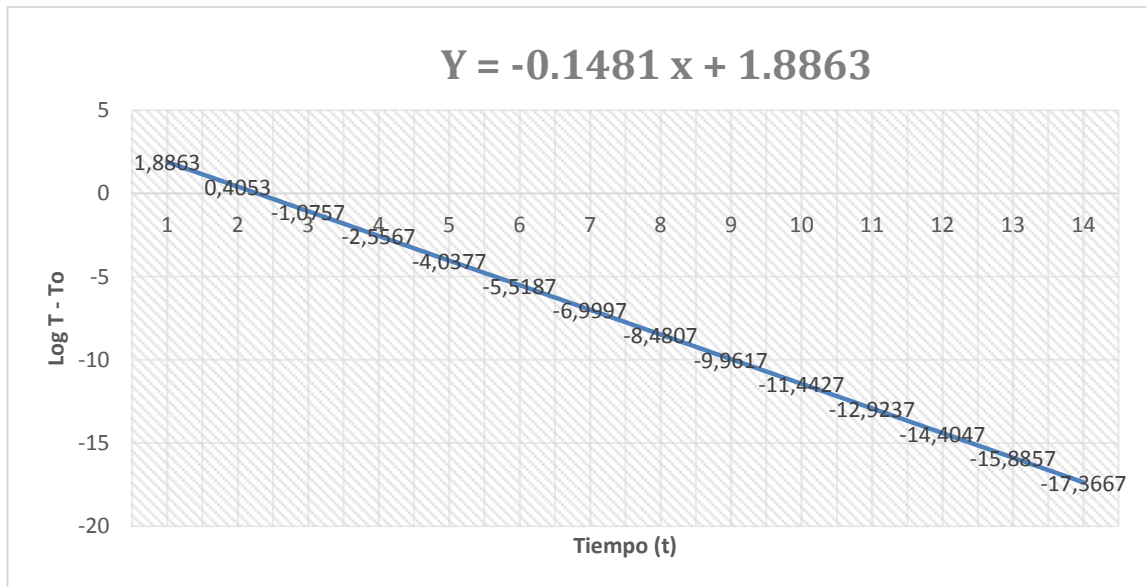
Con la temperatura (T°) corregida se procede a sacar la pendiente de la curva:

Tabla XVI. **Determinación de T corregida**

Tiempo (min)	T° Corregida
X	(°F)
0	162.2
15	220.5
30	219.9
45	222.5
60	230.3
75	234.81
90	239.2
105	241.9
120	243.5
135	245.2
150	247
165	248.3
180	249.8
130	250

Fuente: elaboración propia, empleando software Data Trace RF.

Figura 40. **Tiempo versus log To – T**



Fuente: elaboración propia, empleando software Microsoft Excel.

Obteniendo así la pendiente de la recta:

$$y = -0,1481x + 1,8863$$

$$m = -0,1481$$

El valor de fH se calcula como:

$$fH = \frac{1}{|m|}$$

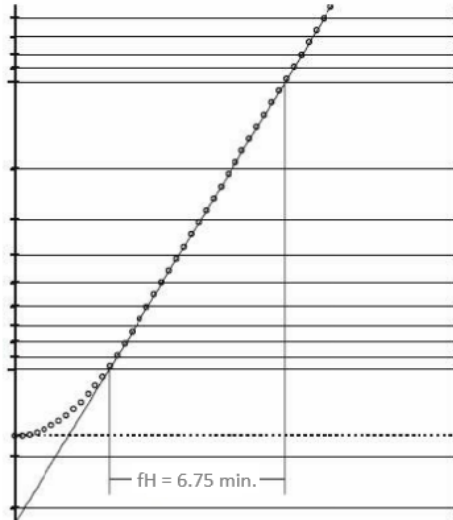
$$fH = \frac{1}{|-0,1481|}$$

$$fH = \frac{1}{0,1481}$$

$$fH = 6,75$$

A mayor valor de fH, más lento es el calentamiento.

Figura 41. Valor de la pendiente fH



Fuente: elaboración propia, empleando software Data Trace RF.

La curva obtenida fue una línea recta como era de esperarse ya que es un producto de una consistencia no espesa tal como lo visto en el punto 3.3.

El valor fH representa la pendiente de la curva de penetración de calor y es igual al n° de minutos que demora la curva en atravesar un ciclo logarítmico (tiempo de calentamiento) el valor determinado fue:

$$fH = 6,75 \text{ minutos}$$

El tiempo de tratamiento térmico (B) que se tenía establecido en el proceso térmico anterior es de 20 minutos, por lo que se tomará el mismo tiempo para el producto en estudio y el cálculo de la letalidad (F_0) tendrá como base $B = 20$ minutos, en caso de alcanzarse los parámetros de letalidad (F_0) deseados este valor permanece perenne.

Para el cálculo del valor (m+g) se deberá obtener de la diferencia de los valores de RT (*retort temperature*) que corresponde a la temperatura de trabajo y Tw que corresponde a la temperatura del agua de enfriamiento.

Entonces:

$$m + g = RT - Tw$$

Temperatura de referencia:

$$RT = 250 \text{ }^\circ\text{F}$$

Temperatura del agua de enfriamiento:

$$Tw = 70 \text{ }^\circ\text{F}$$

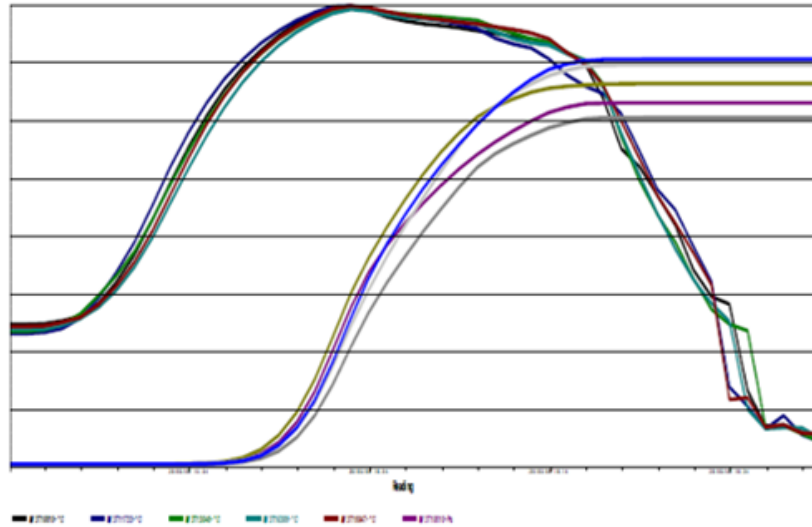
$$m + g = 250 \text{ }^\circ\text{F} - 70 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$m + g = 180 \text{ }^\circ\text{F}$$

To, temperatura inicial teórica o pseudoinitial. Para su cálculo se determina que el 42 % del tiempo de elevación de temperatura (*coming up time*, CUT) tiene un valor letal, se obtiene de la resta del CUT menos el tiempo de elevación de la temperatura multiplicado por un factor de 0,58.

Se levanta la vertical en el punto de la escala lineal de tiempo que representa ese 58 %, hasta interceptar la curva de penetración de calor, se obtiene de esa forma la temperatura pseudoinitial.

Figura 42. **Registro de temperaturas y velocidad de penetración de calor**



Fuente: elaboración propia, empleando software Data Trace RF.

Cuando la ecuación se establece en términos de datos experimentales, como es el caso, la temperatura inicial, es necesario definir el término J.

$$J = \frac{T_c - T_o}{T_c - T_i} \rightarrow T_c - T_o = J(T_c - T_i) \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde J se convierte en un factor adimensional de retraso de calentamiento, por lo que en la ecuación 15 se sustituye el nuevo valor $T_c - T_o$ obtenido de la ecuación 14 y la ecuación quedaría entonces:

$$T_c = fH \log J \frac{T_c - T_i}{T_c - T_o} \quad (\text{Ec. 15})$$

La relación tiempo-temperatura está determinada por los valores T_c , T_i y los parámetros fH y J .

Una vez que se tiene la ecuación 15, se procede a realizar las siguientes sustituciones:

$$T_c - T_o = J(T_c - T_i) \quad (\text{Ec. 16})$$

El valor de $T_c - T_i$ se denomina I y el valor de $T_c - T_o$ se denomina JI .

Para el producto en estudio las curvas de calentamiento se graficaron en la figura 42 por medio del *software* Data Trace RF y dan un valor de:

$$JI = RT - T_o$$

$$JI = 250^\circ\text{F} - 130^\circ\text{F}$$

$$JI = 120^\circ\text{F}$$

Lo único que se requiere para continuar con el cálculo es conocer el valor de $(\log g)$; el cual se obtiene sustituyendo las variables calculadas anteriormente en la ecuación 17 que corresponde al método de Ball.

$$B = fH (\log JI - \log g) \quad (\text{Ec. 17})$$

Al despejar $\log g$ de la ecuación 17 se obtiene:

$$\log g = \log JI - \frac{B}{fH} \quad (\text{Ec. 18})$$

Los valores calculados anteriormente se sustituyen en la ecuación 18 para conocer el valor de $\log g$. El valor de g es el número de grados por debajo de la

temperatura de retorta (RT) en el punto de calentamiento más lento en el recipiente al final del proceso por lo que el resultado es:

$$\log g = \log 120 - \frac{20}{6,75}$$

$$\text{Log } g = 2,08 - 2,96$$

$$\text{Log } g = -0,88$$

Para cada valor de log g existe un valor fH/U, donde U es el tiempo en minutos necesario para alcanzar la destrucción de microorganismos a una temperatura de proceso; este valor de fH/U se necesita también para determinar el valor de F_{proceso} (valor de tiempo de proceso), el cual se describirá a continuación.

$$fH = 6,75$$

$$U = 9,92 \text{ minutos}$$

$$\frac{fH}{U} = \frac{6,75}{9,92}$$

$$fH/U = 0,68$$

Una vez conocido el valor de fH/U se necesita conocer el valor de la letalidad Fo, el cual se determina con la siguiente ecuación:

$$F_o = \frac{fH}{(fH/U) * (Fi)} \quad (\text{Ec. 19})$$

De la ecuación 19 lo que hace falta por conocer es el valor de Fi (factor de termoresistencia), el cual se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$Fi = 10^{(T_{ref}-T_{retort})/z} \quad (\text{Ec. 20})$$

- T_{ref} = temperatura de referencia a una Z determinada.
- T_{ref} = 245 °F
- Z determinada = 18
- T Retort = 250 °F

$$Fi = 10^{(T_{ref}-250)/18}$$

$$Fi = 10^{(245-250)/18}$$

$$Fi = 0,5275$$

Ya que se obtiene el valor de Fi se sustituye en la ecuación 19 y se obtiene el valor de f_{proceso} también conocido como Fo

$$Fo = \frac{fH}{\left(\frac{fH}{U}\right) * (Fi)}$$

$$Fo = \frac{6,75}{(0,68) * (0,5275)}$$

$$Fo, \frac{6,75}{0,3587}$$

$$Fo = 18,8 \text{ minutos}$$

La descripción de tabla con el nuevo valor de letalidad del proceso quedaría así:

- Producto: bebida de café gourmet
- Volumen declarado: 248 mL
- pH máximo: 6,5
- Transmisión de calor: por conducción

A continuación, se muestra la tabla con los resultados obtenidos para el cálculo del valor F_o (letalidad del proceso).

Tabla XVII. **Nuevos valores de letalidad del proceso térmico**

Parámetro	Valor
Z	18
fH	6,75
B, min.	20
m+g (RT - Temp. Agua de enfriamiento), °F	180
CUT, min.	5
RT, °F	250
IT, °F	113
Jl	120
log Jl	2,079
$\log g = \log Jl - (B / fH)$	-0,88
fH / U	0,68
Fi	0,5275
$F_o = fH / (fH/U * Fi)$	18,8

Fuente: elaboración propia.

- Procedimiento para el nuevo proceso térmico:
 - Llenar las autoclaves hasta su capacidad, no utilizar autoclaves que no estén completamente llenas para evitar aplicación no uniforme de calor.
 - Se inyecta vapor para remover aire dentro del autoclave por 5 minutos.

- Circular vapor de manera que se obtenga una temperatura de 121 °C por 18,8 minutos y manteniendo una presión entre 22 y 25 PSI
- Cerrar el suministro de vapor e inyectar aire a temperatura ambiente por 10 minutos, la presión disminuirá a 20 PSI.
- Purgar el vapor y mantener una presión de 15 PSI por 10 minutos.
- Purgar el vapor y mantener una presión de 10 PSI por 5 minutos.
- Descargar la autoclave y enfriar el producto durante 20 minutos en un baño de agua a temperatura ambiente.

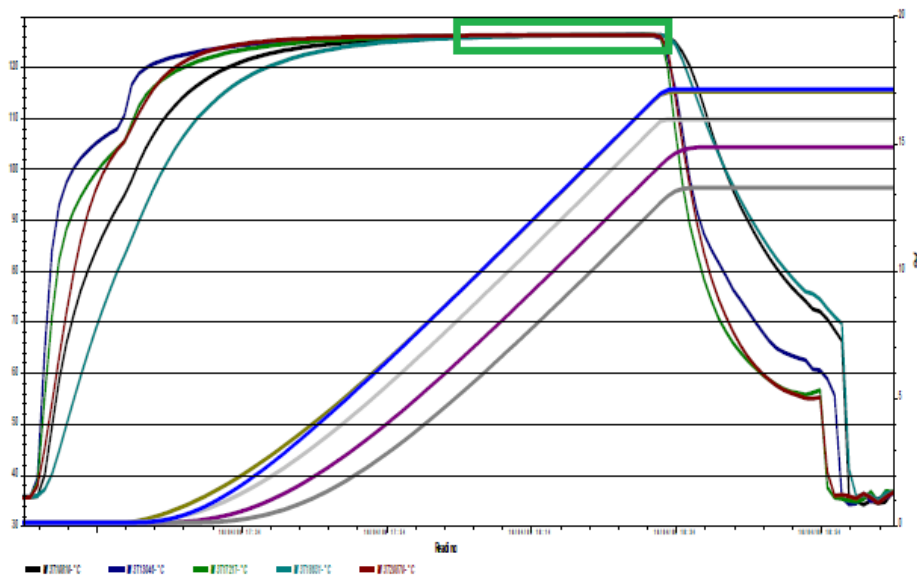
4.2. Procedimientos de mejora en operaciones específicas

La implementación de los procedimientos para el nuevo proceso térmico también trajo reducciones de tiempo en la inyección de vapor para la remoción de aire contenido dentro del autoclave, esto con el fin de estabilizar la temperatura del equipo autoclave. El tiempo anterior era de 10 minutos tal como se mostró en la sección 2.4; el nuevo tiempo es de 5 minutos.

Una adecuada remoción de aire en las autoclaves verticales se verá reflejada si hay evidencia en la forma de datos de distribución de calor dentro de la misma. En los venteos de 1 pulgada situados en la parte superior de la autoclave, equipados con grifo de 1 pulgada con descarga directa en la atmósfera. La compuerta del tubo del venteo debe permanecer abierta solamente durante 5 minutos, tiempo suficiente que se demostró que hay una estabilidad de la temperatura en el tiempo como lo muestra la figura a

continuación (recuadro en verde marcado en la parte superior del gráfico), de esta manera se pudo reducir en 5 minutos el tiempo de remoción de aire dentro del autoclave.

Figura 43. **Gráfica de temperatura durante el tiempo**



Fuente: elaboración propia, empleando software Data Trace RF.

4.3. **Modificaciones a componentes en el proceso de producción**

Se hizo una revisión general del equipo involucrado en las operaciones como se muestra en la sección 4.3.2 y se determinó que los deflectores longitudinales del intercambiador de calor no estaban correctamente ajustados, eso se notó por la vibración que tenía el equipo al momento de pasar el fluido.

Por lo que se procedió a realizar la respectiva reparación autorizada por el jefe de mantenimiento.

Con el ajuste realizado hizo que el fluido que circula por la carcasa lo haga con mayor turbulencia para aumentar el coeficiente convectivo exterior de los tubos y de esa forma aumente la cantidad de calor transferido.

4.3.1. Mejora en las formas de trabajo de los equipos del autoclave

Los autoclaves estacionarios como los utilizados en el estudio son recipientes verticales que soportan presión y que operan en forma discontinua (por carga), sin agitación y se usan para procesar alimentos empacados en envases sellados herméticamente.

La entrada del vapor a cada autoclave estacionario tendrá que ser suficientemente grande para proveer el vapor requerido para una operación adecuado del autoclave y el vapor tendrá que entrar por un punto que facilite la remoción del aire del autoclave.

- Reguladores automáticos conectados con el registrador de tiempo y temperatura: para el estudio se propone una mejora en la forma de trabajo del autoclave por medio de reguladores automáticos de vapor que no solamente cumplan su función, sino que cumpla una función de registrador-regulador combinando con el aparato registrador de temperatura-tiempo ya que actualmente actúan de forma independiente.
- Válvula de control: se propone el uso de una válvula de control más pequeña que el tubo de entrada del vapor, ya que puede tener la ventaja de controlar la temperatura del proceso con menos fluctuaciones que cuando se usa una válvula de mayor tamaño como la que actualmente posee.

- Distribuidores de vapor: regularmente para las autoclaves verticales no se utilizan distribuidores de vapor, pero se propone la instalación de los mismos con tubería perforada en forma de cruz con las perforaciones a lo largo de la parte superior para poder levantar la temperatura más rápidamente a lo largo de todo el autoclave.

Figura 44. **Autoclaves verticales estacionarias utilizadas en el proceso térmico**



Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Mejora en las eficiencias de línea de producción

Para la elaboración de la bebida fría a base de café y leche en estudio, se determinaron las capacidades que cada equipo tiene con base en el cuello de botella de la línea, que para este caso es el proceso térmico, ya que básicamente es lo que va demandando la cantidad de latas entregadas por la llenadora.

Para comprender de una mejor forma el equipo que se utiliza en el proceso de producción desde la preparación de la mezcla como para el llenado

de producto terminado y sus respectivas capacidades, se utilizó la tabla que se presenta en la figura XV.

Tabla XVIII. Descripción del equipo utilizado en el proceso de producción

Núm. de Op.	Descripción del proceso	Descripción del equipo	Capacidad	Especificaciones
4	Transporte a lavado	Banda transportadora	0,25	metros / segundo
5	Lavado de envases	Rinser	8 181	envases / hora
6	Transporte al área de llenado (envase)	Banda transportadora	0,25	metros / segundo
7	Preparación de los ingredientes	Báscula	395	Kg
8	Calentamiento de agua	Intercambiador de calor	2 000	Gal/Hr
9	Traslado de agua al primer tanque de mezcla	Tubería	-	-
11	Agitación	Tanque para mezcla	3 500	Litros
12	Trasiego de la mezcla a un segundo tanque	Tubería	-	-
14	Agitación	Tanque para mezcla	3 500	Litros
15	Trasiego a un tercer tanque de mezcla	Tubería	-	-
17	Disolución 1	Tanque para mezcla	3 500	Litros
19	Se traslada al homogenizador	Tubería	-	-
20	Homogenización	Homogenizador	2 000	Gal/Hr
21	Se traslada al tanque de mezcla terminada	Tanque para mezcla	3 500	Litros
22	Calentamiento de mezcla	Intercambiador de calor	2 000	Gal/Hr
23	Traslado al tanque de balance	Tubería y tanque de llenado	3 500	Litros
24	Llenado	Llenadora	8 181	envases / hora
25	Sellado y codificación	Selladora y codificador	8 181	envases / hora
26	Espera	Banda de acumulación	1 000	latas
28	Proceso térmico	Autoclave	1 500	envases / autoclave
32	Enfriamiento de producto	Tanque de agua	40	cestos

Fuente: elaboración propia.

La llenadora tiene una capacidad instalada de 9 900 envases por hora. Si un envase corresponde a 8 5 onzas y convirtiendo este dato en Litros, se tiene que la llenadora tiene una capacidad de 3,069 litros por hora o 51,15 litros por minuto.

El tanque que alimenta la llenadora también tiene una capacidad instalada para proveer un caudal de 51 litros por minuto; así mismo, el intercambiador de calor, el tanque de mezcla terminada, el homogenizador y el tanque donde se realiza la tercera mezcla (extractos).

Los dos primeros tanques tendrán siempre una capacidad de 3 500 litros, pero ambos son alimentados con un caudal mayor, de forma que alimentan al tercer tanque más rápido y se desocupen para iniciar a preparar otra tanda de producto.

Uno de los equipos más importantes de este proceso es el autoclave que se utiliza para el proceso térmico, que a su vez requiere de cestos para colocar el producto terminado (latas con bebida) que se introducen en las autoclaves para ser sometidos a alta temperatura y presión.

De acuerdo al tiempo que toma el personal que realiza el llenado de cesto, pueden llenar hasta 40 cestos por hora. Cada cesto tiene capacidad de 300 envases y cada autoclave puede contener hasta 5 cestos y se pueden procesar térmicamente 1 500 envases por autoclave; los cestos deben ser introducidos de inmediato a las autoclaves.

Como las capacidades de cada equipo fueron determinadas con base en la llenadora, a partir de esta capacidad se hace la medición de la eficiencia de producción de la línea.

Entonces:

$$\% \text{ Eficiencia producción} = 74 \%$$

Que se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Horas de turno (HrT)} = 12 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo de paro programado (TPP)} = 2 \text{ horas (saneamiento y prep. de equipo)}$$

$$\text{Horas de producción (HPr)} = \text{HrT} - \text{TPP}$$

$$HPr = 12 \text{ horas} - 2 \text{ horas}$$

$$HPr = 10 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo de paro operativo (PO)} = 1,71 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo de paro mecánico (PM)} = 0,85 \text{ horas}$$

$$\% \text{ Eficiencia de producción} = \frac{(HPr - PO - PM)}{HPr} * 100$$

$$\% \text{ Eficiencia de producción} = 74 \%$$

$$\text{Producción teórica x hora} = 8\ 181 \text{ envases}$$

$$\text{Producción real por hora} = 8\ 181 \text{ envases} * 74 \%$$

$$\text{Producción real por hora} = 6\ 053 \text{ envases}$$

Con el ahorro de tiempo de 6,2 minutos en el proceso térmico se dice que:

$$\text{Velocidad teórica anterior} = 8\ 181 \text{ envases por hora}$$

$$\text{Nueva velocidad teórica} = 9\ 221 \text{ envases por hora}$$

Por lo que la producción real por hora queda de la siguiente manera:

$$\text{Producción real por hora} = 9\ 221 \text{ envases por hora} * 74 \%$$

Producción real por hora = 6 823 envases por hora

Por lo que a un ritmo de envasado de latas por producción de 10 horas a una eficiencia de 74 %.

Se concluye:

*Producción por día = 6 053 envases por hora * 10 horas de producción (HPr)*

Producción por día = 60 530 envases

Ya con el nuevo proceso térmico:

*Producción por día = 6 823 envases * 10 horas*

Producción por día = 68 230 envases

Por día se incrementó en un 12 % la productividad de la línea, pero por el volumen de ventas no se puede producir más producto, solamente se va a producir en menos tiempo la misma cantidad.

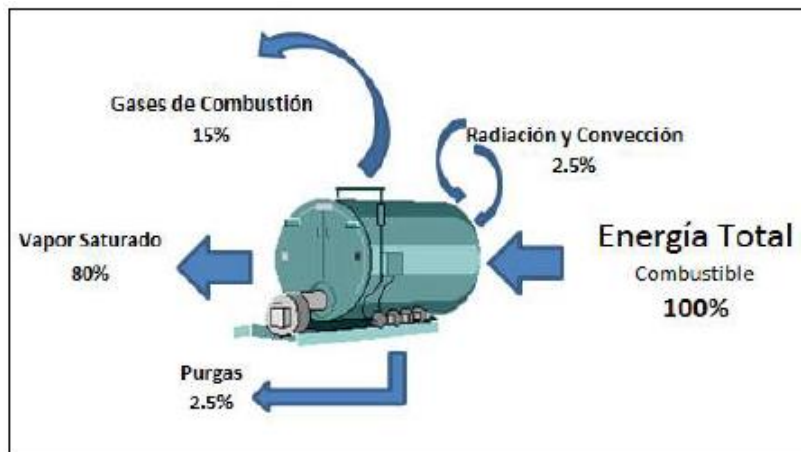
Entonces las horas de turno diarias (HrT) de 12 horas se pueden reducir en 1 hora cada día.

4.4. Parámetros óptimos de trabajo

Es necesario fijar o estandarizar parámetros óptimos de trabajo, con el fin de garantizar el mantenimiento de los indicadores en números positivos o favorables en cuando a consumo de vapor y mejora en la distribución del vapor.

- Caldera: en cuanto al equipo generador de vapor se observó que el parámetro más importante de operación es la mezcla aire-combustible, porque de ello depende que se consuma al máximo el combustible para producir las libras de vapor requeridas para el proceso. Se propone hacer un análisis inicial de combustión con un equipo analizador de gases, y con base en el resultado establecer una frecuencia de medición para saber cómo está operando la caldera, debido a que la combustión es el corazón o el punto de partida cuando a la producción de vapor se refiere.

Figura 45. **Funcionamiento de una caldera**



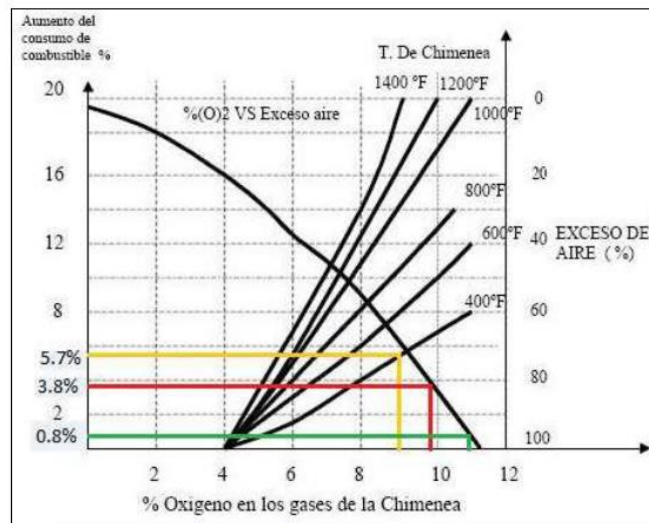
Fuente: HAYWOOD, R.W. *Ciclos termodinámicos de potencia y refrigeración*. p. 60.

Figura 46. **Analizador de gases industrial**



Fuente: *Analizadores*. <http://analizadores-gases.es>. Consulta: 14 de mayo de 2016.

Figura 47. **Incremento de combustible según exceso de aire**



Fuente: HAYWOOD, R. W. *Ciclos termodinámicos de potencia y refrigeración*. p. 66.

- Fijar análisis ORSAT: para que la eficiencia de combustión, exceso de aire, contenidos de oxígeno, dióxido de carbono y monóxido de carbono estén dentro de los parámetros óptimos de operación de la caldera.

Tabla XIX. **Análisis ORSAT de calderas**

Parámetros Óptimos	FECHA	05-nov		
	TIPO DE FUEGO	BAJO	MEDIO	ALTO
↓ 450°F	Temperatura gases	313.9 °F	421.6 °F	430.1 °F
3% - 4%	Contenido O2	9.3%	9.9%	10.9%
13.5% - 14.3%	Contenido CO2	9.3%	8.8%	8.1%
15% - 20%	Exceso de aire	73.9%	83.0%	99.9%
↑ 87%	Eficiencia	87.9%	85.8%	85.2%
↓ 75 ppm	Contenido CO	67 ppm	71 ppm	60 ppm
	Contenido COu	120 ppm	135 ppm	124 ppm
3 - 4	Opacidad	3	6	7

Fuente: HAYWOOD, R. W. *Ciclos termodinámicos de potencia y refrigeración*. p. 24.

- Red de distribución y accesorios: establecer auditorías energéticas para determinar fugas en tuberías, conectores y accesorios en general, debido a que es necesario que el vapor producido llegue a su demandante sin desperdicio alguno. El estar innovando o simplemente estar buscando siempre la mejora continua, permite ser responsables que todo lo producido dentro de la embotelladora sea al menor costo (en este caso, costo de combustible).

4.4.1. **Control de las condiciones de los indicadores clave**

Los indicadores son el parámetro de medición con los cuales se puede determinar si se está cumpliendo con una labor óptima de producción.

Los registros de los parámetros óptimos proveen evidencia escrita de una aplicación apropiada y segura del proceso térmico del producto, ofreciendo la garantía de que el producto recibió un proceso seguro.

Incluyen instrumentos que controlan parámetros como temperatura, tiempo y presión (termómetros, manómetros y cronómetros), que registran el desarrollo del proceso.

Las gráficas de tiempo-temperatura-presión y el registro escrito de las operaciones del proceso térmico son el corazón del programa de control del proceso.

Estos registros documentarán el proceso usado para cada lote de envases en la producción del día. Las regulaciones requieren que estos estén completos, exactos y archivados.

Los parámetros óptimos de trabajo del proceso térmico, bajo los cuales el producto mantendrá sus características sensoriales y sobre todo de inocuidad son los siguientes:

4.4.1.1. Tiempo

El tiempo se medirá a través del control de la hora de inicio y final del proceso. Este tiempo se estableció por medio del cálculo de la letalidad (F_0).

Tiempo: 18,8 minutos (propuesta)

Tiempo anterior: 20 minutos

Disminución de tiempo: 1,2 minutos (6 % de disminución versus el tiempo anterior).

4.4.1.2. Temperatura

La temperatura se medirá a través de los registros diarios de esterilización y gráficos de registro de temperatura. Estos instrumentos registradores tienen que observarse para que estén de acuerdo con el termómetro de mercurio en vidrio y ajustados según se requiera. Las lecturas exactas del termómetro de mercurio y del registrador tienen que anotarse en el registro escrito del operador:

Temperatura: 121 °C

Es importante que el conjunto autoclave - sistema de carga que asegura diferenciales de temperaturas en el interior de la máquina de entre 0,1 y 0,3 °C evitando puntos fríos en el autoclave y obteniendo en cualquier caso resultados de distribución de temperatura óptimos.

4.4.1.3. Presión

La presión durante el proceso térmico se medirá a través del manómetro que dispone el autoclave, manteniendo una presión que oscile:

Entre 22 y 25 PSI

Luego de mantener la presión durante 18,8 minutos, se debe cerrar el suministro de vapor e inyectar aire a temperatura ambiente por 10 minutos, la presión disminuirá a 20 PSI.

De esta manera se logra levantar la presión al punto deseado para garantizar que este parámetro esté dentro de norma y luego se hace descender la curva para evitar el riesgo de una explosión por la presión interna acumulada durante el proceso de esta manera:

Purga de vapor en 2 fases:

- Purgar el vapor y mantener una presión de 15 PSI por 10 minutos
- Purgar el vapor y mantener una presión de 10 PSI por 5 minutos

4.4.2. Mantenimiento preventivo

Este permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costos de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista de ventajas.

El autoclave es un equipo que demanda supervisión y mantenimiento preventivo permanente, debido a la gran cantidad de componentes y tecnologías que lo integran.

Se enfoca el mantenimiento hacia aquellas rutinas básicas que pueden realizar los operadores del equipo.

- Verificaciones diarias

Antes de iniciar los procesos de esterilización, deberán realizarse las siguientes verificaciones:

- Colocar una nueva plantilla o carta en el dispositivo de registro, para documentar el desarrollo del ciclo de esterilización.
- Controlar que las plumillas registradoras disponen de tinta.
- Asegurar que las válvulas de suministro de agua fría, aire comprimido y vapor estén abiertas.
- Accionar el interruptor que permite calentar la camisa del autoclave. Este control, al activarse, permite el ingreso de vapor a la camisa de la cámara de esterilización. Al ingresar el vapor, empieza el proceso de calentamiento de la cámara de esterilización.
- Mantener la puerta del autoclave cerrada hasta el momento que se coloque la carga a esterilizar, para evitar pérdidas de calor.
- Verificar que la presión de la línea de suministro de vapor sea de al menos 36,25 PSI.
- Comprobar el estado de los manómetros y de los termómetros.
- Controlar que no se presenten fugas de vapor en ninguno de los sistemas que operan en el autoclave.
- Limpiar con un trapo húmedo el frente del autoclave: controles, indicadores y manijas.

- Mantenimiento semanal
 - Limpiar el filtro del drenaje de la cámara de esterilización. Retirar cualquier residuo retenido en él.
 - Limpiar internamente la cámara de esterilización, utilizando productos de limpieza que no contengan cloro. Incluir en la limpieza las guías de las canastas usadas para colocar los paquetes.
 - Limpiar con una solución acetificada, si se esterilizan soluciones con cloro. El cloro causa corrosión incluso en implementos de acero inoxidable. Lavar a continuación con agua abundante.
 - Limpiar las superficies externas inoxidables con un detergente suave. Eventualmente, podría utilizarse un solvente como el cloro etileno, procurando que este no entre en contacto con superficies que tengan recubrimientos de pintura, señalizaciones o cubiertas plásticas.
 - Verificar que los mecanismos de accionamiento manual de las puertas ajusten bien y que su operación sea suave.
 - Drenar el generador de vapor. Para esto se abre una válvula, ubicada en la parte inferior del generador, que permite extraer su contenido. Por lo general, se hace al finalizar las actividades de la semana. Seguir las recomendaciones que para este propósito indica el fabricante del equipo.

- Mantenimiento trimestral
 - Accionar manualmente las válvulas de seguridad para verificar que se encuentran operando bien. Utilizar un destornillador largo para mover la palanca de accionamiento, ubicada normalmente en la parte superior de la válvula. Comprobar que el rostro y demás partes del cuerpo no se encuentren en el camino del vapor. Una vez accionada la válvula, controlar que no quedan escapes de vapor. Si queda algún escape, debe accionarse de nuevo la válvula hasta que selle bien.
 - Lubricar el empaque de la puerta. Utilizar el lubricante y el procedimiento recomendados por el fabricante del equipo. Algunos fabricantes recomiendan el siguiente procedimiento:
 - Retirar el empaque. Para esto es necesario desmontarlo de la ranura, aflojando los mecanismos de retención (tornillos y placas).
 - Limpiar con alcohol el empaque y la ranura para que no exista material extraño que pueda afectar el sello. La superficie del empaque deberá quedar suave y limpia.
 - Aplicar el lubricante recomendado por el fabricante al cuerpo del sello hasta que quede perfectamente protegido. Muchos fabricantes de autoclaves utilizan un lubricante de grafito, resistente a altas temperaturas.

- Reinstalar el empaque. En autoclaves de cámara rectangular, normalmente, se instala colocando el empaque en la mitad de una de las caras de la ranura de montaje y ajustando el resto del empaque hacia los lados, hasta que se ajuste bien en el interior de la ranura. Este mismo procedimiento se efectúa a continuación en cada una de las caras restantes. En autoclaves de cámara redonda se inicia el montaje del empaque en la parte superior y se ajusta progresivamente en la ranura, sin templarlo, hasta que la totalidad del empaque se encuentre instalado. A continuación, se ajustan los elementos de montaje.

- Verificar que los sellos de las válvulas de seguridad se encuentren en buen estado.

- Limpiar las puntas del sistema de registro con agua u alcohol y reponer los niveles de tinta. Por lo general, con tinta roja se registra la presión y con tinta verde, la temperatura.

- Limpiar el interior del generador de vapor. El procedimiento de limpieza del generador de vapor conlleva a realizar las siguientes acciones:
 - ✓ Desconectar el suministro eléctrico al equipo.

 - ✓ Descargar la presión de vapor y esperar a que la temperatura se estabilice con la del medio ambiente.

- ✓ Remover la cubierta frontal del generador.
 - ✓ Desconectar los terminales eléctricos de las resistencias calefactoras (de inmersión).
 - ✓ Retirar los tornillos que aseguran la placa frontal, donde están instaladas las resistencias calefactoras, y desmontar la placa frontal.
 - ✓ Revisar el empaque y sustituirlo si es necesario.
 - ✓ Remover la suciedad que se encuentre acumulada en la superficie de las resistencias calefactoras. Utilizar productos recomendados para desincrustar dichos elementos.
 - ✓ Ensamblar nuevamente siguiendo un orden inverso al presentado.
- Mantenimiento anual
 - Limpiar todos los filtros.
 - Comprobar y ajustar el nivel del tanque de alimentación de agua, para que se encuentre dentro de los 20 mm del máximo nivel.
 - Verificar y ajustar la tensión de los resortes de las válvulas de diafragma.

- Desmontar, limpiar y ajustar las válvulas de seguridad.
- Cambiar el filtro de aire.
- Efectuar un proceso general de esterilización comprobando en detalle: presión, temperatura, tiempos requeridos para completar cada fase del ciclo, estado de las lámparas de señalización del proceso, funcionamiento del sistema de registro. Verificar que el funcionamiento se encuentre dentro de las tolerancias definidas por el fabricante.

4.4.3. Rendimiento óptimo continuo

El grado de homogeneidad de temperaturas soportado por la autoclave tendrá repercusión directa en la esterilización del producto. No controlar este parámetro a través de un estudio de distribución de temperatura puede ocasionar que los envases introducidos en la máquina sean sometidos a diferentes tratamientos térmicos dependiendo de la zona de la máquina donde estén situados

Es importante que el conjunto autoclave - sistema de carga que asegura diferenciales de temperaturas en el interior de la máquina de entre 0,1 y 0,3 °C evitando puntos fríos en el autoclave y obteniendo en cualquier caso resultados de distribución de temperatura óptimos.

4.4.4. Evaluaciones sensoriales periódicas del producto

La industria de los alimentos tiene en la evaluación sensorial una herramienta que le permite valorar la percepción por parte del consumidor de un

producto como un todo, o de un aspecto específico. En este tipo de pruebas, la información proporcionada por un panel se percibe por los órganos sensoriales de la vista, el olfato, el oído, el gusto y el tacto y los resultados permiten determinar cómo el procesamiento y la formulación de un producto afecta la aceptabilidad de un alimento.

En esta prueba se le presentó a los panelistas tres muestras: una identificada como (R) y las otras dos codificadas con 3 dígitos. Las muestras fueron distribuidas al azar y de manera simultánea de forma lineal.

El objetivo general era determinar si existía diferencia sensorial significativa entre dos muestras, comparando dos muestras desconocidas y una tercera llamada referencia (R), para indicar cuál de las muestras desconocidas es igual a la referencia dada. Siendo R la muestra de producto del proceso térmico anterior, así como también una de las dos muestras codificadas con tres dígitos. La segunda muestra codificada fue del producto del proceso térmico nuevo; y de esa manera se le presentó a los 25 panelistas.

Figura 48. Evaluación sensorial dúo-trío



Fuente: elaboración propia.

Luego de realizar la prueba sensorial, 19 panelistas identificaron correctamente la muestra igual a la referencia. Por lo tanto, al utilizar las tablas de probabilidad con una confiabilidad del 95 % se encontró que existe diferencia significativa entre las muestras.

Con esto se logra concluir que los panelistas lograron percibir una diferencia en el perfil sensorial de la bebida a base de café y leche, ya con el nuevo proceso térmico.

Esta prueba es determinante para el proyecto, ya que si bien es cierto que el perfil sensorial de un producto es evaluado por el criterio subjetivo de cada panelista, se logra demostrar con números que sí, hay un cambio en el sabor del producto ya con el nuevo proceso térmico versus el sabor del producto del proceso anterior.

5. SEGUIMIENTO

5.1. Establecimiento del proceso térmico

Es importante darle seguimiento a los parámetros mencionados en los 7 pasos del proceso térmico que muestran a continuación:

- Llenar las autoclaves hasta su capacidad, no utilizar autoclaves que no estén completamente llenas para evitar aplicación no uniforme de calor.
- Inyectar vapor por 5 minutos para eliminar el aire contenido en la autoclave.
- Hacer circular vapor de manera que se obtenga una temperatura de 121 °C por 18,8 minutos y manteniendo una presión entre 22 PSI y 25 PSI.
- Cerrar el suministro de vapor e inyectar aire a temperatura ambiente por 10 minutos, la presión disminuirá a 20 PSI.
- Purgar el vapor y mantener una presión de 15 PSI por 10 minutos.
- Purgar el vapor y mantener una presión de 10 PSI por 5 minutos.
- Descargar la autoclave y enfriar el producto durante 20 minutos en un baño de agua a temperatura ambiente.

5.2. Monitoreo del proceso térmico establecido

Es importante el control de procesos por medio de registros, al llevar registros se debe crear un archivo para gestionar los datos generados. Ubicarlos en un lugar seguro, ordenarlos de tal manera que pueda ser más fácil encontrarlos.

El monitoreo del proceso se medirá a través de los registros que dan el panorama completo de la actividad en específico para detectar y manejar situaciones que de alguna forma u otra se salen de parámetros. Las estadísticas son la única medida sensata para que la información obtenida pueda ser contabilizada para luego analizar tendencias, solucionar y realizar propuestas de mejora en cada proceso de la cadena productiva.

5.2.1. Tiempo, temperatura y presión

La tabla muestra el registro de manera diaria de los indicadores del proceso; los principales indicadores son el tiempo, la temperatura y la presión:

Tabla XXII. **Parámetros de producto terminado**

Parámetros	Valores
Grados Brix	13,00° – 14,00°
pH	6,00 – 6,50
Volumen	246 mL – 250 mL
Color	Característico
Olor	Característico
Sabor	Característico
Apariencia	Sin grumos

Fuente: elaboración propia.

5.2.3. **Parámetros microbiológicos**

Tabla XXIII. **Parámetros microbiológicos**

Parámetros	Valores
Recuento total	0 UFC/mL
Termófilos anaerobios	Ausente
Termófilos aerobios	Ausente

Fuente: elaboración propia.

Como se han revisado los procesos de conservación de alimentos, se sabe que la contaminación de un alimento puede darse durante y después del tratamiento térmico; por lo tanto, el seguimiento de rutina de limpieza y desinfección de equipos para evitar crecimiento de microorganismos patógenos es de vital importancia y debe realizarse de la siguiente manera:

- Procedimiento diario
 - Enjuagar 15 minutos con agua entre 80 °C y 85 °C todo el equipo involucrado en la formulación y llenado del producto.

- Utilizar un detergente alcalino para la limpieza de todas las superficies.
- Enjuagar con agua fría y desinfectante durante 10 minutos.
- Procedimiento una vez por semana
 - Enjuagar 15 minutos con agua entre 80 °C y 85 °C todo el equipo involucrado en la formulación y llenado del producto.
 - Utilizar un detergente alcalino para la limpieza de todas las superficies.
 - Enjuagar 10 minutos con agua entre 80 °C y 85 °C con ácido nítrico o fosfórico.
 - Enjuagar con agua fría y desinfectante alcalino durante 10 minutos.

5.2.4. Evaluación sensorial

A fin de dar seguimiento y garantizar un perfil sensorial adecuado de la bebida fría a base de café y leche, de acuerdo al tamaño de lote de producción, según el proceso de inspección por atributos de la Military Standard, se deberán realizar pruebas sensoriales dúo-trío con 15 panelistas a 8 muestras de producto por tratamiento térmico.

El entrenamiento, seguimiento y coordinación del panel sensorial debe estar a cargo de un líder de panel, que de acuerdo al organigrama de la figura 9

debe ser el auditor de aseguramiento de calidad, profesional encargado de desarrollar las evaluaciones, preparar las muestras a evaluar y analizar los resultados.

Al final de cada producción se realizarán las pruebas sensoriales dúo-trío, utilizando siempre muestras aprobadas de la producción anterior para utilizar como referencia.

A la hora de realizar las pruebas dúo-trío se controlarán las instalaciones de trabajo, la muestra y los panelistas, con el fin de obtener resultados confiables al momento de la liberación de muestras.

Para ayudar a disminuir las variaciones de errores y mejorar la sensibilidad en las pruebas se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

- El color de las paredes y del ambiente deben ser de color blanco
- Controlar la iluminación, de preferencia usar luz natural
- Suficiente ventilación
- Silencio

Para el caso de la muestra existen dos aspectos que se controlarán: la preparación de la muestra, con el uso de utensilios que no afecten el sabor de la bebida, y la temperatura, es imprescindible que la bebida tenga la misma temperatura para todos los panelistas, ya que esto puede afectar su sabor, consistencia y aceptabilidad.

Según lo anterior, el procedimiento que se llevará a cabo es el siguiente:

- Ambiente de prueba
 - Limpio, libre de malos olores y ruidos
 - Iluminación adecuada
- Librar a los panelistas de potenciales distracciones
- Los panelistas no deben conocer la identidad de la muestra
 - Identificar las muestras por códigos de tres dígitos
- Servir las muestras en orden aleatorio para cada panelista
 - Para evitar los efectos del orden en la selección de la muestra
 - Combinar todos los órdenes posibles
- No probar muchas muestras en una sesión
 - Para no cansar a los panelistas
- Brindar agua o galletas sin sal
 - Para limpiar el paladar
- La paciencia es importante
 - Dar tiempo para evaluar cada muestra y para la limpieza oral / nasal entre muestras.
- Mantener siempre motivados a los panelistas, recalcar la importancia de su trabajo en cada sesión de evaluación sensorial.

- Los panelistas deben entender el procedimiento y los cuestionarios para la degustación.
 - No asumir nada.

- Establecer condiciones estándares.
 - El tamaño de la muestra, volumen, temperatura y otros que puedan afectar las respuestas.

En las pruebas dúo-trío que se llevarán a cabo, se le presentarán 3 muestras a los panelistas: una de ellas es el estándar de comparación o referencia, que en este caso será una muestra aprobada de la producción anterior de la bebida fría a base de café y leche, la muestra de referencia estará plenamente identificada; las otras dos muestras serán las de la producción que se requiere evaluar, estas muestras estarán codificadas y aleatorizadas.

La pregunta base que se hará a los panelistas es cuál de estas muestras se parece al estándar o referencia presentado.

Las muestras, tanto la referencia como las otras dos, se presentarán a los panelistas de manera inmediata; siempre el panelista tendrá acceso a la muestra de referencia para realizar las comparaciones que requiera.

El objetivo de realizar esta prueba es para determinar si hay alguna diferencia sensorial entre las distintas producciones de la bebida fría a base de café y leche. La prueba sensorial servirá como otro control para garantizar que el proceso térmico establecido se esté llevando a cabo, ya que las características sensoriales de la bebida deben permanecer lo más estandarizadas siempre y cuando se aplique el tiempo y la temperatura correcta en cada proceso.

Es importante que los panelistas conozcan bien la muestra de referencia, para poder detectar la diferencia en el caso que existiera.

Luego de presentar las tres muestras, está la hipótesis nula (H_0): $P_t = \frac{1}{2}$ debido a que la probabilidad de acertar por azar es del 50 %.

Los datos se analizarán utilizando la prueba chi cuadrada ajustada, ya que esta permite comparar un grupo de frecuencias observadas equiparándolas con un grupo de frecuencias esperadas (hipotetizadas).

$$x^2 = \left[\frac{(|O_1 - E_1|^2) - 0,5}{E_1} \right] + \left[\frac{(|O_2 - E_2|^2) - 0,5}{E_2} \right]$$

Donde:

- O_1 = # observado de elecciones correctas
- O_2 = # observado de elecciones incorrectas
- E_1 = # esperado de elecciones correctas (np)
- $P=0,50$ (comparación pareada)
- E_2 = # esperado de elecciones incorrectas (nq)
- $Q=0,50$ (comparación pareada)

Con esta información y utilizando una tabla de Chi cuadrado X^2 , desarrolladas por Fisher y Yates en O'Mahony, será posible analizar los resultados y determinar si la producción de ese día queda liberada para la venta. Es importante considerar que a partir de que se evalúan dos productos, los grados de libertad de la prueba son igual a uno.

A continuación, se muestra la tabla de distribución Chi cuadrado al finalizar el panel sensorial y comparar las muestras con 1 grado de libertad y 95 % el valor resultante deberá ser menor a 0,0039 para que sea una diferencia no significativa.

Tabla XXIV. **Distribución de Chi cuadrado X²**

Grados de libertad	Valores críticos para área de cola superior α													
	.99	.98	.95	.90	.80	.70	.50	.30	.20	.10	.05	.02	.01	.001
1	.0157	.0328	.00393	.0158	.0642	.148	.455	1.074	1.642	2.706	3.841	5.412	6.635	10.827
2	.0201	.0404	.103	.211	.446	.713	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	.115	.185	.352	.584	1.005	1.424	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	.297	.429	.711	1.064	1.649	2.195	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	.554	.752	1.145	1.610	2.343	3.000	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	.872	1.134	1.635	2.204	3.070	3.828	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	1.239	1.564	2.167	2.833	3.822	4.671	6.346	8.383	9.803	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	1.646	2.032	2.733	3.490	4.594	5.527	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	2.088	2.532	3.325	4.168	5.380	6.393	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877
10	2.558	3.059	3.940	4.865	6.179	7.267	9.342	11.781	13.442	15.987	18.307	21.161	23.209	29.588
11	3.053	3.609	4.575	5.578	6.989	8.148	10.341	12.899	14.631	17.275	19.675	22.618	24.725	31.264
12	3.571	4.178	5.226	6.304	7.807	9.034	11.340	14.011	15.812	18.549	21.026	24.054	26.217	32.909
13	4.107	4.765	5.892	7.042	8.634	9.926	12.340	15.119	16.151	19.812	22.362	25.472	27.688	34.528
14	4.660	5.368	6.571	7.790	9.467	10.821	13.339	16.222	18.151	21.064	23.685	26.873	29.141	36.123
15	5.229	5.985	7.261	8.547	10.307	11.721	14.339	17.322	19.311	22.307	24.996	28.259	30.578	37.697

Fuente: FISHER, Ronald A.; YATES, Frank. *Statistical tables for biological, agricultural and medical research*. p. 57.

5.3. Auditorías de consumos energéticos

Los principales puntos a tomar en cuenta en una auditoría energética para un proceso térmico son las fugas de vapor y las trampas de vapor en mal estado en todo el conducto de tuberías.

Figura 49. **Fuga de vapor en tubería**



Fuente: elaboración propia.

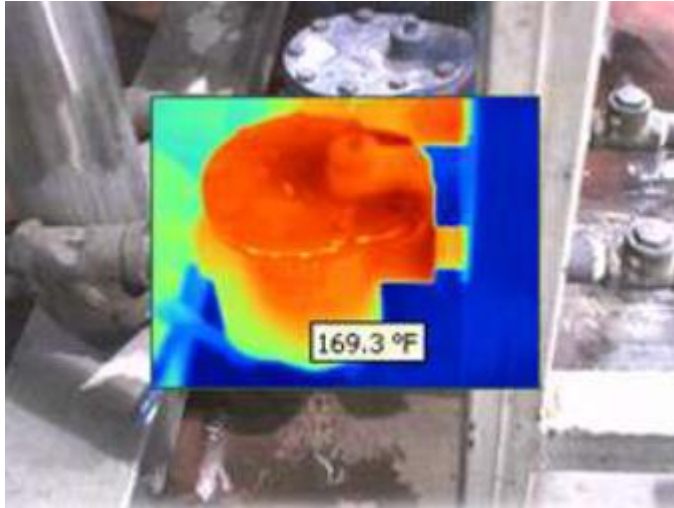
Una vez detectadas las fugas, se debe proceder a hacer un reporte con destino al jefe de mantenimiento y gerente de planta respectivamente, para que al momento la planta tenga un paro programado por mantenimiento preventivo, el equipo de mecánicos de la planta procesa a corregir tales anomalías.

Figura 50. **Enchaquetado de tuberías en mal estado**



Fuente: elaboración propia.

Figura 51. **Trampa de vapor de pasteurizador**



Fuente: elaboración propia.

Misma aplicación deben tener las auditorías de trampas de vapor, se debe utilizar una cámara termográfica para determinar si la temperatura de entrada y de salida están dentro de los parámetros.

Mediante los diagnósticos de energía eléctrica y consumo de vapor se detectan medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata y con mínimas inversiones. Consiste en la inspección visual del estado de conservación de las instalaciones y mantenimiento que rutinariamente se llevan en cada instalación; así como el análisis de la información estadística de los consumos y gastos por concepto de energía eléctrica y consumo de combustible búnker.

Una vez detectadas las trampas que están en mal estado o en mal funcionamiento se debe proceder a realizar el respectivo reporte con destino al jefe de mantenimiento y al gerente de planta respectivamente, para que al momento la planta tenga un paro radical, mantenimiento preventivo correctivo.

5.4. Acciones correctivas

Luego de encontrar el problema en el proceso, se corrige a la persona responsable y se investiga el porqué de la actividad fuera de control; se pueden seguir los siguientes pasos:

- Establecer las posibles causas
- Plantear una solución objetiva a aquello que produce dichas causas
- Realizar las correcciones que producen actividades fuera de control

Los tres factores principales que provocan correctivos en el proceso de bebidas son:

- Cantidad: un volumen aceptable, esperado útil
- Calidad: el grado de perfección de un producto
- Viabilidad: longevidad, utilidad y lo deseable del producto

Se debe tener claridad que las correcciones atacan los problemas y las acciones correctivas sus causas.

5.5. Acciones preventivas

Es necesario afinar los procesos como a los que realizan el proceso, todo esto lo van dando las estadísticas de producción y los análisis de los parámetros en proceso, que, si se analizan de forma precisa, pueden prevenir situaciones que afecten directamente al producto.

Las acciones preventivas se anticipan a la causa y pretenden eliminarla antes de su existencia. Evitan los problemas identificando riesgos, cualquier acción que disminuya un riesgo es preventiva.

Los pasos para una adecuada aplicación de acciones preventivas de acuerdo a un sistema de gestión de mejora continua son:

- Identificación de las fuentes de información para la toma de decisiones
 - Producto
 - Proceso

- Revisar la no conformidad potencial
 - Datos + hechos reales + riesgos + situación indeseable = no conformidad potencial.

- Determinar causas de las no conformidades actuales
 - Teoría de los tres porqués
 - Primer porqué
 - ✓ Material
 - ✓ Máquinas
 - ✓ Métodos
 - ✓ Mano de obra
 - Segundo porqué
 - ✓ Material: proveedor y especificación
 - ✓ Mano de obra: no sabe, no quiere o no puede
 - Tercer porqué
 - ✓ No sabe: falta de información o entrenamiento
 - ✓ No quiere: falta de reconocimiento
 - Lluvia de ideas

- Diagrama causa-efecto
- Herramientas estadísticas
 - Diagrama de Pareto
 - Hoja de verificación
 - Diagramas de dispersión
- Evaluar necesidades de adoptar acciones
 - Eficaces, eficientes y efectivas
 - Beneficio / costo
 - Conveniente para el cliente
- Determinar e implementar acciones
- Definición de un plan de acción para eliminar causas potenciales
- Registrar resultados: durante el seguimiento de las acciones preventivas es indispensable llevar un registro de resultados encontrados, es decir, de los avances tendientes a la eliminación de la causa del problema, e identificar tendencias que permitan determinar que el problema no pasará.
- Revisar acciones tomadas
 - Relativos a la calidad (eficacia)
 - A la utilización de los recursos (eficiencia)
 - Generación de impactos positivos (efectividad)

5.6. Análisis financiero de la propuesta

La propuesta de ahorro generada por la disminución en los tiempos de cocinado del producto y reducción en los tiempos de inyección de vapor para remoción de aire son los siguientes:

Tabla XXV. Propuesta de ahorro generada

Tiempo de proceso térmico anterior	55 minutos
Tiempo de nuevo proceso térmico	48,8 minutos
Ahorro en tiempo por batch	6,2 minutos
Porcentaje de reducción	11,27 %
Horas por turno	12
Ahorro en tiempo por autoclave	18,6 minutos
Cantidad de autoclaves	5
Ahorro total por día	93 minutos (1,55 h)

Fuente: elaboración propia.

Demanda de vapor: un equipo de autoclave demanda 750 libras de vapor por hora.

El ahorro sería: $1,55 \text{ hr} \times 750 \text{ Libras de vapor / Hr.} = 1\ 162,50 \text{ libras de vapor.}$

Se sabe que:

- 1 Hp caldera = 33,475 BTU/ Hr
- 1 Hp caldera = 34,5 Lb vapor / Hora
- 1 galón búnker = 146 000 BTU
- 1 Lb agua = 970,3 BTU / Lb vapor

La conversión a galones de búnker al día quedaría:

$$= 1\,162,5 \text{ Lb vapor / día} \times 970,3 \text{ BTU / Lb vapor} \times 1 \text{ galón búnker / } 146\,000 \text{ BTU}$$
$$= 7,73 \text{ galones de búnker al día.}$$

La tabla a continuación muestra la conversión del consumo de búnker ahorrado en costo anual de diésel ahorrado.

Tabla XXVI. **Conversión a galones de búnker al día**

Consumo de búnker por uso de autoclaves (Gal/día)	7,73
Días laborados en un año	300
Consumo anual (Gal)	2 319
Costo diésel (Q/Gal)	17,00
Costo anual	Q 21 729,03

Fuente: elaboración propia.

El ahorro anual por la reducción de tiempos en la inyección de vapor al sistema de autoclaves es de Q 21 729,03.

CONCLUSIONES

1. Se realizaron estudios de penetración de calor para específicos para una bebida fría a base de café y leche que permitieron la reducción del tiempo de letalidad de proceso que resultó en una mejora en su tratamiento térmico.
2. Se mejoró el perfil sensorial de la bebida fría a base de café y leche, esto demostrado a través de evaluaciones sensoriales dúo-trío que calificaron el producto con una mejora significativa en su sabor.
3. Definición de los indicadores tiempo, temperatura y presión, que son clave en los procesos térmicos en la conservación de alimentos y bebidas, haciendo relación entre ellos.
4. Propuesta de optimización del consumo de vapor en las principales redes de abastecimiento a los equipos de autoclave, así como también la realización de auditorías para evaluar el consumo energético de los equipos que suministran vapor a los equipos de autoclaves.
5. Realización de cálculos de los ahorros monetarios impactados directa y positivamente al presupuesto de la embotelladora.
6. Con la modificación de los procedimientos actuales del proceso térmico se podrá disminuir el consumo de vapor y se reduce el costo de la operación dentro de la línea de producción.

RECOMENDACIONES

1. El monitoreo del tiempo, temperatura y presión de un proceso térmico son los indicadores más importantes para garantizar la inocuidad en los alimentos enlatados. Por lo tanto, es recomendable la revisión de los manuales de equipos para ver si se están usando dentro de parámetros, debido a que pueden existir ineficiencias por descalibración o simplemente por ser equipos muy antiguos.
2. El aparato registrador de temperatura del proceso térmico debe tener un medio para impedir cambios no autorizados en el ajuste. Por lo que se recomienda colocar una cerradura o un anuncio situado cerca del aparato registrador que provea una advertencia que solo se permite a personas autorizadas realizar ajustes.
3. Validar continuamente la eficiencia del método de limpieza y desinfección de los equipos involucrados mediante mediciones microbiológicas, que garantizan que las concentraciones y tiempos de activación de los limpiadores y los desinfectantes son eficaces.
4. Al finalizar el proceso de limpieza y desinfección de las tuberías en el llenado del producto, se debe garantizar la ausencia de químicos mediante métodos analíticos y sensoriales, para no afectar el olor y sabor que dañen el perfil sensorial de las bebidas.

5. Establecer dentro de la rutina de mantenimiento preventivo, auditorías de vapor en todo el sistema que alimenta a los equipos involucrados en el proceso térmico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Academia del Área de Plantas Piloto de Alimentos. *Introducción a la tecnología de alimentos*. 2a. ed. México: Limusa S. A., 2000. 160 p.
2. EVERETT, Adam y RONALD, Ebert. *Administración de la producción y las operaciones*. 4a. ed. México: Prentice-Hall Hispanoamérica, S.A. 1991. 124 p.
3. Anzaldúa M. A. *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza, España: Acribia, S.A., 1994. 185 p.
4. BADUI DERGAL, Salvador. *Química de los alimentos*. 3a. ed. México: Longman editores, S.A. de CV, 1999. 639 p.
5. CHARLEY, Helen. *Tecnología de alimentos: procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*. 9a. ed. México: Limusa, S. A. 2000. 615 p.
6. EARLE. R.L. *Ingeniería de los alimentos: las operaciones básicas del procesado de alimentos*. 2a. ed. España: Acribia, S.A. Zaragoza, 1998. 180 p.
7. FOX, Brian; CAMERON, Alan. *Ciencia de los alimentos, nutrición y salud*. México: Limusa, S. A. 1999. 449 p.

8. GAVIN, Austin; WEDDIG, Lisa. *Alimentos enlatados: principios de control del proceso térmico, acidificación y evaluación del cierre de los envases*. 6a. ed. Washington, DC: Food Processors Institute, 2000. 267 p.
9. NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería industrial: Métodos, tiempos y movimientos*. 9a. ed. México: Alfa omega, S.A., 2005. 312 p.
10. POTER, Norman N. *La ciencia de los alimentos*. 2a. ed. México: Edutex, S. A. 1978. 731 p.

ANEXOS

Anexo 1. Especificaciones de la materia prima

- Agua
 - Fisicoquímicos

Parámetro	Valor máximo
Sólidos disueltos totales (mg/L)	100
Alcalinidad total (mg/L como CaCO ₃)	50
Dureza total (mg/L como CaCO ₃)	25
Límites adicionales:	
Cloruros (mg/L como Cl)	25
Sulfato (mg/L como SO ₄)	75
Potasio (mg/L como K)	3
Rango de pH	5,0 – 9.0

- Microbiológicos

Parámetro	Máximo	Tamaño de muestra
Conteo total de bacterias antes UV	500 UFC/ 1 ml	100 ml
Coliformes totales	0 UFC / 100 ml	100 ml
Conteo total de bacterias después UV	50 / 100 ml	100 ml
Coliformes totales, después UV	0 UFC / 100 ml	100 ml

- Extracto de café
 - Descripción: Líquido café – negruzco con un olor característico indiscutible a café.
 - Brix: Entre 15,0 y 16,0
 - pH: Mínimo de 4,7

Continuación del anexo 1.

- Metales pesados
 - (como plomo): máximo 10 μ g/g

- Arsénico
 - (como As_2O_3): máximo 1 μ g/g

- Conteo total de
 - Bacterias aerobias: máximo 1000 organismos / g

- Mohos: máximo 50 organismos / g

- Levaduras: máximo 50 organismos / g

- Coliformes: negativo

- Instrucciones para manejo del material:

Para preservar las propiedades del extracto, el transporte y almacenamiento de éste debe ser a una temperatura máxima de 0 °C (congelado). Por lo tanto, es necesario que para su utilización se exponga previamente a temperatura ambiente por un lapso de 24 horas.

Asimismo, es recomendable agitar la bolsa contenedora de extracto para homogenizar la mezcla antes de agregarlo al tanque de mezcla.

- Azúcar

Especificaciones técnicas

Continuación del anexo 1.

Apariencia: sólido cristalino color blanco

Olor: aroma característico de azúcar

Sabor: dulce característico

Textura: sólida granular

- Polarización: Min. 99,5 °Z
- Color: Màx. 300 UI
- Humedad: Màx. 0,10 %
- Materia Insoluble: Màx. 150 mg / Kg
- Sulfitos: Màx. 50 mg / Kg
- Cenizas: Màx. 0,13 %
- Granulometría: N/A
- Alérgenos: No contiene

- Variables Microbiológicas:
 - Bacterias mesofilicas: Màx. 200 UFC/10g
 - Levaduras: Màx. 10 UFC/10g
 - Mohos: Màx. 10 UFC/10g

- Variables de Metales Pesados
 - Plomo: Max. 0,5 mg/Kg
 - Arsénico: Max. 1 mg/Kg
 - Cobre: Max. 1,5 mg/Kg

- Requerimientos de Calidad
 - Numero de trazabilidad: Requerido en cada saco
 - Certificado de calidad: Con cada entrega

Continuación del anexo 1.

Condiciones de almacenamiento:

Se recomienda almacenar el producto a una temperatura máxima de 25°C y humedad relativa máxima de 70 %.

- Leche entera en polvo instantánea

- Especificaciones Técnicas
 - Apariencia: Polvo amarillento
 - Olor: Aroma característico de leche

- Almacenamiento:
 - En lugares frescos y de baja humedad.

- Periodo de vida:
 - Generalmente se considera un período de vida útil mínimo de 12 meses en buenas condiciones de almacenamiento.

- Características sensoriales:
 - Color ligeramente amarillento, olor y sabor característicos.

- Características físico químicas:
 - Grasa 26,0% Mínimo
 - Proteína 25,0% Mínimo
 - Humedad 3,5% Máximo
 - Acidez 0,188% Máximo
 - Índice de solubilidad < 0,1
 - Partículas quemadas Disco A

Continuación del anexo 1.

- Características microbiológicas:
 - Recuento total de bacterias $\leq 50\ 000$ U.F.C./g
 - Coliformes totales < 10 U.F.C./g
 - Salmonella Negativo/25g
 - Listeria Negativo/25g
 - Inhibidores bacterianos Negativo

- Pectina

DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES
Descripción	Polvo amarillento de flujo libre
Tiempo de gelado	260 – 330 segundos
Tamaño de partícula	Max. 2% sobre malla 60
eSAG	150 +/- 5
Grado de esterificación FCC	58 – 62%
Especificación actualizada conforme	C/A AMC 26/04/03

- Lecitina
- Composición:
 - Debe consistir primariamente de fosfatidilcolina (PC), fosfatidiletanolamina (PE), y fosfatidilinositol (PI).
- Especificaciones estándar:
 - Acetona insoluble 97,0% mín
 - Aceite de soya 2,0 % máx
 - Humedad 1,0 % máx
 - Hexano insolubles 0,05% máx
 - HLB 7 (aprox.)

Continuación del anexo 1.

- Apariencia Polvo o granulos de color amarillo, olor neutro

- Microbiológicos
 - Cuenta total <1 000 UFC/g
 - Hongos y levaduras <30 UFC/g
 - Coliformes totales <3 UFC/g
 - E. Coli Negativo
 - Salmonella Negativo

- Almacenamiento:
 - Almacenar en lugar fresco y seco. Se recomiendan temperaturas de 15 a 25 °C, con una humedad relativa de 65 %. En estas condiciones el producto tiene una vida de anaquel de 12 meses como mínimo.

- Bicarbonato
 - Identificación del producto
 - Nombre químico: Bicarbonato de Sodio.
 - Familia Química: Sales Alcalinas.
 - Nombres comunes: Bicarbonato de sodio, Carbonato ácido de sodio, Baking soda.
 - Fórmula química: NaHCO_3

- Ingredientes Peligrosos

No presenta sustancias nocivas

Continuación del anexo 1.

- Componentes
 - Bicarbonato de Sodio: 99,0 – 100,5 %.
 - Numero CAS: 144 55 8.

- Datos físicos
 - Peso Molecular: 84,01.
 - Densidad Aparente: 840 - 960 Grs./Lto.
 - Punto de Fusión: Se descompone sin fundirse con desprendimiento de CO₂, Na₂CO₃ y H₂O.
 - Solubilidad en Agua: 16,4/100 Partes a 60 °C.
 - Color: Blanco.
 - Apariencia: Polvo.

- Información contra Incendio
 - El Bicarbonato de Sodio es un producto químico no combustible.
 - No es susceptible a producir flamas o explosiones.

- Reactividad
 - Estabilidad: en condiciones normales es un producto estable.
 - Incompatibilidad: evitar contacto con ácidos, reacciona desprendiendo gas CO₂.

Fuente: Embotelladora La Mariposa. *Ficha técnica Q Coffe*. p. 7.

Anexo 2. Inspección de sellos

- Definiciones
 - Envase herméticamente sellado: envase que está diseñado con la intención de hacerlo seguro contra la entrada de microorganismos y mantener la esterilidad comercial de su contenido después del procesamiento.
 - Sello doble: un sello doble es aquella parte de la lata formada al unir los componentes del cuerpo y de las tapas, los ganchos de los cuales se entrelazan entre sí y forman una estructura mecánica fuerte.
 - Primera operación (sellado doble): la operación donde se mete la pestaña de la tapa bajo la pestaña del cuerpo de la lata para formar el gancho de la tapa y el del cuerpo respectivamente.
 - Segunda operación: la última operación en la formación del sello doble. Los ganchos formados en la primera operación quedan enrollados apretadamente uno con el otro en la segunda operación.
 - Compuesto sellador: material sellador que consiste en una emulsión en agua o dispersión en solvente de una solución de látex o hule sintético, colocado en la pestaña de la tapa o de la lata. El compuesto ayuda a efectuar un sello hermético, llenando los espacios vacíos en el sello doble.

Continuación del anexo 2.

- Pestaña del cuerpo: es la orilla del cilindro del cuerpo que se ensancha hacia fuera para producir un reborde o pestaña. Eventualmente, ésta llega a ser el gancho del cuerpo.
- Pestaña de la tapa: la orilla de la tapa que se dobla hacia adentro después de formar el extremo. En el sello doble, la pestaña de la tapa forma el gancho de la tapa.
- Ancho del sello (longitud o altura): la dimensión máxima de un sello doble medida en forma paralela a los dobleces del sello.
- Gancho del cuerpo: aquella porción del cuerpo en forma de pestaña que se dobla para la formación del sello doble.
- Grado de ajuste: el grado de compresión del sello doble por los rodillos de la segunda operación.
- Grosor del sello: la dimensión máxima del sello doble medida a través o perpendicular a las capas del sello.
- Traslape: la porción del sello doble que incluye el sello lateral.

Continuación del anexo 2.

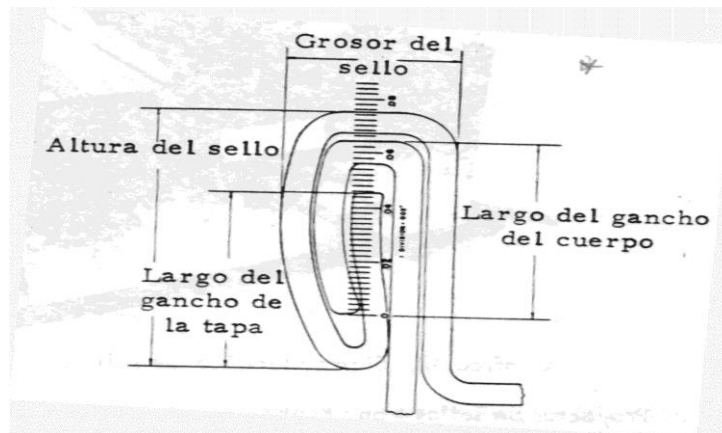
- Procedimiento operativo
 - Inspección preoperacional de máquinas selladoras
 - Antes de empezar cualquier proceso, si se realiza algún cambio o si se observa algún defecto en el sello el encargado de mantenimiento tiene que ajustar y revisar las máquinas selladoras.
 - Una vez realizados los ajustes el Inspector de Calidad toma muestras de latas selladas para realizar la inspección mecánica y visual de los sellos. Si los sellos cumplen con las especificaciones establecidas el Inspector da la aprobación y puede comenzar o proseguir la operación. Si no cumplen con las especificaciones el encargado de mantenimiento tiene que reajustar de nuevo la máquina selladora. Dicho proceso se repite hasta lograr los sellos con las especificaciones mecánicas y visuales apropiadas.
 - Para cada unidad revisada se tiene que registrar en el reporte respectivo en el cual se detalla el tipo de lata, código de producto, características mecánicas o visuales y cualquier otra observación.
 - Se tienen que inspeccionar los sellos mecánicamente al menos tres veces al día para garantizar el buen funcionamiento de la máquina.

Continuación del anexo 2.

- Inspección mecánica de sellos

Se toman las diferentes medidas del sello tal y como se detallan en la siguiente figura:

Envases con fondo abre fácil

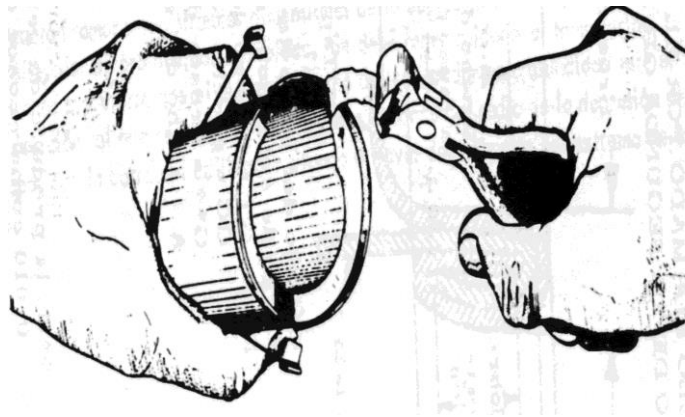


- Se mide externamente con el micrómetro el ancho del sello y el grosor del sello.
- Se desprende la tapa por medio de la argollita (el abre fácil) y con la tenaza desprende la parte interna del fondo que queda.
- Se separa el gancho de la tapa del gancho del cuerpo por medio de un leve golpe que se hace en el borde superior del fondo hasta que se desarme completamente.

Continuación del anexo 2.

- Desarmado el sello se miden los ganchos de cuerpo que están en el envase y el gancho de tapa que está en el fondo. Estas medidas se realizan con el micrómetro y se verifica si dichas medidas están dentro de lo establecido en las especificaciones.
- De no estar las medidas dentro de especificación, la máquina no podrá trabajar hasta que no sea ajustada correctamente. De tal manera que, el desarme de sellos se realizará cada vez que sea necesario.

Inspección visual de sellos

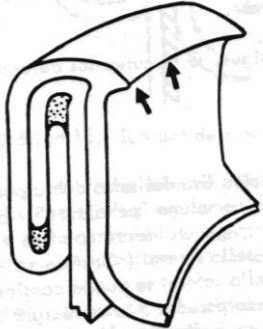
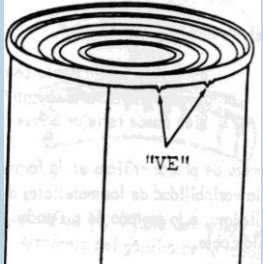
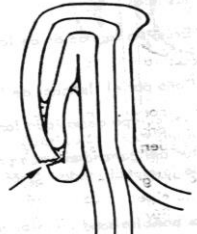
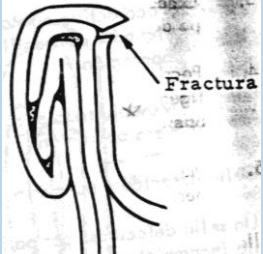


Después de remover de la lata la sección correspondiente al gancho de la tapa, se examina cuidadosamente para detectar defectos tales como ondulación, arrugamiento, fracturas y condición de área de traslape.

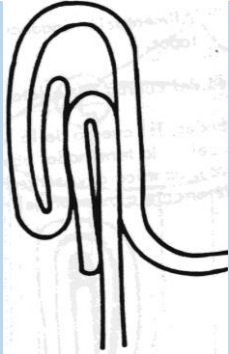
Una vez que se han realizado ambas inspecciones el Inspector de Calidad determina si el sello se acepta o rechaza y emite su decisión al encargado de mantenimiento y operario de sellado.

Continuación del anexo 2.

Descripción de posibles defectos en sellos de envases de hojalata

TIPO DE DEFECTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
SELLO CON FILO	Se refiere a una orilla afilada en la porción superior interna del sello, ya sea en el traslape o por toda la tapa, y es a causa de que una porción de la tapa ha sido forzada sobre la parte superior del labio de la mordaza durante el sello doble. Puede sentirse más fácilmente que verse.	
VE O LABIO	Condición que permite que una pequeña porción del sello se extienda debajo de la línea normal del sello	
SELLO CORTADO	Sello en el cual la capa exterior está fracturada	
RECORTADO INTERIOR	Sello suficientemente afilado para fracturar el metal en la porción interior del sello, generalmente sobre el traslape.	
SELLO RAYADO	Se presentan ralladuras en la parte superior interna como en la parte externa del sello, donde no tiene esmalte y llegan a oxidarse	

Continuación del anexo 2.

SELLO ONDULADO	Presenta ondulaciones o uves muy marcadas que indican un aplanchado incorrecto.	
SELLO FALSO	Sello que está completamente desenganchado en el cual el gancho doblado de la tapa está comprimido contra el gancho doblado del cuerpo. Presenta una rebaba o grada en la parte inferior interna del fondo. Indicando que uno de los ganchos es más corto.	
SELLO CON DEPRESIÓN	Muestra como bombitas de aire en la parte interna del fondo, indicando que la pastilla o mordaza selladora está quebrada.	

Fuente: Embotelladora La Mariposa. *Manual de calidad Q Coffe*. p. 12.